

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

Кафедра «Механизация технологических процессов в АПК»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.Од.4.1 Механизация технологических процессов в животноводстве

Направление подготовки (специальность) 35.06.04 Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве

Профиль образовательной программы «Технологии и средства механизации сельского хозяйства»

Форма обучения очная полная

Оренбург 2016 г.

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ		
1	Конспект лекций.....	4
1.1	Лекция № 1 Основы проектирования режущих аппаратов кормоприготовительных машин	4
1.2	Лекция № 2 Теоретические основы процесса гранулирования кормов.....	12
1.3	Лекция № 3 Теоретические основы дробление материалов.....	16
1.4	Лекция № 4 Теоретические основы доения, обработки и переработки молока	22
1.5	Лекция № 5 Экспериментально-теоретические исследования процессов молочных ферм	37
1.6	Лекция № 6 Рабочий процесс и определение энергетических показателей сепаратора молока	47
1.7	Лекция 7 Математическое моделирование технологических процессов переработки животноводческих продуктов. Схемы технологических процессов приготовления кормов	53
1.8	Лекция 8 Рабочие процессы и оборудование в овцеводстве. Расчет процесса стрижки овец.....	74
1.9	Лекция № 9 Навозоуборочные средства	78
1.10	Лекция № 10 Микроклимат животноводческих помещений	89
	Методические указания по выполнению практических занятий.	93
2.1	Практическое занятие № 1 Определение энергетических показателей процесса измельчения кормов	93
2.2	Практическое занятие № 2 Экспериментальное определение углов откоса, обрушения и коэффициентов трения кормовых материалов.....	101
2.3	Практическое занятие № 3 Экспериментально-теоретическое исследование рабочего процесса ленточного кормораздатчика	106
2.4	Практическое занятие № 4 Экспериментально-теоретическое исследование процесса гранулирования и брикетирования кормов.....	113
2.5	Практическое занятие № 5 Экспериментально-теоретическое исследование барабанного дозатора кормов.....	118
2.6	Практическое занятие № 6 Определение модуля помола и степени измельчения зерна	124
2.7	Практическое занятие № 7 Рабочие процессы и конструкция современных доильных аппаратов.....	129

2.8	Практическое занятие № 8 Экспериментально-теоретическое определение коэффициента теплопередачи.....	133
2.9	Практическое занятие № 9 Экспериментально-теоретические исследования и расчет пастеризаторов.....	136
2.10	Практическое занятие № 10 Математическое моделирование процессов в животноводстве.....	158
2.11	Практическое занятие № 11 Сервис и техническое обслуживание оборудования животноводства.....	181
2.12	Практическое занятие № 12 Механизация и автоматизация процессов в овцеводстве.....	187
2.13	Практическое занятие № 13 Механизация уборки и утилизации навоза	205
2.14	Практическое занятие № 14 Микроклимат животноводческих помещений	216
2.15	Практическое занятие № 15 Механизация и автоматизация систем водоснабжения.....	229

1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

1. 1 Лекция № 1 (2 часа).

Тема: «Основы проектирования режущих аппаратов кормоприготовительных машин»

1.1.1 Вопросы лекции:

1. Характеристика ножей с различными формами лезвия
2. Барабанные режущие аппараты
3. Корнеклубнерезки
4. Применение процесса резания при измельчении зерна

1.1.2 Краткое содержание вопросов:

1. Характеристики ножей с различными формами лезвия

Эти характеристики рассмотрим с точки зрения требований к режущим аппаратам.

1. Нож с прямолинейным лезвием: условие защемления выполняется по всей длине противорежущей пластины, но τ с увеличением r не возрастает, а уменьшается. ΔS с увеличением τ также увеличивается, т.е. нож не удовлетворяет требованиям. Также ножи применяют в небольших по размеру соломосилосорезках с небольшой длиной противорежущей пластины.

С целью улучшить характеристики ножа с прямолинейным лезвием, его изготавливают ступенчатым.

2. Нож с лезвием, очерченным по эксцентрической наружности.

Сначала начертим схему режущего аппарата. Для этого обозначим на схеме точку O – центр вращения, и проведем через неё вертикальную линию. На расстоянии e (эксцентризитет) от точки O обозначим O_1 – центр окружности с радиусом R , на которой и будем строить лезвие ножа.

На вертикальной оси покажем точки A и B (они расположены на эксцентрической окружности) и точку C – начало резания. В точках A , B и C , а также A_1 и B_1 покажем угол скольжения τ .

Посмотрим, как этот режущий аппарат удовлетворяет сформированным выше **требованиям**.

Защемление материала между ножом и противорежущей пластиной в этом аппарате обеспечивается питающими вальцами.

Чтобы увидеть, как изменяется τ в зависимости от r и угла θ , построим τ в точках A , B и C .

в точке A	$r = R - e$,	$\tau = 90^\circ$,	$\theta = 0$
в точке B	$r = R - e$,	$\tau = 90^\circ$,	$\theta = \pi$
в точке C	$r = \sqrt{R^2 - e^2}$,	$\tau = \min$,	$\theta = \frac{\pi}{2}$

Этот искусственный прием позволил нам выявить, что угол τ возрастает с увеличением r на участке от C до B (рабочий участок). Для наглядности можно посмотреть и график изменения $\tan \tau$ от r (рис. 9б). Здесь четко видно, что на участке AC $\tan \tau$ (а следовательно и τ) с увеличением r уменьшается, а на участке CB – увеличивается, т.е. требование выполняется.

Наконец, ΔS – загруженная (активная) часть лезвия ножа с увеличением r почти не изменяется.

Таким образом, режущий аппарат с лезвием, очерченным по эксцентрической окружности, удовлетворяет всем требованиям.

В заключение этого раздела, заметим, что $\cos \tau_{min} = \frac{e}{R}$ (это видно из треугольника O_1, C, O) и его численные значения изменяются следующим образом

$\frac{e}{R}$	0,5	0,6	0,7	0,75	0,8	0,9	1
τ_{min}	60	53	43	41	37	25	0

На соломорезках отношение $\frac{e}{R}$ берется равным 0,75 ($\tau_{min} = 41^\circ$), а на силосорезках – 0,9 ($\tau_{min} = 25^\circ$).

2. Барабанные режущие аппараты

Нашли очень широкое применение в силосоуборочных комбайнах различной модификации. Схема барабанного режущего аппарата довольно проста (рис. 1), но есть несколько особенностей в этой схеме, которые нужно отметить:

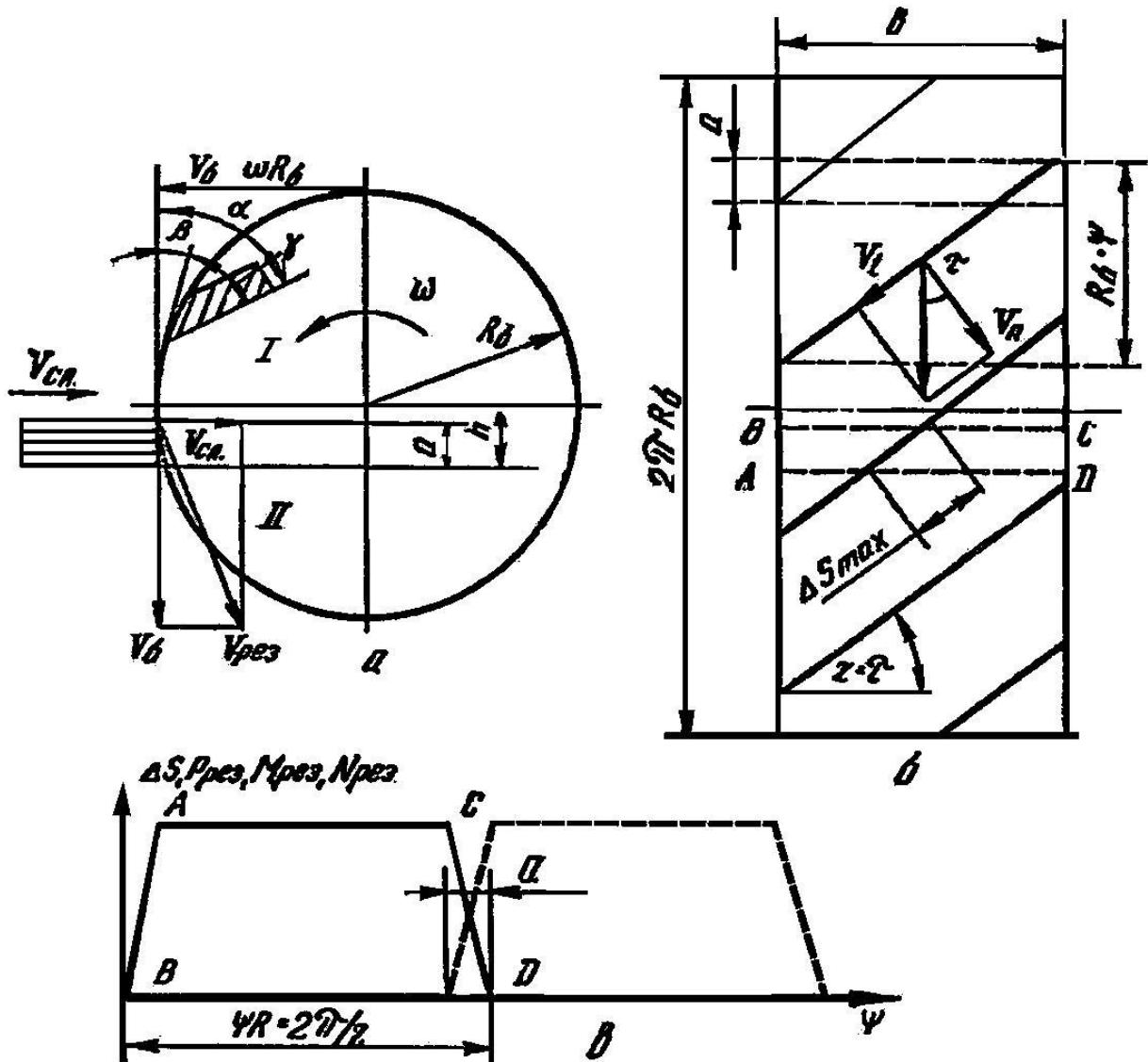


Рисунок 1. Схема к обоснованию расположения горловины (а), развертка ножевого барабана (б), график изменения момента резания по углу поворота (в).

- В этом аппарате угол скольжения τ имеет постоянную величину, которую следует принимать ближе к оптимальному значению;
- Радиус вектор r аппарата также величина постоянная, и равна радиусу барабана ($r = R$);
- Угол скольжения в аппарате равен углу защемления ($\tau = \alpha$);
- Чтобы момент резания аппарата был постоянным, на нем ножи расположены так, чтобы конец одного ножа и начало другого лежали на одной образующей.

В барабанном режущем аппарате должно быть выражено следующее соотношение

$$\operatorname{tg}\tau = \frac{\psi R}{b} = \frac{2\pi R}{Kb}$$

где b – ширина барабана

K – число ножей (должно быть четным числом)

Выбрав $\operatorname{tg}\tau$ и задаваясь R и K , можно определить b , которая находится в пределах 0,6...0,7м.

Производительность соломосилосорезок Q может быть определена с учетом конструктивных параметров режущего аппарата

$$Q = a \cdot b \cdot l \cdot K \cdot \gamma \cdot n \text{ кг/час}$$

или по подаче материала

$$Q = a \cdot b \cdot V_{II} \cdot \gamma \cdot 3600 \text{ кг/час}$$

где V_{II} – скорость подачи материала питающими вальцами.

Приравняем эти выражения и найдём V_{II}

$$V_{II} = \frac{l \cdot K \cdot n}{60}$$

Если учесть, что

$$\frac{V_{II}}{V_e} = \varepsilon = 0,93 \dots 0,95, \text{ то } V_e = r_l \omega_e,$$

отсюда

$$V_{II} = r_e \cdot \omega_e \cdot \varepsilon$$

$$\frac{\omega}{\omega_l} = i = \frac{2\pi \cdot r_e}{l \cdot K} \varepsilon$$

По этой же методике можно определить длину резки, которая равна

$$l = \frac{2\pi \cdot r b}{i K} \varepsilon$$

где V_l – скорость питающего вальца,

r_e – радиус вальца, i – передаточное число,

ε – коэффициент, учитывающий проскальзывание вальца по материалу.

Как видно, l можно регулировать изменением количества ножей и передаточного числа, для этого соломосилосорезку оборудуют специальными сменными шестернями.

3. Корнеклубнорезки

Общие положения. Установлена следующая схема процесса образования стружки при резании корнеклубнеплодов. В первый момент нож с углом заточки α (рис. 2), внедряясь в материал под действием силы p сжимает стружку на пути a . Затем, когда сила p достигнет некоторой величины, происходит скальвание момента стружки длиной l , которая больше пути сжатия a . После чего процесс повторяется.

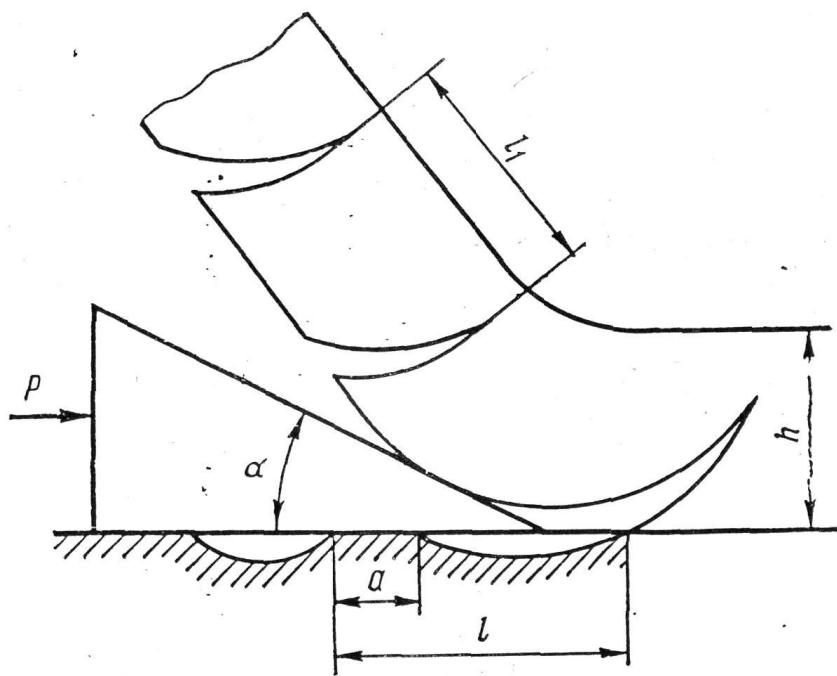


Рисунок 2. Схема внедрения клина и образования стружки

Линии скальвания элементов, как правило, не доходят до наружной поверхности стружки и она остается связанной.

Длина l элементов стружки, как показали опыты, зависит от h и α , и почти не зависит от скорости резания и толщины лезвия ножа. С увеличением h и α значение l увеличивается.

Сопротивление резанию. В основу определения величины общего сопротивления резанию берется рациональная формула акад. В.П. Горячкина: $P = p_0 + kh + \varepsilon b h v^2$,

где P – общее сопротивление резанию,

p_0 – некоторое постоянное сопротивление,

k – коэффициент деформации, отнесенный к единице площади поперечного сечения отрезаемого слоя,

b и h – соответственно ширина и толщина срезаемого слоя в поперечном сечении,

ε – коэффициент,

v – скорость резания.

В приложении к случаю резания корнеклубнеплодов первый член этой формулы отражает сопротивление резанию лезвием (p_0), второй член – сопротивление деформации отрезаемого слоя, а также трение на передней и задней гранях ножа (p_g) и, наконец, третий член отражает влияние скорости на силу резания (p_v), т.е.:

$$P = p_0 + p_g + p_v$$

Для расчета величины p_0 предложена формула:

$$p_0 = Bbt^m\delta,$$

где B – коэффициент, зависящий от механической прочности материала, равный для кормовой свеклы – 10,4, для моркови – 7,5 и картофеля – 6,5.

b – длина лезвия, участвующая в работе,

t – толщина лезвия, равная $0,003 \div 0,01$ см,

m – показатель степени, равный для кормовой свеклы – 0,53, для моркови – 0,50 и картофеля – 6,5.

δ – отношение величины пути сжатия a к длине l элемента стружки.

Величина p_g рассчитывается на основании экспериментальных данных, а для расчета силы p_v используется уравнение

$$p_v = 0,025bhv^2,$$

где v – скорость резания в м/сек,

h – толщина стружки.

Общее выражение для определения средней силы резания корнеклубнеплодов составит:

$$P = p_0 + p_g + p_v = Bbt^m \delta + kbh + 0,025bhv^2 \text{ кг/см.}$$

На величину сопротивления резанию корнеклубнеплодов влияют также сорт, продолжительность и способ их хранения. Старые, долго хранившиеся корнеклубнеплоды требуют больших усилий на резание, нежели свежевыкопанные. Крупные разрезаются с меньшей затратой усилий, нежели мелкие.

По конструкции корнерезки подразделяются на следующие типы:

- дисковые с горизонтально или вертикально расположенным диском;
- барабанные с ножами, расположенными по образующей барабана (в этом случае осуществляется рубка корнеплодов);
- центробежные лопастные (часто в них осуществляется и мойка корнеклубнеплодов).

У дисковых и барабанных корнерезок процесс резания осуществляется за счет движения ножей относительно слоя продукта, а у центробежных – слой продукта подводится к неподвижным ножам.

В зависимости от формы и размеров получаемого продукта применяют ножи следующих трех основных видов: плоские с прямолинейным сплошным лезвием, плоские с гребнистым лезвием и совочнообразные.

Производительность Q корнерезок, так же как производительность большинства машин с вращающимися рабочими органами, равна

$$Q = V \cdot \gamma \cdot k \cdot n \cdot 60 \text{ кг/час}$$

где V – объём продукта, отрезанного одним ножом за один оборот,

γ – объёмная масса корнеплодов,

k – число ножей на диске,

n – число оборотов диска в мин.

$$V = Fh \varepsilon_1 \varepsilon_2$$

Здесь F – площадь диска,

h – толщина резки,

ε_1 – конструктивный коэффициент использования ножей, он характеризует действительное использование ножа по сравнению с возможным: $\varepsilon_1 = \frac{\psi}{360}$ (ψ – угол поворота диска при резании одним ножом).

$\varepsilon_2 = \frac{V}{V_{\text{емк}}}$ – отношение объёма клубней, находящихся в корнерезке, к объёму емкости, в которой они находятся – ε_2 учитывает пустоты между корнеклубнеплодами.

Для центробежной лопастной корнерезки

$$F = 2\pi RL \text{ м}^2$$

Мощность, расходуемая на резание, с достаточной точностью определяется по формуле:

$$N_1 = \frac{qLk_0k'v}{102} \text{ кВт,}$$

где q – удельное давление ножа на материал,

L – общая длина лезвия ножей, см,

ε_1 – конструктивный коэффициент использования ножей,

ε_1 – коэффициент, учитывающий пустоты между частицами продукта и равный $0,60 \div 0,70$,

v – скорость резания, м/сек.

Мощность, расходуемая на преодоление трения корнеклубнеплодов о диск радиусом r при условии приложения силы трения на плече, равном $\frac{2}{3}r$:

$$N_2 = \frac{f\pi \frac{2}{3}rGn}{30 \cdot 102} \text{ кВт},$$

где f – коэффициент трения продукта о диск,

G – давление продукта в кг, приходящееся на диск,

n – число оборотов диска в минуту.

Мощность, расходуемая на потери в передаточном механизме, учитывается к.п.д. передачи.

Общая мощность, расходуемая вертикально-дисковой корнерезкой, по данным испытаний, распределяется примерно так: на резание и отбрасывание стружки 60%, на трение продукта о диск 10 – 15% и на холостой ход 25 – 30%.

4. Применение процесса резания при измельчении зерна

Известно, что способ измельчения, определяемый физико-механическими свойствами материала, его начальными и конечными размерами, оказывает существенное влияние на удельную энергоёмкость и качество измельчения. Поэтому выбор эффективных способов измельчения (дробления) и на их основании разработка рациональных рабочих органов измельчителей имеет большое значение, а разработка технологий и конструктивных параметров по повышению производительности, улучшению качества измельчения и надежности рабочих органов в зерноизмельчающих машинах является актуальной проблемой.

При измельчении сыпучих компонентов корма, в частности, зерна, применяют процесс дробления, хотя затраты при этом достаточно велики. Чтобы снизить эти затраты и повысить качество измельчения, были разработаны центробежно-роторные измельчители. В этом измельчителе (его марка ИЛС-5, он разработан в ЧИМЭСХ П.И. Леонтьевым и Н.С. Сергеевым) установлен ротор с вертикальной осью вращения, представляющий собой плоский диск, с расположенными на его поверхности концентрическими радиальными лопатками или ребрами, образующими каналы рабочего органа. Схема измельчителя и режущей пары представлена на рис. 3.

Производительность этого измельчителя довольно высока, поскольку материал подается равномерно сразу по всем каналам. При движении зерна в канале первой режущей пары рабочего органа измельчителя оно поворачивается, ориентируясь длинной осью вдоль стенки канала. При этом резание происходит по минимальному сечению зерна, после чего отрезанная часть вновь поворачивается длинной осью в направлении движения, и процесс повторяется на следующих режущих парах рабочих органов. Это позволяет добиться требуемого модуля помола без переизмельчения материала и с минимальными затратами энергии.

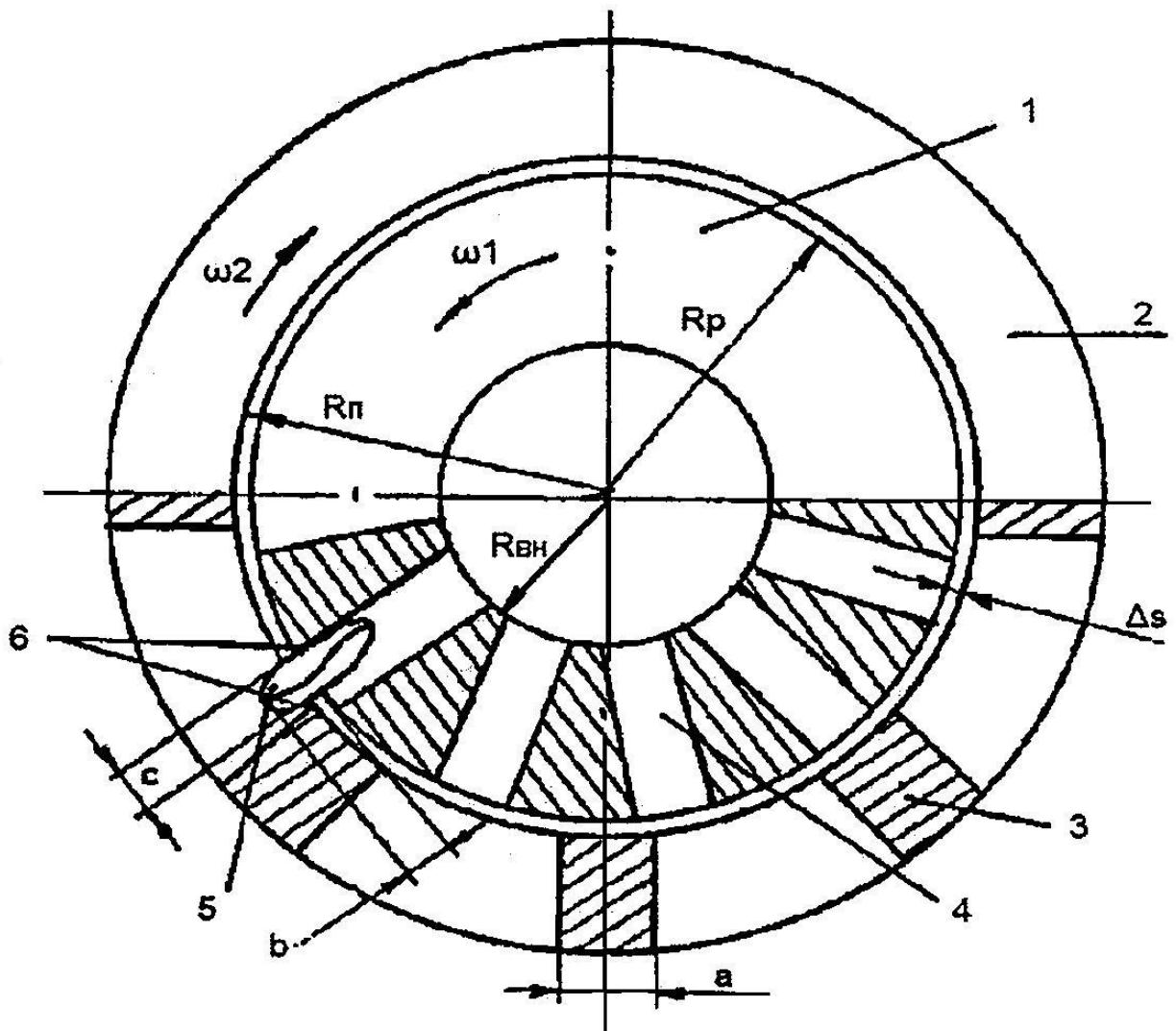


Рисунок 3. Схема измельчителя и режущей пары: 1 – диск-ротор; 2 – кольцевой пояс; 3 – режущие элементы; 4 – канал рабочего органа; 5 – измельчаемый материал; 6 – режущие кромки; R_{π} – радиус кольцевого пояса; R_p – радиус диска-ротора; R_{bh} – радиус до начала канала, м; ω_1 – угловая скорость диска-ротора, с^{-1} ; ω_2 – угловая скорость кольцевого пояса, с^{-1} ; a – толщина режущего элемента, мм; c – поперечный размер измельчаемого материала, мм; b – длина отсекаемой части материала; Δs – зазор между диском-ротором и кольцевым поясом, мм.

Известно, что сопротивление усилиям резания для зерновых культур значительно меньше, чем другим видам разрушения. Это значит, что по этой причине для снижения энергоемкости процесса разрушения зерна в центробежно-роторных измельчителях используется способ резания и скальвания. На энергоемкость измельчения влияет и то, как разрезается зерно (вдоль или поперек). Поэтому в работе центробежно-роторных измельчителей фуражного зерна существенное значение имеет ориентация зерна в канале рабочего органа по отношению к режущим кромкам измельчающих элементов.

И ещё одно преимущество такого измельчителя – в нем материал подается к режущей паре тонким слоем. При таком резании удар ножа более жесткий и не ослаблен, как это имеет место при резании толстого слоя, где часть работы резания расходуется на уплотнение слоя. Это тоже приводит к снижению затрат энергии.

Сравнение удельных затрат энергии на измельчение ИЛС-5 (4,5...5,25 квтч/т) и серийно выпускаемой дробилки ДБ-5 (6,55...10,25 квтч/т) показывает явные преимущества ИЛС-5.

1. 2 Лекция № 2 (2 часа).

Тема: «Теоретические основы процесса гранулирования кормов»

1.2.1 Вопросы лекции:

1. Прессы для гранулирования кормов

1. Прессы для гранулирования кормов классифицируют:

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.

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 u 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:

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

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

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 вальцем

$H = \theta - DA$. Определив из треугольника OAD величину DA , получим, что

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

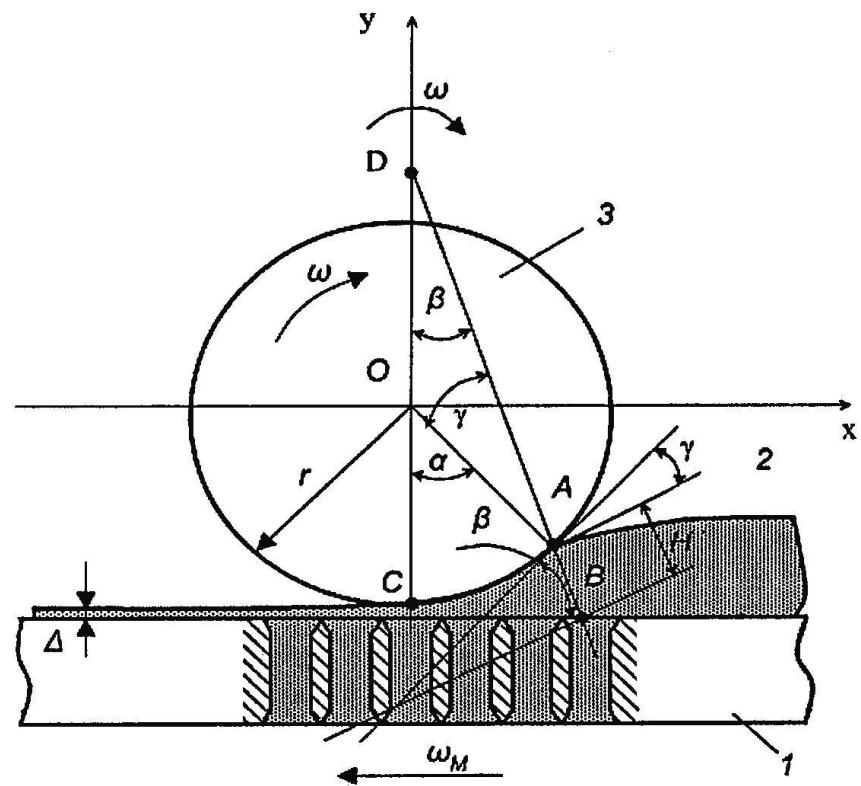


Рисунок 22. Схема к расчету высоты захватываемого слоя в горизонтальной матрице: 1 – матрица; 2 – прессуемый материал; 3 – прессующий валец.

Входящий в уравнение угол защемления 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:

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

где B – рабочая ширина матрицы ($B = D - d_l$);

D и d_l – наружный и внутренний диаметры рабочей поверхности матрицы;

ρ_o – плотность корма, $\text{кг}/\text{м}^3$;

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, м^2 ;

l – длина канала, м;

ρ – плотность гранул, $\text{кг}/\text{м}^3$;

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

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

где d – диаметр каналов прессования, м;

t_p – время релаксации напряжений, с.

1.3 Лекция № 3 (2 часа).

Тема: «Теоретические основы дробление материалов»

1.3.1 Вопросы лекции:

1. Гранулометрический состав кормов
2. Теории дробления материалов
3. Основные закономерности измельчения зерна ударом

1.3.2 Краткое содержание вопросов:

1. Гранулометрический состав кормов

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:

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

Тогда $D_{\text{экв.шара}} = \sqrt[3]{\frac{6V_{\text{зерна}}}{\pi}} \approx 1,263\sqrt[3]{V_{\text{зерна}}}.$

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 рассева 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.

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

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

2. 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

$$A = A_y + \mathcal{Q} \frac{\sigma^2 M}{2E} + A_s \Delta S k,$$

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

\mathcal{Q} – 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 1cm^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:

$$A_{изм} = [1g\lambda^3 + c_2 \cdot C_{np} - 1] C_{np}$$

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.

3. Основные закономерности измельчения зерна ударом

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, сохраненная 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_o можно принять за величины заданные и постоянные, то уравнение, представленное как

$$v_k = \frac{v_o}{1 + \frac{\Delta\mu}{m}}$$

при переменных v_k 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_k .

При $\Delta\mu = m$ конечная скорость $v_k = \frac{v_o}{2}$. Чем масса $\Delta\mu$ больше, тем конечная скорость v_k 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:

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

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

Полная работа равна сумме:

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

или

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

то есть графически полную работу A в функции v_k 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.

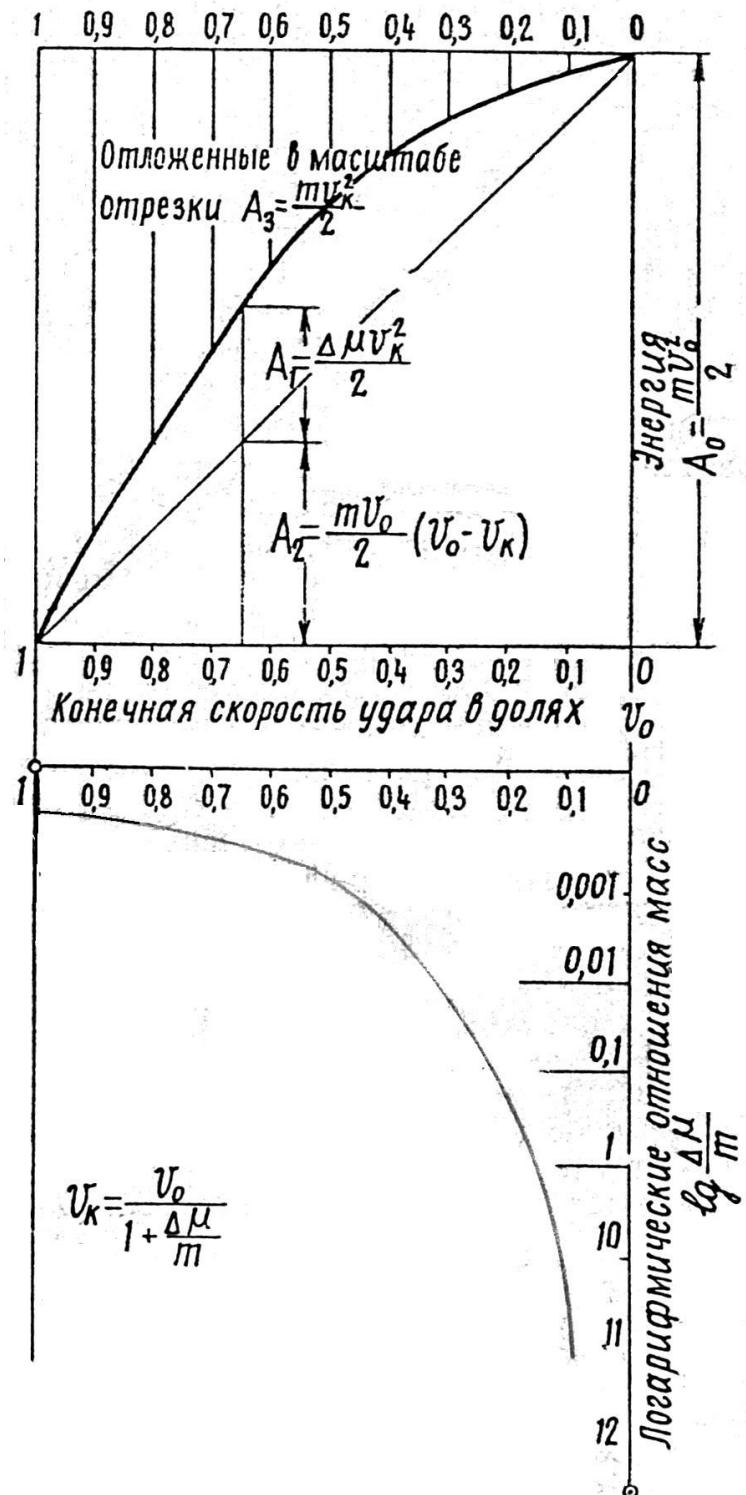


Рисунок 2. Графическое изображение неупругого удара.

Если учитывать упругость, то эта формула примет вид.

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

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.

1. 4 Лекция № 4 (2 часа).

Тема: «Теоретические основы доения, обработки и переработки молока»

1.4.1 Вопросы лекции:

1. Физиологические основы машинного доения
2. Факторы, влияющие на эффективность машинного доения
3. Основные операции первичной обработки.
4. Основные операции первичной переработки

1.4.2 Краткое содержание вопросов:

1. Физиологические основы машинного доения

Эффективность доения коров машиной зависит от морфологических и функциональных свойств вымени. К морфологическим свойствам относятся размеры и форма вымени. У большинства коров развитое вымя говорит о большом удое. Иногда встречается жировое вымя, в котором сильно развиты жировая и соединительная ткани. Размеры вымени определяют на втором-третьем месяцах лактации коровы, измеряя горизонтальный обхват и глубину долей. Умножая данные этих двух замеров, получают условный размер вымени. Замеры вымени у коров желательно проводить перед утренней дойкой, когда наблюдается наибольшая степень наполнения его молоком (измерительной лентой и циркулем).

Вымя оценивают по качеству, разделяя на железистое, мясистое или жировое. Железистое вымя после доения значительно уменьшается в объеме, а на молочном зеркале образуются складки, мягкие доли. Мясистое вымя после доения в объеме уменьшается мало.

По форме различают ваннообразное, чашеобразное, округлое и козье вымя.

Равномерность развития долей и распределения удоя в них - показатель сравнительно постоянный у животных. Резкие изменения наступают в результате нарушений технологии доения (травматизм сфинктера и соскового канала, вызывающие тугодойность доли), заболевания маститом одной или нескольких долей. С возрастом почти у всех коров разница в количестве молока, получаемого из передних и задних долей, увеличивается. Соотношение удоя правой и левой половин у здоровых животных сохраняется почти одинаковым и нарушается при постоянном неправильном машинном додаивании (вбок) или неравномерном распределении массы доильных стаканов на обе половины вымени (чаще наблюдается при доении на установках типа «Елочка»).

2. Факторы, влияющие на эффективность машинного доения

При машинном доении имеют определенное значение размеры, форма, расположение и эластичность сосков. На маленькие короткие соски трудно быстро надевать доильные стаканы, последние плохо удерживаются на сосках в начале доения, приходится придерживать их рукой, что связано с дополнительными затратами труда.

Соски толще 3 см сильно зажимаются сосковой резиной, часто невозможно полностью надеть на них доильные стаканы. Это вызывает нарушение кровообращения и торможение рефлекса молокоотдачи. С тонких (менее 2 см) сосков доильные стаканы часто спадают. Наиболее приемлемы для доения соски диаметром 2,0...2,6 см. Особенно часто небольшие соски наблюдаются у первотелок. Механический массаж и пневмомассаж вымени нетелей за 2...3 месяца до отела способствуют увеличению размеров сосков.

Молочная железа коровы состоит из четырех, реже шести отдельно функционирующих долей 2 (рис. 1). Каждая доля имеет самостоятельную систему

выводящих протоков 3, которая заканчивается сосками 5. Снаружи молочная железа покрыта тонкой эластичной кожей 1, в которой расположены сальные железы. Кожа, кроме сосков, покрыта шерстью. На сосках нет ни сальных желез, ни шерсти, поэтому за ними необходим специальный уход.

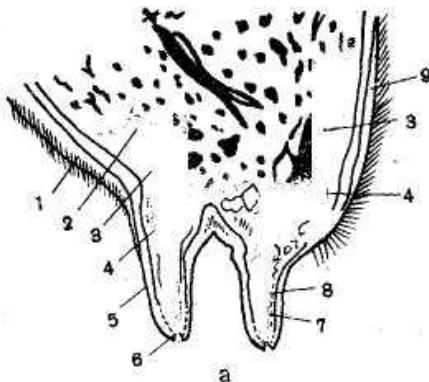


Рис. 1. Вымя коровы

1 - кожа вымени; 2- доля вымени; 3 - молочный проток; 4 - молочная цистерна (выменной отдел); 5 - сосок вымени; 6 - отверстие соскового канала; 7 - пещеристое тело соска; 8 - сосковый отдел молочной цистерны; 9 - молочное зеркало.

Благодаря эластичной коже молочная железа увеличивается в объеме по мере накопления молока между дойками. На задней части вымени кожа переходит в так называемое молочное зеркало 9.

Молочная железа отличается тем, что молоко из нее выводится не постоянно, а во время сосания или доения. Нервные раздражения, возникающие при этом, передаются рецепторами в спинной и головной мозг, откуда по нервным путям часть импульсов поступает в вымя. Сосуды расширяются, вымя и соски набухают и делаются упругими. Происходит переход молока из альвеолярной части молочной железы в цистернальную. Одновременно другая часть импульсов от молочной железы поступает в продолговатый мозг и гипоталамус, от которого они передаются коре головного мозга и нейрогипофизу. Гипофиз начинает выделять гормон — окситоцин, поступающий в кровь и приблизительно через 40...50 с доходящий до молочной железы. Окситоцин вызывает сокращение звездчатых клеток альвеол. При этом альвеолы сжимаются и выталкивают молоко в молочные протоки и цистерны. Продолжительность действия этого гормона 5...7 мин, а затем он разрушается. Поэтому корову необходимо выдавать сразу же после подготовки вымени.

Окситоцин вызывает одновременно сокращение миоэпителиальных клеток, расположенных вдоль протоков. При этом протоки расширяются, выпрямляются и укорачиваются, что облегчает сброс молока из верхних слоев вымени в нижние. Продолжительность латентного периода рефлекса (время от начала подготовки вымени до выделения молока) колеблется от 20 до 136 с. Она значительно изменяется в зависимости от режима работы доильного аппарата, стрессовых ситуаций, кратности доения, физиологического состояния животного, его возраста, периода лактации, уровня разовых удоев и характера преддоильной стимуляции вымени. Одна из причин различной продолжительности латентного периода - неодинаковая чувствительность и реактивность миоэпителиальных клеток альвеол к окситоцину, в разные дойки, периоды лактации и т. д. Вторая причина - недостаточное для полной стимуляции рефлекса молокоотдачи количество окситоцина, выделяемое нейрогипофизом к очередной дойке.

Можно выделить две фазы рефлекса молокоотдачи. В первой фазе происходит снижение тонуса стенок протоков и цистерн, что облегчает сброс молока из альвеолярного отдела в цистерну. Вторая (нейрогуморальная) фаза связана с рефлекторным освобождением окситоцина из нейрогипофиза, который при поступлении в молочную железу вызывает сокращение звездчатых клеток альвеол.

3. Основные операции первичной обработки

Очистка молока от механических примесей выполняется с помощью фильтров или центробежных очистителей. Естественное полное выделение бактериальных клеток вследствие малого их размера пока еще не достигнуто. Однако, на специальных центрифугах (при частоте вращения барабана $230\text{--}270\text{ с}^{-1}$) с непрерывной выгрузкой осадка в виде жидкого концентрата удалось выделить до 98% бактерий. На качество очистки влияют температура молока, продолжительность непрерывной работы средств очистки. Оптимальная температура равна $35\text{--}60\text{ }^{\circ}\text{C}$, при повышении температуры скорость выделения частиц повышается, но часть механических примесей растворяется или раздробляется в молоке.

Фильтрация – наиболее распространенный способ очистки. Фильтры (ватные кружки, сетчатые, марлевые, фланелевые и лавсановые фильтры) задерживают механические примеси. Наилучшая степень очистки получается при комбинированном использовании металлической сетки с тканевой перегородкой.

Лавсановые фильтры - обеспечивают быструю и постоянную по скорости фильтрацию молока. Они гигиеничны, бактериологическая очистка этих фильтров осуществляется при промывании горячей водой без применения моющих средств. При использовании одного слоя лавсанового фильтра достигается первая группа чистоты молока. 1 м лавсана заменяет 40 метров марли.

Ватные фильтры – с гладкой поверхностью, хорошо очищают молоко. Недостаток – медленная фильтрация с увеличением фильтровальной камеры.

Марлевые фильтры – быстро изнашиваются, загрязняются и не обеспечивают высокой степени очистки.

Фильтры для молока делятся на открытые и закрытые. Открытые фильтры применяют при ручном и машинном доении в переносные ведра. Этот способ очистки требует дополнительных затрат времени и в основном не отвечает санитарно-гигиеническим требованиям. Несколько лучшие результаты получают при использовании закрытых молочных фильтров, установленных непосредственно в молокопроводе. Фильтрующий элемент состоит из каркаса-сетки и сменного лавсанового или капронового фильтра. Молоко, проходя под действием напора или разрежения через фильтрующий элемент, очищается, а загрязнения задерживаются на фильтре. Фильтр легко разбирается для промывки и замены.

Однако даже при фильтрации молока в потоке через синтетические фильтры не гарантируется высокое качество очистки. Центробежные очистители, которые в настоящее время применяются на многих молочнотоварных фермах и комплексах, дают более высокую степень очистки молока.

Молоко на молокоочиститель желательно направлять подогретым до $40\text{--}60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Сепараторы-очистители могут очищать и холодное молоко, но производительность их при этом значительно уменьшается. При температуре $10\text{--}15\text{ }^{\circ}\text{C}$ в процессе очистки или сепарирования жировые шарики могут сбиваться, а в дальнейшем отстаиваться жир.

Очистка молока может проводиться на сепараторах, имеющих два сменных барабана: один для сепарирования, другой для очистки молока. Однако такие комбинированные сепараторы не находят широкого применения.

На сепараторах-очистителях молоко очищается без вспенивания в закрытом потоке. В молоке снижается общее количество микробов, так как они захватываются частицами механических примесей и слизью, осаждающимися в грязевом пространстве барабана сепаратора-очистителя.

Сразу же после очистки молоко охлаждают до $4\text{--}10\text{ }^{\circ}\text{C}$ и хранят при этой температуре до отправки на молокоприемные пункты.

Охлаждение молока можно проводить несколькими способами. Выбор способа охлаждения зависит от многих факторов, в том числе от типа охладителя, количества охлаждаемого молока, наличия холодной воды, добываемой из глубоких скважин, обеспеченности хозяйства электроэнергией для получения искусственного холода и др. При

охлаждении замедляется жизнедеятельность микроорганизмов, вызывающих его порчу и скисание, обеспечивается стойкость молока при хранении. В соответствии с действующими стандартами температура молока при сдаче на предприятие не должна превышать 10 С, поэтому температура молока при охлаждении 6-8 С.

Наиболее простой метод – погружение фляг в бассейны с холодной водой, но при этом температура воды должна быть относительно низкой, а молоко во флягах – перемешиваться. Наибольшее распространение получили различные оросительные охладители.

1. по конструкции делятся на плоские и круглые; открытого и закрытого типа.
2. по числу рабочих секций - на одно- и двухсекционные.
3. по режиму работы - на прямоточные (параллельные) и противоточные.

На рабочие поверхности оросительных охладителей молоко поступает самотеком или под напором (орошает поверхность) и стекает по ним тонким слоем навстречу или параллельно движущемуся по другой стороне поверхности хладоагенту. При этом теплота от молока через тонкую стенку аппарата передается охлаждающей жидкости, которой может быть холодная вода с температурой не выше 10 °С; ледяная вода, охлаждаемая во фригаторах или на холодильных установках до температуры 0...+4 °С, или рассол, охлаждаемый на холодильных установках и имеющий минусовую температуру.

Охладители, в которых охлаждающая жидкость движется сверху вниз в одном направлении с молоком, называют параллельными или прямоточными; а охладители, в которых охлаждающая жидкость движется под напором навстречу охлаждаемому молоку, – противоточными. Противоточный режим охладителя наиболее эффективен.

Конечная температура молока тем ниже, чем меньше начальная температура молока и воды. Разность между температурой охлажденного молока и начальной температурой воды обычно составляет от 2 до 5 °С. Чем лучше охладитель, тем меньше эта разность. Например, при начальной температуре воды 10 °С в одно секционном противоточном охладителе молоко можно охладить до температуры 12...16 °С. Для достижения глубокого охлаждения необходимо использовать воду с более низкой температурой или рассол. Например для охлаждения молока до 8 °С необходима вода с температурой 3...6 °С, а для глубокого охлаждения молока до 4...6 °С применяют рассол, имеющий минусовую температуру (-10...-12 °С).

Вода, пройдя через охладитель, получает от молока теплоту и нагревается до 16 ... 19 °С; в зимнее время эту воду используют для поения коров и телят.

При помощи холодной водопроводной воды, добытой из глубоких скважин, можно «отнять» от молока до 80 ... 85 % излишней теплоты и тем самым в 4...5 раз уменьшить мощность холодильных установок и соответственно расход электроэнергии.

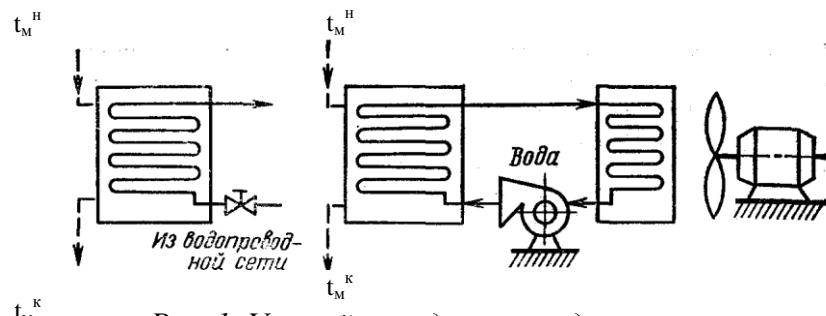


Рис. 1. Устройства для охлаждения молока

Ряд пластинчатых аппаратов имеют легко разборную конструкцию, позволяющую быстро ослаблять пакет и сливать остаток жидкости без полной разборки аппарата.

Недостаток пластинчатых охладителей – большое число фигурных резиновых прокладок, которые требуют осторожного и умелого обращения с ними.

Высокопроизводительные пластинчатые охладители оснащены приборами автоматического контроля, регулирования и регистрации температуры охлаждения молока.

Танки-охладители применяют для глубокого охлаждения молока (до 4...6 °С) и его временного хранения в охлажденном виде на молочнотоварных фермах. Молочная цистерна танка-охладителя имеет водяную рубашку, обеспечивающую циркуляцию охлаждающей жидкости между стенками танка. Теплоизоляционный слой препятствует повышению температуры внутри цистерны и обеспечивает сохранность молока с заданной температурой. Танки-охладители выпускаются со встроенным холодильными агрегатами и без них. В последнем случае танк работает вместе с холодильной установкой.

Танки-термосы имеют теплоизоляцию, обеспечивающую хранение в них охлажденного молока. При разнице температур окружающего воздуха и охлажденного молока, равной 20 °С температура молока за 12 ч хранения в таком танке-термосе повышается не более чем на 1 °С.

Для получения искусственного холода на фермах применяют компрессорные холодильные установки типа МХУ, АВ, УВ и др.

Для ферм разработаны водоохладительные установки производительностью 38, 50, 75 и 125 тыс. кДж/ч.

4. Основные операции первичной переработки.

Охлаждение.

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** (потерями пренебрегаем), то есть

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

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

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

$$M \cdot c \int_{t_0}^{t_m} - (t_0 + \tau) \, d\tau = nM(t_e - t_0) \quad (2)$$

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

$$t_m - c - t_0c - \tau c = nt_e - nt_0, \text{ отсюда} \\ t_e = \frac{c(t_m - \tau) + t_0(n - c)}{n} \quad (3)$$

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

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

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

отсюда

$$dt_m = \frac{n}{n-c} d \frac{(n-c)(t_m - t_0) + c\tau}{n} \quad (5)$$

Обозначим

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

подставим (4) и (5) в (1) и получим

$$\begin{aligned} -M \cdot c \frac{n}{n-c} d \frac{A}{A -} &= K \cdot dF \frac{A}{A -} \\ -M \cdot c \frac{n}{n-c} \frac{d \frac{A}{A -}}{A} &= K dF. \end{aligned}$$

Проинтегрируем это уравнение

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

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

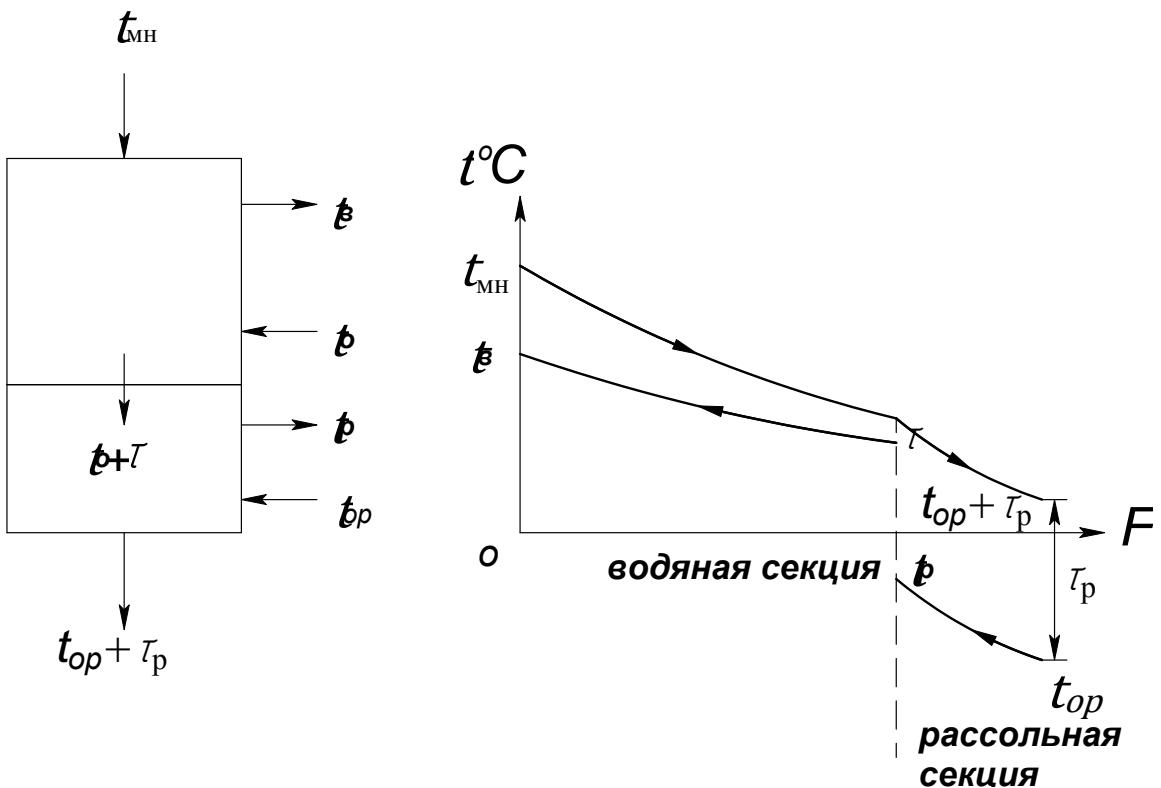


Рис. 27 - Температурная диаграмма двухсекционного охладителя

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

Поставив пределы интегрирования и решив это уравнение, мы можем получить значение *Мили F*.

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

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 $c_p = 1,001 \dots 0,0776$ в зависимости от содержания соли. Температура замерзания рассола также зависит от содержания соли в рассоле – минимальная температура равна $-21,2^{\circ}\text{C}$ при содержании соли 22,4% (почти прямая зависимость).

Аналогично расчету поверхности водяной секции

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

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, неудовлетворяющее требованиям ГОСТ. По свидетельству директора Российского союза предприятий молочной отрасли В. Лабинова, европейцы вообще не стали бы покупать молоко у наших фермеров.

Тепловой процесс пастеризатора

Нагревание жидкостей (вины) 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. 28.

Молоко на обработку поступает тонким слоем и нагревается до температуры $80 \dots 90^{\circ}\text{C}$.

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, создает турбулентный поток молока, повышает прочность пастеризатора, в который молоко и теплоноситель (пар) поступают по давлению.

В процессе работы температура молока увеличивается от $t_{\text{нач}}$ до $t_{\text{кон}}$ (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**

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

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

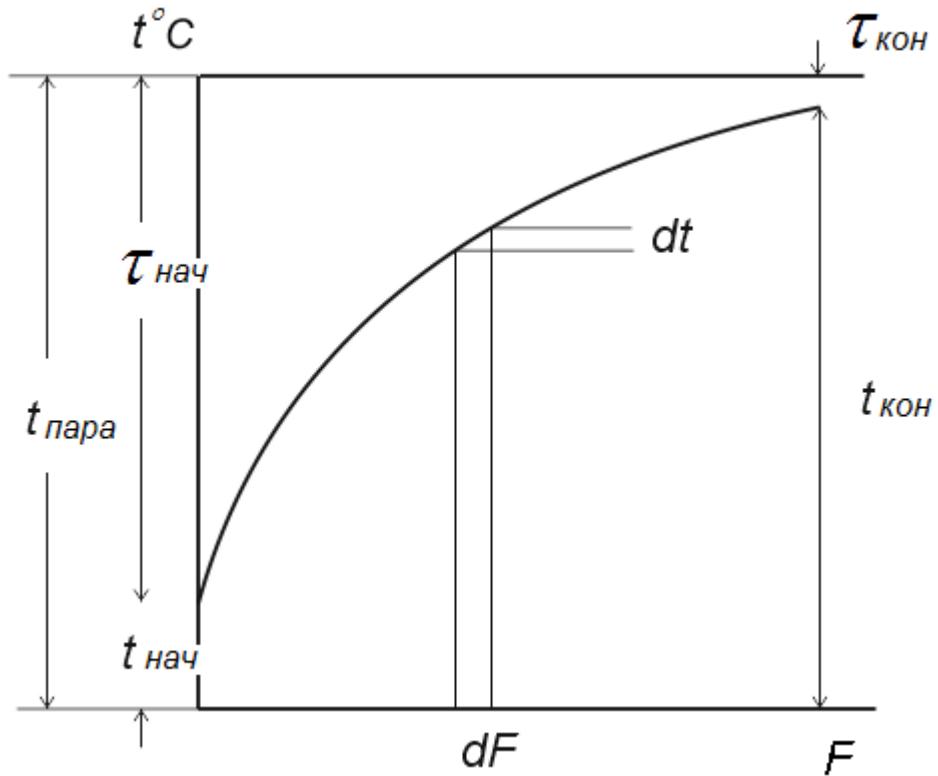


Рисунок 28 – Тепловой процесс пастеризации

t – температура молока,

K – коэффициент теплопередачи (для упрощения расчетов примем $K = \text{const}$).

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

Проинтегрируем это выражение

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

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

этому же виду, тогда

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

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

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

Окончательно

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

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

Откуда

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.

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

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

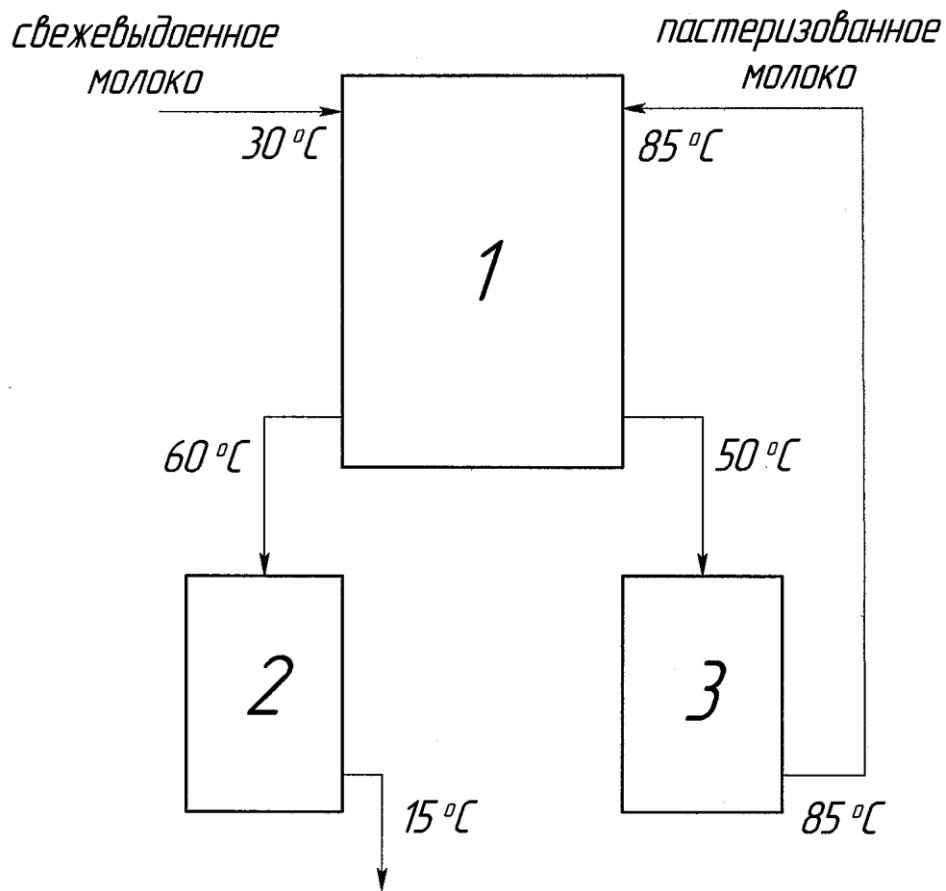


Рис. 29 Схема включения прямоточного регенератора в молочную линию: 1 – регенератор, 2 – охладитель, 3 – пастеризатор.

где E – коэффициент регенерации тепла, равный 0,6...0,7. Разность температур процесса можно посчитать по формуле

$$t_{pez} = (1 - E)(t_{nacm} - t_{pez}),$$

$$a \quad E = \frac{M \cdot c}{M \cdot c} \frac{(t_{pez} - t_{нач})}{t_{nacm} - t_{нач}} = \frac{t_{pez} - t_{нач}}{t_{nacm} - t_{нач}}$$

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

$$Q_{\text{ек}} = M \cdot c \tau_{pez} \text{ кДж/час}$$

Молочные сепараторы

Сущность разделения молока заключается в том, что вследствие разницы плотностей молочного жира и так называемой молочной плазмы (т.е. обрата), происходит всплытие жировых частиц. Эта разница составляет 0,11 г/см³ (плотность жира 0,92 г/см³, а плазмы – 1,03 г/см³). 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

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

где g – ускорение свободного падения тела м/сек²,
 σ_{Π} – плотность плазмы (обрата),
 $\sigma_{\text{ж}}$ – плотность жира,
 r – радиус жирового шарика ($r = 1,5 \dots 5,0$ мкм),
 η – вязкость молока в пуазах.

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…1500 об/мин), следовательно, рабочие обороты барабана были еще меньше. Такие сепараторы имели очень небольшую производительность и были экономически не выгодными.

Выход из создавшегося положения нашел известный шведский инженер Карл Густав Лаваль (1845 – 1913 г.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. 30 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 всплытия 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

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

$$S = v_{c.cp.} \cdot T = \frac{h}{\tan \alpha} \quad (2)$$

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

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

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

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

В межтарелочном пространстве жировые шарики движутся вместе с потоком молока с постоянно уменьшающейся скоростью V_{Π} . На каждом элементарном участке она будет иной, поэтому можно определить среднюю скорость в диапазоне $R_{\max} - R_{\min}$

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

$$V_{n.cp.} = \frac{\int V_{\Pi} dR}{R_{\max} - R_{\min}}$$

Зная производительность сепаратора Q и сечение, через которое проходит молоко в процессе обработки, определим

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

$$\int_{R_{\max}}^{\infty} \frac{Q}{2 - \frac{R}{R_{\max}}} dR = \frac{Q}{2 - \frac{R_{\max}}{R_{\max}}} \int_{R_{\max}}^{\infty} \frac{dR}{\frac{R}{R_{\max}}} = \frac{Q}{2 - \frac{1}{2}} R_{\max} = \frac{2Q}{3} R_{\max}$$

$$\text{отсюда } V_{n.cp.} = \frac{\frac{2\pi Rh \cdot \cos \alpha \cdot r}{R_{\min}}}{R_{\max} - R_{\min}} = \frac{2\pi Rh \cdot \cos \alpha \cdot r}{R_{\max} - R_{\min}} \frac{R}{R_{\min}}$$

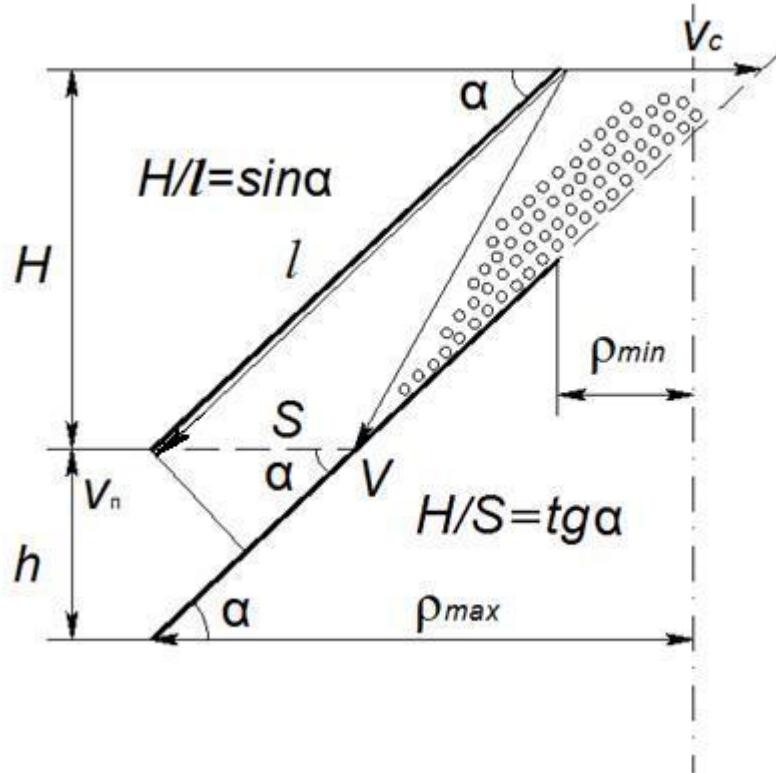


Рис. 30а – Выделение жирового шарика при движении молока в межтарелочном пространстве

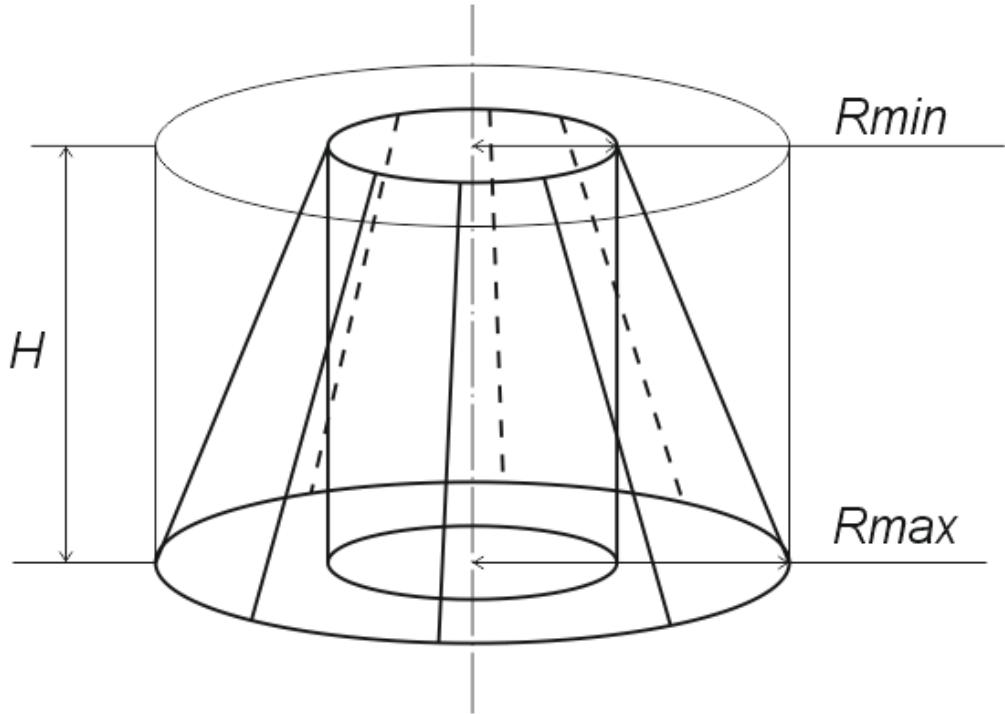


Рис. 30б – К определению расчетного объема барабана сепаратора

или

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

Подставим значения $V_{n.cp.}$ и $V_{c.cp.}$ в уравнение (1):

$$\frac{Q}{2\pi Rh \cdot \cos \alpha \cdot r} \cdot \frac{\ln \frac{R_{\max}}{R_{\min}}}{R_{\max} - R_{\min}} = \frac{H}{h} \cdot \frac{1}{\cos \alpha}$$

$$\frac{2}{9} \frac{\sigma_{\Pi} - \sigma_{\text{ж}}}{\eta} r^2 = \frac{\omega^2 r \pi}{\ln \frac{R_{\max}}{R_{\min}}} (R_{\max}^2 - R_{\min}^2) \cdot H$$

Упростим это выражение и окончательно получим

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

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 30б)

Окончательно

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

Для практических расчетов

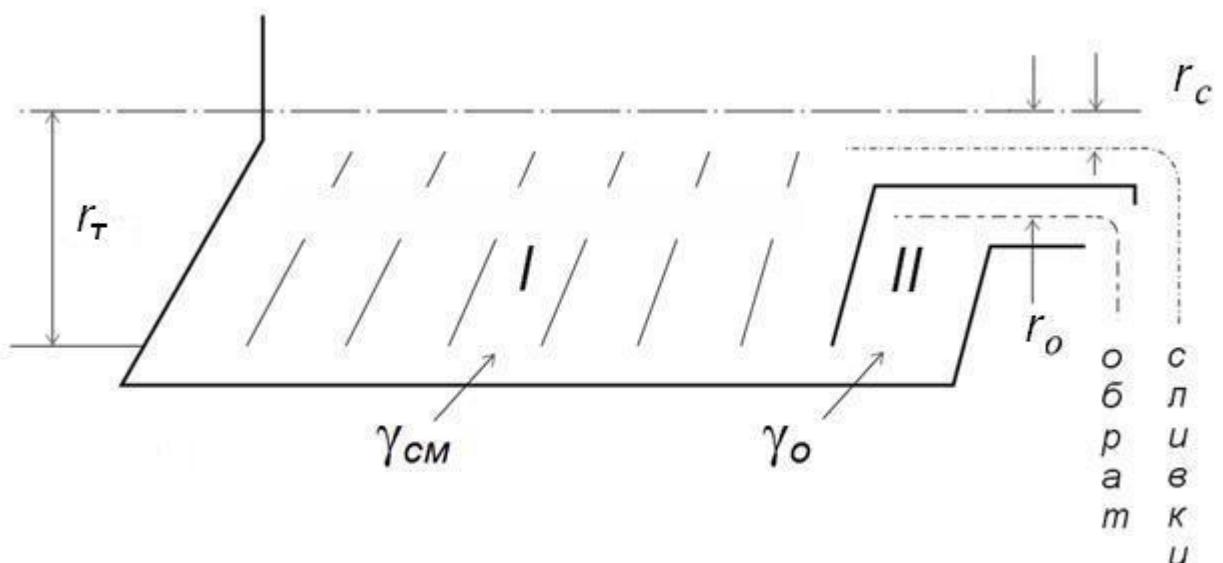


Рис. 31 – Схема к определению физического смысла регулирования жирности сливок

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

где β – технологический КПД сепаратора.

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

где t – температура молока, подверженного сепарированию.

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

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

Теперь рассмотрим **физический смысл регулирования жирности сливок**. Для этого барабан сепаратора разместим горизонтально (рис. 31). Видно, что он разделен верхней тарелкой на два сообщающихся сосуда: в первом находится смесь (γ_{cm}), 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

$$(r_t - r_c) \gamma_{cm} = (r_t - r_o) \gamma_o$$

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

$$\frac{r_t - r_c}{r_t - r_o} = \frac{\gamma_o}{\gamma_{cm}}$$

Учитывая действие громадных центробежных сил, эта формула будет иметь вид

$$\frac{r_t^2 - r_c^2}{r_t^2 - r_o^2} = \frac{\gamma_o}{\gamma_{cm}}$$

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

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

1. 5 Лекция № 5 (2 часа).

Тема: «Экспериментально-теоретические исследования процессов молочных ферм»

Первые испытания опытной предварительно напряженной металлической фермы провел Г. Манель.

Испытывалась ферма с параллельными поясами со стержнями из штампованных профилей и с затяжкой, расположенной вдоль нижнего пояса (рис. 20). Испытания подтвердили расчетные предположения и, в прямолинейной затяжке вдоль нижнего пояса предварительное напряжение не передается только на нижний пояс, а на остальные стержни фермы не оказывает влияния.

При изготовлении ферм покрытия завода в Харлоу (Англия) на строительной площадке были испытаны в натуральную величину две фермы. В стадии предварительного напряжения деформативность ферм в горизонтальном и вертикальном направлениях была значительно больше расчетной. Это объяснено авторами податливостью болтовых соединений. Деформации ферм под нагрузкой были несколько меньше расчетных. Совпадение опытных напряжений с расчетными было удовлетворительным.

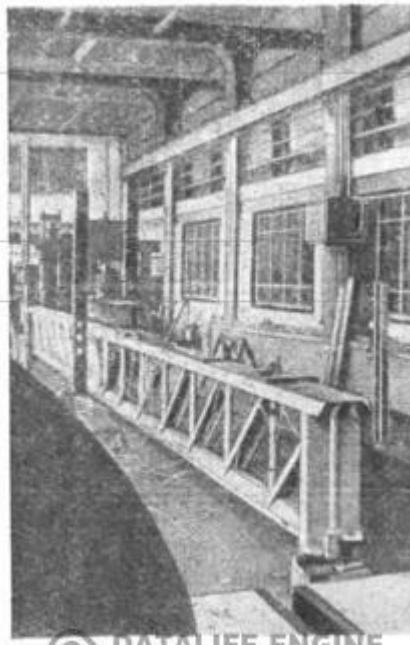


Рис. V.20. Опытная ферма из штампованных профилей

В России экспериментальные исследования предварительно напряженных ферм проводились Уральским политехническим институтом имени С.М. Кирова совместно с НИИ промсооружений (Свердловск), МИСИ имени В.В. Куйбышева совместно с ЦНИИ строительных конструкций (Москва) и Белорусским политехническим институтом (Минск). Фермы испытывались на однократное и многоступенчатое предварительное напряжение. Наибольшее количество испытаний проведено в лабораторных условиях на опытных фермах, но испытывались фермы, близкие по величине к натуральным. Цель испытаний — сопоставление действительной работы ферм с теоретическими предположениями, выяснение особенностей работы фермы в целом и отдельных ее узлов, установление надежности работы ферм под нагрузкой, проверка различных конструктивных решений, отработка на практике методики предварительного напряжения.

В табл. 3 приведены основные характеристики опытных ферм, испытанных в последние годы в России.

Основные характеристики опытных ферм						Таблица V.3
Марка фермы	Схема фермы и нагрузки	Тип затяжки	Сечение пакета	Порядок натяжения и загружения	Кем проводились испытания	
Ф1У		Нет		Загружение		
Ф2У		Стальной канат диаметром 17 мм		Натяжение Загружение		
Ф3У		То же		Натяжение Загружение Натяжение Загружение Натяжение Загружение	УПИ им. С. М. Кирова — НИИ промсоюзжелей (Свердловск)	
Ф4У		Стальной канат диаметром 22,5 мм		То же		
Ф1Б		То же, диаметром 23,5 мм		Загружение Натяжение Загружение Натяжение Загружение Натяжение Загружение	БПИ (Минск)	
Ф2Б		То же		То же		
Ф1М		Печок проволок диаметром 5 мм		Натяжение Загружение Натяжение Загружение Натяжение Загружение	МИИ им. В. В. Куйбышева — БИПИ (Москва)	
Ф2М		То же				SOFTNEWS MEDIA GROUP

Перед постановкой экспериментальных работ были проанализированы возможные конструктивные схемы ферм, что позволило установить наиболее эффективную схему. Такой схемой является ферма арочного типа с прямолинейной затяжкой. Поэтому все опытные фермы, испытанные в России, имели арочную схему.

Наиболее обширные испытания опытных ферм проведены в Свердловске.

Фермы пролетом 10,5 м имели стержни двухстенчатого сечения из прокатных уголков. Затяжки из стальных канатов подвергались предварительной вытяжке усилием, на 20% превышающим расчетную несущую способность.

Затяжки имели по концам анкерные стаканы, залитые баббитом. Натяжение производилось гидравлическими домкратами. Промежуток между стаканом и упорной частью фермы заполнялся закладными шайбами.

Фермы испытывались в перевернутом положении и нагружались с помощью гидравлических домкратов.

Первая ферма (Ф1У) испытывалась без предварительного напряжения и без затяжки и должна была служить эталоном для трех предварительно напряженных ферм. Однако эта ферма работала как статически определимая система, имеющая совсем иные условия работы, чем фермы с затяжками. Конструктивные поправки первой фермы близки к обычно получаемым при испытании однопролетных ферм. Все конструктивные поправки меньше единицы, причем совпадение опытных напряжений с расчетными в нижнем поясе лучше, чем в верхнем. Исчерпание несущей способности произошло от развития пластических деформаций в средней панели нижнего пояса.

Испытания, проведенные в белорусском политехническом институте, в основном имели целью проверить работу системы ферм с продольными балками, совместно напрягаемыми петлевидными затяжками, имеющими в плане вид многоветвевой восьмерки.

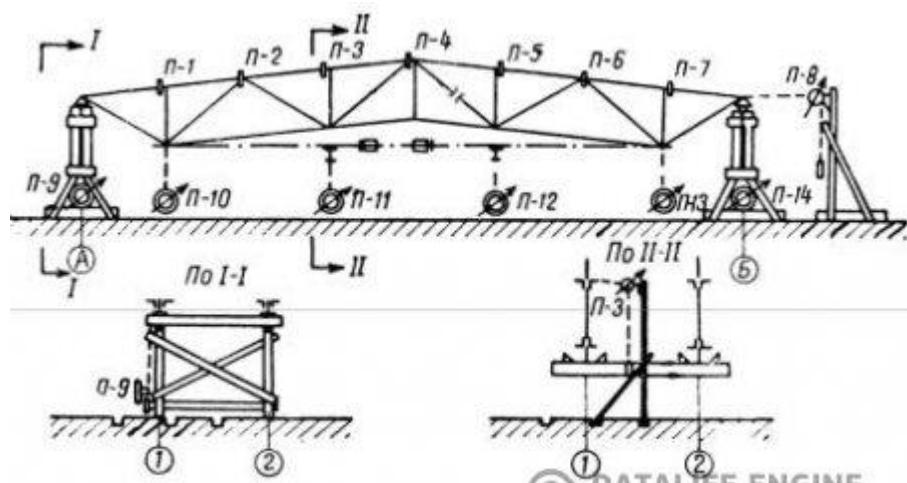


Рис. V.21. Установка Белорусского политехнического института для испытания ферм

Установка для испытания состояла из двух ферм пролетом 12 м, соединенных на расстоянии 2 м в пространственный блок системой связей и двумя балками, подвешенными к нижнему поясу на уровне затяжки (рис. 21). Балки имели консольные выступы длиной 0,5 м за наружные грани блока. Затяжки выполнялись из стального каната диаметром 23,5 мм; концы их стыковались стяжными муфтами для образования непрерывной петли. Усилие от затяжки передавалось на ферму через специальные упоры, прикрепленные к фасонкам (рис. 22). В упорах имелись криволинейные «ручьи», в которые закладывалась затяжка.

Фермы Ф1Б и Ф2Б представляли собой натуральные конструкции для запроектированного покрытия здания, и одна из них после испытания была поставлена на здание.

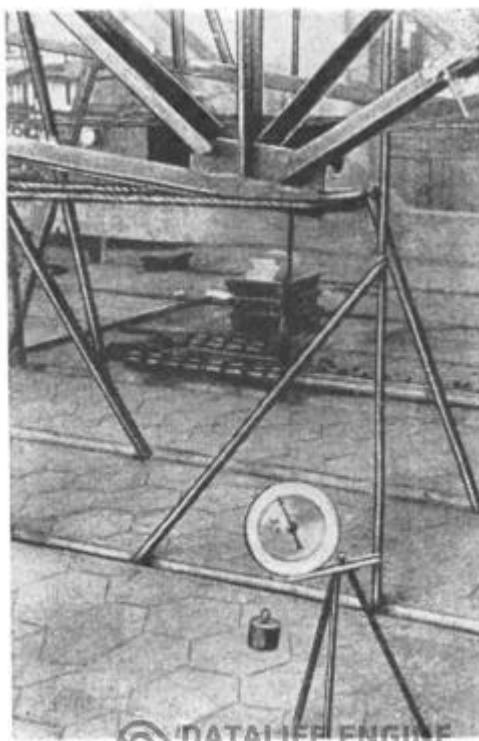


Рис. V.22. Закрепление петлевидной затяжки в узле нижнего пояса фермы

Обе фермы испытывали на многоступенчатое предварительное напряжение, причем в отличие от ферм Ф1У—Ф4У первый цикл начинался с приложения нагрузки, и давалось не

две, а три ступени предварительного напряжения. Фермы загружались чугунными чушками с помощью рычажной установки.

Основной целью испытаний фермы МИСИ—ЦНИИСК являлось изучение особенностей работы конструкции при многоступенчатом предварительном напряжении и апробирование способа создания предварительного напряжения во второй и третьей стадиях путем удлинения средней стойки.

Затяжка трубчатого сечения диаметром 5 мм выполнялась из пучка высокопрочной проволоки и анкеровалась пробкой с колодкой; натяжение и запрессовка пробки производились домкратом двойного действия (рис. 23).

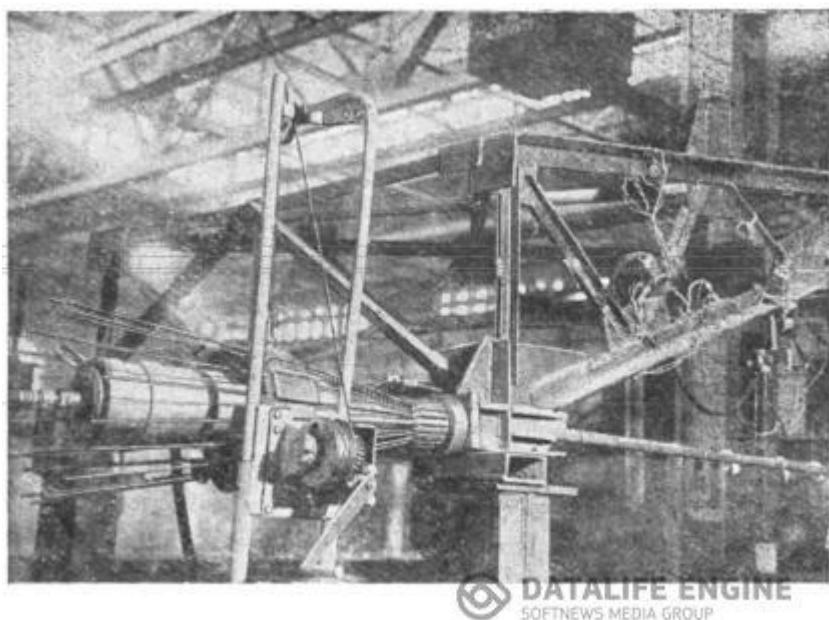
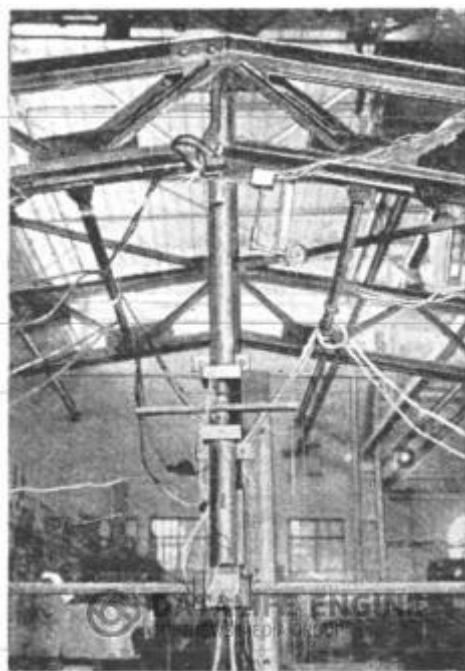


Рис. V.23. Натяжение затяжки фермы Ф1М

Ферма Ф1М загружалась с помощью гидравлических домкратов. Однако при многоступенчатом предварительном напряжении, когда вертикальные перемещения фермы в каждом цикле меняли свое направление, загружение домкратами не обеспечивало четкой работы конструкции. Поэтому ферма Ф2М загружалась штучными грузами с помощью рычажной установки. Первым этапом испытания было натяжение затяжки домкратом. После натяжения затяжка закреплялась анкером, домкрат убирался и ферма загружалась вертикальной нагрузкой.

Вторая и третья ступени предварительного напряжения давались при помощи винтовой муфты с двойной нарезкой, вставленной в среднюю стойку фермы (рис. 24). Для этой цели средняя стойка, соединяющая затяжку с нижним поясом, выполнялась из трубы. При раскручивании муфты стойка удлинялась и создавала распор между затяжкой и фермой. Затяжка получала перегиб и дополнительное усилие растяжения; кроме того, ферма получала в среднем узле нижнего пояса разгружающее усилие, направленное снизу вверх. Средняя стойка выполняла роль промежуточной опоры фермы, значительно облегчающей ее работу и повышающей жесткость.

Общий вид испытательной установки показан на рис. 25.



Усилия в элементах фермы определялись для каждой ступени предварительного напряжения и загружения по различным расчетным схемам. При первом натяжении пучка ферма работает как статически определимая система. При первом загружении и повторных натяжениях посредством удлинения средней стойки ферма работает как один раз статически неопределенная система. При повторных загружениях вертикальной нагрузкой средняя стойка вступает в работу, затяжка в месте сопряжения со стойкой имеет перегиб, и ферма становится дважды статически неопределенной системой.

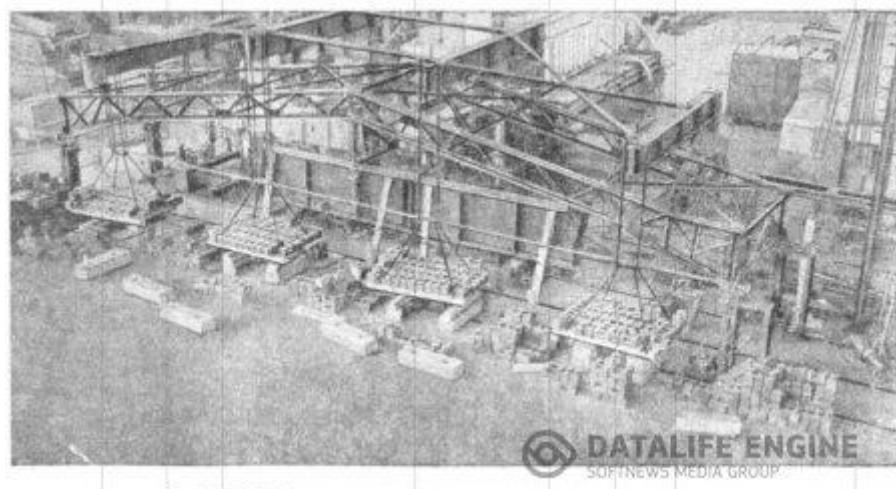


Рис. V.25. Общий вид испытательной установки ферм М

Все способы создания предварительного напряжения, применяемые в опытных фермах, в том числе многоступенчатое предварительное напряжение, оказались практически выполнимыми.

В целом результаты испытаний подтвердили расчетные предложения и возможность расчета предварительно напряженных ферм по разработанной методике. Вместе с тем испытания выявили некоторые особенности работы предварительно напряженных ферм.

Расхождения между расчетными и фактическими напряжениями и прогибами ферм оказались больше, чем при испытании обычных однопролетных ферм.

В основном это можно объяснить тем, что предварительно напряженные фермы являются более сложными системами, чем обычные однопролетные фермы: они статически неопределенны, состоят из двух материалов с различными механическими характеристиками, на их работу влияет податливость анкерных креплений затяжек, напряженное состояние ферм слагается из двух разнородных воздействий (предварительного напряжения и загружения внешней нагрузкой). Влияние перечисленных факторов еще недостаточно изучено, и поэтому не учитывается в должной мере в расчете.

Испытания показали, что в предварительно напряженных фермах с затяжками, запроектированных равнопрочными во всех своих частях, разрушение происходит в результате потери устойчивости сжатыми стержнями. Ферма не может потерять несущую способность в результате обрыва затяжки, так как при напряжениях в затяжках выше расчетных сопротивлений модуль упругости в затяжках снижается, напряжение о них падает, и усилия перераспределяются на пояса фермы. Нарушается линейный закон работы конструкции, сжатые стержни, получив большее приращение усилий, теряют устойчивость. Это особенно ярко проявляется в фермах с затяжками из канатов, получивших до постановки в конструкцию вытяжку усилием, превышающим расчетное на 10—15%. Как только усилие в затяжке при загружении фермы превзойдет усилие вытяжки каната, приращение напряжений в затяжке резко падает, а в стержнях фермы возрастает. Хотя предварительно напряженная ферма является статически неопределенной системой, и достижение предельного состояния одним стержнем не обязательно сопряжено с потерей несущей способности всей системы, тем не менее после потери устойчивости сжатым стержнем усилие в нем резко падает, происходит мгновенное перераспределение усилий на другие стержни, которые также получают усилия, превышающие их несущую способность, ферма теряет неизменяемость и разрушается.

Аналогичное явление было выявлено при испытании шесть раз статически неопределенных ферм без предварительного напряжения, входящих в систему двухпролетных рам производственных зданий.

Совпадение расчетных и фактических прогибов было лучшим, чем совпадение напряжений. Как правило, прогибы были меньше расчетных, конструктивные поправки в упругой стадии работы равны 0,85—0,95.

Разрушающая нагрузка в фермах серии У была на 5—9% меньше теоретической, вычисленной по фактическим характеристикам материала с модулем упругости затяжки из каната, равным $E=1,6*10^6$ кг/см². Некоторое снижение фактической величины разрушающей нагрузки объясняется податливостью затяжки на последних этапах загружения и перераспределением вследствие этого усилий на стержни фермы. Сечение стержней ферм было подобрано так, что по расчету предельные усилия в верхнем поясе и затяжке должны были наступить одновременно.

На рис. 26 сопоставлены прогибы фермы Ф1У без затяжки с прогибами фермы Ф2У предварительно напряженной затяжкой. На графиках видно хорошее совпадение расчетных прогибов с опытными в упругой стадии работы и значительное увеличение несущей способности фермы Ф2У. При создании предварительного напряжения после первого загружения несущая способность фермы не увеличилась, но прогибы при предельной нагрузке уменьшились на 20% (рис. 27).

В фермах серии М, у которых затяжки имели дополнительные запасы прочности, были выполнены из прямолинейного пучка высокопрочной проволоки и работали с постоянным модулем упругости до разрушения, фактическая несущая способность была несколько выше теоретической.

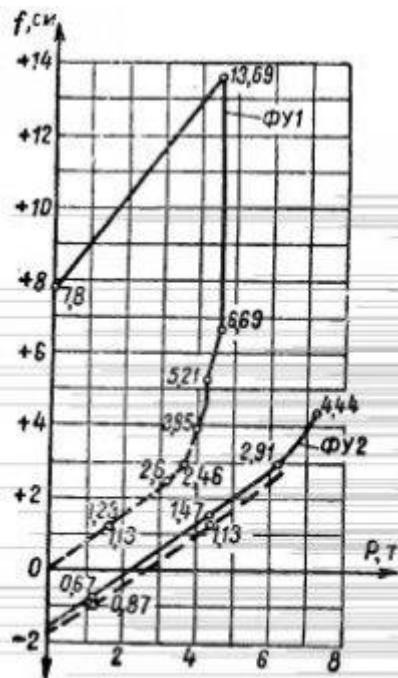


Рис. V.26. Прогибы ферм серии Ф1У и Ф2У

— расчетная кривая,
— экспериментальная кривая

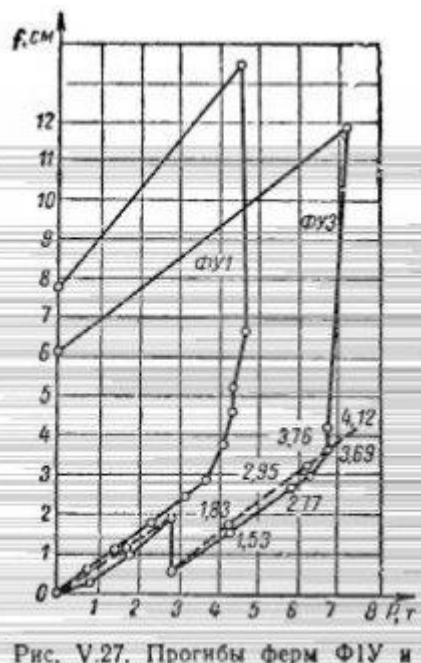
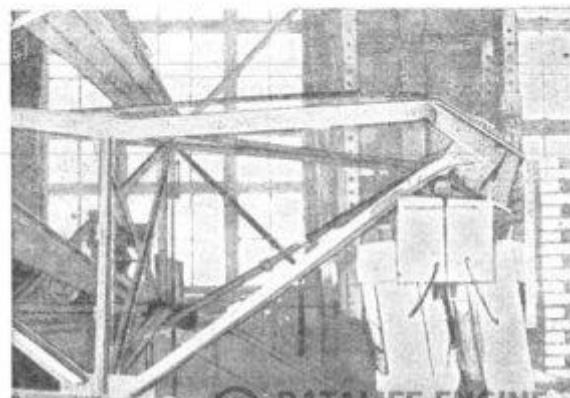
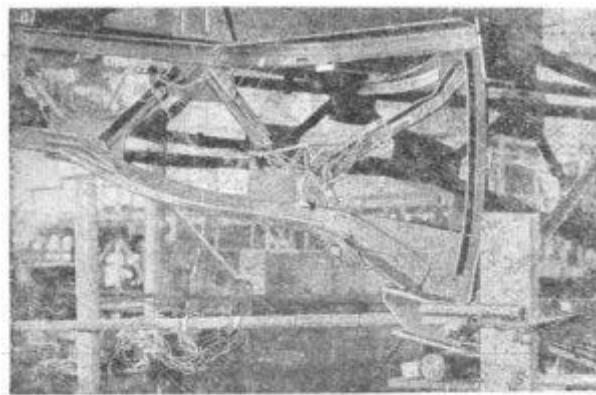


Рис. V.27. Прогибы ферм Ф1У и

 DATAFIR ENGINE
SOFTNEWS MEDIA GROUP

Испытания выявили некоторые особенности работы ферм в процессе предварительного напряжения. При напряжении фермы, установленной на место, необходимо обеспечить свободу деформации всей фермы, и в том числе свободное перемещение опорных узлов в горизонтальном направлении. Если на опорах возникают значительные силы трения, то часть усилия предварительного натяжения теряется. В ферме серии Б, возможно по этим причинам, часть усилия, приложенного к затяжке, терялась, раскос, подходящий к узлу закрепления затяжки, не получал разгружающего усилия, определяемого расчетом, и в одном из испытаний преждевременно потеря устойчивость. Из-за потери усилия натяжения в затяжке фактические усилия при загружении фермы в раскосе и в поясах были на 20—25% больше расчетных. Как и в балках, узел прикрепления затяжки, особенно если он совпадает с опорным узлом фермы, воспринимает большие усилия и должен быть тщательно конструирован. Фермы ФТМ и Ф1Б разрушились в опорном узле (рис. 28, а, б). Многоступенчатое предварительное напряжение, примененное в испытаниях большинства опытных ферм, оказалось весьма эффективным и практически выполнимым.



DATALIFE ENGINE
SOFTNEWS MEDIA GROUP

Рис. V.28. Разрушение обнорного узла

а — фермы Ф2М; б — фермы Ф1В

На рис. 29 и 30 показано уменьшение прогибов и усилий в стержнях верхнего и нижнего поясов фермы Ф2М в результате многоступенчатого предварительного напряжения. Совпадение опытных данных с расчетными в целом хорошее. Прогибы на последнем этапе загружения на 15% меньше расчетных (рис. 29). Совпадение величин опытных напряжений с расчетными в верхнем пояссе, который определяет несущую способность фермы, лучше, чем в нижнем (рис. 30). Наибольшая разница опытных данных с расчетными получилась на втором этапе предварительного напряжения. Очевидно, особенности предварительного напряжения, создаваемого удлинением средней стойки, не отражены полностью в принятой расчетной схеме.

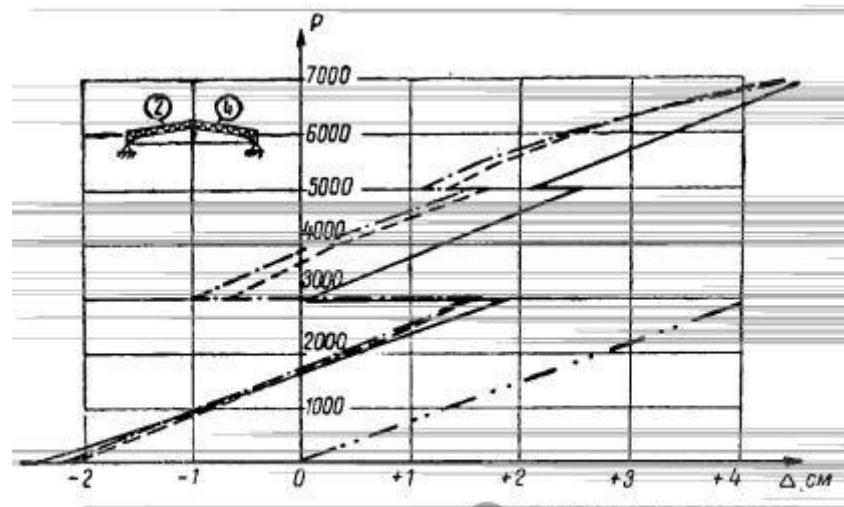


Рис. V.29. Вертикальные перемещения фермы Ф2М

— расчетная кривая; - - - экспериментальная кривая

Действительные усилия в затяжке при загружении фермы были меньше расчетных. Это можно объяснить некоторой податливостью затяжки в анкерном креплении, обусловленной недостаточным усилием запрессовки пробки. В конце испытания было зафиксировано вытягивание затяжки из анкерной колодки на 10—12 мм.

Учет в расчетной схеме податливости затяжки и жесткости узлов фермы позволил значительно сблизить опытные данные с расчетными.

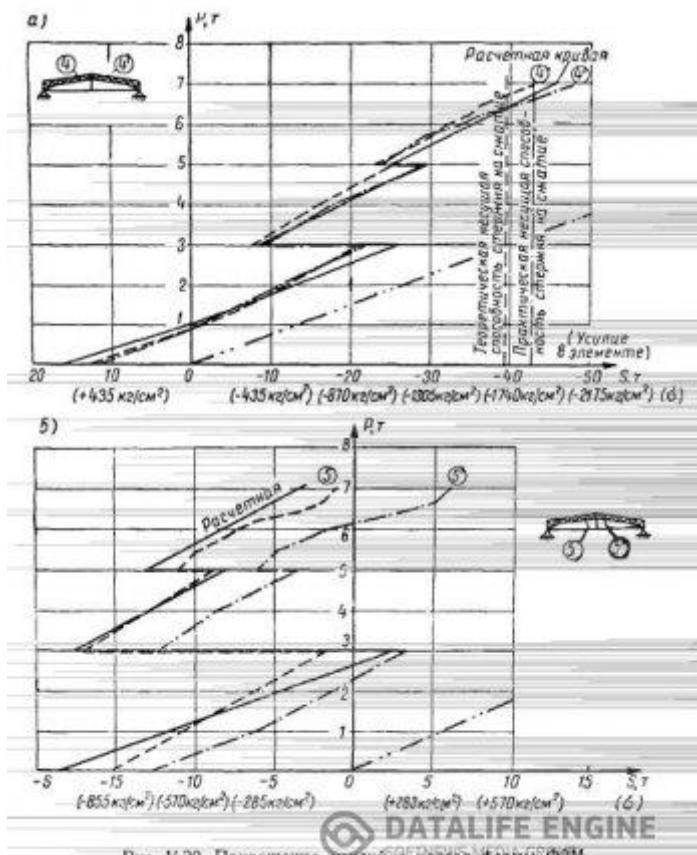


Рис. V.30. Применение усилий в поясах фермы Ф2М
а — верхний пояс; б — нижний пояс; — расчетная кривая; - - - экспериментальная

Из сопоставления работы затяжки (рис. 31) с работой поясов (см. рис. 30) или с прогибом фермы (см. рис. 29) можно увидеть, что путем сравнительно небольшого напряжения затяжки ($X=2,5$ г, второе натяжение) достигаются существенная разгрузка верхнего пояса (около 18 т) и уменьшение прогиба. Усиление самонапряжения в затяжке значительно больше суммарных усилий предварительного напряжения.

Ферма Ф2М выдержала нагрузку на 16% больше предельной расчетной, что показывает большие запасы несущей способности данной схемы.

Испытание ферм Ф1Б и Ф2Б на трехкратное предварительное напряжение также подтвердило практическую возможность

и высокую эффективность многоступенчатого предварительного напряжения (рис. 32). Последовательное натяжение петлевидных затяжек выполнялось без затруднений. Характер прогибов и напряжений в стержнях был такой же, как и у ферм серии М. Предельная нагрузка была близка к расчетной.

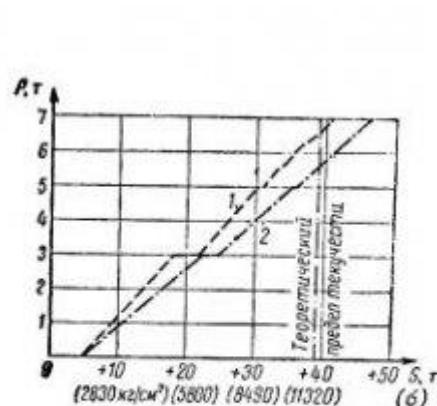


Рис. V.31. Работа затяжки фермы Ф2М при ее натяжении и загружении фермы
 1 — экспериментальная кривая; 2 — расчетная кривая

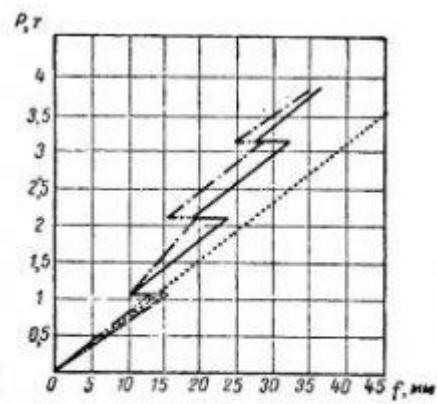


Рис. V.32. Прогибы фермы ФБ
 ... — расчетный прогиб без предварительно-напряженения; — — — то же, с предварительно-напряженiem; ... — экспериментальный прогиб из

Из натурных испытаний предварительно напряженных ферм можно прежде всего отметить испытание двухпролетной фермы ангара, проведенное проф. Маньелем. Ферма загружалась вертикальной нагрузкой, вызывавшей сравнительно небольшие напряжения (110—280 кг/см²), при которых на результаты отсчетов по приборам сильно влияют точность измерения и другие побочные факторы. Все же результаты испытания позволили сделать вывод о приемлемости принятых в расчете предпосылок.

И.Л. Хаютин (Белорусский политехнический институт) испытывал в натурных условиях ферму с петлевидной затяжкой. При натяжении затяжки отмечено значительное (на 25—30%) отставание напряжений в верхнем поясе и в раскосе, примыкающем к узлу крепления затяжки (до 50%), от расчетных. По-видимому, это объяснялось отсутствием катковой опоры, в результате чего ферма не имела свободы деформации, и часть усилия натяжения затяжки передавалась на стены. При загружении вертикальной нагрузкой совпадение опытных данных с расчетными было хорошим.

Полезные данные получены при опытных натяжениях затяжки нижнего пояса фермы покрытия ангара. При натяжении нижнего пояса вся ферма деформировалась вверх (рис. 33). Значительная часть усилия натяжения троса передавалась на верхний пояс, а нижний пояс оказывался сжат меньшим усилием. Эти явления, по-видимому, являются специфическими для данной схемы фермы. Из-за значительного искривления нижнего пояса фермы ветви затяжки упирались в диафрагмы и планки, соединяющие швеллеры нижнего пояса. В местах опирания возникали большие силы трения. При натяжении затяжки домкратами с одной стороны фермы потери на трение достигали весьма значительной величины, и растягивающее усилие на длине затяжки было резко неравномерным. В одной из ферм в процессе натяжения затяжки была сорвана соединяющая планка, и нижний пояс потерял устойчивость (рис. 34).

1. 6 Лекция № 6 (2 часа).

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

Сущность разделения молока заключается в том, что вследствие разницы плотностей молочного жира и так называемой молочной плазмы (т.е. обрата), происходит всплыивание 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/сек²,

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 пузырях.

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 $10000 \dots 12000 \text{ об/мин}$. 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. 3 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 всплыивания V_n 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

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

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

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

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

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

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

В межтарелочном пространстве жировые шарики движутся вместе с потоком молока с постоянно уменьшающейся скоростью V_{Π} . На каждом элементарном участке она будет иной, поэтому можно определить среднюю скорость в диапазоне $R_{\max} - R_{\min}$

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

$$\text{или} \quad V_{n.cp.} = \frac{\int V_{\Pi} dR}{R_{\max} - R_{\min}}$$

Зная производительность сепаратора Q и сечение, через которое проходит молоко в процессе обработки, определим

$$V_{\Pi} = \frac{Q}{2\pi Rh \cdot \cos\alpha \cdot r},$$

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

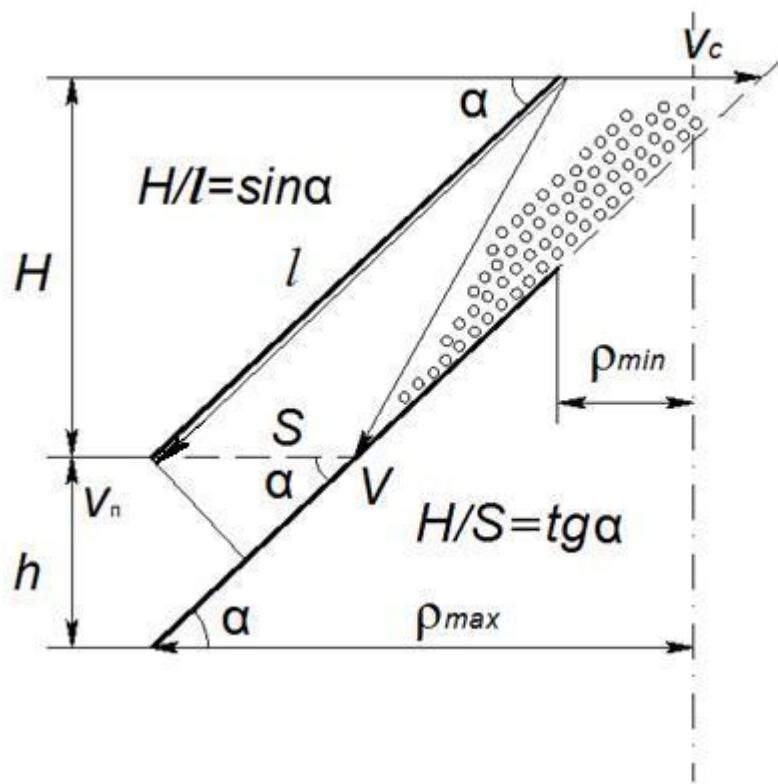


Рис. 3а – Выделение жирового шарика при движении молока в межтарелочном пространстве

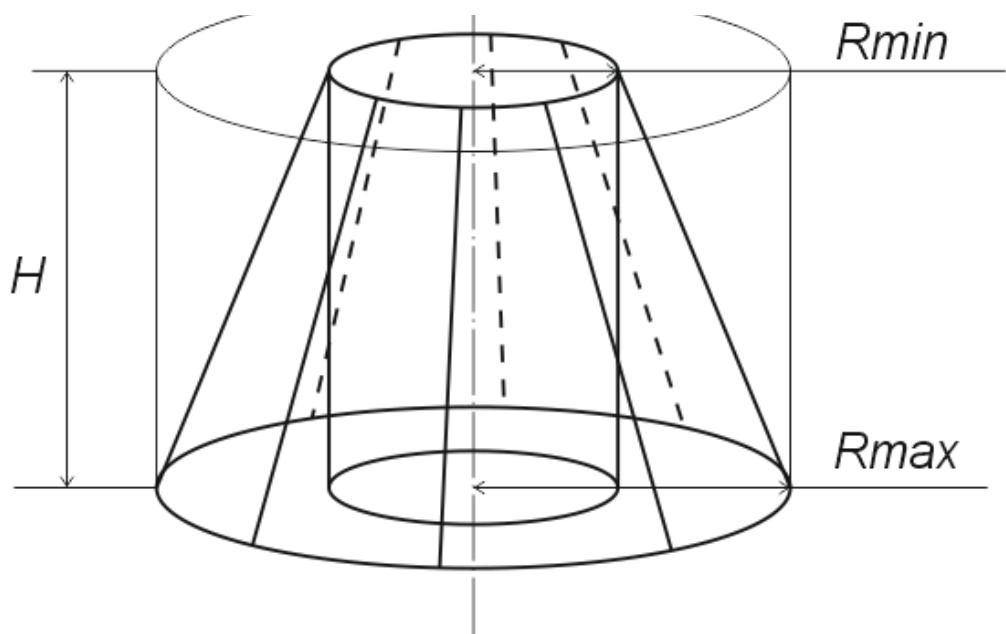


Рис. 3б – К определению расчетного объема барабана сепаратора

или

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

Подставим значения $V_{n.cp.}$ и $V_{c.cp.}$ в уравнение (1):

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

Упростим это выражение и окончательно получим

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

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

объёмом 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

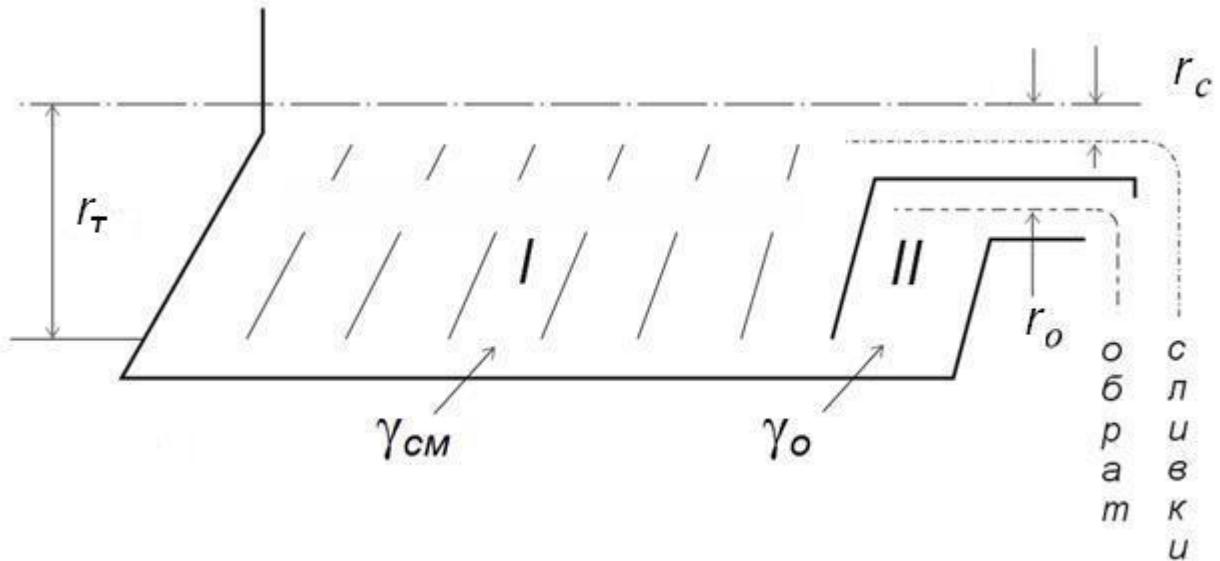


Рис. 4 – Схема к определению физического смысла регулирования жирности сливок

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

где β – технологический КПД сепаратора.

Кстати, $\frac{\sigma_{\Pi} - \sigma_{ж}}{\eta} = 0,29t$ (при $t = 10\dots70^{\circ}\text{C}$),

где t – температура молока, подверженного сепарированию.

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

разделяемости молока τ и значительно влияет на производительность сепаратора, молоко перед сепарированием нагревают до $40\dots50^{\circ}\text{C}$ (больший нагрев экономически невыгоден).

Теперь рассмотрим **физический смысл регулирования жирности сливок**. Для этого барабан сепаратора разместим горизонтально (рис. 4). Видно, что он разделен верхней тарелкой на два сообщающихся сосуда: в первом находится смесь (γ_{cm}), 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

$$(r_t - r_c)\gamma_{cm} = (r_t - r_o)\gamma_o$$

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

$$\frac{r_t - r_c}{r_t - r_o} = \frac{\gamma_o}{\gamma_{cm}}$$

Учитывая действие громадных центробежных сил, эта формула будет иметь вид

$$\frac{r_t^2 - r_c^2}{r_t^2 - r_o^2} = \frac{\gamma_o}{\gamma_{cm}}$$

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

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

1.7 Лекция № 7 (2 часа).

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

1.7.1 Вопросы лекции:

1. Классификация процессов первичной переработки сельскохозяйственной продукции.
2. Алгоритм математического моделирования процессов первичной переработки продукции в АПК.
3. Системы линейных уравнений.....

1.7.2 Краткое содержание вопросов: (тезисно изложить основное содержание рассматриваемых вопросов)

1. Классификация процессов первичной переработки сельскохозяйственной продукции

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,

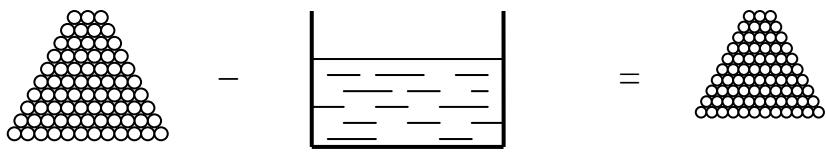
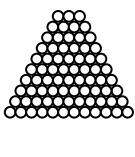
химическими или биологическими свойствами:

- 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. Сливок 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.

Характерной особенностью **процессов первой группы** является разделение исходного продукта или сырья на частично (или полностью) обезвоженный остаток с заданной влажностью и чистую, практически дистиллированную воду с содержанием сухого вещества в ней "ноль" процентов, удаленную из сырья в виде пара.

Графическая интерпретация таких процессов может быть представлена следующим образом:

Таблица 1

№	Название и физические свойства веществ, участвующих в процессе	Графическая интерпретация технологического процесса		
			=	
1	Название вещества	Сырё	Испарившаяся вода	Конечный продукт
2	Масса или объем вещества	M_c	M_b	$M_{k.p.}$
3	Относительная влажность, %	W_c	$W_b = 100\%$	$W_{k.p.}$

где W_c , W_b ; $W_{k.p.}$ относительная влажность, соответственно, сырья, испарившейся воды и конечного продукта. $W_{k.p.}$ В таких процессах всегда меньше W_c , т.е. $W_{k.p.} < W_c$.

При расчете этих процессов требуется определить либо выход конечного продукта при заданном количестве сырья, либо потребное количество сырья при заданном количестве продукта. Иногда требуется определять и выпаренное количество влаги, необходимое для расчета потребного количества тепла и, следовательно, топлива для испарения этой влаги, например, на огневых сушилках.

Математическая модель таких процессов будет иметь вид

$$M_c - M_b = M_{k.p.} \quad (1)$$

$$W_c M_c - 100 M_b = W_{k.p.} M_{k.p.} \quad (2)$$

где M_c , M_b , $M_{k.p.}$ – масса сырья, влаги, конечного продукта соответственно; W_c , $W_{k.p.}$ – относительная влажность сырья и конечного продукта.

Уравнение (1) этой системы представляет собой уравнение баланса масс веществ, участвующих в процессе сушки сырья. Уравнение (2) – уравнение баланса влаги в этом процессе.

Решив систему уравнений (1) и (2), получим значения величин M_C ; M_B ; $M_{K.P.}$

$$M_C = f(M_B; M_{K.P.}; W_C; W_B; W_{K.P.})$$

$$M_B = f(M_C; M_{K.P.}; W_C; W_B; W_{K.P.})$$

$$M_{K.P.} = f(M_B; M_C; W_C; W_B; W_{K.P.})$$

$$M_C = M_{K.P.} \frac{100 - W_{K.P.}}{100 - W_C} \quad (3)$$

$$M_C = M_B \frac{100 - W_{K.P.}}{W_C - W_{K.P.}} \quad (4)$$

$$M_{K.P.} = M_C \frac{100 - W_C}{100 - W_{K.P.}} \quad (5)$$

$$M_{K.P.} = M_B \frac{100 - W_C}{W_C - W_{K.P.}} \quad (6)$$

$$M_B = M_C \frac{W_C - W_{K.P.}}{100 - W_{K.P.}} \quad (7)$$

$$M_B = M_{K.P.} \frac{W_C - W_{K.P.}}{100 - W_C} \quad (8)$$

Именно в таком виде формулы (3)...(8) используются в литературе.

Особенностью **процессов второй группы** является получение жидких фракций, влажность которых всегда меньше 100%.

Графическая интерпретация таких процессов выглядит следующим образом: **Таблица 2**

№	Название и физические свойства веществ, участвующих в процессе	Графическая интерпретация технологического процесса		
			$-$	
1	Название вещества	Сырьё	Жидкая фракция	Густая фракция
2	Масса или объем вещества	M_C	$M_{ж.ф.}$	$M_{г.ф.}$

3	Относительная влажность, %	W_c	$W_{ж.ф.}$	$W_{e.ф.}$
---	----------------------------	-------	------------	------------

где W_c ; $W_{ж.ф.}$; $W_{e.ф.}$ - относительная влажность, соответственно, сырья жидкой фракции, густой фракции.

Численное значение влажности W_c ; $W_{ж.ф.}$; $W_{e.ф.}$ в процентах и количество одного из трех веществ, участвующих в процессе в массовых или объемных единицах обычно задается в качестве исходных данных. Количество двух других веществ определяется расчетным путем.

Математическая модель описанного процесса будет иметь вид:

$$M_c - M_{ж.ф.} = M_{e.ф.} \quad (9)$$

$$W_c M_c - W_{ж.ф.} M_{ж.ф.} = W_{e.ф.} M_{e.ф.} \quad (10)$$

Решив данную систему уравнений, получим по аналогии с (3...8) зависимости

$$M_c = f(M_{ж.ф.}; M_{e.ф.}; W_c; W_{ж.ф.}; W_{e.ф.})$$

$$M_{ж.ф.} = f(M_c; M_{e.ф.}; W_c; W_{ж.ф.}; W_{e.ф.})$$

$$M_{e.ф.} = f(M_{ж.ф.}; M_c; W_c; W_{ж.ф.}; W_{e.ф.})$$

Конечные формулы имеют следующий вид:

$$M_c = M_{ж.ф.} (W_{ж.ф.} - W_{г.ф.}) / (W_{ж.ф.} - W_c)$$

$$M_c = M_{ж.ф.} (W_{ж.ф.} - W_{г.ф.}) / (W_c - W_{г.ф.})$$

$$M_{г.ф.} = M_c (W_{ж.ф.} - W_c) / (W_{ж.ф.} - W_{г.ф.})$$

$$M_{г.ф.} = M_{ж.ф.} (W_{ж.ф.} - W_c) / (W_c - W_{г.ф.})$$

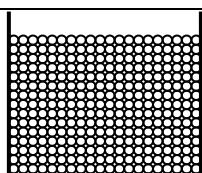
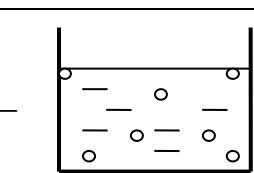
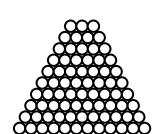
$$M_{ж.ф.} = M_c (W_c - W_{г.ф.}) / (W_{ж.ф.} - W_{г.ф.})$$

$$M_{ж.ф.} = M_{г.ф.} (W_c - W_{г.ф.}) / (W_{ж.ф.} - W_c)$$

В качестве конкретного примера **процессов второй группы** рассмотрим моделирование процесса получения подсолнечного масла.

Графическая интерпретация этого процесса будет выглядеть следующим образом:

Таблица 3

№	Название и физические свойства веществ, участвующих в процессе	Графическая интерпретация технологического процесса		
				
1	Название вещества	Семена подсолнечника	Подсолнечное масло	Подсолнечный жмых

2	Масса вещества	M_c	M_m	$M_{жс,м}$
3	Относительное содержание растительного жира, %	\mathcal{K}_c	\mathcal{K}_m	$\mathcal{K}_{жс,м}$

где \mathcal{K}_c ; \mathcal{K}_m ; $\mathcal{K}_{жс,м}$ процентное содержание растительного жира, соответственно, в семенах подсолнечника, в подсолнечном масле и подсолнечном жмыхе.

Математическая модель процесса получения подсолнечного масла имеет вид:

$$M_c - M_m = M_{жс,м} \quad (11)$$

$$\mathcal{K}_c M_c - \mathcal{K}_m M_m = \mathcal{K}_{жс,м} M_{жс,м} \quad (12)$$

Решив систему уравнений (11) и (12) в общем виде, получим конечные формулы:

$$M_m = M_{жм} (\mathcal{K}_c - \mathcal{K}_m) / (\mathcal{K}_m - \mathcal{K}_c)$$

$$M_m = M_c (\mathcal{K}_c - \mathcal{K}_m) / (\mathcal{K}_m - \mathcal{K}_{жм})$$

$$M_{жм} = M_m (\mathcal{K}_m - \mathcal{K}_c) / (\mathcal{K}_c - \mathcal{K}_{жм})$$

$$M_{жм} = M_c (\mathcal{K}_m - \mathcal{K}_c) / (\mathcal{K}_m - \mathcal{K}_{жм})$$

$$M_c = M_{жм} (\mathcal{K}_m - \mathcal{K}_{жм}) / (\mathcal{K}_m - \mathcal{K}_c)$$

$$M_c = M_m (\mathcal{K}_m - \mathcal{K}_{жм}) / (\mathcal{K}_c - \mathcal{K}_{жм})$$

Моделирование **процессов третьей группы** покажем на примере приготовления электролита различной плотности для свинцовых аккумуляторных батарей.

Таблица 4

№	Название и физические свойства веществ, участвующих в процессе	Графическая интерпретация технологического процесса		
			+	
1	Название вещества	Серная кислота	Дистилированная вода	Электролит
2	Объем вещества, см ³	V_k	V_b	$V_{эл}$
3	Плотность,	ρ_k	ρ_b	$\rho_{эл}$

	г/см ³		
--	-------------------	--	--

Математическая модель процесса

$$V_k + V_e = V_{\text{эл}} \quad (13)$$

$$\rho_k V_k + \rho_e V_e = \rho_{\text{эл}} V_{\text{эл}}$$

После решения системы (13); (14) конечные формулы будут иметь следующий вид:

$$VK = V_B (\rho_{\text{эл}} - \rho_B) / (\rho_K - \rho_{\text{эл}})$$

$$VK = V_{\text{ЭЛ}} (\rho_{\text{эл}} - \rho_B) / (\rho_K - \rho_B)$$

$$V_B = VK (\rho_K - \rho_{\text{эл}}) / (\rho_{\text{эл}} - \rho_B)$$

$$V_{\text{Б}} = VK (\rho_K - \rho_{\text{эл}}) / (\rho_K - \rho_B)$$

$$V_{\text{ЭЛ}} = VK (\rho_K - \rho_B) / (\rho_{\text{эл}} - \rho_B)$$

$$V_{\text{ЭЛ}} = V_B (\rho_K - \rho_B) / (\rho_K - \rho_{\text{эл}})$$

Надеемся читатель убедился в трудности использования метода продуктового расчета, основанного на использовании готовых конечных формул. Алгоритма запоминания названных формул не существует. Для использования этого метода необходимо иметь значительный объем справочной литературы, охватывающей всё многообразие процессов первичной переработки продукции в АПК.

Алгоритм математического моделирования процессов первичной переработки продукции не требует наличия справочной литературы, запоминания готовых конечных формул.

Рассмотрим этот алгоритм подробнее.

2. Алгоритм математического моделирования процессов первичной переработки продукции в АПК

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.

После этого вычертить и заполнить таблицу.

Рассмотрим это на примере 1:

Вычислить количество сливок жирностью 20% и количество молока жирностью 2,5%, полученных при нормализации 1000 кг высокожирного молока жирностью 4,2%

Сущность процесса – отъём сливок от молока повышенной жирности с целью получения оставшегося молока меньшей стандартной жирности. Нам неважно знать, как это делается, на каких машинах, как этот процесс растянут во времени. Надо знать ответ только на два вопроса - сколько получится сливок и сколько нормализованного молока?

Обозначим количество сливок X , количество нормализованного молока Y и приступим к заполнению таблицы № 5.

Расчет процесса нормализации высокожирного молока

Таблица 5

№	Название и физические свойства веществ, участвующих в технологическом процессе	Графическая интерпретация технологического процесса		
			-	
	1	2	3	4
1	Точное название вещества	Высокожирное молоко	Сливки	Нормализованное молоко
2	Масса (объем) вещества, кг; л.	1000	X	Y
3	Содержание жира в веществах, %	4,2	20	2,5

Особенности таблицы

1. Число столбцов в таблице, не считая первого, определяется численностью веществ, участвующих в процессе переработки. В общем случае оно колеблется от трех до нескольких десятков. Необходимо строго соблюдать правило - **для каждого вещества свой столбец.**

2. Число строк в таблице определяется численностью заданных физических свойств веществ. Но и здесь требуется строгое соблюдение правила - первая строка всегда отводится для **точного названия** вещества, вторая - для записи масс или объемов веществ, участвующих в процессе. Последующие строки (3-я; 4-я...) служат для записи числовых значений физических свойств: влажности, жирности, плотности, кислотности, питательности и т.д.

Обращаем внимание читателя на термин **«точное название вещества»** в строке 1 в силу его огромной важности. Невнимательный читатель может написать в строке 1 таблицы, например, такие названия: молочная цистерна, бак со сливками, бочка с молоком. Получится абсурд.

Цистерна, бак, бочка - это предметы, тара, оборудование в конце-концов, но никак не вещество. Эти предметы не могут иметь жирность, плотность и т.д.

И последнее. Математические знаки «-» ; «+»; «=» в графической интерпретации необходимо писать точно на границе между двумя смежными столбцами.

Дальнейшая последовательность расчетов будет такой.

1. После заполнения таблицы, используя графическую интерпретацию процесса и строку № 2, необходимо составить уравнение баланса масс (объемов) веществ в процессе переработки. В примере 1 это уравнение будет иметь вид:

$$1000 - X = Y \quad (15)$$

2. Составить второе уравнение - уравнение баланса физического свойства (в примере 1 - уравнение баланса жира). Для этого необходимо каждый член **первого** уравнения **умножить** на физическую характеристику вещества, представленного в уравнении числом или условным обозначением, сохранив при этом знаки «-»; «+»; «=» такими, как в первом уравнении. Другая формулировка правила получения второго уравнения. Для составления второго уравнения необходимо **перемножить** данные строки 2 и строки 3 в одноименных столбцах, сохранив математические знаки «-»; «+»; «=» как в первом уравнении.

В примере таблицы 5 второе уравнение будет иметь вид:

$$4,2 \times 1000 - 20X = 2,5Y \quad (16)$$

Перепишем полученные уравнения еще раз

$$1000 - X = Y \quad (15)$$

$$4200 - 20X = 2,5Y \quad (16)$$

Мы получили математическую модель процесса нормализации высокожирного молока до молока стандартной жирности. Решив систему (15), (16), получим $X = 97$ кг; $Y = 903$ кг. Рассмотрим еще несколько примеров получения математических моделей.

Пример 2. В смеситель засыпали измельченный картофель влажностью 70% и питательностью 0,3 к.ед./кг; концентраты влажностью 13%, питательностью 0,95 к.ед./кг; силос влажностью 75%, питательностью 0,25 к.ед./кг. Масса смеси оказалась равной 800 кг, средняя влажность 58%, а питательность смеси 0,44 к.ед./кг.

Определить массу картофеля, концентратов и силоса, вошедших в состав кормосмеси. **Расчет потребности кормов для приготовления кормосмеси** **Таблица 6**

№	Название и	Графическая интерпретация процесса получения кормосмеси
---	------------	---

	физические свойства веществ, участвующих в процессе				
	1	2	3	4	5
1	Точное название вещества	картофель	концентраты	силос	кормосмесь
2	Масса кормов, кг	X	Y	z	800
3	Влажность кормов, %	70	13	75	58
4	Питательност ь кормов, к.ед./кг	0,3	0,95	0,25	0,44

Математическая модель процесса имеет вид

$$X + Y + Z = 800 \quad (17)$$

$$70X + 13Y + 75Z = 58 \times 800 \quad (18)$$

$$0,3X + 0,95Y + 0,25Z = 0,44 \times 800 \quad (19)$$

Решив полученную систему уравнений, будем иметь:

$$X = 240 \text{ кг};$$

$$Y = 200 \text{ кг};$$

$$Z = 360 \text{ кг}$$

Пример 3. Свежие ягоды клубники, влажностью 80% и содержанием сахара 5%, высушили до влажности 13%. Во сколько раз увеличится содержание сахара в сухой клубнике, если весь сахар при сушке остается в ягодах?

Примечание. В процессах 1-го вида - испарение, выпаривание влаги - при расчете процесса целесообразнее использовать не относительную влажность веществ, а содержание абсолютно сухого остатка.

Этот прием позволяет значительно облегчить решение системы уравнений, так как одно из уравнений получается с одним неизвестным. Заполняем таблицу 7.

Расчет процентного содержания сахара в сухих ягодах клубники

Таблица 7

N	Название и	Графическая интерпретация процесса получения кормосмеси
---	------------	---

	физические свойства веществ, участвующих в процессе			
	1	2	3	4
1	Точное название вещества	Свежая ягода клубники	Испарившаяся вода	Сухая ягода клубники
2	Масса веществ, кг	X	Y	Z
3	Величина абсолютно сухого остатка, %	20	0	87
4	Содержание сахара, %	5	0	P

Математическая модель процесса

$$X - Y = Z \quad (20)$$

$$20X - 0 = 87Z \quad (21)$$

$$5X - 0 = PZ \quad (22)$$

Из уравнения (22) находим содержание сахара «P» в сухих ягодах клубники.

$$P = 5 \frac{X}{Z} \quad (23)$$

Отношение $\frac{X}{Z}$ находим из уравнения (21).

$$\frac{X}{Z} = \frac{87}{20}$$

Таким образом, 5-ти процентное содержание сахара в свежей клубнике при сушке увеличится в 4,35 раза и составит 21,75%.

Пример 4. В молочном цехе смонтирована поточная линия по производству сгущенного молока с сахаром со следующими свойствами:

- Содержание сахара свекловичного 15%,
- Содержание жира 8%.
- Общее содержание сухого остатка – 30 %

Производительность линии 1000кг «сгущенки» в сутки.

Определить суточную потребность в сырье:

1. Нормализованного молока, его жирность, если содержание сухого остатка в нем 12%;
2. Сахарного песка влажностью 13%;
3. Количество выпаренной воды, кг/сут.

Вариации исходных данных в этой задаче могут быть весьма разнообразными. Это один из вариантов. Ниже мы убедимся, как легко решаются подобного рода задачи методом математического моделирования. Заметим попутно, что значение численной величины массы выпаренной воды позволит в дальнейшем рассчитать количество тепловой энергии, потребной на выпаривание воды из натурального молока, помятуя о теплоте испарения воды.

Расчет процесса получения сгущенного молока с сахаром Таблица 8

№ п/ п	Название и физические свойства веществ, участвующих в процессе	Графическая интерпретация процесса			
	1	2	3	4	5
1	Точное название вещества	Натурально е молоко	Выпаренна я вода	Сахар свекловичный	Сгущенное молоко с сахаром
2	Масса веществ, кг/сут	X	Y	Z	1000
3	Содержание жира, %	\mathcal{K}_m	0	0	8
4	Содержание абсолютно сухого остатка, %	12	0	87	30
5	Содержание свекловичног о сахара, %	0	0	100	15

Математическая модель процесса

$$X - Y - Z = 1000 \quad (24)$$

$$\mathcal{K}_m \times X - 0 + 0 = 8 \times 1000 \quad (25)$$

$$12X - 0 + 87Z = 30 \times 1000 \quad (26)$$

$$0 - 0 + 100Z = 15 \times 1000 \quad (27)$$

Обратим внимание читателя на то, что уравнение (27) в полученной системе оказалось с одним неизвестным. Из него сразу получаем значение $Z = 150$ кг

Дальнейший ход решения комментарий не требует.

$$X = 1412,5 \text{ кг}; Z = 150 \text{ кг};$$

$$Y = 562,5 \text{ кг}; \mathcal{K}_m = 5,66 \text{ \%}.$$

Но не все так прозрачно, как кажется на первый взгляд. Чтобы у читателя не сложилось «несерьезное» отношение к решению систем 3-х; 4-х и более уравнений сообщим, что **пример 4** подобран специально. Его особенность в том, что коэффициенты при неизвестных X , Y ; Z в трех уравнениях из четырех равны нулю. Однако чаще всего при решении подобных задач все коэффициенты при неизвестных отличны от нуля.

Пример 5. Суточный рацион коровы, скармливаемый в виде кормосмеси 24 кг/сут, состоит из сена, корнеплодов, сенажа и комбикорма. Характеристика этих кормов имеет следующие показатели - таблица 9.

Рассчитать количество сена, корнеплодов, сенажа и комбикорма, необходимого для получения кормосмеси, содержащей 23 г/кг протеина, 4,1 МДж/кг обменной энергии и 0,37 к.ед/кг питательности (таблица 10).

Характеристика кормов Таблица 9

№ п/ п	Показатели	Сен о	Корнеплод ы	Сена ж	Комбикор м	Кормосме сь
	1	2	3	4	5	6
1	Содержание протеина, г/кг	82	13	39	1,4	24
2	Содержание обменной энергии, МДж/кг	4,6	1,25	3,6	10,2	4,1
3	Питательность к.ед/кг	0,47	0,13	0,3	0,95	0,37

Заполняем таблицу № 10.

Расчет состава кормосмеси

Таблица 10

№ п/п	Название и физические свойства кормов	Графическая интерпретация					
							=
1	2	3	4	5	6		

1	Название корма	сено	корнеплюды	сенаж	комбикорм	кормосмесь
2	Масса кормов, кг	X	Y	Z	K	24
3	Содержание протеина, г/кг	82	13	39	1,4	23
4	Питательность, к.ед/кг	0,47	0,13	0,3	0,95	0,37
5	Содержание обменной энергии МДж/кг	4,6	1,25	3,6	10,2	4,1

Математическая модель кормосмеси имеет следующий вид:

$$X+Y+Z+K = 24 \quad (28)$$

$$82X+13Y+39Z+1,4K=23 \times 24 \quad (29)$$

$$0,47X+0,13Y+0,3Z+0,95K=0,37 \times 24 \quad (30)$$

$$4,6X+1,25Y+3,6Z+10,2K=4,1 \times 24 \quad (31)$$

Выполнив умножение в правой части уравнений, получим окончательный вид математической модели:

$$X+Y+Z+K=24$$

$$82X+13Y+39Z+1,4K=552$$

$$0,47X+0,13Y+0,3Z+0,95K=8,88$$

$$4,6X+1,25Y+3,6Z+10,2K=98,4$$

Решив данную систему получим:

$$X = 0,04 \text{ кг}; \quad Z = 11,22 \text{ кг}$$

$$Y = 8,06 \text{ кг}; \quad K = 4,7 \text{ кг}.$$

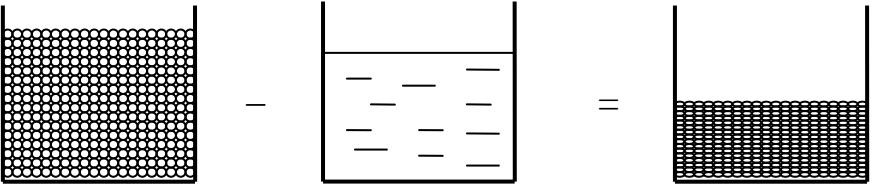
Результаты расчетов показывают, что сено в рацион можно не включать.

Пример 6. Из суточной нормы кормления свиноматки на долю зерновых кормов (ячмень) приходится 4,5 кормовых единиц (к.ед./гол.). Питательность абсолютно сухого ячменя равна 1,24 к.ед./кг. Сколько голов N свиноматок может прокормить 1га посевов ячменя в течение года, если урожайность зерна на нем составляет 3000 килограмм на гектар при влажности зерна 15%.

Алгоритм решения

1. Вычисляется количество абсолютно сухого зерна, получаемого с 1 га посевов. Для этого заполняем таблицу 11. **Расчет количества абсолютносухого ячменя, получаемого с 1га посевов.**

Таблица 11

№	Название и физические характеристики веществ	Графическая интерпретация процесса получения кормосмеси			
					
1	2	3	4		
1.	Точное название вещества	Сырое зерно	Испарившаяся вода	Абсолютно сухое зерно	
2.	Масса, кг/га	3000	X	Y	
3.	Содержание абсолютно сухого вещества, %	85		0	100

Математическая модель получения абсолютно сухого ячменя:

$$3000 - X = Y \quad (32)$$

$$85 \times 3000 = 100Y \quad (33)$$

Из уравнения (33) находим

$$Y = \frac{85 \times 3000}{100} = 2550 \text{ кг/га}$$

2. Определяется количество абсолютно сухого ячменя, требующееся на одну свиноматку в течении года - $G_{год/гол.}$

$$G_{год} = \frac{4,5 \frac{\text{к.ед.}}{\text{сум. гол.}}}{1,24 \frac{\text{к.ед}}{\text{кг}}} \cdot 365 \frac{\text{сум}}{\text{год}} = 1324 \frac{\text{кг}}{\text{год. гол.}}$$

3. Определяется количество свиноматок, которое можно прокормить в течение года урожаем ячменя с одного гектара

$$N = \frac{2550 \text{ кг/га}}{1324 \text{ кг/гол. год}} = 1,92, \text{ т.е. 2 головы/га}$$

Подводя итог сказанному, можно сделать следующий вывод - 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 «п» уравнений с «п» 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. Системы линейных уравнений

Определения.

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

$$AX + BY + CZ = D; \quad (34)$$

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

$$X + Y + Z = 0 \quad (35)$$

$$2X + 2Y + 2Z = 2 \quad (36)$$

$$3X + 3Y + 3Z = 3 \quad (37)$$

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

$$X + Y - Z = 36 \quad (38)$$

$$X - Y + Z = 13 \quad (39)$$

$$-X + Y + Z = 7 \quad (40)$$

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 (уравнения 15, 16),

$$1000 - X = Y \quad (15)$$

$$4200 - 20X = 2,5Y \quad (16)$$

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.

3.1. 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.

$$X + Y + Z = 800 \quad (17)$$

$$70X + 13Y + 75Z = 46400 \quad (18)$$

$$0,3X + 0,95Y + 0,25Z = 352 \quad (19)$$

Последовательность процедуры такова:

1. Надо исключить неизвестное X из уравнения (18). Для этого все члены уравнения (17) необходимо умножить на коэффициент при X в уравнении (18). Этот коэффициент равен 70. Строго говоря, надо все члены уравнения (17) умножить на отношение коэффициента при X в уравнении (18) к коэффициенту при X в уравнении (17), т.е. все члены уравнения (17) надо умножить на дробь 70/1 и переписать систему заново

$$70X + 70Y + 70Z = 70 \times 800 \quad (17.1)$$

$$70X + 13Y + 75Z = 46400 \quad (18)$$

$$0,3X + 0,95Y + 0,25Z = 352 \quad (19)$$

2. Теперь необходимо вычесть почленно уравнение (18) из уравнения (17.1). Полученное новое уравнение надо записать на место уравнения (18).

$$X + Y + Z = 800 \quad (17)$$

$$57Y - 5Z = 9600 \quad (18.1)$$

$$0,3X + 0,95Y + 0,25Z = 352 \quad (19)$$

3. Для исключения X из уравнения (19) по аналогии с предыдущими действиями все члены уравнения (17) умножить на 0,3; точнее на отношение 0,3/1

$$0,3X + 0,3Y + 0,3Z = 240 \quad (17.2)$$

$$57Y - 5Z = 9600 \quad (18.1)$$

$$0,3X + 0,95Y + 0,25Z = 352 \quad (19)$$

4. Вычесть уравнение (17.2) из уравнения (19) и полученное новое уравнение (19.1) записать на месте уравнения (19).

$$X + Y + Z = 800 \quad (17)$$

$$57Y - 5Z = 9600 \quad (18.1)$$

$$0,65Y - 0,05Z = 112 \quad (19.1)$$

5. Теперь, не трогая уравнение (17) надо исключить неизвестное Y из уравнения (19.1). Для этого каждый член уравнения (18.1) умножим на дробь 0,65/57. Здесь 0,65 - коэффициент при Y в уравнении (19.1), а 57 -коэффициент при Y в уравнении (18.1). $X + Y + Z = 800$

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

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

Перепишем систему, произведя сокращения

$$X + Y + Z = 800 \quad (17)$$

$$0,65Y - 0,057Z = 109,5 \quad (18.2)$$

$$0,65Y - 0,05Z = 112 \quad (19.1)$$

6. Вычтем уравнение (18.2) из уравнения (19.1) и перепишем систему.

$$X + Y + Z = 800 \quad (17)$$

$$0,65Y - 0,057Z = 109,5 \quad (18.2)$$

$$0,007Z = 2,5 \quad (19.2)$$

Полученное уравнение (19.2) - 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.

3.2. Решение систем линейных уравнений 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:

$$\begin{bmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{bmatrix} \quad (41)$$

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 **определенителем матрицы** или определителем

второго порядка и обозначается $\begin{vmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{vmatrix} = \Delta$

Итак, по определению определитель матрицы равен

$$\Delta = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{vmatrix} = a_1 b_2 - a_2 b_1 \quad (42)$$

Рассмотрим систему двух линейных уравнений из примера 1

$$X + Y = 1000$$

$$20X + 2,5Y = 4200$$

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

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:

$$\begin{pmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{pmatrix} \quad (43)$$

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 (42), или определитель третьего порядка, обозначается

$$\Delta = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} \quad (44)$$

Этот определитель выражается через определители второго порядка следующим образом:

$$\Delta = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} = a_1 \begin{vmatrix} b_2 & c_2 \\ b_3 & c_3 \end{vmatrix} - b_1 \begin{vmatrix} a_2 & c_2 \\ a_3 & c_3 \end{vmatrix} + c_1 \begin{vmatrix} a_2 & b_2 \\ a_3 & b_3 \end{vmatrix} \quad (45)$$

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

$$\Delta = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} = a_1 b_2 c_3 - a_1 b_3 c_2 - a_2 b_1 c_3 + a_3 b_1 c_2 + a_2 b_3 c_1 - a_3 b_2 c_1 \quad (46)$$

Формулу (45) запомнить значительно легче, чем формулу (46), если заметить следующее правило построения слагаемых в правой части равенства (44):

Берем первый элемент первой строки матрицы (43), т.е. a_1 и умножаем его на определитель матрицы второго порядка, получающийся из исходной матрицы (43) 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 (43) 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 (45) 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 $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$.

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.

1. 8 Лекция № 8 (2 часа).

Тема: «Рабочие процессы и оборудование в овцеводстве. Расчет процесса стрижки овец»

1.8.1 Вопросы лекции:

- 1.Общие сведения о стригальных пунктах,
- 2.Технологическое оборудование стригальных пунктов
- 3.Организация труда на стригальных пунктах.

1.8.2 Краткое содержание вопросов: (*тезисно изложить основное содержание рассматриваемых вопросов*)

1.Общие сведения о стригальных пунктах.

Стрижка овец и первичная обработка шерсти относятся к наиболее трудоемким и ответственным технологическим операциям в овцеводстве. Непременное условие получения высококачественной шерсти – проведение стрижки в сжатые сроки: в течении не более 1 месяца. Это может быть достигнуто только благодаря внедрению машинной стрижки овец. В настоящее время стрижка механизирована на 95%.

Машинная стрижка овец и первичная обработка шерсти осуществляется, как правило, на стригальных пунктах. Такие пункты располагают в помещениях длиной 50...80 м и шириной 8...11 м, где устанавливают оборудование в один или два ряда. Они имеют отделения стрижки и упаковки рун. Все помещения должны быть светлыми, чистыми, выбеленными и продезинфицированными. Полы в помещениях стационарных пунктов деревянные. В отделении стрижки монтируют стригальные и точильные агрегаты, транспортеры для шерсти. В отделении упаковки устанавливают весы, столы для классировки шерсти и пресс.

Стрижка овец в хозяйствах должна проходить по заранее разработанному общему плану, в соответствии с которым составляют планы работы отдельных бригад на каждый день, а также графики подгона отар и маршруты их движения к стригальным пунктам. Время на перегон от места выпасов до пункта стрижки устанавливают в зависимости от местных условий, принимая скорость продвижения отары не больше 15 км в день. При этом овец на пункт стрижки подгоняют заранее, чтобы перед стрижкой их можно было выдержать без корма 15...20 ч и без воды 8...10 ч. Стричь овец с влажным руном нельзя, так как такая шерсть в кипах самонагревается и портится.

При организации труда на стригальных пунктах особенно тщательно продумывают распорядок рабочего дня и одежду стригала. Затачивает режущие пары специально подготовленный работник.

Стрижка овец включает в себя подгон отары к стригальному пункту, подготовку ее к стрижке, непосредственно стрижку, классировку и прессование шерсти.

2.Технологическое оборудование стригальных пунктов

Для комплексной механизации производственных процессов на стригальных пунктах и в выносных цехах выпускаются комплекты технологического оборудования КТО-24, КТО-48 и ВСЦ-24/200.

В состав комплектов входят электростригальные агрегаты ЭСА-1Д (с одной машинкой) и ЭСА-12Г (с 12 машинками). Агрегат ЭСА-12Г применяется для стригальных пунктов на 12, 24, 48 и 60 рабочих мест. Стригальные пункты на 24, 48 и 60 рабочих мест оборудуют путем сдвоивания электрических силовых сетей агрегатов ЭСА-12Г через распределительные щитки без каких – либо дополнительных переделок. Агрегаты питаются электроэнергией от сети переменного тока 220/360 В. В местах не имеющих электроэнергии, агрегаты могут

комплектоваться передвижными электростанциями.

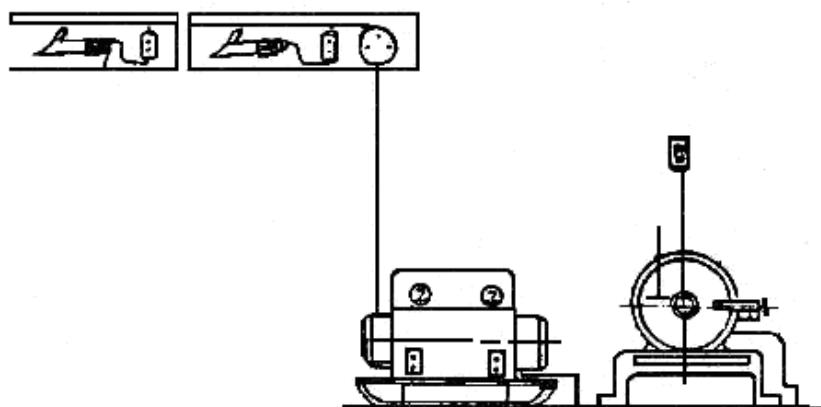


Рис. 1. Схема ЭСА 12Г

Агрегат ЭСА-12Г состоит из двенадцати машинок МСО-77Б для стрижки овец, двенадцати гибких валов ВГ-10 с броней и арматурой, 12-ти подвесных электродвигателей АОЛ-0,12-2с. Агрегат укомплектован точильным аппаратом ТА-1 или ДАС-350.

Машинка МСО-77Б включает в себя режущий аппарат, нажимной, эксцентриковый и шарнирный механизмы и корпус.

Режущий аппарат предназначен для срезания шерсти и состоит из ножа и гребенки. При работе машинки зубья гребенки входят в шерсть, расчесывая и поддерживая ее при срезании. Нож, совершая возвратно-поступательное движение, срезает шерсть, попадающую между зубьями гребенки. Толщина гребенки: 3,5 мм для нормальной высоты среза шерсти и 7 мм для высокого среза. Гребенки высокого среза позволяют получать более качественную овчину при сдаче молока на мясо, сокращая время передержки стриженных животных с целью получения меховой овчины. Овцы, остриженные машинками с высоким срезом, лучше переносят похолодания, имеют большие привесы. Такая технология особенно перспективна для стрижки овец романовской породы, кожу которых используют для изготовления шубно-меховой продукции.

Нажимной механизм, прижимающий гож к гребенке, обеспечивает минимальный зазор между их рабочими поверхностями. Этот механизм смонтирован в приливе корпуса машинки.

Эксцентриковый механизм позволяет работать машинке при различных положениях эксцентрикового и передаточного валов, что улучшает условия эксплуатации гибкого вала. Механизм через систему передач преобразует вращательное движение вала электродвигателя в колебательное движение ножа.

Корпус соединяет все механизмы и одновременно является рукояткой.

Качество и скорость стрижки овец во многом зависят от регулировки машинки и правильной заточки режущих пар.

Регулировка машин после сборки сводится к правильной установке гребенки, положения рычага и к регулировке усилия нажатия ножа.

Машинка МСО – 58 в отличие от машинки МСО – 77Б оборудована узкозахватным режущим аппаратом. Ее гребенка имеет десять зубьев, а нож – три. Такие машинки применяют при стрижке молодняка и овец со складчатой кожей, а также для подстрижки маток перед окотом. Небольшая ширина захвата гребенки (57,6 мм) снижает возможность перестрига при стрижке небольших овец.

Машинка МСУ – 200 в отличии от машинки МСО-77Б оборудована вместо гибкого вала электродвигателем и шнуром питания, что значительно повышает характеристики машинки. Это маневренность, снижение шума работы, повышение безопасности работы стригала.

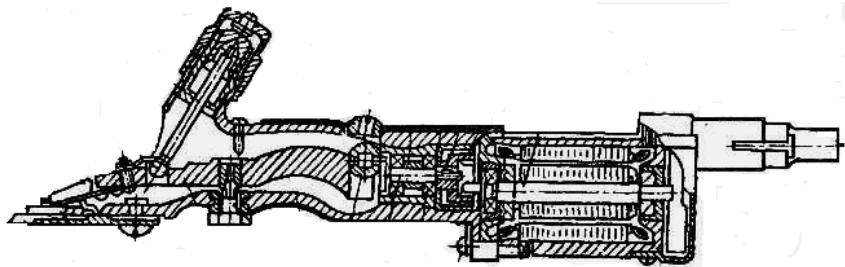


Рис. 2. Стригальная машинка МСУ-200

Стригальные машинки с пневматическим и гидравлическим приводами применяются в Новой Зеландии и Австралии. Например, в корпусе машинки «Эйбл Стар» (Австралия) смонтирован пневматический двигатель, работающий от сжатого воздуха (стригальный агрегат оборудован компрессором). Воздух, насыщенный парами смазочного масла, поступает в цилиндр двигателя, расширяет и толкает поршень; при этом пары масла смазывают поверхность цилиндра. Вал двигателя является валом эксцентрика, который соединен с рычагом и режущим аппаратом. Из цилиндра струя отработавшего воздуха проходит через корпус машинки к режущему аппарату, смазывая се трущиеся детали, в том числе нож и гребенку. Под напором воздуха шерсть овцы отстраняется о рабочей зоны машинки, позволяя стригалю видеть эту зону.

Пневматическая машинка в зависимости от количества поступающего воздуха может бесступенчато изменять число двойных ходов от 0 до нескольких тысяч в минуту. Воздух в машинку подается по пластмассовому гибкому шлангу длиной до 3м, подсоединяемому к магистральному трубопроводу. Устройство для включения машинки в работу встроено в корпус машинки, поэтому машинка работает только тогда, когда стригаль сжимает корпус рукой.

Правильная заточка режущей пары проводиться так. На диск точильного аппарата волосяной кистью наносят тонкий слой наждачной смеси, состоящей из шлифпорошка №5...8, автотракторного масла М6Б или М10Б и керосина. Смесь должна быть разведена до состояния, при котором она удерживается на рабочей поверхности диска. Нож и гребенку надевают на штифты держателя так, чтобы зубья были направлены вверх, против вращения диска. Затачиваемые диск или гребенку легко прижимают к диску держателем, медленно перемещая последний вправо и влево по поверхности диска, выходя за пределы заточной поверхности не более чем на зуб ножа или два зуба гребенки. Нажим не должен быть сильным, так как это может вызвать перегрев и потерю качества затачиваемых пар. В процессе заточки должно наблюдаться обильное искрение из-под затачиваемой поверхности. При прекращении искрения необходимо вновь нанести наждачную пасту на поверхность диска. Заточка без пасты ускоряет износ поверхности диска и ухудшает качество заточки. После заточки проводят доводку (больше масла). Качество заточки проверяют по режущим кромкам, которые не должны иметь заусенцев. Просвет между рабочей поверхностью ножа или гребенки и лекальной линейкой не должен превышать 0,05 мм. Во избежании ранения овец при стрижке концы зубьев притупляют на наждачном камне, а затем полируют на дереве мягкой породы.

В Австралии разработана установка для стрижки овец с помощью мощного луча лазера. Недостаток – высокая стоимость, трудность обеспечения безопасной работы, низкая скорость резания.

Разработан биохимический метод снятия шерсти с овец. Животным дают с кормом циклофосфамид, мимозин или другой препарат, способствующий разрушению луковиц шерстинок. Через 9...12 дней шерсть полностью отделяется.

Несмотря на многочисленные попытки создать различные новые технические средства для стрижки овец еще долгое время основным рабочим органом будет оставаться стригальная

машинка. Стригали высокой квалификации остригают 300...350 овец за рабочий день. Рекордсмен мира Новозеландский стригаль Г. Боуэн остриг 560 овец за 9-часовой рабочий день.

3.Организация труда на стригальных пунктах.

Применяют три вида машинной стрижки овец: на столах (стеллажах), поточную (на карусельных и конвейерных установках) и скоростную.

Стрижка на столах – наименее производительный способ, при котором один стригаль доставляет овцу к рабочему столу, стрижет, собирает и сдает шерсть на классировочный стол или на весы. Стригаль также заменяет, регулирует, смазывает режущую пару машинки и выполняет вспомогательные операции.

Поточная стрижка значительно облегчается труд стригалей. На одном из 5 столов фиксируют овцу для стрижки, на остальных 4 – стригут. Подавальщик ловит в загоне, подтаскивает к установке и перемещает овцу от одного стригала к другому. Процесс стрижки делиться на 4 операции, выполняемые отдельными стригалами. Каждый из них стрижет только строго определенный участок овцы, чем и обеспечивается поточность стрижки.

Конвейерная установка представляет собой линейный ленточный транспортер. Стригали размещаются с обеих сторон транспортера и каждый из них выполняет строго определенные операции. Обслуживают конвейер 11 человек.

Достоинство – не требуются стригали высокой квалификации.

Недостаток – трудность контроля работы, выполняемой каждым стригалем.

Скоростная стрижка наиболее прогрессивна. В нашей стране ее начали внедрять в 1958 г. Основные правила и приемы:

1.Наименьшие затраты физического усилия стригала при стрижке.

2.управление положением тела овцы при стрижке. Необходимо часто менять положение овцы в соответствии с ходом стрижки. При управлении овцой стригаль должен стремиться выработать умение балансировать своим туловищем по отношению к центру тяжести находящейся у него в ногах овцы.

3.наименьшее число проходов машинкой. На хорошей помесной овце достаточно сделать около 55...60 проходов машинкой. Это зависит от использования ширины гребенки.

4.использование в работе стригала левой руки и ног. Искусство управления овцой состоит в том, чтобы, удерживая ее главным образом ногами, оставлять левую руку свободной.

5.не допускание травмирования животного.

После стрижки овцу обязательно обрабатывают раствором креолина с гексохлораном в купочной установке, чтобы предотвратить заболевание чесоткой.

1. 9 Лекция № 9 (2 часа).

Тема: «Навозоуборочные средства»

1.9.1 Вопросы лекции:

1. Физические свойства и химический состав навоза.
2. Механизация удаления навоза из помещений.
3. Обеззараживание и хранение навоза.
4. Компостирование навоза и машины для его вывозки на поля

.....
1.9.2 Краткое содержание вопросов: (тезисно изложить основное содержание рассматриваемых вопросов)

1. Физические свойства и химический состав навоза.

Общие сведения о навозе

Ежегодно на животноводческих фермах и комплексах страны скапливается громадное количество навоза (до 1 млрд. т). Своевременное его удаление и использование не только повышает санитарно – технические условия содержания животных, и качество производимых продуктов, но и позволяет обеспечить полеводство высококачественными органическими удобрениями, а также снижает опасность загрязнения окружающей среды.

Все работы по механизации удаления и использования навоза можно разделить на три вида:

-удаление навоза из животноводческих помещений и транспортировка его в хранилища;

-складирование, обеззараживание и хранение навоза;

-использование навоза.

Эти вопросы взаимосвязаны, поэтому, решая один из них, необходимо в такой же степени решать и другие.

Изучение передового опыта проектирования и эксплуатации животноводческих ферм и комплексов показало, что в зависимости от консистенции навоза, технологии его использования, способа содержания животных меняются и технические средства для очистки помещений и площадок, конструкция и размеры навозохранилищ, способы обезвоживания навоза.

Физико-механические свойства навоза

Навоз представляет собой сложную полидисперсную многофазную среду, включающую в себя твердые, жидкие и газообразные вещества. Основную часть навоза составляет влага.

Твердый навоз имеет влажность до 81 %, полужидкий (пастообразный) - 82 ... 88 %, жидкий (бесподстилочный) навоз - 88 ... 93 % на фермах крупного рогатого скота и до 97 % на свинооткормочных фермах. Состояние навоза на фермах крупного рогатого скота зависит от способа содержания животных, наличия подстилки, способа удаления навоза и некоторых других факторов.

На свиноводческих фермах получают, как правило, жидкий навоз.

Бесподстилочный навоз почти однороден по фракционному составу. Средневзвешенная длина частиц составляет 2,6 мм, а частиц длиной свыше 10 мм содержится

не более 1 %. При использовании на фермах крупного рогатого скота в качестве подстилочного материала опилок средневзвешенная их длина составляет 7,9 мм, длина наибольших включений не превышает 42 мм. Средневзвешенная длина включений влияет на эксплуатационную надежность навозоуборочных машин.

Большинство показателей, характеризующих физико-механические свойства навоза, зависят от влажности навоза, которая, в свою очередь, зависит от первоначальной, влажности экскрементов, вида и количества применяемой подстилки, от ее первоначальной влажности, принятой системы уборки навоза и других факторов.

Плотность навоза зависит от размера его частиц и соотношения различных фракций, влажности, вида, количества и качества подстилочного материала» от степени разложения навоза и многих других факторов. Объемная масса навоза колеблется в довольно широких пределах; 400 ... 1010 кг/м³. При беспривязной системе содержания скота на глубокой несменяемой подстилке объемная масса ненарушенного навоза находится в пределах 880 ... 980 кг/м³.

При эксплуатации машин и механизмов для удаления навоза большое значение имеют коэффициенты трения скольжения, покоя, а также липкость навоза. Способность навоза к налипанию на рабочие органы машин обусловлена его видом и состоянием поверхности. Разрабатывая технологическую схему удаления навоза, нужно иметь представление об этих показателях.

Навоз КРС состоит из органических веществ 20,3%, азота 0,46, фосфора 0,23, калия 0,50 и извести 0,40 %. В зависимости от условий содержания скота количество органических и минеральных веществ в свежем навозе изменяется в 2...4 раза. Общее количество этих веществ в жидким навозе практически постоянно.

При продолжительном хранении жидкого навоза часть органических и минеральных веществ теряется. Потери в значительной мере зависят от способа хранения. Так, из жижи, хранящейся в жижесборниках в течение первого месяца, теряется до 6 %, а за год 10 ... 15 % азота. Периодическое перемешивание навоза при длительном хранении увеличивает потери азота до 20 ... 25 %.

2. Механизация удаления навоза из помещений

В зависимости от конкретных условий применяют следующие технологии удаления и уборки навоза.

технология сбора, удаления, хранения и внесения в почву твердого подстилочного навоза.

технология сбора и удаления жидкого бесподстилочного навоза с приготовлением, хранением и внесением в почву твердого компоста, полученного с использованием торфа, резанной соломы, опилок, других компостирующих материалов и минеральных удобрений.

технология сбора и удаления жидкого бесподстилочного навоза с хранением и внесением его в почву в жидком виде.

технология сбора и удаления жидкого бесподстилочного навоза с разделением его на твердую и жидкую фракции, с последующим хранением и внесением каждой фракции раздельно.

Первая схема применяется преимущественно при привязном содержании КРС, при беспривязном содержании на глубокой несменяемой подстилке, а также в птичниках с напольным содержанием птицы.

Вторая схема применяется на крупных фермах и комплексах, преимущественно с беспривязным боксовым содержанием КРС и при достаточной обеспеченности компостируемыми материалами.

Третья схема применяется на крупных специализированных фермах и небольших комплексах при условии, что весь выход жидкого навоза может быть использован в качестве удобрения внутри хозяйства без накопления его излишков.

Четвертая схема с разделением жидкого навоза на фракции является наиболее типичной для крупных животноводческих комплексов, оборудованных специальными системами очистных сооружений. После разделения навоза твердая фракция используется как обычный твердый навоз на удобрения, а жидкая фракция подвергается сложной обработке с целью ее обеззараживания, дезодорации и осветления.

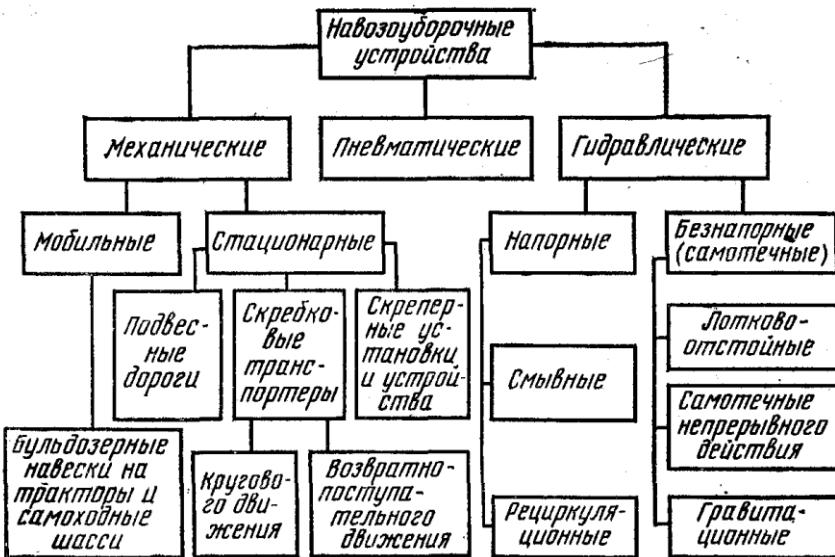


Рис. 2. Классификация устройств для удаления навоза из помещений

Механизация удаления навоза из животноводческих помещений может быть осуществлена механическим, гидравлическим и пневматическим способами.

Мобильные агрегаты удаляют из коровника 1 т навоза за 10 ... 25 мин, при этом затраты ручного труда составляют 0,5...1,2 мин в расчете на корову в сутки. На затраты рабочего времени влияют высота стенки навозной канавки-прохода, количество и качество подстилки, навыки рабочего, организация труда и др.

Один из недостатков работы мобильных средств механизации - большее загрязнение навозного прохода, чем при работе стационарных установок. Загрязнение можно значительно снизить за счет достаточного количества хорошей подстилки и высокой культуры труда. Чтобы холодный воздух не проникал в коровник при удалении навоза зимой, необходимо создавать воздушные тепловые завесы.

Загрязнение воздуха коровника выхлопными газами трактора наблюдается при запуске или работе трактора с не отрегулированным двигателем и при плохой вентиляции. Поэтому надо ставить соответствующие нейтрал-изиторы. К шуму трактора боровы быстро привыкают, и он их мало беспокоит.

Стационарные установки включают в себя скребковые транспортеры кругового и возвратно-поступательного движения, а также канатно-скреперные установки и подвесные дороги.

Скребковый транспортер типа ТСН состоит из горизонтального и наклонного транспортеров, имеющих индивидуальные приводы и работающих независимо друг от друга.

Горизонтальный транспортер, устанавливаемый в навозном канале животноводческого помещения, включает в себя шарнирную разборную цепь с прикрепленными к ней скребками, поворотные звездочки и натяжное устройство. Цепь приводится в движение от электродвигателя мощностью 4 кВт через клиноременную передачу и редуктор.

Наклонный транспортер имеет два канала, в которых движется замкнутая цепь со скребками. Он грузит навоз в транспортные средства и обычно устанавливается в торце животноводческого помещения, в тамбуре. Под верхним концом транспортера располагают

тракторную тележку.

При работе транспортера ТСН навоз, сброшенный в канал, передвигается в нижний поворотный сектор наклонного транспортера и подается им в тракторную прицепную тележку.

Нельзя сбрасывать навоз на неподвижную ветвь транспортера, так как в этом случае при пуске транспортера резко перегружаются цепь и механизмы привода. Кроме того, могут подниматься скребки транспортера, что значительно снижает его производительность и ухудшает качество работы.

Особое внимание уделяют обслуживанию наклонного транспортера, находящегося за пределами животноводческого помещения и работающего в более тяжелых условиях, особенно при низких температурах. Сначала включают наклонный транспортер, затем горизонтальный. Выключают транспортеры в обратном порядке.

Штанговые скребковые транспортеры возвратно-поступательного движения используют для удаления навоза из коровников, свинарников, птичников. Часто аналогичные транспортеры применяют для раздачи кормов. Эти транспортеры менее металлоемки и более надежны по сравнению с транспортерами кругового движения. Благодаря возвратно-поступательному движению скребков транспортируемый материал подается к месту назначения с минимальным перемещением. В результате значительно уменьшаются нагрузки на рабочие органы транспортера и сокращается продолжительность его работы.

Скреперные установки, движущиеся также возвратно-поступательно, применяют для удаления навоза из помещений, транспортировки его к навозоприемникам (на свиноводческих фермах) и одновременной погрузки в транспортные средства (на фермах КРС). Такие установки просты в изготовлении, надежны в работе, легко приспосабливаются к неровностям дна канала, менее металло- и энергоемки. Недостатки установок - недолговечность и трудность соединения троса при разрыве, сложность монтажа наклонной части навозных каналов.

Установка состоит из скреперов, троса, приводного и натяжного устройства. Скреперы устанавливают в навозные каналы (ширина 40...70 см и глубина до 50 см) на направляющие из уголковой стали, проложенные по дну канала.

Приводное устройство состоит из электродвигателя, редуктора и тросовой лебедки. В навозных каналах протягивают трос диаметром 10...15 мм, к которому крепят скреперы. Для уборки навоза применяют скреперы различных конструкций. Наиболее распространены скреперы типа «стрела» (в установках УС) и типа «каретка» (в установках ТС-1 и УВН-800).

Скреперные установки используют при уборке навоза из помещений для беспривязного боксового содержания крупного рогатого скота (УС-10, УС-12 и УС-250) и при уборке бесподстилочного навоза из-под щелевых полов в свинарниках (УС-12 и УСП-12).

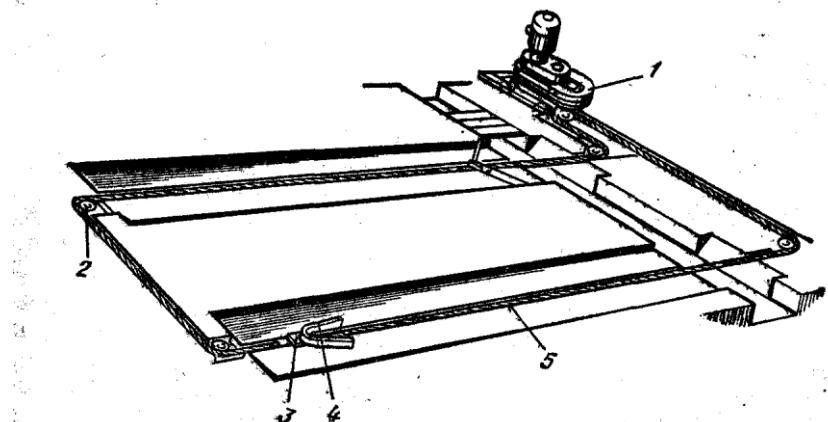


Рис. 3. Схема скреперной установки

1 – электродвигатель, 2 – поворотные звездочки, 3 – крепление скрепера, 4 – скрепер,

5 – тросовая лебедка

Гидравлические установки по принципу действия делятся на напорные и самотечные.

Напорная транспортировка навоза осуществляется за счет потока смывающей жидкости (воды, мочи, навозной жижи), подаваемой насосом в канал. Самотечная транспортировка навоза возможна при определенном уклоне дна канала или поверхности транспортируемой массы и осуществляется по каналам или трубам без механизмов или транспортеров. Навоз из животноводческих помещений можно удалять самотечным и напорным транспортированием одновременно.

Среди гидравлических систем удаления жидкого навоза из помещений наиболее распространены смывная, рециркуляционная, лотково-отстойная, комбинированная, самотечная и гравитационная. Все эти системы, за исключением смывной и рециркуляционной, основаны на применении заглубленных лотков, перекрытых сверху решетчатым полом.

Смывная система основана на прямом смыве навоза струей воды, создаваемой напором водопроводной сети или подкачивающим насосом. Смесь воды, навоза и навозной жижи стекает в коллектор и для повторного смыва уже не используется. Недостаток этого способа - очень большой расход воды.

Рециркуляционная система состоит из самотечного трубопровода диаметром 0,3...0,4 м, проложенного с уклоном 0,006...0,01 м, и оборудованного сбросными колодцами напорного трубопровода и насосной станции с приемным навозосборником. Навоз сбрасывают через колодцы на поток навозной жижи, которая подается в самотечный трубопровод насосом через напорный трубопровод. По самотечному трубопроводу смесь жижи и навоза попадает в навозосборник вместимостью 8...10 м³.

Чтобы сократить затраты ручного труда, при применении этого способа вместо самотечных трубопроводов в коровниках и свинарниках устанавливают продольные лотки V-образного поперечного сечения, перекрытые решетчатыми полами. К началу лотков подводят напорный трубопровод, по которому 1...2 раза в сутки жижей смывают навозную массу.

Эта система работает удовлетворительно и наиболее экономична, однако она имеет некоторые недостатки. Во время промывки навозоприемных лотков повышается загазованность воздуха помещения. Кроме того, в случае возникновения инфекции в одном из помещений ряда не исключено заражение животных, содержащихся в других помещениях.

Лотково-отстойная (шлюзовая) система отличается от других наличием шиберов, установленных в местах примыкания продольных лотков к поперечному коллектору и предназначенных для накопления и периодического удаления навозной массы в приемный навозосборник. Кроме того, перед каждым циклом в лоток заливают воду из расчета 10...15 л на одно животное, чтобы избежать прилипания навоза к стенкам и сохранить аммиачный азот. Навоз через щелевой пол попадает в лоток, заполненный водой.

Заслонку-шибер поднимают раз в 3..4 дня. Накопившаяся смесь поступает в поперечный канал и по системе труб вытекает в навозосборник. После этого заслонку закрывают, решетки пола чистят и промывают водой. Очень важно, чтобы шибер плотно закрывал лоток, в противном случае воды в лотке не будет, навоз осадит на дно и прилипнет к стенкам, что затруднит его удаление. Шибер изготавливают из металлического 5-миллиметрового листа, который вставляют в деревянную рамку, покрытую резиной.

Для хорошего отекания навозной массы большое значение имеют конструкция, точность и качество изготовления профиля лотка.

Основной недостаток лотково-отстойной системы навозоудаления - сильное выделение сероводорода при спуске навоза. Поэтому применение такой системы, несмотря на то, что технически она работает удовлетворительно, ограничено.

В комбинированной (рециркуляционно-шлюзовой) системе при опорожнении лотков осуществляется смыв навоза жижей.

Самотечная (самосливная) система основана на использовании вязкопластических

свойств жидкого навоза. Толщина слоя навоза по длине канала увеличивается в сторону, противоположную его движению. Подпор, создаваемый разностью толщины слоя, является движущей силой, которая перемещает навоз по каналу.

Навоз при движении в канале перемешивается незначительно, из него испаряется мало влаги и вредных газов и через 6...10 суток начинается брожение с интенсивным выделением аммиака, метана и др. Поэтому необходимо выбирать такие параметры самотечной линии, чтобы навоз в помещении задерживался не более указанного срока.

Введенная в эксплуатацию самотечная система навозоудаления работает в течение всего цикла производства. Такая система является дальнейшим развитием отстойно-лотковой системы, но с той лишь разницей, что в ней навоз удаляется непрерывно по мере его поступления. По сравнению с рециркуляционной и рециркуляционно-шлюзовой системами навозоудаления она более полно удовлетворяет ветеринарно-санитарным требованиям, а по сравнению с отстойно-лотковой и смывной системами требует значительно меньшего расхода воды.

Гравитационная система в основном аналогична самославной, однако имеет и свои особенности. Навозный канал в этом случае имеет сечение 150x180 см и может быть практически любой длины (до 80...100 м). Дно канала чистое и абсолютно горизонтальное. Перед выходом в поперечный канал коровника дно каждого продольного навозного канала перекрывается переливным порожком высотой 50 см.

Навоз через щели пола попадает на «водяную подушку» и растворяется в воде, превращаясь в однообразную подвижную массу. При постоянном пополнении канала разжиженная навозная масса вытесняется из объема, заполненного водой, переливается через поперечный канал и далее поступает в малогабаритный навозосборник, откуда ковшовыми погрузчиками подается в транспортные средства и затем складируется в навозохранилищах. Для сбора и транспортировки навоза можно использовать различные установки.

Основное условие эффективной работы гравитационного способа - абсолютная водонепроницаемость дна и стенок канала.

Все самославные способы удаления навоза из помещений особенно эффективны при привязном и боксовом способах содержания животных без подстилки, на теплых керамзитобетонных полах или с применением резиновых ковриков.

Щелевые (решетчатые) полы начали применять на животноводческих фермах мира свыше 100 лет назад (1876 год), но наибольшее распространение они получили только в последние годы.

Щелевые полы применяют в коровниках; помещениях для откорма КРС, свинарниках, навозных проходах и проходах для перегона и выгона скота, преддоильных залах, помещениях для зооветеринарной обработки животных и др.

Такие полы устраивают в том случае, когда животных содержат без подстилки или же на подстилку используют такой мелкий материал, как опилки, резаную солому, торф в небольших количествах. Преимущества решетчатых полов очевидны; животные сами копытами продавливают навоз через щели пола в навозный канал, при этом резко сокращаются затраты труда на чистку стойл.

Постройки со щелевыми полами обходятся несколько дороже, чем обычные помещения, из-за необходимости теплоизоляции и устройства каналов (лотков) для навоза под щелевыми решетками пола. Однако экономия подстилки, резкое сокращение трудовых затрат при выполнении повседневных операций по распределению подстилки и чистке стойл, перекрывают затраты на сооружение щелевых полов.

При содержании КРС на привязи навоз из стойл убирают 2-3 раза в сутки за пределы коровника. При привязном содержании на глубокой подстилке навоз убирается 2-3 раза в год, а на выгульных площадках – ежедневно или через несколько дней в зависимости от времени года. При беспривязном боксовом содержании коров навоз из помещений, выгульно-кормовых и преддоильных площадках убирают один раз в 2-3 дня.

Очистку помещений проводят всегда в одно и тоже время, определенное распорядком дня фермы.

Транспортировка навоза из животноводческих помещений в навозохранилища.

Для доставки навоза из животноводческих помещений в навозохранилища применяют тракторные тележки, скреперные и пневматические установки, насосные станции, ковшовые транспортеры и самосплавные системы.

Тракторную тележку устанавливают в навозном тамбуре (навоз в тележку подают по наклонной ветви скребкового транспортера или скреперной установкой) и по мере наполнения отвозят к навозохранилищу, где и разгружают.

3. Обеззараживание и хранение навоза

В технологическом процессе удаления и использования навоза особое место занимает его обеззараживание и хранение. При этом в первую очередь необходимо учитывать ветеринарные и медико-санитарные правила, так как патогенные микроорганизмы, яйца и личинки гельминтов сохраняют свою жизнедеятельность в необработанном навозе в течение года.

Для предотвращения загрязнения окружающей среды возбудителями инфекционных и инвазионных болезней система обработки навоза на животноводческих фермах и комплексах должна обеспечивать карантинирование (выдерживание навоза в течение определенного времени с целью выявления инфекции), а в случае необходимости - дезинфекцию и дегельминтизацию навоза.

Для обеззараживания и утилизации навоза на животноводческих фермах и комплексах разработано довольно большое число технологических схем, многие из которых применяются пока лишь в опытных хозяйствах.

Наиболее широкое распространение на животноводческих фермах и комплексах получили следующие технологические схемы:

- компостирование твердого и полужидкого навоза;
- гомогенизация полужидкого и жидкого навоза;

-разделение жидкого навоза на фракции в отстойниках-накопителях (при этом применяется полная или частичная биологическая обработка жидкой фракции) или механическими средствами.

Это связано с тем, что навоз имеет следующие патогенные свойства:

1. Внесенный на поля навоз, содержащий патогенные микроорганизмы, летом высыхает и, превращаясь в пыль, инфицирует обширную территорию и расположенные на ней водоемы. Навоз защищает микроорганизмы от инсоляции, действия дезинфицирующих веществ и т.д. В высушенном или замороженном навозе возбудители консервируются и сохраняются в течение длительного времени.

2. При обработке лугов и пастбищ жидким необеззараженным навозом происходит загрязнение растений различными микроорганизмами. Пробы травы, взятые через 3 недели после орошения, в 84% случаев содержали сальмонеллы, а в сене с заливных лугов сальмонеллы были обнаружены через 8 месяцев, а по некоторым данным, даже через 11 месяцев.

3. Даже в благополучных хозяйствах, среди животных имеет место сальмонеллоносительство. Поэтому животноводческие стоки могут явиться одним из факторов распространения инфекционных заболеваний.

При использовании всех схем навоз сначала проходит карантинирование, затем его обеззараживают, после чего проводят обработку (выделяют примеси, перемешивают навоз, разделяют его на фракции и др.)

Карантинирование твердого и полужидкого навоза при компостировании проводят в секциях карантинных емкостей, которые имеют бетонированные дно и стенки, исключающие

фильтрацию жидкой фракции навоза через почву. Секции должны быть не менее двух, их размещают рядом с компостными площадками. Навоз в секциях выдерживают в течение шести суток, при обнаружении инфекции механическими средствами вносят химические реагенты и перемешивают их с навозом.

Карантинирование гомогенизированного полужидкого и жидкого навоза проводят в хранилищах-гомогенизаторах секционного типа, оборудованных устройствами для периодического смешивания выдерживаемого навоза, чтобы исключить расслоение его на фракции. Эти же устройства обеспечивают качественное смешивание инфицированного навоза с химическими реагентами при обеззараживании.

Карантинирование жидкого навоза при разделении механическими средствами проводят отдельно для твердой и жидкой фракций. Жидкую фракцию выдерживают в секционных накопителях в течение шести суток, обеззараживают химическими реагентами, после чего секции разгружают. Так же карантинируют и твердую фракцию.

Карантинирование жидкого навоза комплексов по выращиванию и откорму 54 и 108 тыс. свиней в год при комбинированной его обработке проводят в сооружениях по обработке жидкого навоза, если период обработки составляет не менее шести суток. При меньшем времени обработки устанавливают дополнительные секционные емкости, рассчитанные на шестидневное карантинирование.

Обеззараживание навоза проводят

- биотермическим
- химическим
- термическим
- физическим способами.

Биотермическое обеззараживание инфицированного навоза или его твердой фракции при компостировании проводят, при хранении на площадках с твердым покрытием. При этом в штабелях навоза или компоста под влиянием жизнедеятельности термогенных микроорганизмов возникает высокая температура, губительно действующая на возбудителей инфекционных и инвазионных болезней животных. Для размножения термогенных микроорганизмов необходима определенная влажность навоза или компоста (не выше 70 %) и поступление воздуха, что достигается благодаря рыхлой укладке штабеля. Уложенный в штабеля компост выдерживают не менее одного месяца в теплый период и не менее двух месяцев - в холодный. Началом срока обеззараживания считают день подъема температуры в штабеле не менее чем до 60 °C.

Химическое обеззараживание жидкого навоза проводят в карантинных емкостях, оборудованных перемешивающими устройствами. Для обеззараживания применяют формалин, формальдегид и другие вещества. Расход химических реагентов и длительность обработки зависит от вида инфекции.

Термическое обеззараживание навоза включает в себя следующие способы: двухстадийное упаривание с предварительным разделением навоза на фракции, вакуумную сушку в реакторно-смесительных аппаратах, термобеззараживание в реакторах при давлении 1,2 МПа и температуре 180 °C, многостадийную дистилляцию после обработки в реакторах с абсорбцией парогазовой смеси и сушкой твердой фракции в барабанных или трубчатых сушилках.

Физические способы обеззараживания навоза (обработка УФ-облучение) находятся в стадии эксперимента и на практике пока не применяются.

Современные способы обработки навоза отличаются тем, что в технологические схемы включаются операции, цель которых получить из навоза высококачественное удобрение и чистую воду. Вот, например, один из таких способов. Навоз сначала разделяют на твердую и жидкую фракции при помощи механических средств (центрифуг, виброгрохотов или прессов). Затем твердую фракцию высушивают и она поступает в компост, а жидкую обрабатывают по одной из следующих схем; первая - жидкая фракция

поступает на электроагрегацию, озонирование, биологическую доочистку и используется для орошения; вторая - жидкую фракцию поступает на биологическую доочистку и сбрасывается в канализационную сеть.

В процессе ферментации исходный навоз в установке разделяется на три фазы: газообразную, жидкую и твердую.

Газообразная фаза - биогаз, содержащий 60...70 % метана, окись углерода и 2...5 % других газов. Биогаз имеет теплотворную способность 21...25 тыс. кДж и может быть использован как топливо: 1 м³ биогаза эквивалентен 0,6 ... 0,8 кг условного топлива.

Жидкая фаза (стоки, получаемые после разделения отферментированного навоза) представляет собой обеззараженную жидкость с содержанием сухого вещества 2 ... 2,5 %. Стоки содержат азот, окиси фосфора и калия, что позволяет использовать их в качестве жидких удобрений.

Твердая фаза — навоз без запаха, влажностью 65...70 %, представляющий собой высококонцентрированное обеззараженное органическое удобрение.

Процесс анаэробной ферментации, проходящий в основном аппарате установки - ферментаторе, представляет собой сложную цепь биохимических реакций расхода органических веществ под действием анаэробных микроорганизмов (метаногенных бактерий). Процесс протекает непрерывно по следующей схеме. Навоз и жижа при помощи скребков и воды направляются в сборник, откуда насосом подаются в подогреватель с мешалкой. Здесь сырье подогревается до температуры ферментации и насосом подается в ферментатор, а затем переливается в отстойник. Затем масса самотеком попадает в центрифугу, где разделяется на твердый осадок и жидкие стоки. Выделяющийся в ферментаторе биогаз поступает в накопитель-газгольдер, а затем в котел для получения пара. Пар используется для приготовления кормов, обогрева помещений свинофермы, а также в подогревателе и ферментаторе установки.

В механизированных навозохранилищах, которые размещают на открытых площадках или под навесами, происходит естественное обеззараживание твердого навоза. Наличие навозохранилища - одно из важнейших условий правильного хранения и использования навоза.

В соответствии со способом содержания скота и технологией удаления навоза из помещений, навозохранилища подразделяют на наземные и заглубленные (котлованные). Дно и стены навозохранилищ, как правило, выполняют бетонными или облицовывают панелями. Дно и стены котлованного навозохранилища иногда покрывают слоем утрамбованной глины на щебеночном основании толщиной 20 см. Навозохранилище оборудуют жижесборником.

Навозохранилище состоит из нескольких секций, каждая из которых рассчитана на 1...3 (в южных зонах) и на 2...6 (в средней полосе страны) месяцев хранения, в течение которых проходит самообеззараживание навоза. Навозохранилища оборудуют жижесборниками, а также средствами механизированной выгрузки (кранбалками и мостовыми кранами с грейферными погрузчиками, скреперными установками и другими механизмами). Для удобства вывозки навоза из котлованного навозохранилища устраивают пандусы для въезда и выезда транспорта.

Навозохранилища и очистные сооружения фермы ограждают и обеспечивают подъездными путями с твердым (бетонным или асфальтобетонным) покрытием. Ширина подъездных принимают не менее 3,5 м. По периметру очистных сооружений высаживают высокорастущие деревья на полосе шириной не менее 10 м, а всю территорию комплекса или фермы, включая очистные сооружения, подъездные и переходные пути, озеленяют.

В районах с холодной продолжительной зимой рекомендуется устраивать закрытые навозохранилища, которые сооружают в виде пристроек к животноводческим помещениям, в виде отдельных построек или траншей под полом помещения.

Подпольные навозохранилища все шире применяются на фермах и комплексах.

Промышленность наладила выпуск установок УВН-800 для выгрузки навоза из таких хранилищ длиной до 110 м и погрузки его в транспортные средства. УВН-800 состоит из насоса НЖН-200 и стационарной скреперной установки. Насос выкачивает из навозохранилища и подает в транспортные средства навоз влажностью 87 ... 98 %, а скреперная установка выгружает оставшийся навоз влажностью менее 87 % и грузит его в транспортные средства.

Отстойники-накопители горизонтального и вертикального типов также находят широкое применение. В них навоз разделяется на твердую и жидкую фракции.

В отстойниках навоз расслаивается на твердую и жидкую фракции. Твердая фракция выпадает в осадок, жидкая через систему труб подается на станцию перекачки, а оттуда распределяется по полам. Когда слой осадка в отстойнике достигает 1,5 ... 1,8 м, закрывают задвижку на впускных трубах, а оставшуюся жидкую фракцию в верхнем слое сбрасывают через шандорный водосброс. В отстойнике остается навоз (осадок) и незначительное количество жидкости. Для подсушивания осадка открывают задвижки на дренажной системе. Обезвоживание длится 35 ... 45 дней.

Подсущенный осадок, влажность которого равна 75 ... 78 %, подают погрузчиком в автомобили и вывозят на поля.

Жидкая фракция навоза со станции перекачки поступает на земледельческие поля орошения и распределяется по поливным бороздам через выводные борозды или по полиэтиленовым трубам. На полях орошения выращивают однолетние и многолетние травы, силосные культуры, картофель, подсолнечник.

Схема-разделения навоза на твердую и жидкую фракции (обезвоживание) все шире внедряется в производство. Разделение осуществляется на прессах, центрифугах, виброгрохотах. Применение обезвоживающих установок позволяет сократить объем навозохранилищ в 30 ... 40 раз за счет уменьшения объема твердой фракции и времени ее хранения.

В некоторых хозяйствах после добавки в сухой навоз минеральных удобрений смесь прессуют под давлением 10 ... 12 МПа. В таком состоянии навоз можно хранить длительное время.

4. Компостирование навоза и машины для его вывозки на поля

Важнейшая проблема современного сельского хозяйства — сохранение плодородия почвы. Главным фактором, определяющим весь характер почвы, все ее свойства, является гумус.

Гумус (перегной) — сложное сочетание особых, присущих только почве органических веществ, синтезируемых почвенными микроорганизмами в процессе разложения мертвых растительных и животных остатков. Между тем, по свидетельству почвоведов, на пахотных землях страны наблюдается неуклонное снижение содержания гумуса в почве. Так, служба экологического контроля из космоса зафиксировала, что в нашей стране повсеместно в степной и лесостепной зонах на полях за земледельческий период утрачено около 25 % гумуса. А если в почве мало гумуса, то большая часть удобрений не удерживается почвой, проваливается до грунтовых вод и смывается, загрязняя водоемы.

Чтобы поднять плодородие почвы, необходимо обогатить ее навозом — органическим веществом, которое является наилучшей средой для создания гумуса. По подсчетам ученых, с целью поддержания плодородия почвы следует ежегодно вносить в среднем 8 ... 10 т органических удобрений на 1 га пашни. Основная часть этих органических удобрений (компостов) — навоз, вторая составляющая — подстилка (солома, опилки, торф). Очень значительную часть составляют птичий помет, городские компости, стоки. Отсюда видно,

какую важную роль в сохранении и повышении плодородия почвы играют животноводческие (птицеводческие) фермы и комплексы.

В зависимости от вида получаемого навоза, его количества, природно-климатических условий и других факторов в хозяйствах страны применяют различные сочетания двух способов приготовления компостов: централизованного, на фермах и комплексах, и локального, по краям полей севооборотов. В первом случае сооружают механизированные площадки с твердым покрытием для приготовления компостов или специальные цехи компостирования, во втором случае — небольшие площадки.

При использовании площадок организуют механизированные отряды, состоящие из нескольких звеньев по приготовлению компостов, по транспортировке и внесению на поля твердых органических и органоминеральных удобрений, по внесению жидкого удобрений. Такие отряды, как правило, действуют на протяжении всего года. Звенья отряда имеют в своем распоряжении комплекс соответствующих машин (гусеничные и колесные тракторы, бульдозеры, автомобили, фронтальные и грейферные погрузчики, тракторные тележки, разбрасыватели органических и минеральных удобрений).

Для вывозки твердого навоза на поля в качестве органического удобрения применяют различные тракторные прицепы и полуприцепы типа ПТС (одноосные и двухосные полунавесные, двухосные и трехосные прицепные) и разбрасыватели органических удобрений.

1. 10 Лекция № 10 (2 часа).

Тема: «Микроклимат животноводческих помещений»

1.10.1 Вопросы лекции:

1. Понятие о микроклимате
2. Система вентиляции и отопления на животноводческих фермах и комплексах

.....

1.10.2 Краткое содержание вопросов: (тезисно изложить основное содержание рассматриваемых вопросов)

1. Понятие о микроклимате

Зашита животных от вредных воздействий среды при содержании их в помещениях, а также повышение резистентности организма нормированием условий внешней среды (созданием оптимального микроклимата) имеют важное значение не только для здоровья животных, но и для продления срока службы основных производственных зданий, улучшения эксплуатации технологического оборудования и условий труда обслуживающего персонала.

Под микроклиматом животноводческого помещения понимают климат ограниченного пространства (коровника, телятника, свинарника или другого здания).

Микроклимат помещении представляет собой совокупность физических, химических и биологических параметров окружающей среды. Основные из них — это температура и относительная влажность воздуха, его подвижность, электрические свойства, содержание углекислоты, аммиака, сероводорода, концентрация пыли и наличие микрофлоры. К Этим параметрам следует добавить интенсивность производственных шумов, которая значительно возросла с внедрением механизации, а также освещенность рабочих зон.

Температура, влажность, чистота и подвижность воздуха в помещении оказывают влияние на терморегуляцию животных: совокупность физиологических процессов, поддерживающих температуру тела на постоянном уровне. Постоянство температуры тела достигается благодаря изменениям теплопродукции и теплоотдачи, а следовательно, продуктивности животных и потребления ими кормов.

При понижении температуры внутри помещения животные потребляют большие кормов, а при повышении температуры затрудняется отдача теплоты организмом во внешнюю среду, что снижает продуктивность животных.

Относительная влажность воздуха в животноводческих и птицеводческих помещениях обычно достигает 70... 80%. При дальнейшем ее увеличении до 90 % и более замедляются окислительно-восстановительные процессы в организме, нарушается обмен веществ, снижается сопротивляемость организма простудным заболеваниям, падает продуктивность животных.

Скорость движения воздуха должна составлять 0,2...0,3 м/с. При скорости менее 0,2 м/с образуются застойные зоны, в которых накапливаются вредные выделения, а при скоростях выше 0,5 м/с наблюдается увеличение простудных заболеваний.

Шум в помещении влияет не только на животных и птицу, но и на обслуживающий персонал, поэтому действие этого фактора нужно рассматривать комплексно, учитывая и охрану труда.

Нормальное освещение животноводческих помещений, которое обеспечивается при сочетании естественного и искусственного света, влияет не только на продуктивность животных и птицы, но и на производительность труда обслуживающего персонала.

Формирование микроклимата животноводческих помещений зависит от ряда технических и технологических факторов: объемно-планировочных и конструктивных решений, технологии содержания, эффективности системы навозоудаления, способов и типов кормления, теплозащитных свойств ограждающих конструкций и, глинное, эффективности систем отопления и вентиляции.

Вопросы теплоизоляции ограждающих конструкций имеют большое значение для создания оптимального микроклимата. Многочисленные исследования показали, что на эффективность выращивания молодняка и содержание взрослых животных значительное влияние оказывает температура поверхности стен и пристенной зоны, особенно в холодный период года, когда температура ограждающих конструкций значительно ниже температуры кожи животного. В таких случаях теплопотери животных излучением достигают 50 % и более от общего количества энергии, вырабатываемой организмом, что может служить причиной местного или общего переохлаждения организма животного. Это, в свою очередь, приводит к снижению привесов, продуктивности и увеличению числа больных животных.

Для животноводческих помещений наиболее эффективный перепад температур воздух —ограждение составляет 3 ... 5 °C.

В формировании микроклимата важную роль играет устройство полов, так как через них теряется 20 ... 40 % теплоты от общих тепловых потерь здания.

Помимо теплофизических качеств ограждающих конструкций, формирование микроклимата зависит от вида и возраста животных, находящихся в помещении, условий их содержания (выгульное, безвыгульное), типа кормления.

Состояние и формирование микроклимата в животноводческих помещениях во многом связано с нормальным функционированием канализационной системы, а также с регулярностью уборки навоза и навозной жижи (за исключением тех случаев, когда животных содержат на глубокой подстилке, или навоз собирают в навозные каналы при самотечной системе его удаления).

Для снижения концентрации вредных газов и излишней влаги в помещении, а также для рассредоточения приточного воздуха и ликвидации застойных зон устраивают системы вытяжной вентиляции в навозных каналах при содержании животных на решетчатых полах. Повышенная влажность воздуха в помещениях для животных обычно объясняется недостаточным функционированием вентиляционных устройств, высокой влажностью наружного воздуха и отсутствием обогрева воздуха в помещении.

Хорошо регулируют микроклимат на территории ферм и в животноводческих помещениях зеленые насаждения. В жаркий летний период под их влиянием температура воздуха на территории ферм снижается на 7 ... 13 °C, а в помещениях для животных — на 3 ... 6 °C.

В целом в лекции рассмотрены вопросы состояния микроклимата на животноводческих фермах на сегодняшний день. Представлены основные расчеты системы микроклимата. Представлены схемы и классификация.

2. Система вентиляции и отопления на животноводческих фермах и комплексах

На животноводческих фермах и комплексах применяют вентиляционные установки различных типов. Их классификация приведена на рисунке 146.

Эффективное средство для создания оптимальных режимов микроклимата в животноводческих помещениях — применение комбинированных систем отопления и механической вентиляции с частичной или полной автоматизацией. С этой целью в микроклиматической камере устанавливают тсилогсиср.тюры и приточные вентиляторы для

смситации юрячго и холдного воздуха..- В зимний период работает ириточго-ытажиа вентиляция с прогревом воздуха чеплогенергпорями, В переходи!,,!" и летний | периоды, когда нет потребности в подогреве приточного воздуха, | действует только вытяжная вентиляция, а свежий воздух в по-І мещение поступает через регулируемые жалюзийные решетки, установленные рассредоточено в окнах. Система управления теплогенераторами предусматривает автоматическую регуля-І ровку их теплопронзводительности по принципу «Большой Огонь» — «Малый огонь». Вся аппаратур⁴ упра; .^'яя ири-Ючной и вытяжной вентиляции размещается г, тк.чах, уста-' Новленных в климатической камере.

На животноводческих и птицеводческих комплексах можно Применять систему электротермического оборудования «Электроклимат» мощностью до 400 кВт.

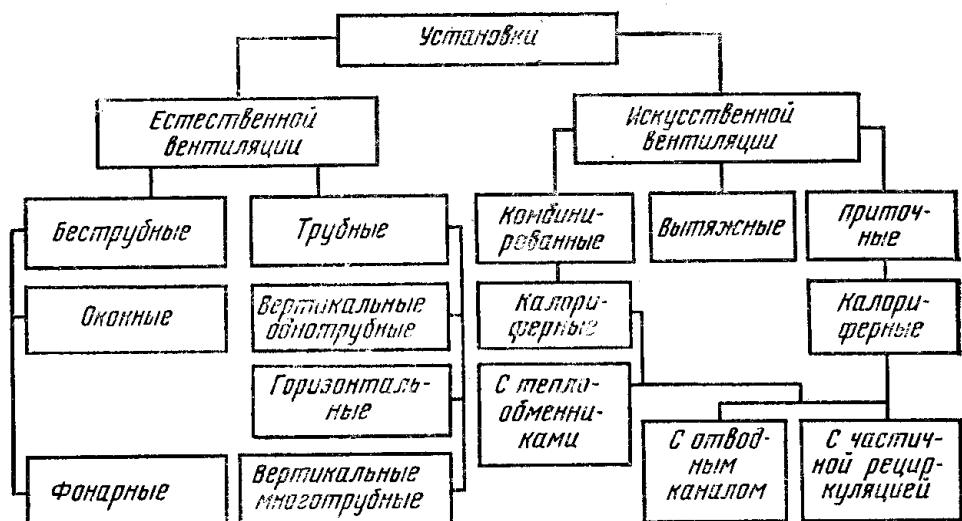


Рис. 1. Классификация вентиляционных установок.

Представляет практический интерес и сочетание обогреваемых полов с комбинированными системами отопления и вентиляции. Это существенно улучшает микроклимат непосредственно в зоне нахождения животных, что очень важно при выращивании молодняка.

Поддержание оптимального микроклимата в помещениях мо-лочнотоварного комплекса часто приводит к повышенному расходу теплоты. В самом деле, по зоогигиеническим нормам в расчете па одну голопу крупного рогатого гкота расход воздуха должен составлять 70 ... 100 м³/ч. И коропчк" па 200 голов средний расход воздуха составляет 17 ()()() м³/ч. Расчеты, подтвержденные;

теплофизическими измерениями, показывают, что при таком воздухообмене лишь 10 ... 15 % теплоты уходит через стены, покрытия, окна, ворота и пол, а 85 ... 90 % теплоты теряется при вентиляции зданий. В этом случае экономия топлива при использовании отопительных систем возможна в первую очередь за счет теплоты, уходящей с отработанным воздухом. Это достигается благодаря применению теплообменников-рекуператоров. Наиболее простой и достаточно эффективный теплообменник такого рода устроен по принципу труба в трубе и имеет коэффициент тег1лп11ср(л;чи около '21 Н']7(м⁻¹ •"(.)) при площади теплообмена 80 м². При илружпоп температуре — 25 ... 30 °С и внутренней — +10 °С он утилизирует примерно 60 тыс. Вт теплоты, что равноценно расходу более 80 кВт. ч электроэнергии. Необходимый расход энергии для двигателей вентиляторов теплообменника при этом примерно равен 7,5 кВт. ч, т. е. в 11 раз меньше.

Стоимость системы такого отопления составляет от 3 до 6 °г от общей стоимости животноводческих зданий. Применение теплообменников позволяет снизить единовременные затраты на устройство систем обеспечения микроклимата не менее чем в 2 раза.

Но главное преимущество таких устройств заключается в резком снижении эксплуатационных расходов.

Эффективность вентиляции зависит от многочисленных факторов, среди которых основные следующие: герметичность помещений и их хорошая теплоизоляция с защитным барьером от влаги; правильная циркуляция воздуха внутри помещения; объем помещений, приходящийся на одно животное; правильное устройство приточных каналов для свежего и вытяжных для загрязненного воздуха; наличие аппаратуры для автоматического контроля температуры и воздухообмена.

В последние годы все шире применяют калориферные установки, которые осуществляют смену загрязненного воздуха и обогрев помещений.

Эффективность тептиляционно-отопительных систем зависит от качества функционирования их конструктивных элементов. На рисунке 147 показаны некоторые из этих элементов.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

2.1 Практическое занятие 1 (ПЗ-1). (2 часа).

Тема: Определение энергетических показателей процесса измельчения кормов

2.2.1 Цель работы: Рассчитать показатели измельчения кормов.

2.2.2 Задачи работы:

1. Энергетическая оценка дробления и измельчения материалов
2. Графическое изображение энергетических закономерностей процесса удара методом В.П. Горячкина
3. Необходимая для разрушения материала скорость удара

1 Энергетическая оценка дробления и измельчения материалов

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

$$A = A_y + \mathcal{Q} \frac{\sigma^2 M}{2E} + A_s \Delta S k,$$

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

\mathcal{Q} – 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 1cm^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:

$$A_{\text{изм}} = 1g\lambda^3 + c_2 C_{np}$$

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, сохраненная 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_o можно принять за величины заданные и постоянные, то уравнение, представленное как

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

при переменных v_k 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_k .

При $\Delta\mu = m$ конечная скорость $v_k = \frac{v_0}{2}$. Чем масса $\Delta\mu$ больше, тем конечная скорость v_k 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:

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

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

Полная работа равна сумме:

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

или

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

то есть графически полную работу A в функции v_k 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.

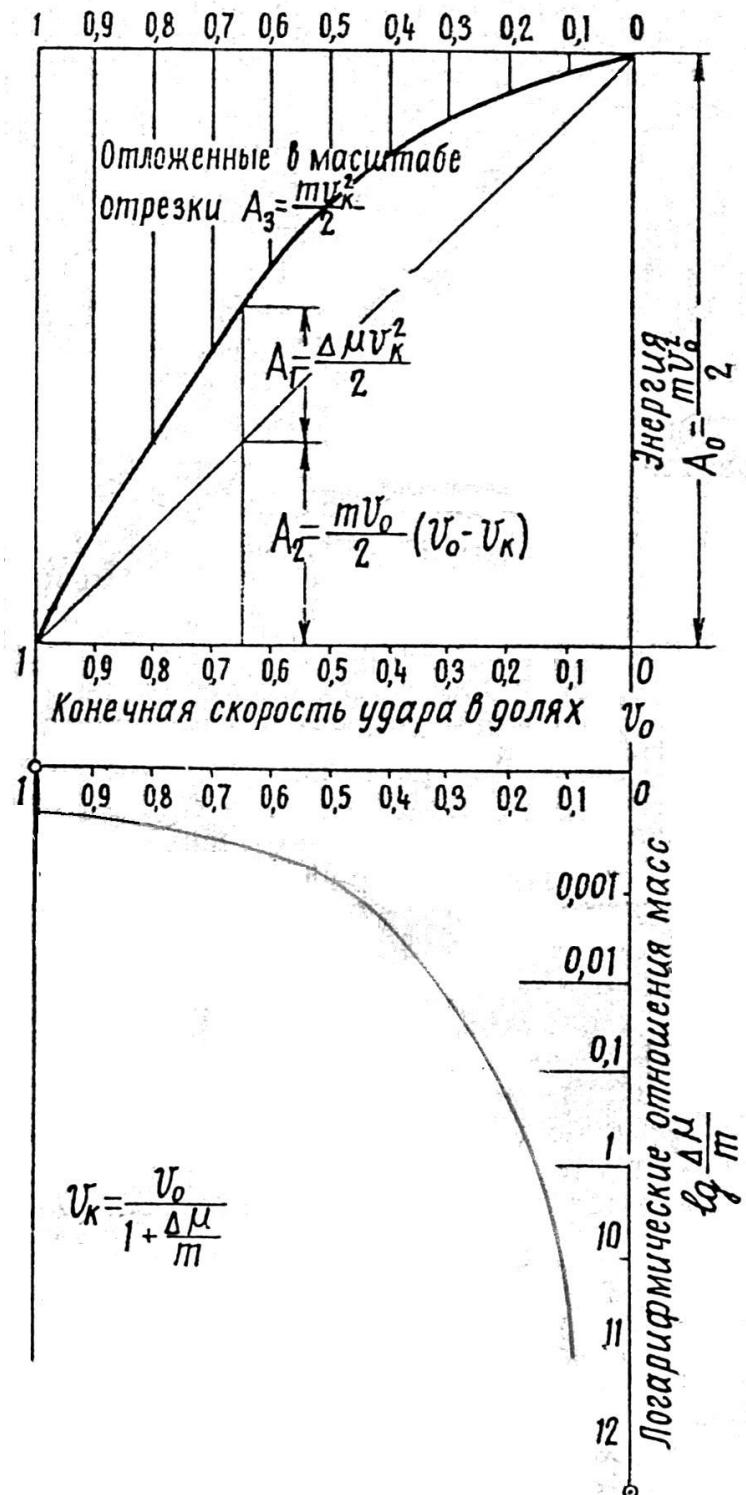


Рисунок 2. Графическое изображение неупругого удара (метод В.П. Горячкина).

Если учитывать упругость, то эта формула примет вид.

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

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):

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

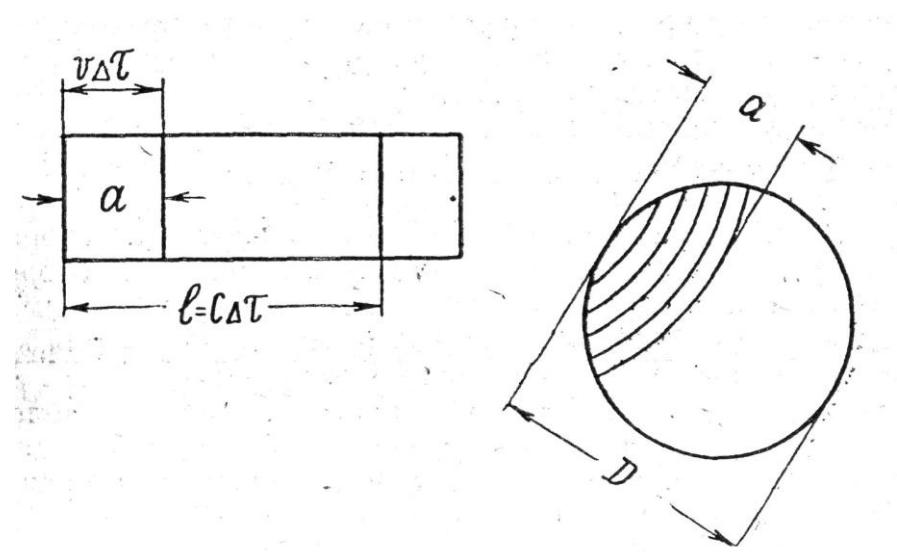


Рисунок 3. К расчету разрушающей скорости удара

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

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

2.2 Практическое занятие 2 (ПЗ-2). (2 часа).

Тема: Экспериментальное определение углов откоса, обрушения и коэффициентов трения кормовых материалов

2.2.1 Цель работы: Экспериментальным путем выявить углы откоса, коэффициенты трения кормовых материалов.

2.2.2 Задачи работы:

1. Определение относительной влажности материала с помощью сушильного шкафа.
2. Определение углов откоса и обрушения зерна и дерти различной относительной влажности и гранулометрического состава.
3. Определение коэффициентов внутреннего трения и трения по стали и другим материалам зерна и дерти различной относительной влажности и гранулометрического состава.
4. Определение крошимости гранул.
5. Определение плотности гранул.
6. Составление отчета.

2.2.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

Прибор ИЛ-ЭМА или сушильный шкаф, набор бюкс, эксикатор, прибор для определения углов откоса и обрушения, транспортир, прибор для определения коэффициентов трения с набором пластин из стали, дерева, фанеры и т. д., набор весов и разновесов, зерно, дерть, гранулированная и рассыпная мука.

2.2.4 Описание (ход) работы:

1. Определение относительной влажности

Для определения относительной влажности дерти или комбикормов используется прибор ИЛ-ЭМА (можно использовать сушильный шкаф).

При пользовании прибором ИЛ-ЭМА для ускоренного определения влажности сыпучих материалов высушивание навески исследуемого материала производится с помощью лампы мощностью 500 Вт и напряжением 30 В. Бюксы с навесками материала устанавливаются на подставку, приводимую во вращение от конденсаторного электродвигателя.

Для подготовки прибора к работе следует:

1. Установить прибор горизонтально на лабораторном столе.
2. Поднять выдвижную дверцу.
3. С помощью маховика поднять лампу и установить ее на расстоянии 50- 80 мм от подставки.

4. Подключить прибор к сети.
5. Установить на подставку три открытые бюксы.
6. Включить лампу и мотор и просушить бюксы в течение 8-10 мин. После этого выключить лампу и остановить мотор.

Для проведения испытания следует:

1. В каждую из высушенных бюксов отвесить 5 г исследуемого материала с точностью до 0,01 г.
2. Установить бюксы на подставке, включить лампу и мотор, опустить дверцу.
3. Высушивание навески производить в течение 10 мин.
4. Отключить лампу и остановить мотор.
5. Вынуть бюксы с высушенным материалом, поместить их в эксикатор и накрыть стеклом
6. Взвесить бюксы с материалом.
7. Используя результаты эксперимента, следует подсчитать относительную влажность W в процентах по формуле

$$W = \frac{G_2 - G_1}{G_1 - G} \cdot 100 \quad (1)$$

где G — масса пустой бюксы, г; G_1 — масса бюксы с навеской после высушивания, г; G_2 — масса бюксы с навеской до высушивания, г.

За окончательный результат принимают среднее арифметическое двух определений. Допускаемые расхождения при параллельных определениях не должны превышать $\pm 0.2\%$. Результаты заносят в табл. 7.1.

Таблица 1 Определение влажности, углов откоса и обрушения кормовых материалов

Корм	Влажность, %	Угол, град	
		откоса	обрушения
Зерно			
Дерть			
Травяная мука			

Угол обрушения характеризует взаимное сцепление частиц материала друг с другом, а угол естественного откоса — их взаимную подвижность. Для идеальных материалов,

состоящих из абсолютно одинаковых шарообразных частиц, эти углы равны. Схема прибора для определения углов откоса и обрушения сыпучих материалов представлена на рис. 7.1.

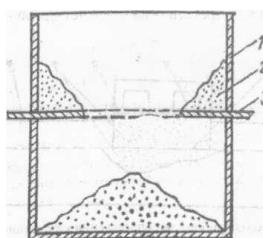


Рис. 1. Схема прибора для определения углов откоса и обрушения сыпучих материалов: 1- ящик; 2-исследуемый материал; 3-заслонка

Перед испытанием заслонки плотно сдвигают. В верхнюю камеру прибора засыпают навеску исследуемого материала массой 4 - 5 кг. После этого медленно раздвигают заслонки в стороны до тех пор, пока через щель не будет устойчивого истечения материала. После окончания ссыпания материала с помощью транспортира определяют углы обрушения и откоса. Затем заслонки выдвигают полностью и пересыпают материал из нижней камеры прибора в ящик. Испытания проводят с трехкратной повторностью для каждого исследуемого материала. Среднее значение определяемой характеристики заносят в табл. 7.1.

3. Определение коэффициентов внутреннего трения и трения по стали и другим материалам

Схема прибора для определения коэффициентов трения показана на рис. 2

Для определения коэффициентов трения отвешивают 4 порции исследуемого материала массой по 1 кг и засыпают в специальные банки. В первой банке относительную влажность материала не изменяют. Во вторую, третью и четвертую банки наливают соответственно 30, 60 и 100 г воды и перемешивают с материалом. Таким образом, во второй банке относительная влажность материала увеличивается на 3 %, в третьей — на 6 % и четвертой — на 10 %.

Для определения коэффициентов внешнего трения на направляющие прибора укладывают полосу материала (металл, дерево, пластмасса и т. д.). На полосу ставят коробку без дна и с помощью динамометра определяют усилие, необходимое для передвижения пустой коробки.

После этого в коробку насыпают 0,4 - 0,5 кг исследуемого материала. На материал устанавливают пластины, а на нее - груз. С помощью динамометра определяют усилие, необходимое для передвижения коробки с материалом и грузом. При одной и той же массе груза и исследуемого материала опыт проводят с трехкратной повторностью.

После этого исследуемый материал из коробки высыпают в соответствующую банку. В коробку засыпают материал с другой относительной влажностью и испытания повторяют

Для определения коэффициентов внутреннего трения с направляющих снимают полосу и в ящик добавляют исследуемый материал.

Испытания проводят в таком же порядке, как и при определении коэффициентов внешнего трения.

Численные значения коэффициентов трения определяют по формуле:

$$f = \frac{\tau}{\sigma} \quad (2)$$

де τ - касательное напряжение, действующее в плоскости сдвига, Па; σ — нормальное напряжение в плоскости сдвига, Па.

Здесь касательное τ и нормальное σ напряжения рассчитывают по формулам

$$\tau = (P_1 - P_2)/S \quad (3)$$

$$\sigma = 9,81(Q_1 + Q_2 + Q_3)/S,$$

За окончательный результат принимают среднее арифметическое из 3-х опытов и результаты заносят в табл. 2.

Корм	fвнешн при влажности				fвнутр при влажности			
	W, %	W ₂ =	W ₃ =	Конт- роль	W, %	W ₂ =	W ₃ =	Конт- роль
Дробленое зерно								
Травяная мука								

По результатам опытов следует построить графические зависимости $f_{вн.}(W)$ и $f(W)$

Вопросы для контроля

- Что такое коэффициент внешнего трения?
- Что такое коэффициент внутреннего трения?

3. Что такое угол откоса?
4. Что такое угол обрушения?
5. Как влияет относительная влажность материала на величину коэффициента трения?
6. Какие существуют способы определения относительной влажности кормов?
7. Как зависит численное значение угла откоса от относительной влажности материала?
8. Какое влияние на конструкцию бункеров оказывают углы откоса и обрушения?
9. Какое влияние на конструкцию транспортеров и их производительность оказывает численное значение коэффициента трения?

2.3 Практическое занятие 3 (ПЗ-3). (2 часа).

Тема: Экспериментально-теоретическое исследование рабочего процесса ленточного кормораздатчика

2.3.1 Цель работы: Теоретическое и экспериментальное изучение основных принципов технологического расчета, параметров стационарных ленточных кормораздатчиков верхнего расположения типа РК-50, ТРЛ-100 и др.

2.3.2 Задачи работы:

1. Изучение технологической схемы ленточного кормораздатчика.
2. Изучение методики технологического расчета и определение основных параметров ленточного кормораздатчика.
3. Проведение лабораторных исследований и анализ расчетных и опытных данных.
4. Составление отчетов

2.3.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

Действующая модель кормораздатчика-дозатора, секундомер, мерные емкости, настольные весы до 5 кг, измерительный комплект К-51, измельченный корм 5-6 кг.

2.3.4 Описание (ход) работы:

1. Изучение технологической схемы ленточного кормораздатчика.

Раздатчик кормов стационарный, ленточный, верхнего расположения, типа РК-50 (рис. 1) предназначен для транспортировки в помещения и раздачи в кормушки кормосмесей на основе измельченных стебельчатых кормов на молочных и откормочных комплексах и фермах крупного рогатого скота.

Массовый расход кормораздатчика колеблется от 1,11 (сено), 4,5 (сенаж), 6,95 (силос) до 8,34 (зеленая масса) кг/с в зависимости от вида корма.

Для фронта кормления 240 М, установленная мощность всех электродвигателей 8 кВт. Время раздачи корма в помещении на 200 голов составляет 18 мин. Обслуживает раздатчик один оператор. Масса кормораздатчика 7100 кг.

Раздатчик кормов (рис. 1) состоит из наклонного ленточного транспортера, поперечного транспортера-загрузчика, транспортера-раздатчика кормов, шкафа электрооборудования.

Транспортер-раздатчик является основным рабочим органом раздатчика кормов и состоит из секций, транспортерной ленты, опорных и поддерживающих роликов, натяжителя, ходовых катков и сбрасывателей. Привод раздатчика реверсивный и служит для вращения ведущего барабана и цепочного колеса.

Раздатчик кормов рассчитан на установку в помещении размером 21*72 м на 200 голов крупного рогатого скота, имеющем два кормовых проходов 9,7 м. Высота животноводческого помещения должна быть не ниже 3,54 м.

Подача корма на раздатчик осуществляется (рис. 1) либо мобильным кормораздатчиком типа КТУ-10, либо стационарными бункерами-дозаторами.

При загрузке раздатчика кормов мобильным кормораздатчиком типа КТУ-10 агрегат, доставляющий корм, заезжает в кормозагрузочное помещение.

Мобильный кормораздатчик останавливают так, чтобы поперечный выгрузной транспортер его был над загрузочной воронкой наклонного транспортера.

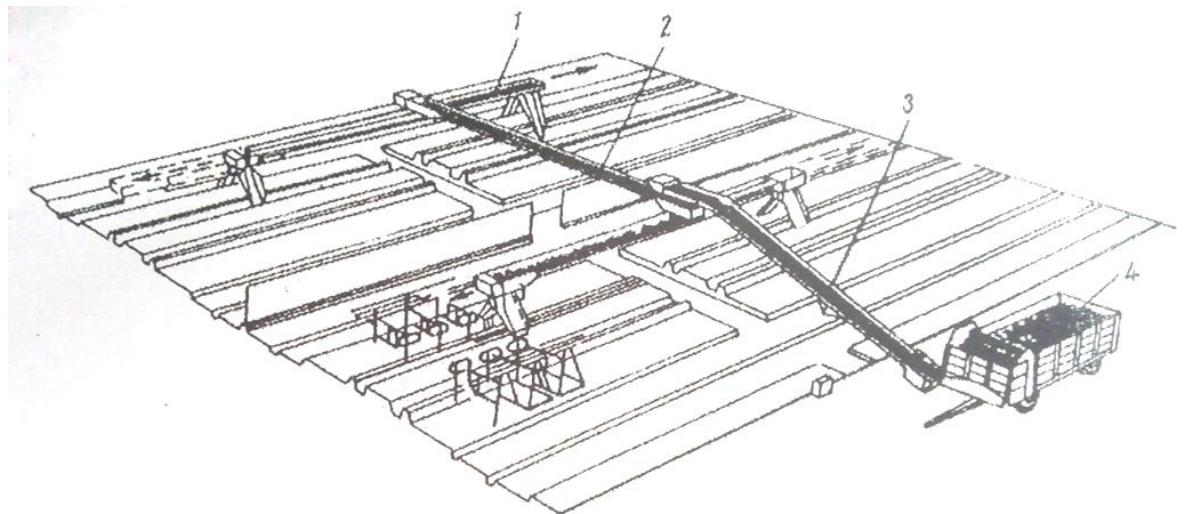


Рисунок 1. Технологическая схема ленточного кормораздатчика верхнего расположения

1 – транспортер раздатчик; 2 – поперечный транспортер загрузчик; 3- наклонный ленточный транспортер; 4 – мобильный кормораздатчик

После этого включают в работу наклонный и поперечный транспортеры раздатчика РК-50. Только после этого тракторист начинает подавать корм из мобильного кормораздатчика КТУ-10.

При поступлении корма с поперечного транспортера-загрузчика на транспортер-раздатчик, включают его привод и начинают раздачу корма непосредственно в кормушки. По окончании раздачи корма транспортер-раздатчик автоматически останавливается. После этого оператор включает кнопку «назад», и раздатчик раздает корм в соседний ряд кормушек.

2. Изучение методики технологического расчета и определения основных параметров ленточного кормораздатчика.

Расчет производят только для транспортера-раздатчика, раздающего корм в кормушки за один проход (рис. 2).

Исходные данные для расчетов принимают согласно варианту из табл. 1.

1. Определить технологические параметры ленточного кормораздатчика:

1. Масса корма, кг/м, раздаваемого на 1 длины кормушки

$$q_M = \frac{q \cdot m_0}{f_K}, \quad (1)$$

где m_0 – количество голов на одно кормоместо, $m_0=1$;

f_K – фронт кормления, м (для дойных коров $f_K=0,4$ м; для нетелей $f_K=0,38$ м; для молодняка при боксовом содержании $f_K=0,35$ м);

q – разовая выдача корма на 1 голову, кг/гол.

$$q = \frac{(q_1 + q_2)}{\kappa_p}, \quad (2)$$

где $(q_1 + q_2)$ – норма выдачи на 1 голову в сутки, кг/гол.: q_1 – для сена, q_2 – для силоса (сенажа), (табл. 1);

κ_p – кратность раздачи кормов, $\kappa_p=2 \dots 3$.

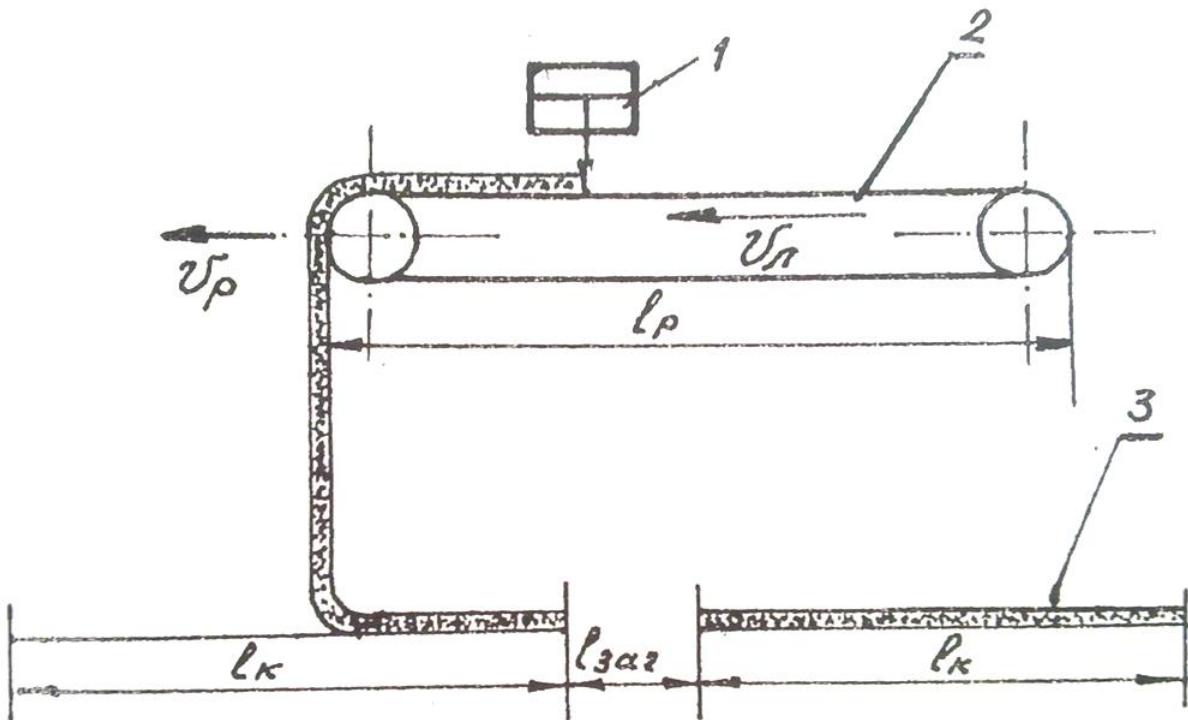


Рисунок 2 Расчетная схема ленточного кормораздатчика верхнего расположения

1 – загрузчик; 2 – ленточный кормораздатчик-дозатор; 3 - кормушка

2. Площадь поперечного сечения, м^2 , слоя продукта на транспортной ленте $F=c(0.9B-0.05)^2$, (3)

где c – коэффициент, учитывающий форму сечения продукта (корма) на транспортерной ленте, $c=0,45$;

В – ширина ленты, м, В=0,5 м.

Таблица 1

Исходные данные для расчетов процесса раздачи кормов Ленточным транспортером-кормораздатчиком

№	Животные	Корма	Объемная масса ρ , кг/м ³	Норма выдачи кг/гол. $q_{1,2}$	Фронт кормления F _к м	Характеристика помещений			животноводч. 1
						общая вместимость, гол.	кол. рядов кормушек	Длина ряда кормушек (21 _к +1 _{заг}) м	
1	Дойные коровы	Сено Силос	60-70 200-400	$q_1=5$ $q_2=30$	0,4	200	4	62	
2	То же	Сено Сенаж	60-70 200-300	$q_1=4$ $q_2=22$	0,4	400	8	84	

3	Нетели	Сено Силос	60-70 200-400	$q_1=4$ $q_2=26$	0,38	200	4	62
4	То же	Сено Сенаж	60-70 200-300	$q_1=4$ $q_2=20$	0,38	400	8	84
5	Молодняк на откорме	Сено Силос	60-70 300-400	$q_1=2$ $q_2=24$	0,35	400	8	62
6	То же	Сено Сенаж	60-70 200-300	$q_1=2$ $q_2=18$	0,35	600	12	74

3. Массовый расход , кг/с ленточного кормораздатчика при загрузке и транспортировании корма

$$Q=F \cdot \rho_{cp} \cdot v_l, \quad (4)$$

где ρ_{cp} – объемная масса кормосмеси, кг/м³ ;

v_l – скорость перемещения ленты, $v_l=0,8-1,4$ м/с (нижний предел принимается для молодняка; верхний для взрослого скота).

4. Скорость м/с передвижения транспортера-раздатчика

$$v_p = \frac{Q}{q_m}. \quad (5)$$

5. Продолжительность работы кормораздатчика c , при раздаче корма в кормушки

$$T = \frac{2 \cdot (2 \cdot l_k + l_{3AG} - l_p)}{v_p}, \quad (6)$$

где l_k – длина кормушки, м;

l_{3AG} – длина места загрузки кормов, м;

l_p – длина транспортера-раздатчика, м.

$$l_p = l_k + 0,5l_{3AG}, \quad (7)$$

если $l_k=62/2=31$ м, $l_{3AG}=9,7$ м

когда $l_p=31+0,5 \cdot 9,7 \approx 36$ м

2. Определить мощность привода кормораздатчика N

1) потребная мощность двигателя на привод ленточного транспортера-раздатчика, кВт:

$$N = \frac{W_0 \cdot J}{(102 \cdot \eta_m)}, \quad (8)$$

где v_l – скорость движения ленты, м/с, $v_l=0,8-1,4$;

η_m – КПД передаточного механизма приводного вала транспортера-раздатчика к валу двигателя,

$\eta_m=0,97$;

W_0 – величина тягового усилия на головном валу, даН.

$$W_0 = k(W_{GP} + W_{Pi}), \quad (9)$$

где W_{GP} – сопротивление на грузовой ветви, даН, (дека=10 Н);

W_{Pi} – сопротивление на нагруженной ветви, даН;

k – коэффициент.

Существует следующая зависимость коэффициента k от длины ленты транспортера L_M

$$\begin{array}{cccccccc} L_M \rightarrow & 30-40 & 50-60 & 80-90 & 100 & 110 & 125 & 160 & 200 \text{ м} \\ k \rightarrow & 2,65 & 2,2 & 1,85 & 1,74 & 1,64 & & 1,53 & 1,45 \end{array}$$

2) суммарное сопротивление на обеих ветвях, даН

$$W_{GP} + W_{Pi} = (q_{pl} + 2q_{ll} + q_{pI}^I + q_{pI}^{II}) L \cdot \omega^I, \quad (10)$$

где q_{pl} – линейная плотность ленты с учетом объемной массы, даН/м,

$q_{pl} = 1,1B \cdot \delta$,

где $d=(5-15) \cdot 10^{-3}$ (B – толщина ленты);

ω^I – коэффициент сопротивления движению ленты по опорам (в зависимости от влажности и

наличия пыли в помещении, $\omega^I=0,018 - 0,035$);

q_B – линейная плотность корма на ленте, даН/м, равный:

$$q_B = F \cdot \rho_{CP} \cdot \Psi, \quad (11)$$

где Ψ – коэффициент наполнения (ориентировочно принимается для кормосмеси $\Psi=0,87$)

q_p^I, q_p^{II} – вес 1 м погонной длины вращающихся частей роликов на грузовой и ненагруженной ветвях, даН/м.

$$q_p^I = \frac{G_p^I}{l^I}, \quad (12)$$

$$q_p^{II} = \frac{G_p^{II}}{l^{II}} \quad (13)$$

где G_p^I, G_p^{II} – вес вращающихся частей роликовых опор обеих ветвей транспортера $G_p^I=G_p^{II}=7,5$ даН;

l^I, l^{II} – расстояние между ролико-опорами, м ($l^I = 0,8 - 1,2$ м и $l^{II} = 2 - 3$ м).

После подстановки значений формула мощности привода принимает вид

$$N = \frac{\kappa \cdot 2 \cdot l_p \cdot \omega^I}{102 \cdot M} \cdot (q_B + 2q_L + q_p^I + q_p^{II}) \cdot \eta. \quad (14)$$

Полученные данные сводят в таблицу 2.

Таблица 2

Основные расчетные параметры ленточного транспортера-кормораздатчика

Параметры	Q , кг/с	N , кВт	v_p , м/с	v_L , м/с	v , м	B , м	δ , м	T , С
Расчетные								

3. Проведение лабораторных исследований ленточного транспортера (дозатора) кормов.

Ленточный дозатор (рис.3) состоит из бункера 1, непрерывной ленты 2, регулировочной заслонки 3, соединенный с винтом-рукояткой 4. Привод дозатора осуществляется от электродвигателя через червячный редуктор. Из бункера комбикорм-концентрат выводится наружу, изменяя положение заслонки регулируют размеры отверстия на выходе из бункера, и следовательно, подачу комбикорма-концентрата.

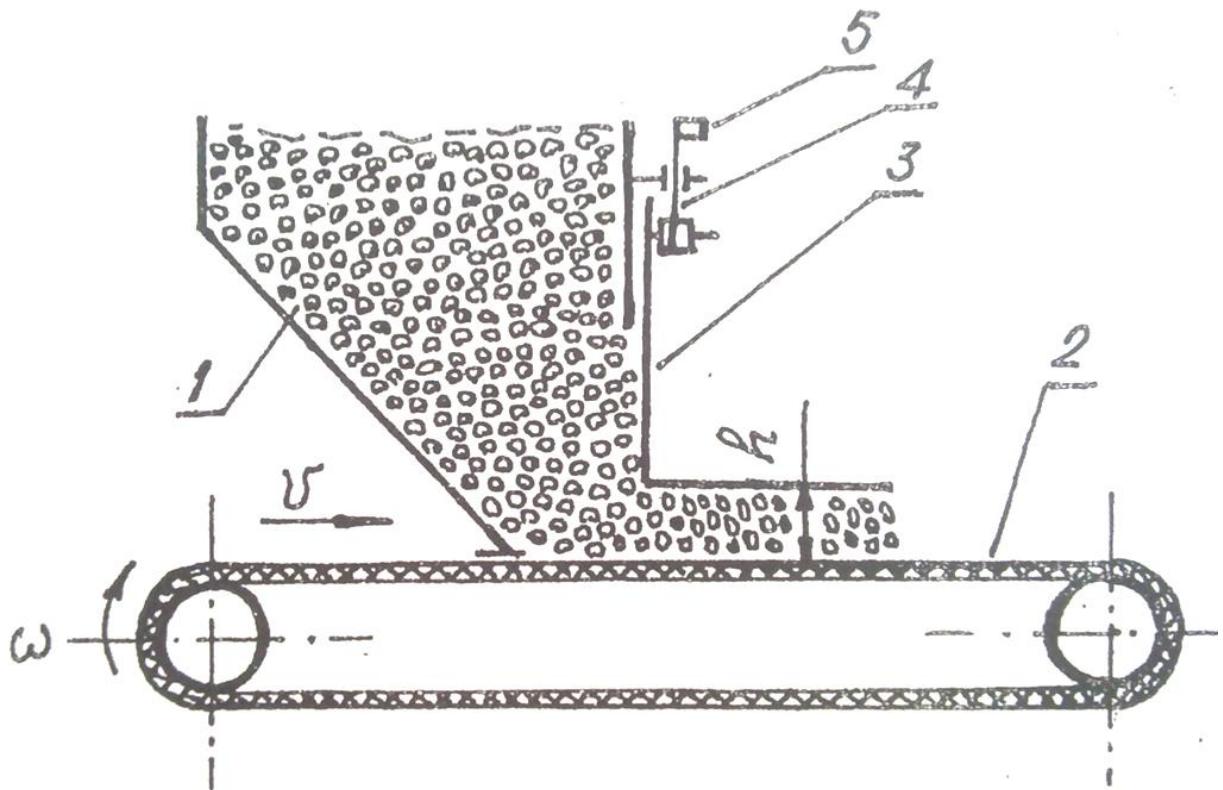


Рисунок 3. Схема ленточного дозатора кормов

1 – бункер; 2 – лента; 3 – заслонка; 4 – винт; 5 – рукоятка винта

Техническая характеристика дозатора:

Частота вращения электродвигателя - 1440 об/мин.

Передаточное число редуктора - 40

Диаметр ведущего ролика - 0,05 м

Ширина отверстия в бункере - 0,06 м

Пределы регулировки высоты отверстия в бункере - 0,04...0,06 м

Последовательность выполнения лабораторной работы.

1. Определить плотность концентрат-комбикорма (зерна, смеси и др.) по формуле 24.15

$$\rho = \frac{M-m}{V_n}, \quad (15)$$

где ρ – плотность концентрат-комбикорма, $\text{кг}/\text{м}^3$, $\rho=540\ldots620 \text{ кг}/\text{м}^3$;

M – масса мерной емкости, заполненной комбикормом-концентратом, кг;

m – масса мерной емкости, кг;

V_n – вместимость мерной емкости, м^3 .

2. Определяем теоретическую подачу Q_T , $\text{кг}/\text{ч}$ дозатора для заданных положений регулировочной заслонки 3 ($h_1=2 \text{ см}$, $h_2=1 \text{ см}$, $h_3=4 \text{ см}$, $h_4=5 \text{ см}$) по формуле 24.16 и заносим результаты подсчетов в таблицу 24.3.

$$Q=3600 \cdot B \cdot h \cdot v \cdot \rho, \quad (16)$$

где B – ширина слоя корма на ленте, м;

h – высота слоя корма на ленте (высота установки заслонки 1 относительно ленты), м

3. Определить выдачу комбикорма-концентратом дозатором за промежуток времени (30-60 с) при тех же h , что в пункте 2. Повторность опытов трехкратная, результаты записать в таблицу 24.3.

4. Определить действительную подачу (массовый расход) дозатора по формуле

$$Q_d = \frac{3600 \cdot G}{t}, \quad (17)$$

где Q_d – действительный расход дозатора, кг/ч;

G – масса выдаваемого дозатором концентрата-комбикорма, кг;

t – продолжительность опыта, с.

5. По данным таблицы 24.3 и расчетов построить графики зависимости действительной и теоретической подачи дозатора от величины открытия заслонки (h).

6. Определить коэффициент использования подачи

$$\varphi = \frac{Q_d}{Q_t}, \quad (18)$$

7. Заполнить таблицу 3

Таблица 3

Результаты исследований дозатора кормов

№	Высота слоя корма, м	Время опыта, с	Масса концентрата, кг	Действительная производительность, кг/ч	Теоретическая производительность, кг/ч	Коэффициент использования подачи

2.4 Практическое занятие 4 (ПЗ-4). (4 часа).

Тема: Экспериментально-теоретическое исследование процесса гранулирования и брикетирования кормов

2.4.1 Цель работы: Экспериментально-теоретическое исследование процесса гранулирования и брикетирования кормов

2.4.2 Задачи работы:

- 1.Определение крошимости гранул
- 2.Определение плотности гранул
- 3.Составление отчета.

2.4.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

Прибор для определения крошимости гранул и пикнометр для определения плотности гранул

2.4.4 Описание (ход) работы:

Прессы для гранулирования кормов классифицируют:

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.

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 восстановим перпендикуляр до пересечения с осью u 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

$$\gamma = \alpha - \beta.$$

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 вальцем

$H = \theta - DA$. Определив из треугольника OAD величину DA , получим, что

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

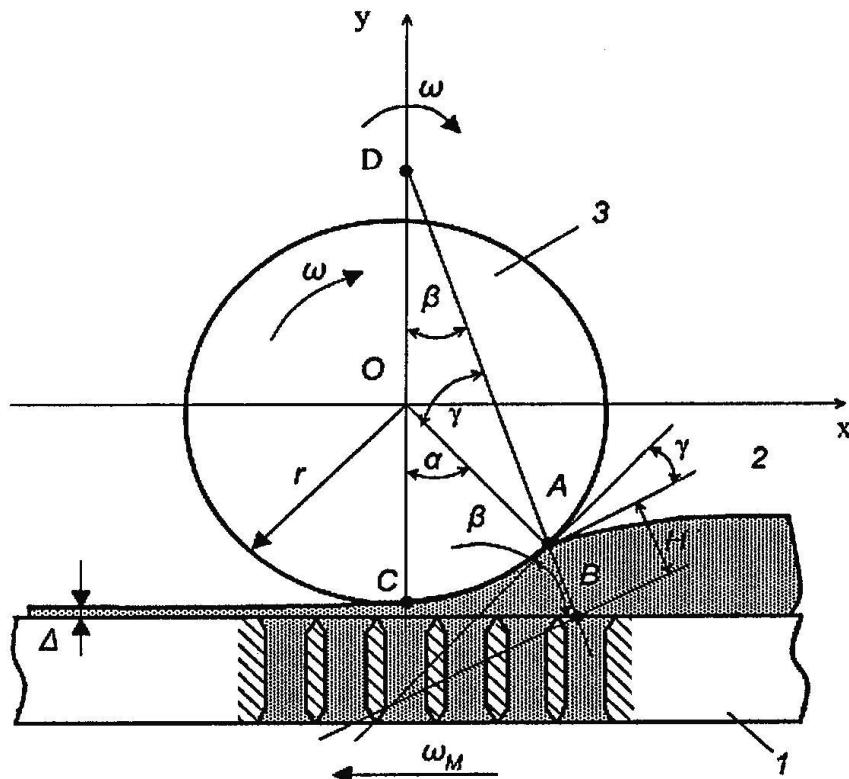


Рисунок 1. Схема к расчету высоты захватываемого слоя в горизонтальной матрице: 1 – матрица; 2 – прессуемый материал; 3 – прессующий валец.

Входящий в уравнение угол защемления 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:

$$Q \approx 2\pi\theta BH\rho_o\omega t\psi, \text{ кг/с}$$

где B – рабочая ширина матрицы ($B = D - d_1$);

D и d_1 – наружный и внутренний диаметры рабочей поверхности матрицы;

ρ_o – плотность корма, $\text{кг}/\text{м}^3$;

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, м^2 ;

l – длина канала, м;

ρ – плотность гранул, $\text{кг}/\text{м}^3$;

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

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

где d – диаметр каналов прессования, м;

t_p – время релаксации напряжений, с

Определение крошимости гранул

Совокупной характеристикой прочности гранул является их крошимость. Этот показатель характеризует качество работы пресса-гранулятора и обоснованности выбора всей технологии гранулирования в целом. Для определения крошимости гранул следует использовать специальный прибор, выполненный в виде камеры с размерами $0,3 \times 0,3 \times 0,125$ м.

Оценку крошимости производят в реальных условиях производства непосредственно после пресса-гранулятора. Поэтому образец гранул массой 1,5 — 2 кг берут для испытания после охладительной колонки. Перед испытанием гранулы освобождают от случайных мелких частиц и обломков, затем из образца берут навеску гранул массой 0,5 кг и загружают в прибор. Камера с гранулами приводится во вращение с частотой 50 мин^{-1} . Продолжительность вращения 10 мин.

Еще лучше пользоваться в качестве критерия не продолжительностью вращения, а суммарным числом оборотов камеры. После 500 оборотов прибор выключают, а навеску высыпают из прибора на сито для отделения крошки.

Для удаления крошки, образовавшейся при вращении камеры, лучше применять не механическое, а ручное просеивание в течение 1 мин на сите с диаметром отверстий, равным 0,8 диаметра гранул. Это позволит избежать дополнительного крошения гранул.

Разность массы гранул до и после обработки в приборе, выраженная в процентах, является мерой механического сопротивления, т. е. крошимостью. Крошимость определяют по формуле:

$$K = (m_h - m_k) / m_h \cdot 100 \quad (1)$$

где m_h - начальная масса гранул, принимаемая равной 0,5 кг; m_k - конечная масса гранул после обработки, кг.

Таблица 1 Определение плотности и прочности гранул

Повтор- ность опыта	Характеристика плотности гранул			Характеристика прочности гранул		
	Масса образца, кг	Число делени- й прибор- а z	Плот- ность грану- л р, г/см ³	Масса образца, кг	началь- ная т	конечна- я Тц
1						
2						
3						
Среднее						

Результаты опыта заносят в табл. 1.

2. Определение плотности гранул

Наиболее распространенным способом определения плотности кормов является пикнометрический. Схема прибора для определения плотности гранул по этому способу представлена на рис. 7.3. Прибор состоит из мерного цилиндра, соединенного резиновой трубкой с мерной стеклянной трубкой. Мерную трубку с делениями устанавливают под углом к мерному цилинду, что повышает точность отсчета.

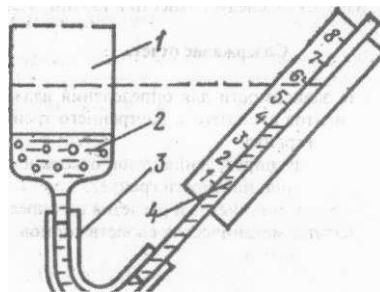


Рис. 1. Схема прибора для определения плотности гранул: 1 - мерный цилиндр; 2 - навеска гранул; 3 - резиновая трубка; 4 - мерная трубка

В мерный цилиндр заливают жидкость (керосин, трансформаторное масло). Испытуемый образец корма (0,3 кг) взвешивают на аналитических весах и погружают в мерный цилиндр. В учебной работе масса навески может быть уменьшена до 0,1 кг.

Перед погружением фиксируют первоначальный уровень жидкости в мерной трубке. После прекращения выделения из сосуда с образцом пузырьков воздуха фиксируют новый уровень жидкости. Плотность корма (гранул), г/см, определяется по формуле:

$$p = am/z \quad 2$$

где: m - масса образца, г;

z —число делений мерной трубки, на которое поднимается уровень жидкости при погружении в нее образца корма;

a -постоянная прибора, определяемая при тарировке и выражаяющая количество делений мерной трубки, соответствующее увеличению количества жидкости на 1 см³.

Вопросы для контроля

1. Классификация прессов для приготовления кормов.
2. Основные показатели процесса гранулирования.
3. Взаимодействие вальца гранулятора с материалом.
4. Какие существуют способы определения относительной влажности кормов?
5. Какое влияние на конструкцию бункеров оказывают углы откоса и обрушения?

Какое влияние на конструкцию транспортеров и их производительность оказывает численное значение коэффициента трения?

2.5 Практическое занятие № 5 (ПЗ-5). (2 часа).

Тема: «Экспериментально-теоретическое исследование барабанного дозатора кормов»

При приготовлении комбинированных кормов основными операциями является дозирование кормов и их смещивание.

В кормоцехах животноводческих ферм применяют дозаторы самых различных конструкций, которые можно классифицировать

- по способу дозирования – объемные и массовые,
- по способу подачи дозированного материала – на непрерывные и порционные,
- по назначению – для сухих рассыпных смесей, влажных и жидких кормов,
- по конструкции рабочего органа – барабанные, шнековые, ленточные, тарельчатые,
- по степени автоматизации, по регулированию дозы и другим признакам.

Для непрерывного дозирования сухих кормов применяют **барабанные и ленточные дозаторы непрерывного действия**.

Барабанные дозаторы (рис. 19) устанавливают обычно под бункерами. Корм поступает в корпус дозатора и в желобки барабана 1. При вращении барабана корм поступает непрерывно в смеситель или на сборный транспортер.

Регулируют подачу дозатора либо изменением рабочей длины барабана, либо изменением скорости его вращения. Скорость вращения барабана не должна превышать 30 – 40 об/мин. Подача дозатора определяется по формуле:

$$Q = \frac{\pi}{30} \omega z F_{ж} l \gamma \varphi \text{ кг/сек},$$

где z – число желобков в барабане;

$F_{ж}$ – площадь поперечного сечения одного желобка, м^2 ;

l – рабочая длина желобка, м;

$\varphi = 0,8 \div 0,9$ – коэффициент наполнения желобков.

Мощность, расходуемая для привода барабанного дозатора, зависит в основном от силы трения корма, захватываемого барабаном, о вышележащие слои корма. Сила трения, возникшая при скольжении корма, может быть определена по формуле:

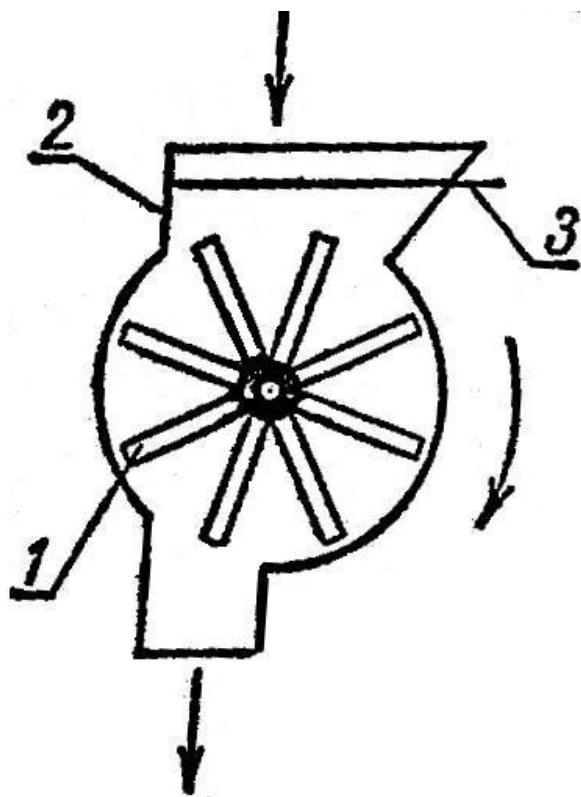


Рисунок 19. Объемный дозатор непрерывного действия для сыпучих кормов: 1 – барабан; 2 – корпус; 3 – заслонка.

$$P_{mp} = p_n f \operatorname{tg} \varphi_0,$$

а мощность, необходимая для привода барабана

$$N = \frac{p_n F \operatorname{tg} \varphi_0 \pi D k_1 k_2 \omega}{\eta} \text{ вт,}$$

где p_n – давление корма на поверхность барабана, Н/м²;

F – площадь горизонтального сечения горловины бункера над барабаном, м²;

D – диаметр барабана, м;

φ_0 – угол естественного откоса корма при движении;

k_1 – коэффициент, учитывающий сопротивление корма дроблению; для порошкообразных и мелкозернистых продуктов $k_1 = 1,0$; для кусковых, легко распадающихся продуктов $k_1 = 2,0$;

k_2 – коэффициент, учитывающий потери на трение рабочих органов дозатора, принимается равным 1,1 – 1,2;

η – к.п.д. передачи.

Барабанные дозаторы отличаются простотой устройства, но имеют сравнительно небольшую производительность.

Ленточные дозаторы (рис. 20) обладают большей подачей, но имеют сравнительно невысокую точность дозирования. Количество корма подаваемого из бункера 1 на короткий ленточный транспортер 3, можно регулировать либо изменением высоты слоя продукта h на ленте заслонкой 2, либо изменением скорости движения транспортера.

Подача дозатора определяется по формуле:

$$Q = b h v \varphi \gamma \text{ кг/сек},$$

где b – ширина слоя корма на ленте, м;

h – высота слоя корма на ленте, м;

v – скорость движения транспортера, м/сек;

$\varphi = 0,75 \div 0,8$ – коэффициент заполнения желоба.

Мощность, необходимая для привода дозатора

$$N = \frac{N_1 + N_2}{\eta} \text{ вт},$$

где N_1 – расход энергии на подачу корма, вт;

N_2 – расход энергии на преодоление трения продукта о стенки желоба.

Составляющие мощности, необходимой для привода дозатора, можно найти из соотношений:

$$N_1 = 9,81 Q(0,2L + H)k_1 \text{ вт},$$

$$N_2 = h2l\gamma fk_n v \text{ вт},$$

где L – длина дозатора, т.е. расстояние между осями барабанов, м;

H – высота подъёма корма, м (для наклонных дозаторов);

$k_1 = 1,2$ – коэффициент, учитывающий сопротивление барабанов, перегибы ленты и т.д.;

l – длина бортов, м;

f – коэффициент трения корма о борт;

$$k_n = \frac{1 - \sin \varphi_0}{1 + \sin \varphi_0} \text{ – коэффициент подвижности корма.}$$

При загрузке таким дозатором кормораздатчика типа ТВК-80А производительность дозатора должна быть равной производительности раздатчика.

В качестве объемных дозаторов непрерывного действия могут применяться также шнековые (рис. 21) и спиральные транспортеры.

Производительность шнекового дозатора определяется по формуле:

$$Q = 0,42 \cdot 10^{-3} (D^2 - d^2) s \omega \gamma \varphi \text{ кг/сек,}$$

где D – наружный диаметр шнека, м;

d – внутренний диаметр шнека, м;

$\varphi = 0,8 \div 1,0$ – коэффициент наполнения;

$S = (0,8 \div 1,0) \text{ – шаг шнека, м.}$

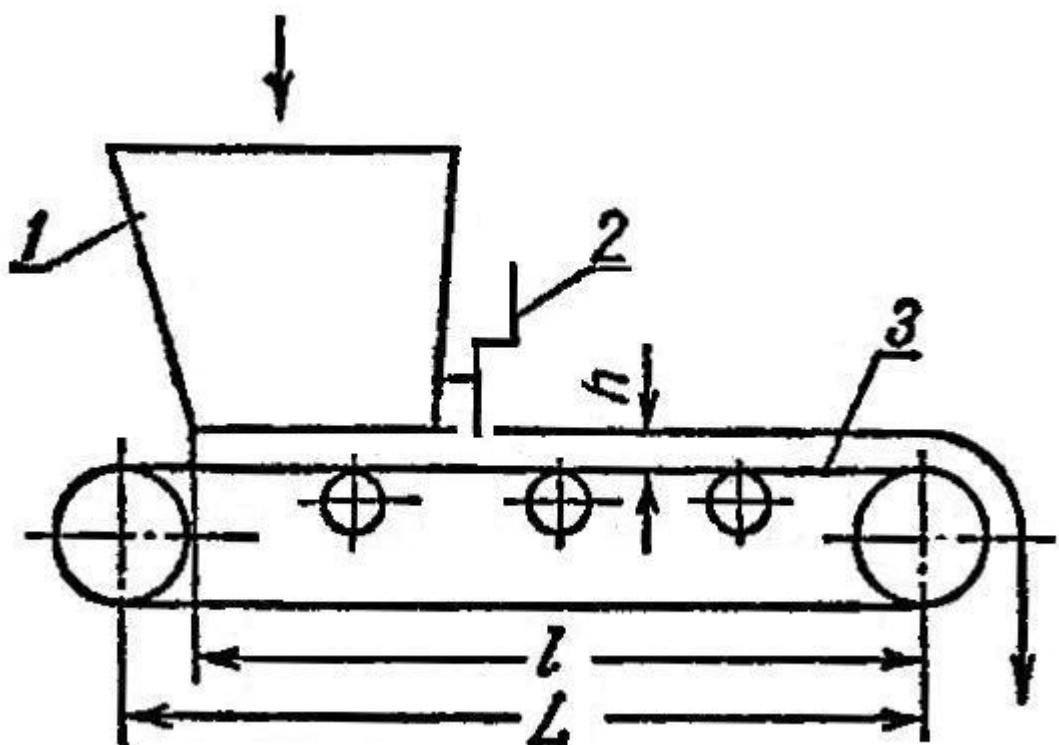


Рисунок 20. Ленточный дозатор (объемный): 1 – бункер; 2 – заслонка; 3 – ленточный транспортер.

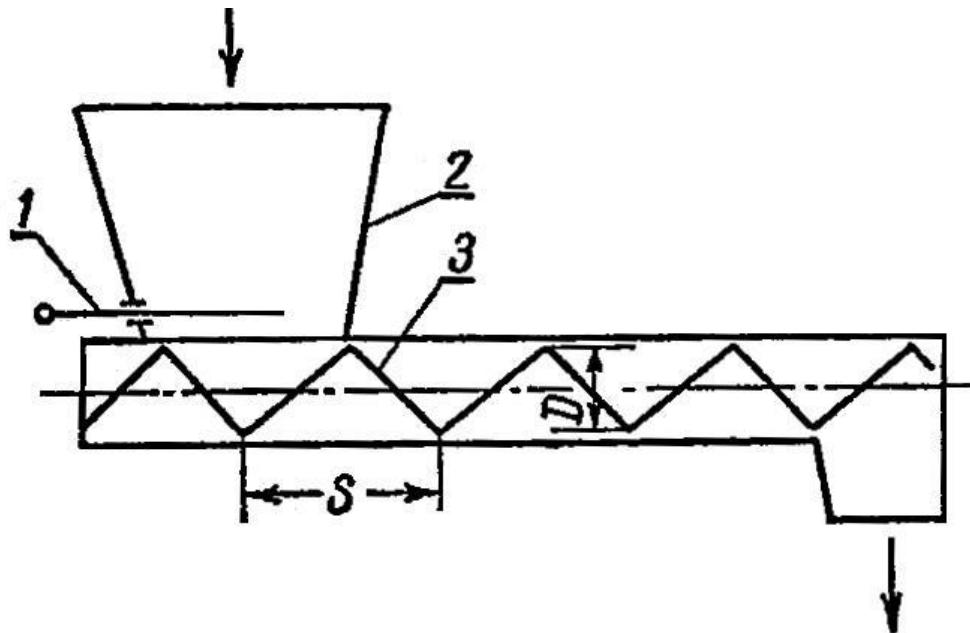


Рисунок 21. Шнековый дозатор объёмный: 1 – заслонка; 2 – бункер; 3 – шнек.

Во избежание забивания шнека рекомендуется выдерживать соотношение:

$$D \geq (4 \div 5)D_k,$$

где D_k – максимальный размер куска.

Мощность, необходимая для привода шнека

$$N = 9,81Q(L_z k + H)k_2 \frac{1}{\eta} \text{ вт},$$

где L_z – горизонтальная проекция пути корма, м;

$k = 1,2 \div 2,5$ – коэффициент сопротивления перемещению корма в корпусе дозатора;

$k_2 = 1,1 \div 1,2$ – коэффициент, учитывающий потери на трение в подшипниках.

Регулировать количество подаваемого корма можно за счет изменения сечения входного отверстия или числа оборотов шнека.

2.6 Практическое занятие № 6 (ПЗ-6). (2 часа).

Тема: «Определение модуля помола и степени измельчения зерна

2.6.1 Цель работы: научаться определять теоретическим и экспериментальным путем модуль помола.

2.6.2 Задачи работы:

1. Описать назначение молотковых универсальных дробилок.

2. Начертить схему одной из изучаемых дробилок.

3. Кратко описать устройство, процесс работы и технологические характеристики дробилок.

4. Провести эксперимент по определению модуля помола

2.6.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Классификатор Макарова

2. Зерновая дробилка ЗТ-5

3. Весы ВЛР-200 аналитические или Весы ВУГУ ВНБ

2.6.4 Описание (ход) работы:

О качестве продукта, полученного при измельчении судят по результатам ситового анализа, выполняемого на решётном классификаторе. Показатель, с помощью которого можно оценить тонкость помола в соответствии с ГОСТ 8770-58, является средневзвешенный диаметр частиц (модуль) M , определяемый по формуле:

$$M = \frac{3,5G_3 + 2,5G_2 + 1,5G_1 + 0,5G_0}{100},$$

где G_0 – остаток на сборном дне, г;

G_1, G_2, G_3 – остатки на ситах с отверстиями диаметром соответственно 1,2,3 мм, г.

Помол считается:

- тонким при $M = 0,2 \dots 1$ мм;

- средним при $M = 1 \dots 1,2$ мм, г;

- крупным при $M = 1,8 \dots 2,6$ мм.

О работе дробилки можно судить по степени измельчения зерна, определяемой из выражения:

$$\lambda = \frac{D_s}{\sigma_{cp}},$$

где D_e – диаметр шара объемом, равным объему одного зерна, называемый эквивалентным диаметром зерна.

d_{cp} – средневзвешенный диаметр частиц измельченного зерна, мм.

По данным С.В.Мельникова, для расчёта можно принять значение D_e для ячменя равным 4,2 мм; овса – 3,7 мм; ржи – 3,3 мм; пшеницы – 3,8 мм. Определить удельную площадь поверхности зерна из-за сложности его формы довольно затруднительно. Поэтому определение удельной площади поверхности зерна основывается на использовании понятия эквивалентного диаметра D_e .

Определяют эквивалентный диаметр зерна следующим образом.

Из партии зерна отбирают навеску массой 0,5 кг, руководствуясь методикой ГОСТ 3040-55 «Зерно. Методы определения качества».

Из пробы выделяют две навески зерна по 5 г и от каждой из них отобрать по 100 зёрен. Взвешивают отобранные 100 зёрен и определяют среднюю массу одного зерна.

В наполненный керосином мерный цилиндр (в мензурку) помещают 100 отобранный зёрен и по разнице отметок уровня керосина до и после погружения зёрен находят средний объем зерна V_3 , см³.

Опыт по определению одного зерна V_3 повторяют ещё на другой партии из 100 зёрен и для дальнейших расчётов принимают среднее значение из двух определений.

По полученного значению объема зерна вычисляют эквивалентный диаметр зерна D_e по формуле:

$$D_e = \sqrt[3]{\frac{6V_3}{\pi}} = 1,24\sqrt[3]{V_3} .$$

По полученному значению D_e определяют удельную площадь поверхности S_H , см²/г, исходного (начального) зернового материала по формуле:

$$S_H = \frac{6}{\rho D_e} ,$$

где ρ – плотность зерна, г/см³.

Определение удельного расхода энергии на процесс дробления зерна

Наряду с определением удельного расхода энергии на измельчение единицы зерна, представляет интерес и значение удельного расхода энергии на образование новой поверхности при измельчении зерна.

В этом случае принимают во внимание результативность процесса, качество дробления.

В этом случае принимают во внимание результативность процесса качество дробления. Поэтому для определения затрат на процесс дробления рассчитывают расход полезной энергии A , Дж/м², на образование единицы новой поверхности по формуле:

$$A = \frac{P_D - P_{XX}}{Q\Delta S},$$

где P_D – мощность на валу ротора дробилки при дроблении зерна, кВт; $P_D = 30$ кВт;

P_{XX} – мощность холостого хода дробилки;

Q – производительность дробилки, кг/с;

ΔS – приращение удельной площади поверхности, м²/кг.

Значение P_D принимаем согласно технической характеристики; P_{XX} принять 15% установленной мощности двигателя.

Производительность дробилки Q , кг/с, определяют по формуле:

$$Q = \frac{G}{t},$$

где G – масса измельчённого за время опыта зерна, кг;

t – продолжительность опыта, с.

Приращение площади поверхности, достигаемое при измельчении, можно принять на основании данных таблицы 1.

Таблица 1 *Степень измельчения и удельная площадь поверхности ячменной дерти при $D_9 = 4,2$ мм.*

Размол	Средневзвешенный диаметр частиц d_{cp} , мм	Степень измельчения λ	Приращение удельной площади поверхности ΔS , $\text{м}^2/\text{кг}$
Очень мелкий	0,2	21	21,9
Мелкий	1	4,2	3,3
Средний	1,8	2,3	1,4
Крупный	2,6	1,6	0,7

Для энергетической характеристики процесса дробления следует определить величину удельного расхода полезной энергии на единицу массы A_m , Дж/кг, по формуле:

$$A_m = \frac{P_{\text{д}} - P_{\text{хх}}}{Q}$$

где – удельный расход энергии на единицу массы.

Энергоёмкость процесса измельчения с учётом степени измельчения A_c , кВт·ч/т, определяется по формуле:

$$A_c = \frac{P_{\text{д}}}{Q\lambda},$$

где $P_{\text{д}}$ – полезная мощность, расходуемая на измельчение.

Удельный расход полезной энергии на единицу массы измельчаемого зерна A_{uzm} , Дж/кг, можно рассчитать аналитическим путём по формуле, предложенной С.В.Мельниковым:

$$A_{uzm} = C_1 \log \lambda^2 - C_2 \lambda - 1$$

Коэффициенты C_1 и C_2 определяются опытным путём, для ячменя они могут быть приняты:

$$C_1 = (10 \dots 13) \cdot 10^3 \text{ Дж/кг};$$

$$C_2 = (6 \dots 9) \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}.$$

По результатам опытов можно построить гистограмму распределения дерти (рис. 1).

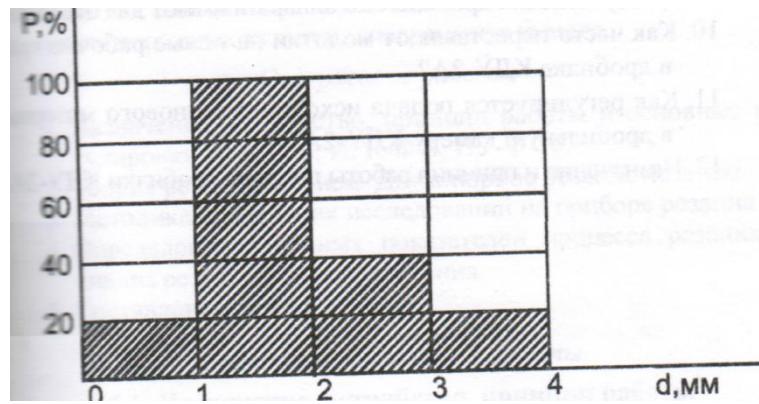


Рис. 1 Гистограмма распределения для измельчённого зерна

Контрольные вопросы

1. Из каких основных узлов состоит безрешётная дробилка ДБ-5?
2. Чем различаются дробилки ДБ-5-1 и ДБ-5-2?
3. Опишите технологический процесс работы дробилки.
4. Опишите технологию дробления зерна.
5. Как регулируют степень измельчения кормов?
6. Как часто переставляют молотки на новые рабочие грани и полностью их заменяют в дробилке ДБ-5?
7. Назовите основные узлы дробилки КДУ-2А.
8. Какой должен быть зазор между ножами и противорежущей пластиной в измельчающем аппарате КДУ-2А?
9. Почему молотки дробильного аппарата имеют два отверстия?
10. Как часто переставляют молотком на новые рабочие грани в дробилке КДУ-2А?
11. Как регулируется подача исходного зернового материала в дробильную камеру КДУ-2А?
12. Назначение и принцип работы циклопа дробилки КДУ-2А.
13. Методика определения степени помола.

2.7 Практическое занятие 7 (ПЗ-7). (4 часа).

Тема: Рабочие процессы и конструкция современных доильных аппаратов.

2.7.1 Цель работы: Изучить рабочие процессы и конструкция современных доильных аппаратов. Расчет молочной линии

2.7.2 Задачи работы:

1. Изучить конструкцию современных доильных аппаратов
2. Провести теоретические расчеты молочной линии

2.7.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Доильный аппарат «Догер»
2. Доильный аппарат для коз TOPFLOW
3. Доильный аппарат для овец TOPFLOW
4. Передвижная доильная установка «Mobimelk»

2.7.4 Описание (ход) работы:

Расчет молочной линии доильных установок

В соответствии с ГОСТ Р 52054-2003, молоко должно быть обработано в самое кратчайшее время (например, по этому ГОСТу охлаждение молока до температуры $(4\pm2)^\circ\text{C}$ должно быть проведено не позднее 2 часов после дойки).

Технология обработки молока на фермах включает в себя следующие операции – очистку, охлаждение и в случае необходимости пастеризацию. Кроме того часть молока может быть подвергнута сепарированию.

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_{och} (подмывание вымени, сдаивание первых струек молока, машинное додаивание, обработка сосков после доения, надевание и снятие стаканов с сосков вымени), вспомогательных операций t_{ecn} (подключение аппарата к магистрали и его отключение и пр.) и транспортных работ t_{mp} (транспортирование ведер с молоком, горячей водой, переходы от одной коровы к другой).

$$t_p = t_{och} + t_{ecn} + t_{mp}$$

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

$$Z_{an} = t_{m.d.} / t_p + 1,$$

где $t_{m.d.}$ – 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 ($Z_{o.y}$) по общему числу рассчитанных доильных аппаратов

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

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

Можно посчитать и производительность всей установки

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

Второй этап расчета молочной линии – *определение максимального часового количества молока* Мкг/час, полученного от животных, которые содержатся в коровнике

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

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°C, или рассол, имеющий минусовую

температуру. В первой (водяной) применяют воду из скважин или колодцев, поэтому молоко во вторую секцию поступает охлажденным (12-15°C).

Учитывая потери холода в магистралях 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:

$$\begin{aligned} t_{мн} &= 30 \dots 35^\circ\text{C}, & t_{мк} &= 12 \dots 18^\circ\text{C}, & \tau &= 3; & \text{водяная} \\ t_o &= 10 \dots 15^\circ\text{C}, & t_k &= 12 \dots 20^\circ\text{C} & & & \text{секция} \\ t_{мн} &= 12 \dots 18^\circ\text{C}, & t_{мн} &= 4 \dots 6^\circ\text{C}, & & & \\ t_{op} &= -10 \dots 15^\circ\text{C}, t_{kp} = -3 \dots 4^\circ\text{C} & & & & \text{секция ледяной воды (рассольная)} \end{aligned}$$

Процессы охлаждения свежевыдюенного 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 теплообменяющихся сред (противоточные, прямоточные и перехлестные),
- 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.

Контрольные вопросы.

1. Какое влияние на производительность оператора машинного доения оказывает тип доильной установки?
2. Роль и значение первичной обработки молока.

Почему молочную линию рассчитывают по её минимальной часовой производительности?

2.8 Практическое занятие 8 (ПЗ-8). (2 часа).

Тема: Экспериментально-теоретическое определение коэффициента теплопередачи.

2.8.1 Цель работы: Экспериментально-теоретическое определение коэффициента теплопередачи.

2.8.2 Задачи работы:

1. Теоретическое определение коэффициента теплопередачи.

Расчет оросительного противоточного охладителя

Рассмотрим схему двухсекционного охладителя (рис. 1). 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** (потерями пренебрегаем), то есть

$$-M \cdot c \cdot dt_M = KdF(t_M - t_\theta) \quad (1)$$

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

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

$$M \cdot c \left[- (t_0 + \tau) \right] \leftarrow nM(t_\theta - t_0) \quad (2)$$

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

B – количество воды, израсходованной на охлаждение M молока.

Чтобы решить уравнение (1), нужно найти $(t_M - t_\theta)$ и dt_M . Для этого в уравнении (2) сократим M и раскроем скобки

$$t_M - c - t_0c - \tau c = nt_\theta - nt_0, \text{ отсюда}$$

$$t_\theta = \frac{c(t_M - \tau) + t_0(n - c)}{n} \quad (3)$$

$$t_M - t_\theta = \frac{(n - c)(t_M - t_0) + c\tau}{n} \quad (4)$$

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

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

отсюда

$$dt_m = \frac{n}{n-c} d \frac{(n-c)(t_m - t_o) + c\tau}{n} \quad (5)$$

Обозначим

$$\frac{(n-c)(t_m - t_o) + c\tau}{n} = \boxed{A},$$

подставим (4) и (5) в (1) и получим

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

$$-M \cdot c \frac{n}{n-c} \frac{d \boxed{A}}{\boxed{A}} = K dF.$$

Проинтегрируем это уравнение

$$-M \cdot c \frac{n}{n-c} \int_{t_{\text{ни}}}^{t_0 + \tau} \frac{d \boxed{A}}{\boxed{A}} = K \int_0^F dF \quad (6)$$

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

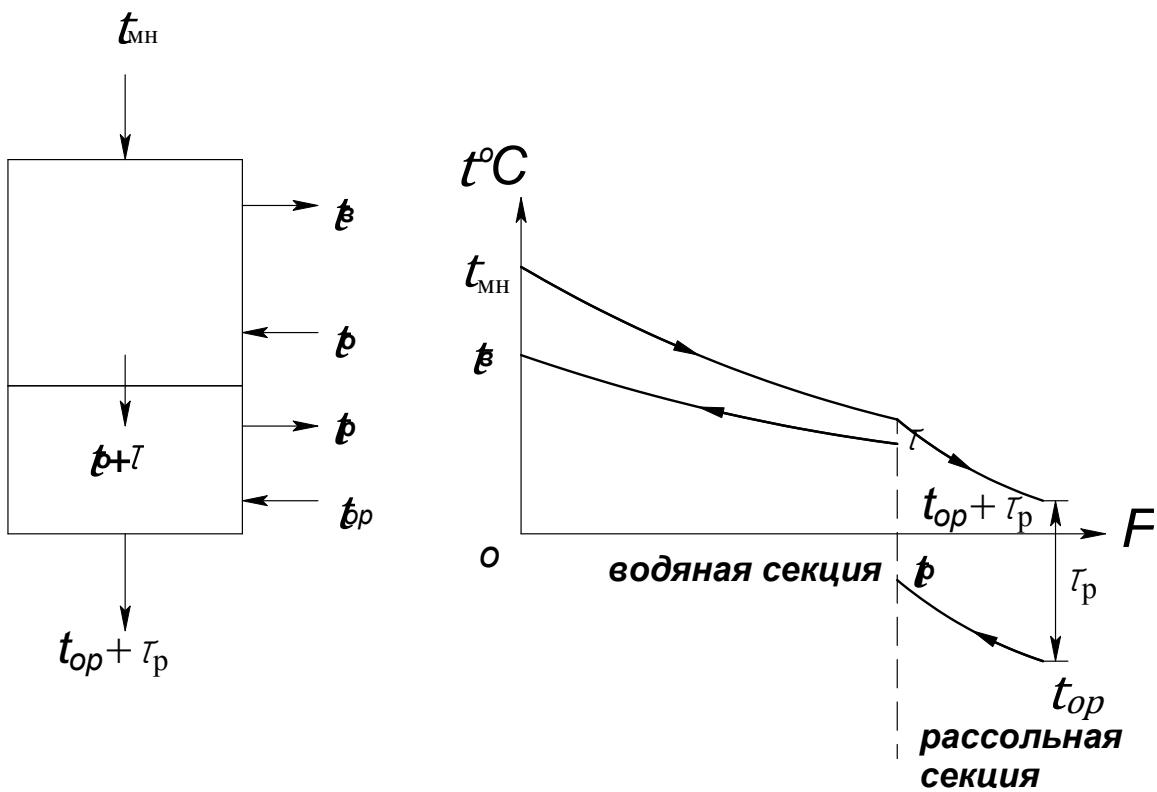


Рис. 1 - Температурная диаграмма двухсекционного охладителя

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

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

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

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 $c_p = 1,001 \dots 0,0776$ в зависимости от содержания соли. Температура замерзания рассола также зависит от содержания соли в рассоле – минимальная температура равна $-21,2^{\circ}\text{C}$ при содержании соли 22,4% (почти прямая зависимость).

Аналогично расчету поверхности водяной секции

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

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, неудовлетворяющее требованиям ГОСТ. По свидетельству директора Российского союза предприятий молочной отрасли В. Лабинова, европейцы вообще не стали бы покупать молоко у наших фермеров.

2.9 Практическое занятие 9 (ПЗ-9). (2 часа).

Тема: «Экспериментально-теоретические исследования и расчет пастеризаторов».

2.9.1 Цель работы: Экспериментально-теоретические исследования и расчет пастеризаторов

2.9.2 Задачи работы:

1. Теоретические исследования и расчет пастеризаторов
2. Схема включения пастеризатора в молочную линию

2.9.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Пастеризационная установка ОПФ-1-300
- 2.Холодильная установка МХУ-8С
- 3.Экспериментальная доильная установка послойного намораживания.
4. Термометр.
5. Секундомер

2.6.4. Описание (ход) работы:

Тепловой процесс пастеризатора

Нагревание жидкостей (вины) 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. 28.

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 давлением.

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,

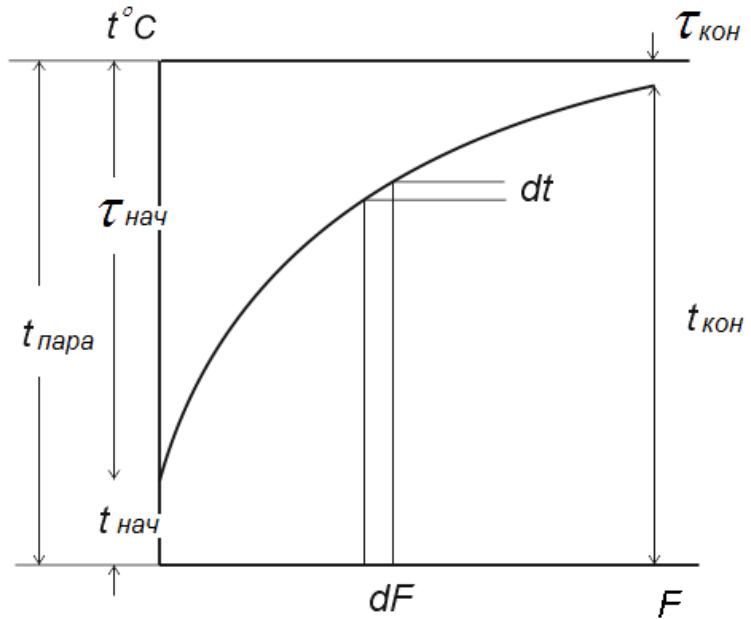


Рисунок 2 – Термический процесс пастеризации

t – температура молока,

K – коэффициент теплопередачи (для упрощения расчетов примем $K = \text{const}$).

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

Проинтегрируем это выражение

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

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

этому же виду, тогда

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

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

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

Окончательно

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

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

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.

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

$$F_{pe\sigma} = \frac{M \cdot c E}{K_{pe\sigma} (1 - E)}$$

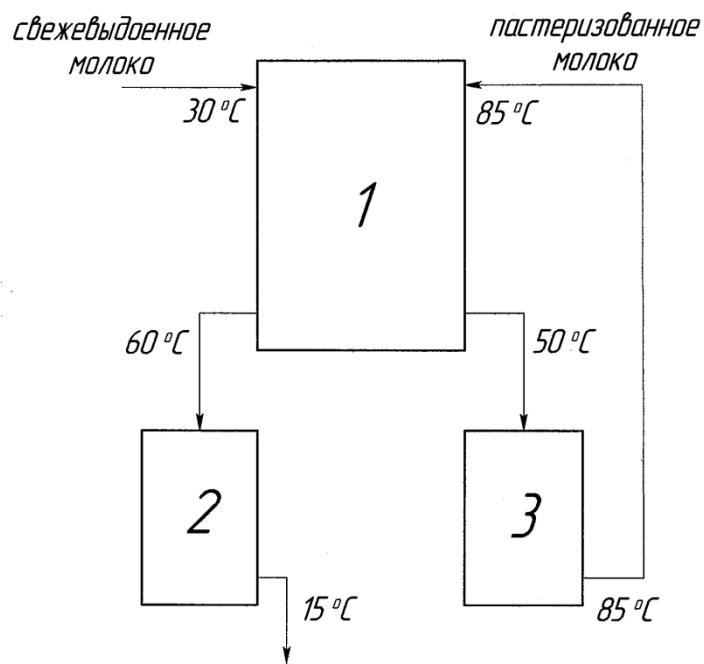


Рис. 3 Схема включения прямоточного регенератора в молочную линию: 1 – регенератор, 2 – охладитель, 3 – пастеризатор.

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

Разность температур процесса можно посчитать по формуле

$$t_{pe\sigma} = (1 - E)(t_{nacm} - t_{pe\sigma}),$$

$$a \quad E = \frac{M \cdot c}{M \cdot c} \frac{(t_{pe\sigma} - t_{nacm})}{t_{nacm} - t_{nacm}} = \frac{t_{pe\sigma} - t_{nacm}}{t_{nacm} - t_{nacm}}$$

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

$$Q_{\sigma} = M \cdot c \tau_{pe\sigma} \text{ кДж/час}$$

Контрольные вопросы.

3. Роль и значение первичной обработки молока.
4. Каковы особенности расчета холода при обработке молока?

5. Применение уравнений теплового баланса при расчете количества холода (тепла)?
6. Роль и значение пастеризации молока.
7. Тепловой процесс пастеризатора.
8. Схема включения пастеризатора в молочную линию.
9. Какое значение для молочного скотоводства имело создание сепаратора?
10. Покажите действие сил на молочный шарик и объясните, как происходит выделение сливок.

Холодильная установка МХУ-8

Схема рабочего процесса холодильной машины.

Паровая компрессионная фреоновая холодильная машина (рис. 1) представляет собой замкнутую герметичную систему, состоящую из четырех основных элементов: компрессора 1, конденсатора 2, регулирующего вентиля 3 и испарителя 4.

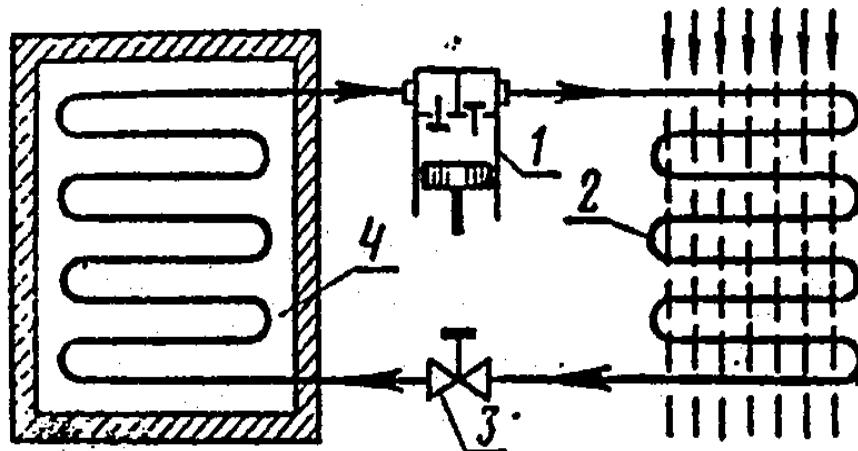


Рис. 1 *Схема компрессионной холодильной установки:* 1 - компрессор; 2 - конденсатор; 3 - регулирующий вентиль; 4 – испаритель

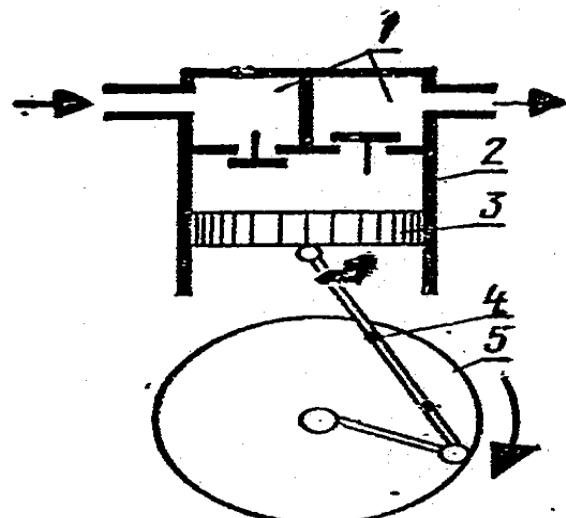


Рис. 2 Схема работы поршневого компрессора: 1 – клапаны, 2 – цилиндр, 3 – поршень, 4 – шатунно-кривошипный механизм, 5 - маховик

Компрессор (рис. 2) предназначен для отсасывания паров фреона из испарителя, поддержания в нем пониженного давления и сжатия паров фреона до давления, при котором становится возможной их конденсация.

Компрессор поршневого типа. Он состоит из вертикального цилиндра, в верхней части которого находится клапанная коробка со всасывающим и нагнетательным клапанами. Внутри цилиндра при помощи шатунно-кривошипного механизма совершает возвратно-поступательное движение поршень. При движении поршня вниз открывается всасывающий клапан и пары фреона заполняют цилиндр. Нагнетательный клапан при этом закрыт.

При движении поршня вверх всасывающий клапан закрывается. Поршень сжимает пары, в результате чего их температура возрастает. Когда давление сжатых паров превысит давление в конденсаторе, открывается нагнетательный клапан и поршень выталкивает пары из цилиндра в конденсатор.

В конденсаторе движущиеся по змеевику нагретые пары фреона охлаждаются воздухом (или водой) и конденсируются. Жидкий фреон поступает к регулирующему вентилю и через него в испаритель.

Регулирующий вентиль автоматически регулирует количество проходящего через него жидкого фреона в зависимости от изменения тепловой нагрузки испарителя: при большой тепловой нагрузке фреона проходит больше, при меньшей - меньше.

Вследствие малого сечения проходного отверстия регулирующего вентиля фреону приходится преодолевать большое сопротивление. А так как давление в испарителе ниже, чем в конденсаторе, то давление фреона, поступившего через регулирующий вентиль в испаритель, резко падает. Здесь фреон кипит, превращается в пар. Низкое давление в испарителе определяет низкую температуру кипения поступающего в него фреона. При кипении фреон поглощает тепло, забирая его у охлаждаемого объекта.

По мере продвижения фреона по каналу испарителя количество жидкости уменьшается, а количество паров фреона возрастает. Сухие, перегретые пары фреона отсасываются из испарителя компрессором и цикл повторяется.

Отсасывание паров фреона из испарителя, их сжатие, выталкивание из компрессора, движение по конденсатору и проход через регулирующий вентиль происходят за счет механической энергии двигателя компрессора.

Автоматическая паровая компрессионная фреоновая холодильная установка МХУ-8С с промежуточным хладоносителем - водой и воздушным охлаждением конденсатора предназначена для работы в составе доильных установок АДМ-8, УДЕ-8, УДТ-6 и для охлаждения молока при его хранении, а также может быть использована как источник оборотной холодной воды при охлаждении других продуктов.

Холодильная установка МХУ-8С (рис. 3) состоит из металлической ванны, заполняемой водой (аккумулятор холода). Внутри ванны (в воде) расположены панели испарителя 8. Над ванной установлена рама из труб, которая одновременно служит ресивером 3.

На раме-рессивере смонтированы: компрессор 1 с электродвигателем, конденсатор 2 с осевым электровентилятором, фильтр-осушитель 4, теплообменник 5, приборы управления. В комплект установки входит центробежный насос с электродвигателем, используемый для подачи воды из аккумулятора холода к месту охлаждения молока.

В качестве хладоагента используется фреон-12. Фреон 12 при атмосферном давлении кипит при температуре минус 29,8 °С. В воде нерастворим, безвреден для человека и пищевых продуктов. Очень текуч. При соприкосновении с открытым пламенем образует ядовитое вещество - фосген.

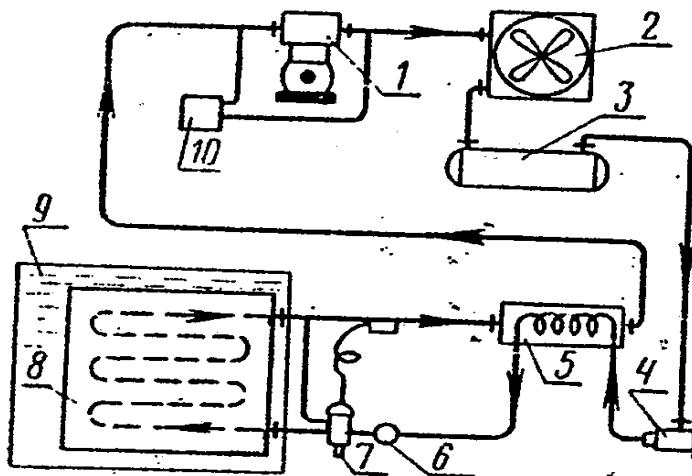


Рис. 3 Схема холодильной установки МХУ-8С: 1 – компрессор, 2 – конденсатор, 3 – ресивер, 4 – фильтр-осушитель, 5 – теплообменник, 6 – смотровое стекло, 7 – терморегулирующий вентиль, 8 – панели испарителя, 9 – ванна аккумулятора холодной воды, 10 – реле давления

Компрессор фреоновый, непрямоточный двухцилиндровый с вертикальным расположением цилиндров, с воздушным охлаждением. Он отсасывает пары фреона из испарителя и поддерживает в нем низкое давление 0,1...0,2 МПа (около 1...2 кгс/с²). Отсасываемые фреоновые пары компрессором сжимаются до 1...1,2 МПа (10...12 кгс/с²). При этом температура паров фреона поднимается до 57...77 °С. Затем горячие пары фреона поступают в конденсатор.

Конденсатор ребристо-трубчатый с воздушным охлаждением. Поверхность охлаждения около 60 м². В конденсаторе пары фреона охлаждаются воздухом, просасываемым вентилятором, до температуры конденсации около 30 °С. Жидкий фреон из конденсатора стекает в ресивер-накопитель. Из ресивера фреон поступает в фильтр-осушитель;

Фильтр - осушитель предназначен для поглощения влаги из жидкого фреона, так как капли свободной влаги, оказавшейся во фреоне, замерзают в регулирующем вентиле и нарушают работу машины. Рабочим веществом для фильтра-осушителя является селикагель, который представляет собой бесцветные или голубоватые кристаллы кремниевой кислоты, способные поглощать влагу в количестве 10% к собственной массе. Фильтр-осушитель монтируют на жидкостной линии установки.

Теплообменник - горизонтальный, змеевиковый, трехзаходный, с поверхностью теплообмена около 0,4 м², максимальным допустимым рабочим давлением (избыточным), равным 1,2 МПа для жидкого фреона и 0,8 МПа для газообразного.

Он представляет собой цилиндрическую стальную трубу, внутри которой помещен трехзаходный змеевик из медной трубы. По стальной трубе движутся пары фреона. По змеевику противотоком проходит жидкий фреон. Далее через терморегулирующий вентиль жидкий фреон поступает в испаритель. В испарителе жидкий фреон кипит, превращается в пар. Кипящий фреон отнимает тепло у теплоносителя, находящегося в ванне. По мере продвижения фреона по каналу испарителя количество жидкости уменьшается, а количество паров, образовавшихся в результате кипения, возрастает. Сухие, перегретые пары фреона испарителя отсасываются компрессором. Но, прежде чем попасть в компрессор, пары фреона проходят через теплообменник, где они подогреваются до температуры, близкой к 273 К (0°С), проходящим внутри медных змеевиковых трубок теплым жидким фреоном.

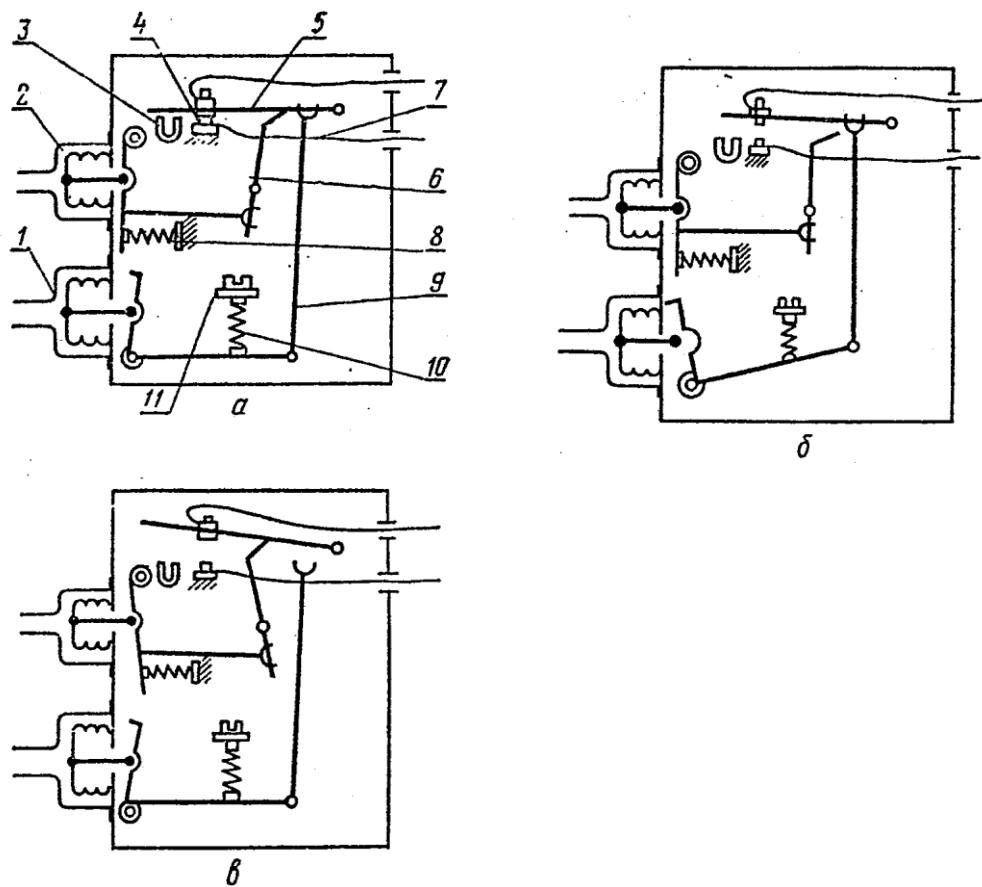


Рис. 4 Реле давления:

а - рабочее положение; *б* - сработал сильфон прессостата; *в* - сработал сильфон маноконтроллера; 1 - прессостат; 2 - маноконтроллер; 3 - магнит; 4 -электрические контакты; 5 - контактная пластина; 6 - механизм выключения; 7 - провода; 8 - пружина; 9 - рычаг; 10 - пружина; 11 – Г-образный рычаг

Автоматические приборы МХУ-8С (реле давления, терморегулирующий вентиль, термореле и датчик температуры) дают возможность поддерживать в заданных пределах давление фреона на линиях высокого и низкого давления, регулировать заполнение испарителя жидким фреоном, а также поддерживать в аккумуляторе холода заданную температуру паров фреона при замораживании льда и заданную температуру воды.

Реле давления служит для регулирования давления фреона в холодильной установке. Оно автоматически замыкает и размыкает электрические контакты в цепи питания катушки магнитного пускателя при изменении контролируемого давления. Во фреоновых холодильных установках применяют двухсильфоные реле давления РД-1 или РД-6.

Двухсильфонное реле давления РД-1 (рис. 4 объединяет два самостоятельно действующих механизма - маноконтроллер 2 (реле высокого давления) и прессостат 1 (реле низкого давления). Оба механизма смонтированы в одном корпусе и действуют на одни и те же электрические контакты 4.

Сильфон прессостата подключен к всасывающему трубопроводу и непосредственно реагирует на изменения давления в испарителе. Сильфон маноконтроллера подсоединен к нагнетательному трубопроводу. В машинах МХУ-8С в реле давления сильфон прессостата настраивают на выключение (на размыкание контактов) при давлении 49 кПа и на включение (замыкание контактов) при давлении 98 кПа. Сильфон маноконтроллера настраивают на выключение при давлении 1,12 МПа и на включение при 0,88 МПа.

Работает реле следующим образом: если давление во 'всасывающей линии становится ниже нормы (49 кПа), то уменьшается и давление на сильфон прессостата. Под действием

пружины 10 рычаг 11 поворачивается против часовой стрелки и воздействует на рычаг 9, который, в свою очередь, нажимает на контактную пластину 5, и контакты 4 размыкаются. Контакты 4 включены в цепь катушки магнитного пускателя электродвигателя компрессора. При размыкании контактов 4 электродвигатель компрессор останавливается.

При восстановлении давления во всасывающей линии до нормы рычаг 11 поворачивается по часовой стрелке и тяга 9, воздействуя на контактную пластину 5, замыкает контакты.

При увеличении давления в линии нагнетания выше нормы (1,12 МПа) сильфон 2 сжимается и, преодолевая пружину 8, поворачивает рычаг против часовой стрелки. Собачка механизма мгновенного выключения 6 отбрасывает контактную пластину 5, и контакты 4 размыкаются. При снижении давления в линии нагнетания до 0,88 МПа пружина 8 устанавливает рычаг в исходное положение, и контакты 4 замыкаются.

Постоянный магнит 3, устанавливаемый на панели, обеспечивает быстроту замыкания и размыкания контактов 4, что уменьшает искрообразование и подгорание контактов.

Терморегулирующий вентиль. При колебаниях тепловой нагрузки охлаждаемого объекта (бака аккумулятора холода) и, следовательно, испарителя изменяется количество выкипающего в нем жидкого фреона в единицу времени. Чем выше тепловая нагрузка, тем больше жидкого фреона превратится в пар. Поэтому при повышенной тепловой нагрузке должно увеличиваться и поступление жидкого фреона в испаритель, при снижении тепловой нагрузки поступление жидкого фреона должно уменьшаться, т. е. в единицу времени в испаритель должно поступать столько жидкого фреона, сколько его выкипает.

Если при повышении тепловой нагрузки поступление жидкого фреона не увеличивать, то теплопередающая поверхность испарителя используется не полностью, его производительность снижается, что экономически невыгодно.

Если при снижении тепловой нагрузки не уменьшать поступления жидкого фреона в испаритель, то произойдет его переполнение. Жидкий фреон может попасть во всасывающий трубопровод, затем в компрессор и вызвать гидравлический удар, что может привести к аварии.

Для автоматического регулирования подачи жидкого фреона в испаритель в установках типа МХУ-8С применяют терморегулирующие вентили ТРВ. Терморегулирующий вентиль регулирует заполнение испарителя жидким фреоном в зависимости от температуры паров фреона, отходящих от испарителя. В установках типа МХУ-8С чаще встречаются терморегулирующие вентили с внешним уравновешиванием (рис. 5).

Терморегулирующий вентиль состоит из термопатрона 1, капиллярной трубы 2, мембранны 3, регулировочного винта 4, стержня клапана 5, пружины 6, клапана 8 и камеры 7. Термопатрон, капилляр и полость над мембранны заполнены фреоном-12. Мембрана толщиной 0,15 мм сделана из бериллиевой бронзы. Для увеличения гибкости на поверхности мембранны нанесены кольцевые гофры. На клапан снизу действует пружина 6, стремящаяся закрыть отверстие, через которое поступает фреон.

Полость под мембранны соединена со всасывающим трубопроводом компрессора. Термопатрон крепится к всасывающему трубопроводу на выходе из испарителя. Он воспринимает тепло отсасываемых паров фреона из испарителя и поэтому должен быть хорошо термоизолирован от окружающей среды.

Работает терморегулирующий вентиль следующим образом. Жидкий фреон под большим давлением через отверстие клапана поступает в камеру 7, давление фреона снижается, в результате чего часть жидкого фреона испаряется, охлаждается и уже в виде парожидкостной смеси поступает в испаритель.

По мере продвижения по испарителю парожидкостная смесь кипит и полностью превращается в пар. Кипя, фреон отнимает тепло от охлаждаемой воды в баке аккумулятора.

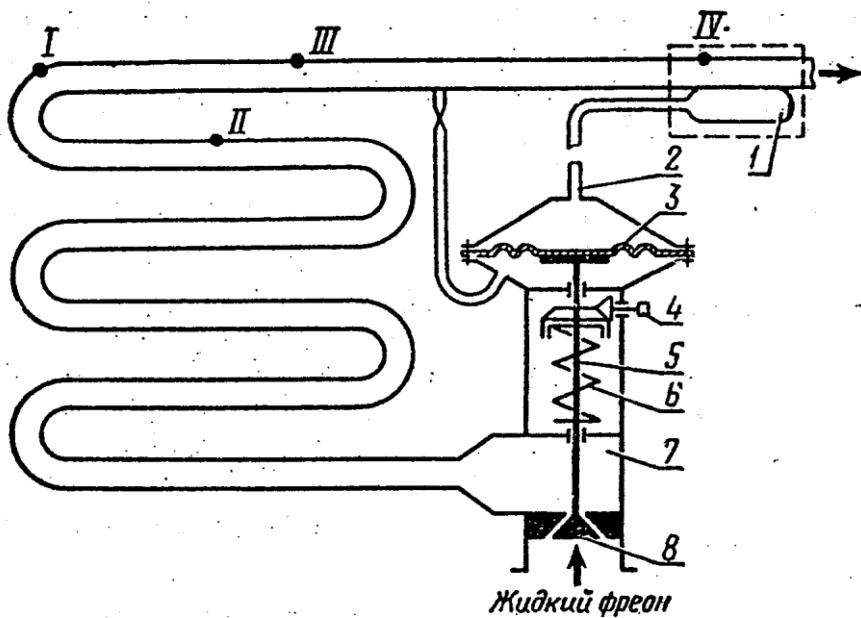


Рис. 5 Схема терморегулирующего вентиля:

1 - термопатрон; 2 - капилляр; 3 - мембрана; 4 - регулировочный винт; 5 - стержень клапана; 6 - пружина; 7 - камера; 8 - клапан

Предположим, что в точке I весь фреон превратился в пар. При дальнейшем движении паров фреона от точки I до точки IV происходит перегрев пара, т. е. повышение его температуры по отношению к точке кипения. Терморегулирующие вентили настраивают таким образом, чтобы температура перегрева паров фреона была в пределах 3...4 °С.

Термопатрон, устанавливаемый в точке Ю, воспринимает тепло перегретых паров, находящийся в нем фреон нагревается, увеличивается в объеме и давит на мембрану 3.

Пространство под мембраной соединено со всасывающим трубопроводом. Снизу на мембрану действует давление, равное давлению паров фреона, выходящих из испарителя. Если температура паров фреона на выходе из испарителя (в точке IV) станет несколько выше установленного значения, а это происходит тогда, когда кипение фреона заканчивается в точке II, то давление, создаваемое в термопатроне и в пространстве над мембраной, окажется выше, чем давление под мембраной. В результате этого мембрана 3 прогнется вниз, надавит на стержень клапана 5, который, преодолевая силу пружины 6, откроет клапан 8. Поступление фреона в испаритель увеличится.

Чем выше температура паров фреона на выходе из испарителя, тем больше прогиб мембранны вниз, больше открывается клапан, больше фреона поступает в испаритель. Когда достигается необходимое заполнение испарителя фреоном, температура паров фреона на выходе испарителя оказывается на уровне заданного режима - 3...4 °С. Дальнейшее повышение давления в гермопатроне и в камере над мембраной прекращается, и клапан опускаться дальше не будет.

Так происходит до тех пор, пока перегрев паров фреона не достигнет заданного значения.

При снижении тепловой нагрузки испарение фреона будет заканчиваться в точке III. Перегрев паров фреона уменьшается, в результате чего снижается давление в гермопатроне и в камере над мембраной. Оно оказывается ниже давления в камере под мембраной. В этом случае клапан поднимается вверх и подача фреона уменьшается. Если клапан полностью закрывается, подача фреона в испаритель прекращается.

Так работает терморегулирующий вентиль при правильной его регулировке. На заданный перегрев его регулируют, изменяя натяжение пружины 6, регулировочным винтом

4. Регулировку можно производить только на холодном терморегуляторе. Вращая винт по часовой стрелке, сжимают пружину и тем самым уменьшают поступление фреона в испаритель, а, следовательно, повышают перегрев паров фреона. При вращении против часовой стрелки ослабляют пружину, при этом поступление жидкого фреона в испаритель увеличивается, перегрев паров фреона понижается.

Термореле ТР-1 (рис. 6) применяется для поддержания заданного значения температуры паров фреона в испарителе при замораживании льда. Температура паров фреона в испарителе зависит от ряда факторов, в том числе и от толщины слоя льда, намораживаемого на панелях испарителя; с увеличением толщины слоя приток тепла к фреону от охлаждаемой воды уменьшается, с уменьшением слоя льда приток тепла увеличивается. Следовательно, при помощи реле ТР-1 можно регулировать процесс замораживания льда на панелях. Термореле, замыкая и размыкая контакты, включает и выключает электродвигатели компрессора и вентилятора холодильной установки.

Термореле состоит из силовой части, узла регулировки и электроконтакта. Силовая часть - герметически закрытая система, заполненная фреоном-12. Она состоит из термопатрона, капиллярной трубы и сильфона. В узел регулировки входят регулировочный винт, пружина с шайбами, втулка и муфта. На верхней шайбе имеется указатель температуры, а на корпусе прибора - температурная шкала.

Узел электроконтакта состоит из неподвижного контакта с регулировочным винтом, контактной пластины, пластинчатой пружины, подсоединеной к контакту, и постоянного магнита.

Термопатрон 5 реле ТР-1 закрепляют на всасывающем трубопроводе. По мере увеличения толщины слоя льда на панелях испарителя температура испарения фреона в испарителе понижается. Это приводит к снижению давления фреона в термопатроне и сильфоне 8 реле. Пружина 2 давит на шток 9. Он, двигаясь вниз, нажимает на пластину, и контакты 4 размыкаются.

В холодильных машинах МХУ-8С термореле настраивают на отключение электродвигателей компрессора и вентилятора при температуре фреона на выходе из испарителя минус 5 $^{\circ}\text{C}$.

Датчик температуры (термоконтактор ТК) (рис. 7) предназначен для поддержания температуры воды в аккумуляторе холода в пределах 2...4 $^{\circ}\text{C}$ при автоматическом режиме работы холодильной машины.

Датчик температуры не регулируется. Его устанавливают в аккумуляторе холода. Контакты датчика включены в электрическую схему управления. При температуре воды 2 $^{\circ}\text{C}$ термоконтактор отключает электродвигатели компрессора и вентилятора, а при повышении ее до 4 $^{\circ}\text{C}$ включает электродвигатели.

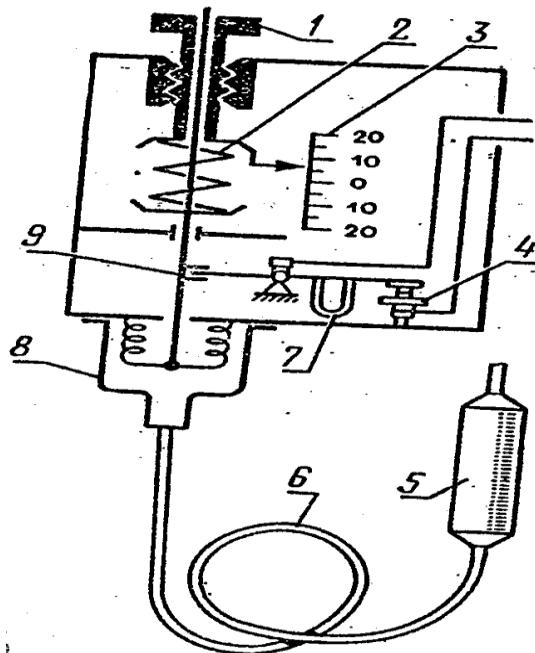


Рис. 6 Схема термореле:

1 – регулировочный винт, 2 – пружина, 3 – шкала, 4 – электрические контакты, 5 – термопатрон, 6 – трубка, 7 – постоянный магнит, 8 – сильфон, 9 - шток

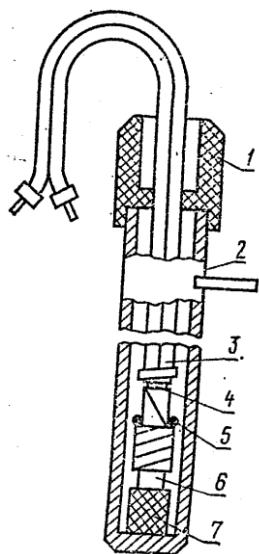


Рис. 7 Схема датчика температуры:

1 – муфта, 2 – корпус, 3 – провод, 4 – ввод проводов в термоконтактор, 5 – верхний держатель, 6 – термоконтактор ТК-9, 7 – нижний держатель

На животноводческих фермах холодильную установку МХУ-8С применяют для охлаждения молока. Молоко по трубопроводу поступает в пластинчатый охладитель, где оно, пройдя по лабиринту между пластинами, выходит из охладителя и поступает в цистерну для хранения. Ледяная вода из бака-аккумулятора холода насосом ледяной воды подается в охладитель, навстречу движению молока. В охладителе молоко и вода движутся противотоком каждый в своем лабиринте.

Через пластины, разделяющие лабиринты, происходит теплообмен между молоком и водой. Вода из пластинчатого охладителя поступает в бак - аккумулятор холода, где охлаждается.

Установку включают за 5 ч до начала охлаждения молока. За это время на испарителе намерзает до 500 кг льда. Лед тает за 2 ч, обеспечивая охлаждение 2000 кг молока с 37 до 8 °C.

Зависимость температуры замерзания хладоносителя от концентрации солей

Хлористый натрий		Хлоористый кальций	
Содержание соли на 100 кг воды, кг	Температура замерзания раствора, °C	Содержание соли на 100 кг воды, кг	Температура замерзания раствора, °C
0,1	0,0	0,1	0,0
7,5	- 4,4	13,0	- 7,1
15,7	- 9,8	28,0	- 21,2
25,0	- 16,6	31,2	- 25,7
26,9	- 18,2	32,9	- 28,3
29,0	- 20,0	34,6	- 31,2
30,1	- 21,2	42,7	- 55,0
31,1	- 17,2	45,4	- 41,6

В тех случаях, когда необходимо продукт (мясо, битую птицу, рыбу и т. п.) охладить до температуры ниже нуля, в качестве хладоносителей применяют водные растворы поваренной соли (NaCH) или хлористого кальция (CaC1). При растворении в воде этих солей можно получить рассолы с достаточно низкой температурой замерзания (табл.1).

Из таблицы видно, что, добавив в 100 л воды 30,1 кг поваренной соли или 42,7 кг хлористого кальция, получим самую низкую температуру замерзания раствора. Дальнейшее повышение концентрации раствора вызывает не снижение, а повышение температуры замерзания.

Раствор поваренной соли применяют при охлаждении не ниже - 12°C, так как при более низких температурах сильно увеличивается вязкость раствора хладоносителя и увеличивается расход энергии на его перекачивание. В системах, где требуется охладить до температуры ниже - 12°C, применяют раствор хлористого кальция.

В случае отравления хладоном пострадавший дол-

жен быть выведен на свежий воздух или в чистое теплое помещение. При этом рекомендуется освободить пострадавшего от стесняющей дыхание одежды и дать ему возможность согреться. Затем пострадавший должен выпить крепкий сладкий чай или кофе, после чего в течение 30...45 мин вдыхать кислород.

При раздражениях слизистой оболочки рекомендуется прополоскать нос и горло водой или 2%-ным раствором соды. При попадании хладона в глаза необходимо обильно промыть их струей чистой воды. До прихода врача следует надеть темные защитные очки.

Если попавший на кожу хладон вызвал обмораживание, следует окунуть пораженное место на 5...10 мин в теплую воду (35...40°C) или сделать общую ванну.

После осторожного высушивания кожи нужно наложить на нее мазь и повязку или просто смазать поврежденную поверхность.

Для первой доврачебной помощи используют следующие средства: нашатырный спирт, двууглекислую соду, валериановые капли, пенициллиновую мазь, салфетки, вату, бинты (стерильные), баллон с медицинским кислородом, темные защитные очки.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Каково назначение компрессора, конденсатора, ресивера, фильтра-

- осушителя, теплообменника, испарителя?
 2. В чем состоит назначение, устройство и работа реле давления?
 3. Каково назначение терморегулирующего вентиля, как он устроен и работает?
 4. Как осуществляется регулирование заданного температурного режима в охлаждаемом объекте?

Пастеризационная установка ОПФ-1-300

1. НАЗНАЧЕНИЕ ИЗДЕЛИЯ

Установка пастеризационно-охладительная пластинчатая автоматизированная предназначена для центробежной очистки, пастеризации, выдержки и охлаждения молока в закрытом потоке.

Пастеризация и охлаждение молока проходят при автоматическом регулировании технологического процесса. Который обеспечивает хорошие санитарно-гигиенические условия. Исключает возможность выхода недопастеризованного молока.

Установка используется на крупных молочно-товарных фермах и совхозных заводах, поставляющих цельное молоко для пастеризации его при температуре 90-94°C с выдержкой 300 секунд в соответствии с требованиями санветинспекции СССР к молоку от больных коров.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

2.1.Производительность, л/ч 1000

2.2. Начальная температура молока, °C 10-35

2.3. Температура нагрева молока, °C 92+2

2.4. Время выдержки молока, не менее, сек. 300

2.5. Температура охлаждения молока, не более °C 8

2.6. Коэффициент регенерации тепла, % 80

2.7. Давление греющего пара, не менее кг/см² 0,4

2.8. Рабочее давление в аппарате, кг/см² 2,4

2.9. Расход пара, кг/ч 20-30

2.10. Температура артезианской воды, °C 10-12

2.11. Кратность расхода артезианской воды 3

2.12. Температура ледяной воды, не более, °C 2-4

2.13. Кратность расхода ледяной воды 3

2.14. Количество секций 5

2.16. Рабочая поверхность теплообменной пластины 0,15

2.16. Количество пластин в аппарате:

а) секция регенерации I 11

б) секция регенерации II 17

в) секция пастеризации 16

г) секция водяного охлаждения 19

д) секция водяного охлаждения 29

2.17. Тип пластины П-1 из стали 12Х18Н10Т

2.18. Размеры пластины, не более, мм:

а) высота 800

б) ширина 226

в) толщина (металла) 1,2

2.19. Габаритные размеры установки, не более, мм

а) длина	3600
б) ширина	3000
в) высота	2500
2.20. Масса, кг, не более	910
2.21. Электронасос 35-1Ц2, 8-20 для подачи молока	
а) производительность, л/сек	2,8
б) напор, мм вод. ст.	20
2.22. Насос 2К-20/18 для горячей воды	
а) производительность	11
б) напор, мм вод. ст.	21

3. УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ

Пластинчатый аппарат снабжен теплообменными пластинами из нержавеющей стали, которые разбиты на пять секций: 1 ступень регенерации, 2 ступень регенерации, пастеризации, охлаждения артезианской воды и охлаждения ледяной воды. Секции отделены друг от друга специальными промежуточными плитами, имеющими по углам штуцера для подвода и отвода жидкостей. На пластине выбиты порядковые номера, те же номера указаны на схеме компоновок пластин.

Пластины прижаты к стойке при помощи плиты и нажимных устройств. Степень сжатия тепловых секций определяется по табличке со шкалой, установленной на верхней и нижней распорках. Нулевое деление устанавливается по оси болта вертикальной распорки и соответствует минимальному сжатию аппарата, обеспечивающему герметичность.

Система автоматики включает в себя следующие узлы, пульт управления, в котором размещены приборы контроля, регулирования и записи, а также электроприборы управления, сигнализации, защиты электродвигателей от коротких замыканий и перегрузок, перепускной клапан с электрогидравлическим приводом для автоматического переключения потока молока на повторный подогрев при температуре пастеризации ниже 90°C , регулирующий клапан с электрическим приводом для подачи определенного количества пара, согласно заданному температурному режиму молока, платиновый термометр сопротивления, служащий для получения первичных сигналов при применении температуры пастеризации, уравнительный бак с поплавковым регулятором прямого действия.

Молоко из танка (см. рис. 1) направляется самотеком или под напором в уравнительный бак 4, откуда насосом 3 подается в секцию регенерации 1 аппарата 1, а затем подогретое до температуры $37-40^{\circ}$ поступает в молокоочиститель 2 для очистки от механических примесей и идет на дальнейший подогрев в секцию регенерации II и секцию пастеризации, где нагревается до температуры 90° . Из секции пастеризации молоко через электрогидравлический перепускной клапан 11 направляется в выдерживатель 6, находится там до в течение 300 сек. и далее поступает в секцию регенерации для отдачи тепла встречному потоку молока, поступающему в аппарат. После этого оно попадает последовательно в секции охлаждения 1У и У, где охлаждается до температуры 8° и выходит из установки.

Для охлаждения молока используется артезианская и ледяная вода от холодильной установки типа **МХУ-8**.

Охлаждение молока до температуры не выше 8°C возможно только при нормальной кратности подачи воды в секции охлаждения. Весь процесс пастеризации молока регулируется автоматически.

Требуемые температуры пастеризации молока поддерживаются электронным мостом. Регулировка плавная.

Запись температуры пастеризации молока ведется на диаграммной ленте контрольного прибора. Звуковая и световая сигнализации срабатывают при падении температуры пастеризации ниже 90^0 .

Перепускной клапан 11 автоматически переключает поток молока на повторный подогрев при падении температуры пастеризации молока ниже 90^0 , так как клапан через гидрореле связан с контактным устройством электронного моста контрольного прибора.

Молоко в секции пастеризации подогревается горячей водой подаваемой в аппарат насосом 3. Вода подогревается паром поступающим через инжектор 9 из паропровода, на которой установлен клапан 10, регулирующий подачу пара в зависимости от температуры пастеризации молока: при понижении молока температуры молока, подача увеличивается, при повышении уменьшается.

Регулирующий клапан 11 управляет электронным мостом. Первичный сигнал об изменении температуры пастеризации молока поступает от термометра сопротивления, который установлен на трубопроводе горячего молока после секции пастеризации. На трубопроводе охлажденного молока после секции ледяного охлаждения установлен термометр ТПГ-1У.

Перепускной электро гидравлический клапан служит для автоматического переключения потока молока на повторный подогрев при снижении температуры пастеризации молока. Он представляет собой клапан с гидрокамерой и электрогидравлическим реле.

Корпус перепускного клапана - из нержавеющей стали.

При включении установки в работу температура пастеризации в начальный момент ниже заданной, а поэтому на катушку электромагнита 17 гидрореле подается напряжение, замыкаются контакты электронного моста в цепь катушки электромагнита гидрореле. Через катушку электромагнита течет ток, под действием которого сердечник втягивается. Шток 13, непосредственно соединенный с сердечником катушки электромагнита, закрывает воде вход в гидрокамеру.

Под действием пружины 5 шток 3 находится в верхнем положении, выход молока на разлив перекрыт. В этом положении клапана молоко поступает на вторичный подогрев. По достижении температуры пастеризации молока контакты моста размыкаются, разрывая цепь катушки электромагнита 17 гидрореле. Шток 13 под действием пружины 12 перемещается и открывает воде вход в гидрокамеру клапана. Вода насосом 2к-9 подается в гидрокамеру через фильтр, давит на мембрану 8 и, преодолевая усилие пружины 5, перемещает в нижнее положение шток 3 клапана, который закрывает проход на вторичный подогрев и открывает выход на разлив. В этом положении клапана установка работает в заданном температурном режиме, т.е. 91 ± 2^0 , и молоко поступает на разлив или в танк.

При падении температуры пастеризации ниже 90^0 замыкаются контакты моста MCP1-01, а также цепь катушки электромагнита 17, сердечник втягивается и, преодолевая усилие пружины 12 гидрореле, перемещает шток 13, который закрывает воде в гидрокамеру и одновременно открывает отверстие для слива воды из гидрокамеры. Вода под действием пружины 5 выталкивается из гидрокамеры сливную трубку, вследствие чего шток 3 клапана перемещается в верхнее положение, тем самым перекрывая проход на вторичный подогрев. В этом положении клапана молоко поступает из секции пастеризации в уравнительный бак, из которого вновь направляется насосом в аппарат, т.е. на повторный подогрев.

Разборку гидрореле необходимо производить в следующем порядке: снять корпус 10 и резиновую прокладку 23; отвернуть гайку 25, шайбу 24, снять втулку 21; снять опору 18 вместе с электромагнитом 17; разъединить шток 13 к сердечник электромагнита; чтобы вынуть шток 13 из стакана 20, надо вывернуть винты, снять крышку 16, вынуть резиновую манжету 14, снять шайбу, пружину, вторую шайбу и вывернуть шпильку 22.

Сборку производят в обратном порядке, но при завертывании шайбы 24 производят регулировку. Подключают катушку электромагнита под напряжением 220 В. При подтянутом

сердечнике поворачивают шайбу 24 до плотного прилегания резиновой прокладки к седлу клапана, при этом сердечник электромагнита начинает слегка дребезжать. Затем завертывают гайку 25 и включают несколько раз электромагнит. После нескольких включений сердечник электромагнита не должен дребезжать. Если же дребезжание не снимается, нужно отвернуть гайку 55 и отрегулировать шайбу 24.

Регулирующий электрогидравлический клапан служит для автоматической подачи пара.

Автоматическое управление электрогидравлический клапаном осуществляется электронным мостом пульта управления.

На пульте управления расположены следующие электроприборы, электронный мост - служит для записи показаний температуры пастеризации молока и имеет контактное устройство, с помощью которого осуществляется автоматическое управление перепускным клапаном и звуковая сигнализация в случае нарушения температурного режима, управление клапаном пара.

Переключателем управления пользуются для перевода работы системы регулирования с автоматического режима работы на дистанционный и наоборот.

При помощи кнопок управляют регулирующим клапаном пара в дистанционном режиме.

Кнопки управления служат для включения электродвигателей в работу, для выключения звукового сигнала.

Лампы сигнализируют о включении пульта и электродвигателей в работу. С помощью выключателя подают электроэнергию на пульт управления.

Центробежный молокоочиститель ОМ-1, предназначен для удаления из молока механических примесей. Происходит также очистка молока от лейкоцитов и эритроцитов крови, попавшей в молоко, частиц эпителия, скоплений микроорганизмов.

3. Подготовка изделия к работе и порядок работы

Проверить правильность направления вращения валов насосов и молокоочистителя перед заполнением установки водой молоком.

Прежде чем пустить аппарат в работу, подожмите пластины до нулевой отметки на нажимном устройстве. При пуске пастеризатора на холодной воде в начальный момент возможна небольшая течь через уплотнительные прокладки пластин, при этом прекратите дальнейшее нажатие пластин, так как требуемая герметичность будет достигнута в процессе нагревания аппарата.

Простерилизовать аппарат и молочные трубопроводы перед пуском установки в работу. Для чего включите электропитание всей установки, затем молокоочиститель, залейте в уравнительный бак содовый раствор и включите насосы для молока и горячей воды, а также пустить пар. Промойте установку содовым раствором в течение 10-15 мин., а затем чистой водой, вытесняя из нее раствор.

После промывки содовым раствором аппарат хлорируют и стерилизуют. Стерилизация заключается в циркуляции воды ($t=88^0$) через уравнительной бак с обратным возвратом в него при выходе из аппарата. При этом в аппарате не должно быть холодной воды, для чего перекройте краны на соответствующих трубопроводах.

Перед стерилизацией переключатель управления поставить в положение дистанционной работы. Проводите стерилизацию в течение 20-30 мин, с момента выхода из аппарата чистой воды при температуре $80-85^0$.

После окончания стерилизации вытесните воду из аппарата молоком и одновременно начните пастеризацию молока при разогретой системе. Это ускоряет начало нормального процесса пастеризации. Поставьте все приборы пульта в положение автоматического управления процессом. Белая сигнальная лампа возврата молока должна погаснуть.

4. Порядок работы

Пуск. После установки приборов на автоматическое управление включите подачу молока, подлежащего пастеризации, из молокохранительного танка в уравнительный бак, а затем насос для подачи молока в аппарат. К моменту пуска молока в установку сепаратор-м олоко очиститель должен работать на полных оборотах, иначе возможен перелив молока из барабана в чашу станины. Затем включите подачу горячей воды и пара. При таком порядке пуска молоко из уравнительного бака вытеснит воду, оставшуюся в аппарате после стерилизации. Воду спускайте до тех пор, пока на пойдет молоко. В начале работы установки недопастеризованное молоко из аппарата возвращается автоматически перепускным клапаном обратно в уравнительный бак. Эта циркуляция первых порций молока продолжается до тех пор, пока температура молока в секции пастеризации не достигнет 90. В этот момент включите подачу холодной воды.

Когда сработает перепускной клапан на подачу молока в выдерживатель, аппарат включается в работу по нормальной технологической схеме. Необходимым условием правильного пуска является непрерывная подача молока через аппарат и нагревание его при полном потоке, а в противном случае молоко сильно пригорает на пластинах и производительность аппарата резко падает.

Чтобы избежать засасывания воздуха в насос, необходимо в уравнительном баке поддерживать определенный уровень молока /не менее 300 мм/. При слишком низком уровне происходит засасывание воздуха вместе с молоком. Продолжительность непрерывной работы установки определяется степенью загрязненности молока. Объем шламового пространства барабана центробежного молокоочистителя рассчитан на продолжительность работ в течение 2-2,5 ч.

Остановка. Для прекращения работы закройте подачу молока в уравнительный бак. Когда остаток молока из бака уйдет в насос, сразу же в бак подайте воду для вытеснения молока из аппарата. Подачу воды продолжайте, пока из установки не перестанет поступать молоко. Этот момент определяют по виду струи пробой на вкус или замером плотности лактоденсимером; после вытеснения молока прекратите подачу пара, отключите молочный насос и насос горячей воды, затем остановите молокоочиститель. Если в этот день молоко больше пастеризовать не будут, то нужно отключить трубопроводы от молокоочистителя. Последний разобрать и промыть. Штуцер входа молока в секцию регенерации П аппарата шлангом или трубой из нержавеющей стали соединить со штуцером выхода молока из секции регенерации 1. Далее проведите циркуляционную мойку согласно приведенной ниже инструкции.

Уход. Подавать в аппарат молоко непрерывно, так как перерывы приводят к пригару молока к пластинам. Проводить регулярно циркуляционную мойку раствором каустической соды, а раз в месяц (при односменной работе) промывать аппарат раствором азотной кислоты с последующей разборкой и чисткой пластин согласно инструкции по мойке. При безразборной мойке обязательно отсоединить молокоочиститель. Резьбу на тягах периодически смазывайте техническим вазелином.

Нужные поверхности установки содержать в чистоте. Детали барабана молокоочистителя тщательно промыть и просушить после чего барабан можно собрать.

Станину молокоочистителя и колпак после работы протирать влажной, а затем сухой тряпкой.

Перед пуском проверить правильность подсоединения коммуникаций, уровень масла в масляной ванне, освобожден ли барабан от тормозов, правильность вращения барабана. Барабан

должен плавно набирать обороты в течение 2-3 мин. После пуска молока стрелка манометра плавно поднимается до давления 1,2-1,6 кг/см², что примерно соответствовать производительности 1000 л/ч. Производительность регулируется краном, установленным перед молокоочистителем. Во избежание разбалансировки барабана молокоочистителя,

запрещается устанавливать на него детали с другого барабана. Два раза в год проводить осмотр механизма привода молокоочистителя: состояние подшипников, масляных трубок, пружин горловой опоры. При осмотре производить промывку масляной системы и заполнить ее свежим маслом.

В новом молокоочистителе первую замену масла производить после 20-30 ч работы, вторую - после 150 ч.

Верхнюю коническую часть вертикального вала перед посадкой барабана смазывать тонким слоем технического вазелина.

Циркуляционная мойка аппарата. Приготовить горячий раствор каустической соды (60-65⁰C) 1,5-2%-ной концентрации непосредственно в уравнительном баке, полученный раствор должен циркулировать в аппарате непрерывно в течение 15-30 мин. Через 5 мин. после включения насоса ослабить степень сжатия пластин на 2-3 оборота стягивающей гайки. Затем аппарат промыть горячей водой в течение 15-20 мин. до полного удаления раствора.

Альбумин, осаждающийся на теплообменных пластинах вначале достаточно мягок и его можно удалить, не разбирай аппарат. Разбирать пластинчатый аппарат для чистки необходимо через 15-20 дней. Выдерживатель необходимо разбирать и промывать раз в 7-10 дней. Для размягчения молочного камня, который осаждается на теплообменных пластинах, и восстановления металлического блеска пластин в уравнительный бак залить 1,6-2-ный раствор азотной кислоты. Раствор нагревается до температуры 65-70 ⁰C и при этой температуре циркулирует в системе в течении 30 мин.

После этого аппарат промыть холодной водой до полного удаления кислоты (вытекающая вода проверяется лакмусовой бумажкой). Промытый аппарат разобрать и почистить жесткими щетками, смоченными в слабощелочной воде. После сборки аппарата промыть горячим раствором каустической соды (10 мин.), а затем горячей и холодной (10 мин.) водой. При промывке проверьте и подтяните при необходимости соединительные муфты и пакет пластин.

4. Характерные неисправности и методы их устранения

Неполадки	Сигнал	Причина	Способ устранения
Температура пастеризации ниже 90 ⁰	Звонок, загорается лампочка-сигнал о возврате молока (при температуре пастеризации ниже 90 ⁰)	Мало давление пара . Не работает регулирующий клапан на паровой обвязке Не работают электронный мост, реле, термометр сопротивления. Большое отложение молочного камня на пластинах (когда температура ниже 90 ⁰ C)	Поднять давление пара. Проверить клапан Проверить работу моста, реле, термометра сопротивления. Остановить установку и прочистить пластины.
Температура		Высокое давление пара. Не работает	Снизить давление пара. Проверить клапан.

пастеризации выше 94 ⁰		регулирующий клапан на паровой обвязке.	
		Не работает электронный мост, реле, термометр сопротивления.	Проверить работу моста, реле, термометра сопротивления.
Не работает перепускной электрогидравлический клапан	Звонок, загорается красная лампочка- сигнал о возврате молока	Ослаблена пружина в гидрореле. Течь в гидрореле. Вышла из строя катушка электромагнита. Фильтр не пропускает воду. Мало давление воды.	Сменить пружину в гидрореле. Устранить течь Проверить катушку электромагнита. Прочистить фильтр. Увеличить давление воды.

Ремонт резиновых прокладок. По мере износе резиновых уплотнительных прокладок степень поджатая пластин необходимо последовательно увеличивать.

Максимальное поджатие за нулевую отметку шкалы на табличках, установленных на распорках, допускаемся на величину 0,2 мм, умноженную на число пластин ($0,2 \times 62 = 12,4$ мм).

Если аппарат все же дает утечку, в местах утечки необходимо сменить прокладку. Для этого необходимо удалить изношенную прокладку, тщательно вычистить канавку на пластине и приклеить новые прокладки согласно приложенной инструкции.

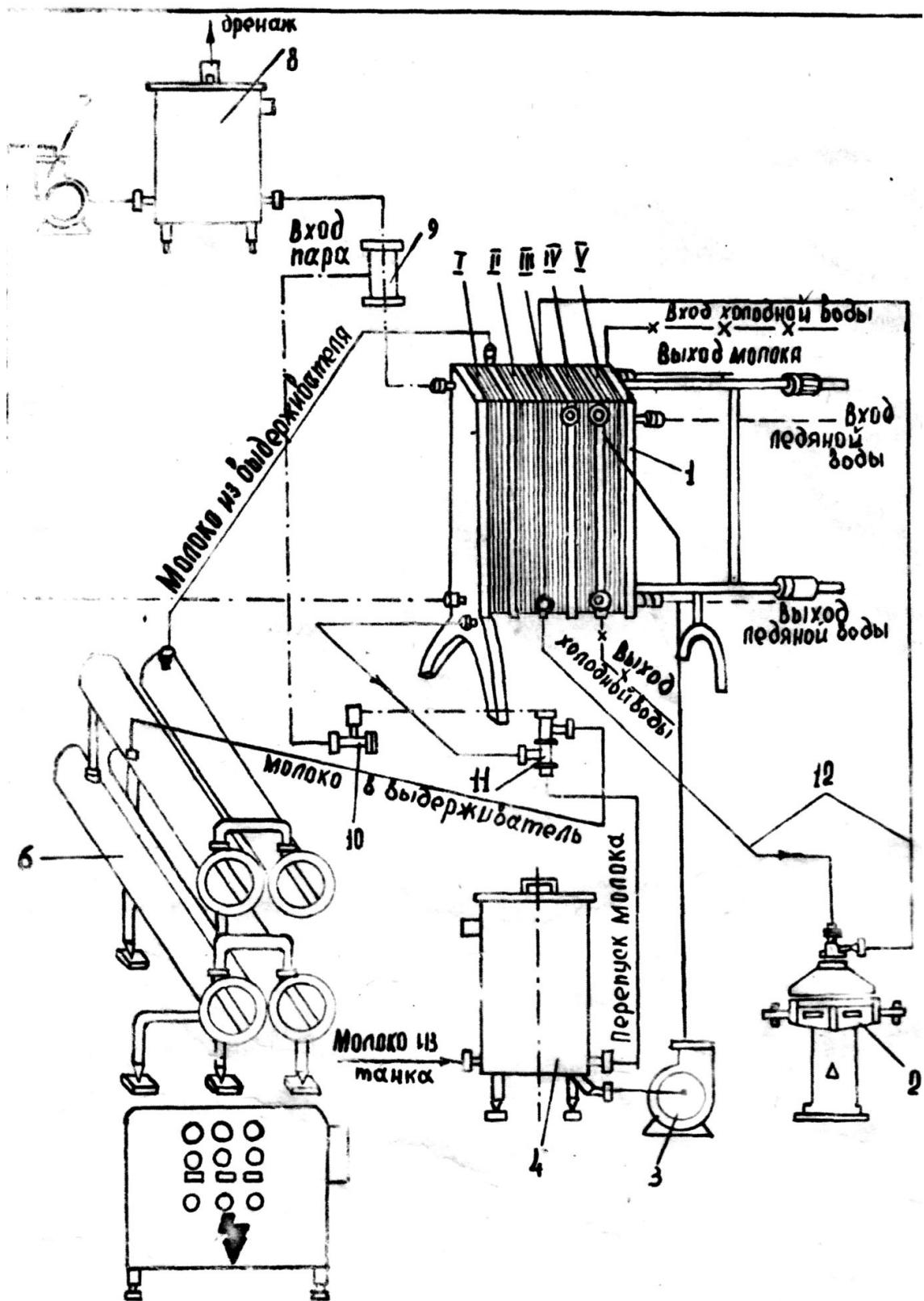


Рис. 1. Технологическая схема ОПФ1-300:

1- пластинчатый аппарат, 2- молокоочиститель, 3- молочный насос, 4- уравнительный бак, 5- пульт управления, 6- выдерживатель, 7- насос горячей воды, 8- бойлер, 9- инжектор, 10- электрогидрокран , 11- перепускной клапан, 12- трубопроводы.

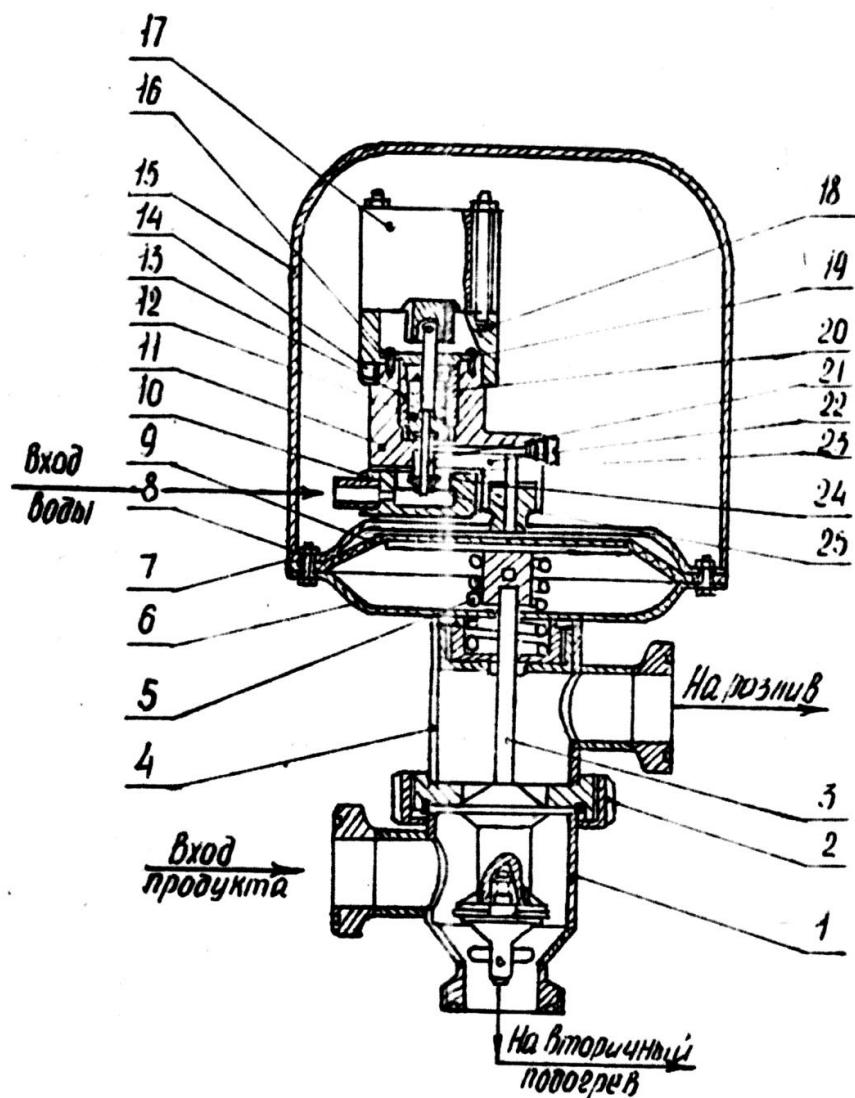


Рис. 2. Перепускной электрогидравлический клапан:

1,4,10,11- корпус, 2,25- гайка, 3,13 –шток, 5,12 - пружина, 6- тарелка нижняя, 7 - тарелка верхняя, 8 - мембрана, 9 - грибок, 14- манжета, 15 – кожух, 16 - крышка, 17 - электромагнит, 18 - опора, 19 – винт, 26 - стакан, 21 - втулка, 22 - шпилька, 23 - резиновая прокладка, 24 - шайба.

2.10 Практическое занятие 10 (ПЗ-10. (2 часа).

Тема: Математическое моделирование процессов в животноводстве. Сервис и техническое обслуживание оборудования животноводства

2.10.1 Цель работы: Математически рассчитать процессы в животноводстве.

2.10.2 Задачи работы:

1. Изучить основные процессы в животноводстве
2. Научиться пользоваться теоремами Гаусса, Крамера при решении задач

2.10.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Калькулятор
- 2.Линейка

2.10.4 Описание (ход) работы:

1. Классификация процессов первичной переработки сельскохозяйственной продукции

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. Сливок 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.

Характерной особенностью **процессов первой группы** является разделение исходного продукта или сырья на частично (или полностью) обезвоженный остаток с заданной влажностью и чистую, практически дистиллированную воду с содержанием сухого вещества в ней "ноль" процентов, удаленную из сырья в виде пара.

Графическая интерпретация таких процессов может быть представлена следующим образом:

Таблица 1

№	Название и физические свойства веществ, участвующих в процессе	Графическая интерпретация технологического процесса		
			–	
1	Название вещества	Сырьё	Испарившаяся вода	Конечный продукт
2	Масса или объем вещества	M_c	M_e	$M_{к.п.}$
3	Относительная влажность, %	W_c	$W_e=100\%$	$W_{к.п}$

где W_c , W_e , $W_{к.п.}$ относительная влажность, соответственно, сырья, испарившейся воды и конечного продукта. $W_{к.п.}$ В таких процессах всегда меньше W_c , т.е. $W_{к.п.} < W_c$.

При расчете этих процессов требуется определить либо выход конечного продукта при заданном количестве сырья, либо потребное количество сырья при заданном количестве продукта. Иногда требуется определять и выпаренное количество влаги, необходимое для расчета потребного количества тепла и, следовательно, топлива для испарения этой влаги, например, на огневых сушилках.

Математическая модель таких процессов будет иметь вид

$$M_c - M_e = M_{к.п.} \quad (1)$$

$$W_c M_c - 100 M_e = W_{к.п.} M_{к.п.} \quad (2)$$

где M_c , M_e , $M_{к.п.}$ – масса сырья, влаги, конечного продукта соответственно; W_c , $W_{к.п.}$ – относительная влажность сырья и конечного продукта.

Уравнение (1) этой системы представляет собой уравнение баланса масс веществ, участвующих в процессе сушки сырья. Уравнение (2) – уравнение баланса влаги в этом процессе.

Решив систему уравнений (1) и (2), получим значения величин M_c ; M_e ; $M_{к.п.}$

$$M_C = f(M_B; M_{K.P.}; W_C; W_B; W_{K.P.})$$

$$M_B = f(M_C; M_{K.P.}; W_C; W_B; W_{K.P.})$$

$$M_{K.P.} = f(M_B; M_C; W_C; W_B; W_{K.P.})$$

$$M_C = M_{K.P.} \frac{100 - W_{K.P.}}{100 - W_C} \quad (3)$$

$$M_C = M_B \frac{100 - W_{K.P.}}{W_C - W_{K.P.}} \quad (4)$$

$$M_{K.P.} = M_C \frac{100 - W_C}{100 - W_{K.P.}} \quad (5)$$

$$M_{K.P.} = M_B \frac{100 - W_C}{W_C - W_{K.P.}} \quad (6)$$

$$M_B = M_C \frac{W_C - W_{K.P.}}{100 - W_{K.P.}} \quad (7)$$

$$M_B = M_{K.P.} \frac{W_C - W_{K.P.}}{100 - W_C} \quad (8)$$

Именно в таком виде формулы (3)...(8) используются в литературе.

Особенностью **процессов второй группы** является получение жидких фракций, влажность которых всегда меньше 100%.

Графическая интерпретация таких процессов выглядит следующим образом: **Таблица 2**

№	Название и физические свойства веществ, участвующих в процессе	Графическая интерпретация технологического процесса		
1	Название вещества	Сырьё	Жидкая фракция	Густая фракция
2	Масса или объем вещества	M_c	$M_{ж.ф.}$	$M_{г.ф.}$
3	Относительная влажность, %	W_c	$W_{ж.ф.}$	$W_{г.ф.}$

где W_c ; $W_{ж.ф.}$; $W_{г.ф.}$ - относительная влажность, соответственно, сырья жидкой фракции, густой фракции.

Численное значение влажности W_c ; $W_{ж.ф.}$; $W_{г.ф.}$ в процентах и количество одного из трех веществ, участвующих в процессе в массовых или объемных единицах обычно задается

в качестве исходных данных. Количество двух других веществ определяется расчетным путем.

Математическая модель описанного процесса будет иметь вид:

$$M_c - M_{ж.ф.} = M_{э.ф.} \quad (9)$$

$$W_c M_c - W_{ж.ф.} M_{ж.ф.} = W_{э.ф.} M_{э.ф.} \quad (10)$$

Решив данную систему уравнений, получим по аналогии с (3...8) зависимости

$$M_c = f(M_{ж.ф.}; M_{э.ф.}; W_c; W_{ж.ф.}; W_{э.ф.})$$

$$M_{ж.ф.} = f(M_c; M_{э.ф.}; W_c; W_{ж.ф.}; W_{э.ф.})$$

$$M_{э.ф.} = f(M_{ж.ф.}; M_c; W_c; W_{ж.ф.}; W_{э.ф.})$$

Конечные формулы имеют следующий вид:

$$M_c = M_{ж.ф.} (W_{ж.ф.} - W_{г.ф.}) / (W_{ж.ф.} - W_c)$$

$$M_c = M_{ж.ф.} (W_{ж.ф.} - W_{г.ф.}) / (W_c - W_{г.ф.})$$

$$M_{г.ф.} = M_c (W_{ж.ф.} - W_c) / (W_{ж.ф.} - W_{г.ф.})$$

$$M_{г.ф.} = M_{ж.ф.} (W_{ж.ф.} - W_c) / (W_c - W_{г.ф.})$$

$$M_{ж.ф.} = M_c (W_c - W_{г.ф.}) / (W_{ж.ф.} - W_{г.ф.})$$

$$M_{ж.ф.} = M_{г.ф.} (W_c - W_{г.ф.}) / (W_{ж.ф.} - W_c)$$

В качестве конкретного примера **процессов второй группы** рассмотрим моделирование процесса получения подсолнечного масла.

Графическая интерпретация этого процесса будет выглядеть следующим образом:

Таблица 3

№	Название и физические свойства веществ, участвующих в процессе	Графическая интерпретация технологического процесса		
			-	
1	Название вещества	Семена подсолнечника	M_c	Подсолнечное масло
2	Масса вещества	M_c	M_m	$M_{ж.м.}$
3	Относительное содержание растительного жира, %	\mathcal{K}_c	\mathcal{K}_m	$\mathcal{K}_{ж.м.}$

где \mathcal{K}_c ; \mathcal{K}_m ; $\mathcal{K}_{ж.м.}$ процентное содержание растительного жира, соответственно, в семенах подсолнечника, в подсолнечном масле и подсолнечном жмыхе.

Математическая модель процесса получения подсолнечного масла имеет вид:

$$M_c - M_m = M_{ж.м.} \quad (11)$$

$$\mathcal{K}_c M_c - \mathcal{K}_m M_m = \mathcal{K}_{\text{ж.м.}} M_{\text{ж.м.}} \quad (12)$$

Решив систему уравнений (11) и (12) в общем виде, получим конечные формулы:

$$M_m = M_{\text{ж.м.}} (\mathcal{K}_c - \mathcal{K}_m) / (\mathcal{K}_m - \mathcal{K}_c)$$

$$M_m = M_c (\mathcal{K}_c - \mathcal{K}_m) / (\mathcal{K}_m - \mathcal{K}_{\text{ж.м.}})$$

$$M_{\text{ж.м.}} = M_m (\mathcal{K}_m - \mathcal{K}_c) / (\mathcal{K}_c - \mathcal{K}_{\text{ж.м.}})$$

$$M_{\text{ж.м.}} = M_c (\mathcal{K}_m - \mathcal{K}_c) / (\mathcal{K}_m - \mathcal{K}_{\text{ж.м.}})$$

$$M_c = M_{\text{ж.м.}} (\mathcal{K}_m - \mathcal{K}_{\text{ж.м.}}) / (\mathcal{K}_m - \mathcal{K}_c)$$

$$M_c = M_m (\mathcal{K}_m - \mathcal{K}_{\text{ж.м.}}) / (\mathcal{K}_c - \mathcal{K}_{\text{ж.м.}})$$

Моделирование процессов третьей группы покажем на примере приготовления электролита различной плотности для свинцовых аккумуляторных батарей.

Таблица 4

№	Название и физические свойства веществ, участвующих в процессе	Графическая интерпретация технологического процесса		
			+	
1	Название вещества	Серная кислота	Дистиллированная вода	Электролит
2	Объем вещества, см ³	V_k	V_e	$V_{\text{эл}}$
3	Плотность, г/см ³	ρ_k	ρ_e	$\rho_{\text{эл}}$

Математическая модель процесса

$$V_k + V_e = V_{\text{эл}} \quad (13)$$

$$\rho_k V_k + \rho_e V_e = \rho_{\text{эл}} V_{\text{эл}}$$

После решения системы (13); (14) конечные формулы будут иметь следующий вид:

$$V_k = V_{\text{эл}} (\rho_{\text{эл}} - \rho_e) / (\rho_k - \rho_{\text{эл}})$$

$$V_k = V_{\text{эл}} (\rho_{\text{эл}} - \rho_e) / (\rho_k - \rho_e)$$

$$V_e = V_k (\rho_k - \rho_{\text{эл}}) / (\rho_{\text{эл}} - \rho_e)$$

$$V_e = V_{\text{эл}} (\rho_k - \rho_{\text{эл}}) / (\rho_k - \rho_e)$$

$$V_{\text{эл}} = V_k (\rho_k - \rho_e) / (\rho_{\text{эл}} - \rho_e)$$

$$V_{\text{ЭЛ}} = V_{\text{в}} (\rho_K - \rho_B) / (\rho_K - \rho_{\text{ЭЛ}})$$

Надеемся читатель убедился в трудности использования метода продуктового расчета, основанного на использовании готовых конечных формул. Алгоритма запоминания названных формул не существует. Для использования этого метода необходимо иметь значительный объем справочной литературы, охватывающей всё многообразие процессов первичной переработки продукции в АПК.

Алгоритм математического моделирования процессов первичной переработки продукции не требует наличия справочной литературы, запоминания готовых конечных формул.

Рассмотрим этот алгоритм подробнее.

2. Алгоритм математического моделирования процессов первичной переработки продукции в АПК

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.

После этого вычертить и заполнить таблицу.

Рассмотрим это на примере 1:

Вычислить количество сливок жирностью 20% и количество молока жирностью 2,5%, полученных при нормализации 1000 кг высокожирного молока жирностью 4,2%

Сущность процесса – отъём сливок от молока повышенной жирности с целью получения оставшегося молока меньшей стандартной жирности. Нам неважно знать, как это делается, на каких машинах, как этот процесс растянут во времени. Надо знать ответ только на два вопроса - сколько получится сливок и сколько нормализованного молока?

Обозначим количество сливок X , количество нормализованного молока Y и приступим к заполнению таблицы № 5.

Расчет процесса нормализации высокожирного молока

Таблица 5

№	Название и	Графическая интерпретация технологического процесса
---	------------	---

	физические свойства веществ, участвующих в технологическом процессе			
	1	2	3	4
1	Точное название вещества	Высокожирное молоко	Сливки	Нормализованное молоко
2	Масса (объем) вещества, кг; л.	1000	X	Y
3	Содержание жира в веществах, %	4,2	20	2,5

Особенности таблицы

3. Число столбцов в таблице, не считая первого, определяется численностью веществ, участвующих в процессе переработки. В общем случае оно колеблется от трех до нескольких десятков. Необходимо строго соблюдать правило - **для каждого вещества свой столбец.**

4. Число строк в таблице определяется численностью заданных физических свойств веществ. Но и здесь требуется строгое соблюдение правила - первая строка всегда отводится для **точного названия** вещества, вторая - для записи масс или объемов веществ, участвующих в процессе. Последующие строки (3-я; 4-я...) служат для записи числовых значений физических свойств: влажности, жирности, плотности, кислотности, питательности и т.д.

Обращаем внимание читателя на термин **«точное название вещества»** в строке 1 в силу его огромной важности. Невнимательный читатель может написать в строке 1 таблицы, например, такие названия: молочная цистерна, бак со сливками, бочка с молоком. Получится абсурд.

Цистерна, бак, бочка - это предметы, тара, оборудование в конце-концов, но никак не вещество. Эти предметы не могут иметь жирность, плотность и т.д.

И последнее. Математические знаки «-» ; «+»; «=» в графической интерпретации необходимо писать точно на границе между двумя смежными столбцами.

Дальнейшая последовательность расчетов будет такой.

1. После заполнения таблицы, используя графическую интерпретацию процесса и строку № 2, необходимо составить уравнение баланса масс (объемов) веществ в процессе переработки. В примере 1 это уравнение будет иметь вид:

$$1000 - X = Y \quad (15)$$

2. Составить второе уравнение - уравнение баланса физического свойства (в примере 1 - уравнение баланса жира). Для этого необходимо каждый член **первого** уравнения **умножить** на физическую характеристику вещества, представленного в уравнении числом

или условным обозначением, сохранив при этом знаки «-»; «+»; «=» такими, как в первом уравнении. Другая формулировка правила получения второго уравнения. Для составления второго уравнения необходимо **перемножить** данные строки 2 и строки 3 в одноименных столбцах, сохранив математические знаки «-»; «+»; «=» как в первом уравнении.

В примере таблицы 5 второе уравнение будет иметь вид:

$$4,2 \times 1000 - 20X = 2,5Y \quad (16)$$

Перепишем полученные уравнения еще раз

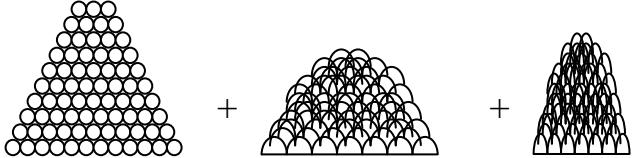
$$1000 - X = Y \quad (15)$$

$$4200 - 20X = 2,5Y \quad (16)$$

Мы получили математическую модель процесса нормализации высокожирного молока до молока стандартной жирности. Решив систему (15), (16), получим $X = 97$ кг; $Y = 903$ кг. Рассмотрим еще несколько примеров получения математических моделей.

Пример 2. В смеситель засыпали измельченный картофель влажностью 70% и питательностью 0,3 к.ед./кг; концентраты влажностью 13%, питательностью 0,95 к.ед./кг; силос влажностью 75%, питательностью 0,25 к.ед./кг. Масса смеси оказалась равной 800 кг, средняя влажность 58%, а питательность смеси 0,44 к.ед./кг.

Определить массу картофеля, концентратов и силоса, вошедших в состав кормосмеси. **Расчет потребности кормов для приготовления кормосмеси** **Таблица 6**

№	Название и физические свойства веществ, участвующих в процессе	Графическая интерпретация процесса получения кормосмеси			
			+		=
1	1	2	3	4	5
1	Точное название вещества	картофель	концентраты	силос	кормосмесь
2	Масса кормов, кг	X	Y	z	800
3	Влажность кормов, %	70	13	75	58
4	Питательность кормов, к.ед./кг	0,3	0,95	0,25	0,44

Математическая модель процесса имеет вид

$$X + Y + Z = 800 \quad (17)$$

$$70X + 13Y + 75Z = 58 \times 800 \quad (18)$$

$$0,3X + 0,95Y + 0,25Z = 0,44 \times 800 \quad (19)$$

Решив полученную систему уравнений, будем иметь:

$$X = 240 \text{ кг};$$

$$Y = 200 \text{ кг};$$

$$Z = 360 \text{ кг}$$

Пример 3. Свежие ягоды клубники, влажностью 80% и содержанием сахара 5%, высушили до влажности 13%. Во сколько раз увеличится содержание сахара в сухой клубнике, если весь сахар при сушке остается в ягодах?

Примечание. В процессах 1-го вида - испарение, выпаривание влаги - при расчете процесса целесообразнее использовать не относительную влажность веществ, а содержание абсолютно сухого остатка.

Этот прием позволяет значительно облегчить решение системы уравнений, так как одно из уравнений получается с одним неизвестным. Заполняем таблицу 7.

Расчет процентного содержания сахара в сухих ягодах клубники

Таблица 7

№	Название и физические свойства веществ, участвующих в процессе	Графическая интерпретация процесса получения кормосмеси		
			-	=
1	2	3	4	
1	Точное название вещества	Свежая ягода клубники	Испарившаяся вода	Сухая ягода клубники
2	Масса веществ, кг	X	Y	Z
3	Величина абсолютно сухого остатка , %	20	0	87
4	Содержание сахара, %	5	0	P

Математическая модель процесса

$$X - Y = Z \quad (20)$$

$$20 X - 0 = 87 Z \quad (21)$$

$$5 X - 0 = P Z \quad (22)$$

Из уравнения (22) находим содержание сахара «P» в сухих ягодах клубники.

$$P = 5 \frac{X}{Z} \quad (23)$$

Отношение $\frac{X}{Z}$ находим из уравнения (21).

$$\frac{X}{Z} = \frac{87}{20}$$

Таким образом, 5-ти процентное содержание сахара в свежей клубнике при сушке увеличится в 4,35 раза и составит 21,75%.

Пример 4. В молочном цехе смонтирована поточная линия по производству сгущенного молока с сахаром со следующими свойствами:

- Содержание сахара свекловичного 15%,
- Содержание жира 8%.
- Общее содержание сухого остатка – 30 %

Производительность линии 1000кг «сгущенки» в сутки.

Определить суточную потребность в сырье:

5. Нормализованного молока, его жирность, если содержание сухого остатка в нем 12%;
6. Сахарного песка влажностью 13%;
7. Количество выпаренной воды, кг/сут.

Вариации исходных данных в этой задаче могут быть весьма разнообразными. Это один из вариантов. Ниже мы убедимся, как легко решаются подобного рода задачи методом математического моделирования. Заметим попутно, что значение численной величины массы выпаренной воды позволит в дальнейшем рассчитать количество тепловой энергии, потребной на выпаривание воды из натурального молока, помятуя о теплоте испарения воды.

Расчет процесса получения сгущенного молока с сахаром Таблица 8

№ п/п	Название и физические свойства веществ, участвующих в процессе	Графическая интерпретация процесса				
	1	1	2	3	4	5
1	Точное название вещества	Натуральное молоко	Выпаренная вода	Сахар свекловичный	Сгущенное молоко с сахаром	
2	Масса веществ, кг/сут	X	Y	Z		1000

3	Содержание жира, %	\mathcal{K}_m	0	0	8
4	Содержание абсолютно сухого остатка, %	12	0	87	30
5	Содержание свекловичного сахара, %	0	0	100	15

Математическая модель процесса

$$X - Y - Z = 1000 \quad (24)$$

$$\mathcal{K}_m \times X - 0 + 0 = 8 \times 1000 \quad (25)$$

$$12X - 0 + 87Z = 30 \times 1000 \quad (26)$$

$$0 - 0 + 100Z = 15 \times 1000 \quad (27)$$

Обратим внимание читателя на то, что уравнение (27) в полученной системе оказалось с одним неизвестным. Из него сразу получаем значение $Z = 150\text{кг}$

Дальнейший ход решения комментарий не требует.

$$X = 1412,5 \text{ кг}; Z = 150 \text{ кг};$$

$$Y = 562,5 \text{ кг}; \mathcal{K}_m = 5,66 \text{ \%}.$$

Но не все так прозрачно, как кажется на первый взгляд. Чтобы у читателя не сложилось «несерьезное» отношение к решению систем 3-х; 4-х и более уравнений сообщим, что **пример 4** подобран специально. Его особенность в том, что коэффициенты при неизвестных X ; Y ; Z в трех уравнениях из четырех равны нулю. Однако чаще всего при решении подобных задач все коэффициенты при неизвестных отличны от нуля.

Пример 5. Суточный рацион коровы, скармливаемый в виде кормосмеси 24 кг/сут, состоит из сена, корнеплодов, сенажа и комбикорма. Характеристика этих кормов имеет следующие показатели - таблица 9.

Рассчитать количество сена, корнеплодов, сенажа и комбикорма, необходимого для получения кормосмеси, содержащей 23 г/кг протеина, 4,1 МДж/кг обменной энергии и 0,37 к.ед/кг питательности (таблица 10).

Характеристика кормов

Таблица 9

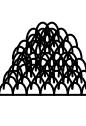
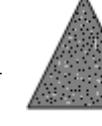
№	Показатели	Сено	Корнеплоды	Сенаж	Комбикорм	Кормосмесь
---	------------	------	------------	-------	-----------	------------

п/п	1	2	3	4	5	6
1	Содержание протеина, г/кг	82	13	39	1,4	24
2	Содержание обменной энергии, МДж/кг	4,6	1,25	3,6	10,2	4,1
3	Питательность к.ед/кг	0,47	0,13	0,3	0,95	0,37

Заполняем таблицу № 10.

Расчет состава кормосмеси

Таблица 10

№ п/п	Название и физические свойства кормов	Графическая интерпретация						
			+		+		+	
1	2	3	4	5	6			
1	Название корма	сено	корнеплоды	сенаж	комбикорм	кормосмесь		
2	Масса кормов, кг	X	Y	Z	K	24		
3	Содержание протеина, г/кг	82	13	39	1,4	23		
4	Питательность, к.ед/кг	0,47	0,13	0,3	0,95	0,37		
5	Содержание обменной энергии МДж/кг	4,6	1,25	3,6	10,2	4,1		

Математическая модель кормосмеси имеет следующий вид:

$$X+Y+Z+K = 24 \quad (28)$$

$$82X+13Y+39Z+1,4K=23 \times 24 \quad (29)$$

$$0,47X+0,13Y+0,3Z+0,95K=0,37 \times 24 \quad (30)$$

$$4,6X+1,25Y+3,6Z+10,2K=4,1 \times 24 \quad (31)$$

Выполнив умножение в правой части уравнений, получим окончательный вид математической модели:

$$X+Y+Z+K = 24$$

$$82X+13Y+39Z+1,4K=552$$

$$0,47X+0,13Y+0,3Z+0,95K=8,88$$

$$4,6X+1,25Y+3,6Z+10,2K=98,4$$

Решив данную систему получим:

$$X = 0,04 \text{ кг}; Z = 11,22 \text{ кг}$$

$$Y = 8,06 \text{ кг}; K = 4,7 \text{ кг.}$$

Результаты расчетов показывают, что сено в рацион можно не включать.

Пример 6. Из суточной нормы кормления свиноматки на долю зерновых кормов (ячмень) приходится 4,5 кормовых единиц (к.ед./гол.). Питательность абсолютно сухого ячменя равна 1,24 к.ед./кг. Сколько голов N свиноматок может прокормить 1га посевов ячменя в течение года, если урожайность зерна на нем составляет 3000 килограмм на гектар при влажности зерна 15%.

Алгоритм решения

1. Вычисляется количество абсолютно сухого зерна, получаемого с 1 га посевов. Для этого заполняем таблицу 11. **Расчет количества абсолютно сухого ячменя, получаемого с 1га посевов.**

Таблица 11

№	Название и физические характеристики веществ	Графическая интерпретация процесса получения кормосмеси			
		1	2	3	4
1.	Точное название вещества	Сыре зерно	Испарившаяся вода		Абсолютно сухое зерно
2.	Масса, кг/га	3000		X	Y
3.	Содержание абсолютно сухого вещества, %	85		0	100

Математическая модель получения абсолютно сухого ячменя:

$$3000 - X = Y \quad (32)$$

$$85 \times 3000 = 100Y \quad (33)$$

Из уравнения (33) находим

$$Y = \frac{85 \times 3000}{100} = 2550 \text{ кг/га}$$

2. Определяется количество абсолютно сухого ячменя, требующееся на одну свиноматку в течении года - G год/гол.

$$G_{год} = \frac{4,5 \frac{к.ед.}{сум \cdot гол}}{1,24 \frac{к.ед.}{кг}} \cdot 365 \frac{сум}{год} = 1324 \frac{кг}{год \cdot гол.}$$

3. Определяется количество свиноматок, которое можно прокормить в течение года урожаем ячменя с одного гектара

$$N = \frac{2550 \text{ кг/га}}{1324 \text{ кг/гол.год}} = 1,92, \text{ т.е. 2 головы/га}$$

Подводя итог сказанному, можно сделать следующий вывод - 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 «п» уравнений с «п» 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. Системы линейных уравнений

Определения.

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

$$AX + BY + CZ = D; \quad (34)$$

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

Системой линейных уравнений называется множество линейных уравнений с неизвестными X, Y, Z..., 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

$$X + Y + Z = 0 \quad (35)$$

$$2X + 2Y + 2Z = 2 \quad (36)$$

$$3X + 3Y + 3Z = 3 \quad (37)$$

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

$$X + Y - Z = 36 \quad (38)$$

$$X - Y + Z = 13 \quad (39)$$

$$-X + Y + Z = 7 \quad (40)$$

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 K 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 (уравнения 15, 16),

$$1000 - X = Y \quad (15)$$

$$4200 - 20 X = 2,5 Y \quad (16)$$

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.

3.1. 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.

$$X + Y + Z = 800 \quad (17)$$

$$70X + 13Y + 75Z = 46400 \quad (18)$$

$$0,3X + 0,95Y + 0,25Z = 352 \quad (19)$$

Последовательность процедуры такова:

1. Надо исключить неизвестное X из уравнения (18). Для этого все члены уравнения (17) необходимо умножить на коэффициент при X в уравнении (18). Этот коэффициент равен 70. Строго говоря, надо все члены уравнения (17) умножить на отношение коэффициента при X в уравнении (18) к коэффициенту при X в уравнении (17), т.е. все члены уравнения (17) надо умножить на дробь 70/1 и переписать систему заново

$$70X + 70Y + 70Z = 70 \times 800 \quad (17.1)$$

$$70X + 13Y + 75Z = 46400 \quad (18)$$

$$0,3X + 0,95Y + 0,25Z = 352 \quad (19)$$

2. Теперь необходимо вычесть почленно уравнение (18) из уравнения (17.1).

Полученное новое уравнение надо записать на место уравнения (18).

$$X + Y + Z = 800 \quad (17)$$

$$57Y - 5Z = 9600 \quad (18.1)$$

$$0,3X + 0,95Y + 0,25Z = 352 \quad (19)$$

3. Для исключения X из уравнения (19) по аналогии с предыдущими действиями все члены уравнения (17) умножить на 0,3; точнее на отношение 0,3/1

$$0,3X + 0,3Y + 0,3Z = 240 \quad (17.2)$$

$$57Y - 5Z = 9600 \quad (18.1)$$

$$0,3X + 0,95Y + 0,25Z = 352 \quad (19)$$

8. Вычесть уравнение (17.2) из уравнения (19) и полученное новое уравнение (19.1) записать на месте уравнения (19).

$$X + Y + Z = 800 \quad (17)$$

$$57Y - 5Z = 9600 \quad (18.1)$$

$$0,65Y - 0,05Z = 112 \quad (19.1)$$

5. Теперь, не трогая уравнение (17) надо исключить неизвестное Y из уравнения (19.1). Для этого каждый член уравнения (18.1) умножим на дробь $0,65/57$. Здесь $0,65$ - коэффициент при Y в уравнении (19.1), а 57 -коэффициент при Y в уравнении (18.1). $X + Y + Z = 800$

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

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

Перепишем систему, произведя сокращения

$$X + Y + Z = 800 \quad (17)$$

$$0,65Y - 0,05Z = 109,5 \quad (18.2)$$

$$0,65Y - 0,05Z = 112 \quad (19.1)$$

6. Вычтем уравнение (18.2) из уравнения (19.1) и перепишем систему.

$$X + Y + Z = 800 \quad (17)$$

$$0,65Y - 0,05Z = 109,5 \quad (18.2)$$

$$0,007Z = 2,5 \quad (19.2)$$

Полученное уравнение (19.2) - 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.

3.2. 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:

$$\begin{bmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{bmatrix} \quad (41)$$

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

Итак, по определению определитель матрицы равен

$$\Delta = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{vmatrix} = a_1 b_2 - a_2 b_1 \quad (42)$$

Рассмотрим систему двух линейных уравнений из примера 1

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

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 :

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

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

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

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:

$$\begin{pmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{pmatrix} \quad (43)$$

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 (42), или определитель третьего порядка, обозначается

$$\Delta = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} \quad (44)$$

Этот определитель выражается через определители второго порядка следующим образом:

$$\Delta = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} = a_1 \begin{vmatrix} b_2 & c_2 \\ b_3 & c_3 \end{vmatrix} - b_1 \begin{vmatrix} a_2 & c_2 \\ a_3 & c_3 \end{vmatrix} + c_1 \begin{vmatrix} a_2 & b_2 \\ a_3 & b_3 \end{vmatrix} \quad (45)$$

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

$$\Delta = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} = a_1 b_2 c_3 - a_1 b_3 c_2 - a_2 b_1 c_3 + a_3 b_1 c_2 + a_2 b_3 c_1 - a_3 b_2 c_1 \quad (46)$$

Формулу (45) запомнить значительно легче, чем формулу (46), если заметить следующее правило построения слагаемых в правой части равенства (44):

Берем первый элемент первой строки матрицы (43), т.е. a_1 и умножаем его на определитель матрицы второго порядка, получающийся из исходной матрицы (43) 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 (43) 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 (45) 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.

4. Технологические задачи

4.1. Переработка молока

4.1.1. Для нормализации молока жирностью 4% в него влили такое же количество маложирного молока жирностью 0,1%, но требуемой жирности в 3,2% не получили. Лишь после добавления сливок жирностью 20% получили требуемую жирность, а общая масса нормализованного молока оказалась 4,5 тонны. Определить количество жирного молока, маложирного молока и количество сливок, использованных для нормализации.

4.1.2. В баке 830кг молока жирностью 2,2%. Для нормализации молока до жирности 2,5% необходимо отобрать часть молока, разделить его на сливки жирностью 25% и обрат. Сливки вернуть в бак и перемешать. Вычислить количество нормализованного молока, если жирность обрата 0,04%. Вычислить количество обрата и сливок.

4.1.3. Из молочного порошка жирностью 28% готовится питьевое молоко путем разбавления его водой. Сколько кг воды надо затратить на 1 кг порошка, чтобы получить жирность питьевого молока 1,5%; 2,5%; 3,5%?

4.1.4. Из сгущенного молока жирностью 12% готовится обычное питьевое молоко путем разбавления сгущенного молока кипяченой водой. В каком соотношении надо смешать сгущенное молоко и воду, если питьевое молоко должно быть 1,5%; 2,5%; 3% жирности?

4.1.5. Цельное молоко имеет плотность $1,032 \text{ г}/\text{см}^3$ и жирность 4,8%. Построить график изменения жирности в зависимости от изменения плотности молока, получаемого разбавлением цельного молока водой. Плотность воды $1 \text{ г}/\text{см}^3$.

4.1.6. 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%.

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

4.1.8. 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.

4.1.9. 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?

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.

2.11 Практическое занятие 11 (ПЗ-11). (2 часа).

Тема: Сервис и техническое обслуживание оборудования животноводства.

2.11.1 Цель работы: изучить существующие формы организации ТО фермского оборудования и выбор форм организации ТО

2.11.2 Задачи работы:

1. Выбор способа расчета объема работ
2. Расчет объема работ.
3. Расчет количества обслуживающего персонала пункта технического обслуживания

Планомерное развитие и расширение масштабов внедрения технического обслуживания машин и оборудования животноводческих ферм и комплексов сопровождается совершенствованием форм и методов организации этой работы в колхозах, совхозах и районных ремонтных предприятиях. При этом сложились три основных формы организации технического обслуживания машин и животноводческих ферм: силами и средствами только самих колхозов и совхозов, силами и средствами колхозов и совхозов с участием районных ремонтных предприятий, силами и средствами районных предприятий. Во всех трех случаях ежедневное техническое обслуживание машин и оборудования обеспечивают и слесари ферм.

Различия между указанными формами организации определяются объемом и комплексностью работ по техническому обслуживанию и эксплуатационному ремонту машин и оборудования животноводческих ферм и комплексов различными предприятиями.

При первой форме организации технического обслуживания и эксплуатационного ремонта машин и оборудования ежедневное техническое обслуживание выполняют операторы и слесари ферм, а периодическое ТО-1 и ТО-2 звенья мастеров - наладчиков колхозов и совхозов. Производственной базой для мастеров-наладчиков является общехозяйственный пункт технического обслуживания и текущего ремонта, а также прифермские пункты и передвижные средства технического обслуживания. Прифермские пункты создаются на крупных фермах и комплексах.

Выездные звенья организуются на базе автопередвижных мастерских АЖ-М и ММТОЖ-53 при наличии в хозяйстве мелких территориально разбросанных животноводческих ферм.

Общехозяйственный пункт технического обслуживания и текущего ремонта машин и оборудования животноводческих ферм и комплексов при центральной ремонтной мастерской

хозяйство имеет склад запасных частей и ремонтных материалов, обменного фонда узлов и механизмов.

При второй форме организации текущего обслуживания машин и оборудования животноводства организационная схема и производственная база остаются одинаковыми с первой формой. Различие состоит в том, что для проведения технического обслуживания ТО-1 и ТО-2 отдельных сложных машин и оборудования, таких как холодильные установки, доильные аппараты, насосные оборудование автоматики, на договорной основе привлекаются станции технического обслуживания районного ремонтного предприятия. Последние организуют для этих целей необходимое количество выездных звеньев слесарей-наладчиков и строго по графику обеспечивают периодическое техническое обслуживание переданных им машин и оборудования. При этом примерно 60...70% указанных работ по обслуживанию они выполняют непосредственно на фермах, а остальное на станциях технического обслуживания, широко пользуясь имеющимися в них обменным фондом узлов и агрегатов, которые поставляют на фермы бригады слесарей-наладчиков.

Третья форма организации технического обслуживания распространена там, где ремонтно-техническая база и ощущается острая нехватка механизаторских кадров. В этом случае колхозы и совхозы заключают договор с ремонтным районным предприятием на периодическое техническое обслуживание всех имеющихся в животноводстве машин и оборудования. Если в их число входит оборудование кормоцехов, систем водоснабжения, канализации и утилизации навоза, то такую форму организации технического оборудования называют комплексной.

Станция технического обслуживания ремонтного предприятия в зависимости от трудоемкости обслуживания принятых машин и оборудования,

расстояние до животноводческих ферм и комплексов, а также состояние дорог организует необходимое количество выездных бригад слесарей-наладчиков, которые строго по графику согласованному с зооветеринарной службой хозяйства и района, периодически по одному разу в месяц посещают каждую животноводческую ферму или комплекс и обслуживают закрепленную за ними технику. При этом бригады слесарей-наладчиков не только техническое обслуживание, но при необходимости осуществляют текущий ремонт машин, а также обеспечивают операторов и слесарей ферм нормативным запасом быстроизнашивающихся деталей и ремонтных материалов, технической и учетной информацией.

При третьей форме организации технического обслуживания в хозяйствах не нужно иметь общеколхозные и общесовхозные пункты технического обслуживания машин и

оборудования животноводческих ферм, склады запасных деталей и обменного фонда узлов и агрегатов по механизации животноводства, звеньев мастеров-наладчиков для проведения периодического технического обслуживания, пункты по техническому обслуживанию электрооборудования и холодильных установок.

Совхозы и колхозы проводят только ежемесячное техническое обслуживание и устранение отказов первой группы сложности, которые можно устранить регулировкой или заменой детали, набором инструментов, прилагаемых к машине, без разборки узлов и механизмов.

При третьей форме организации предполагается хорошая сеть дорог для связи с хозяйствами района.

Как показывают исследования большинство колхозов и совхозов находятся на значительном расстоянии от станций технического обслуживания, имеют плохое состояние внутрихозяйственных дорог, территориально разбросанных ферм, что сильно затрудняет и удорожает комплексное техническое обслуживание силами районного ремонтного предприятия.

Учитывая все специфические особенности ОАО «Единство» Шпаковского района, целесообразно применить для технического обслуживания комплекс вторую форму организации. При этом отпадает необходимость приобретения хозяйством передвижных средств технического обслуживания на базе передвижных мастерских АЖ-М или ММТОЖ-53, так как нет мелких разбросанных ферм, все они находятся в центральной усадьбе.

1 Выбор способа расчета объема работ

Важное условие повышения уровня организации и эффективности технического обслуживания, технической эксплуатации машин и оборудования комплекса - четкое планирование работ и правильное определение состава мастеров - наладчиков, слесарей ферм для периодических и ежемесячных технических обслуживаний технических средств механизации.

Объем работ по техническому обслуживанию машин и оборудования на комплексах и фермах для расчета потребности в рабочих технической оснастке определяют несколькими способами [3, 4].

Первый способ: общее количество скота в районе, области или республике умножают на удельную годовую трудоемкость технического обслуживания машин и оборудования к единице поголовья.

Второй способ: разрабатывают годовой план-график технического обслуживания с указанием периодичности и трудоемкости их проведения. Примерное значение трудоемкости обслуживания находят в справочных материалах. Затраты рабочего времени умножают на число обслуживаний и получают общую трудоемкость.

Третий способ: объем работ по техническому обслуживанию планируют в денежном выражении. Для этого предварительно рассчитывают годовую цену планового технического обслуживания одной машины и умножают на количество машин и оборудования, принятых на обслуживание, определяют объем работ по обслуживанию в денежном выражении.

Первый способ расчета объемов работ рекомендуется применять при разработке общих планов организации технического обслуживания

машин и оборудования в масштабе района, области для получения примерных данных.

Третий способ является очень трудоемким, поэтому второй способ наиболее подходит нам для технологического в проекте механизации комплекса ОАО «Единство», и этот способ дает более точные показатели.

2 Расчет объема работ

Основными исходными данными является трудоемкость и периодичность обслуживания машин и оборудования комплекса, а также количество машин данной марки в хозяйстве на конец года или при их планировании.

Годовая трудоемкость для ежедневного T_{ETO} и периодического T_{PTO} [4, 22] определяется по формуле

$$T_{ETO} = (m_1 t_1 + m_2 t_2 + m_3 t_3 + \dots m_n t_n) \cdot N_{ETO}, \quad (1.1)$$

$$T_{PTO} = (m_1 t'_1 + m_2 t'_2 + m_3 t'_3 + \dots m_n t'_n) \cdot N_{PTO}, \quad (1.2)$$

где $m_1, m_2, m_3, \dots m_n$ - количество машин каждой марки, которые проходят техническое обслуживание;

$t_1, t_2, t_3, \dots m_n t_n$ - трудоемкость ежедневного технического обслуживания для машин каждой марки, чел.-ч;

$t'_1, t'_2, t'_3, \dots t'_n$ - трудоемкость периодического технического обслуживания для машин каждой марки, чел.-ч;

N_{ETO}, N_{PTO} - количество соответственно ежемесячных и периодических обслуживаний.

Расчет объема работ представлен в таблице 2.1. В результате расчетов получаем - объем работ по ежемесячному техническому обслуживанию $T_{\text{ETO}} = 8471,6$ чел.-ч. Объем работ по ТО-1 и ТО-2 соответственно $T_{\text{TO-1}} = 935,04$ чел. ч; $T_{\text{TO-2}} = 176,9$ чел.-ч.

В ОАО «Единство» регламентировано техническое обслуживание фермского оборудования средствами хозяйства с участием районного ремонтного предприятия. ОАО «Единство» проводит ежедневное техническое обслуживание и периодическое простых машин. Периодическое техническое обслуживание сложных машин АДМ-8А, ВЭТ-400, УТН-10 проводит районное ремонтное предприятие. Трудоемкость обслуживания данных машин $T_{\text{TO}} = 1435,92$ чел.-ч, что составляет 15,3% от общей трудоемкости всех машин и оборудования комплекса. Из общего объема трудоемкости обслуживания, силами районного ремонтного предприятия 70...75% выполняется выездными звеньями мастеров наладчиков, остальное - рабочими производственных участков.

$$Q_{\text{TO-1 и TO-2}} = 0,75 \cdot T_{\text{TO}} = 0,75 \cdot 1435,92 = 1076,94 \text{ чел.-ч};$$

$$Q_{\text{СТО}} = 0,75 \cdot T_{\text{TO}} = 0,25 \cdot 1435,92 = 358,98 \text{ чел.-ч}.$$

3 Расчет количества обслуживающего персонала пункта технического обслуживания

Нужное количество мастеров-наладчиков для пункта технического обслуживания комплекса определяем по формуле

$$P_{\text{МН}} = Q_{\text{МН}} / \Phi_{\text{д}}, \quad (1.3)$$

где $Q_{\text{МН}}$ - объем работ мастеров-наладчиков пункта ТО, чел.-ч;

$\Phi_{\text{д}}$ - фонд времени мастеров-наладчиков при шестидневной рабочей неделе, ч.

$$\Phi_{\text{д}} = (\Delta_{\text{к}} - \Delta_{\text{в}} - \Delta_{\text{п}} - \Delta_{\text{o}}) \cdot t_{\text{см}} \cdot \eta_{\delta} \cdot \tau_0, \quad (1.4)$$

где $\Delta_{\text{к}}$ - число календарных дней в году, $\Delta_{\text{к}} = 365$ дней;

$\Delta_{\text{в}}$ - число выходных дней, $\Delta_{\text{в}} = 52$ дня;

$\Delta_{\text{п}}$ - число праздничных дней, $\Delta_{\text{п}} = 9$ дней;

Δ_{o} - число отпускных дней, $\Delta_{\text{o}} = 24$ дня в год;

$t_{\text{см}}$ - время одной смены, $t_{\text{см}} = 8$ часов;

η_{δ} - КПД рабочего, $\eta_{\delta} = 0,97$;

τ_0 - коэффициент, учитывающий потери рабочего времени на месте, $\tau_0 = 0,85$.

$$\Phi_d = (365 - 52 - 9 - 24) \cdot 8 \cdot 0,97 \cdot 0,85 = 1860 \text{ ч.}$$

Число мастеров-наладчиков будет

$$P_{\text{мн}} = 9583,5 / 1860 = 5,15 = 5 \text{ чел.}$$

Получается число мастеров-наладчиков 5 человек, по два на каждый участок пункта технического обслуживания, из них один является старшим. Число слесарей ферм комплекса определяем по формуле

$$P_{\text{с.ф.}} = Q_{\text{с.ф.}} / \Phi_d, \quad (15)$$

где $Q_{\text{с.ф.}}$ - объем работ слесарей по обслуживанию, чел.-ч;

Φ_d - фонд времени слесарей при шестидневной рабочей неделе, ч.

$$\Phi_d = (365 - 52 - 9 - 24) \cdot 8 \cdot 0,97 = 2188,32 \text{ ч.}$$

Число слесарей будет

$$P_{\text{с.ф.}} = 8471,6 / 2188,32 = 3,87 = 4 \text{ чел.}$$

Принимаем число слесарей для комплекса $P_{\text{с.ф.}} = 4$ чел.

2.12 Практическое занятие 12 (ПЗ-12). (2 часа).

Тема: Механизация и автоматизация процессов в овцеводстве.

2.12.1 Цель работы: изучить конструкцию стригальных машинок, изучить методику расчета процесса стрижки.

2.12.2 Задачи работы:

1. Назначение и техническая характеристика.
2. Устройство и принцип работы.
3. Подготовка к работе и правила эксплуатации.
4. Характерные неисправности.
5. Меры безопасности.
6. Расчет процесса

2.12.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Стригальные машинки МСУ-200, МСО-77Б
2. Плакаты
3. Методические указания

2.12.4 Описание (ход) работы:

Общие сведения. Одна из наиболее ответственных и трудоемких операций в овцеводстве - стрижка.

При машинной стрижке производительность труда стригалей в 3...5 раз выше, чем при ручной стрижке, увеличивается настриг шерсти на 8...13% за счет более низкого и ровного среза, улучшается качество шерсти за счет снижения процента сечки.

Исходя из физиологических особенностей животных оптимальная продолжительность стрижки овец в хозяйстве должна составлять 20...25 сут.

Необходимое число машинок n_M в стригальном агрегате определяют по формуле:

$$n_M = m_{ov} / (T_{cm} C_1 C_2 C_3),$$

где m_{ov} – поголовье овец, подлежащее стрижке; k – коэффициент использования времени смены, равный 0,70...0,75; T_{cm} – продолжительность смены, ч; C_1 – число смен работы; C_2 – часовая производительность одной машинки (8...10 овец); C_3 – продолжительность стрижки овец, сут.

В хозяйствах обычно применяются стригальные машинки МСУ-200 со встроенным высокочастотным двигателем, а в небольших хозяйствах, работающих на семейном подряде, при обслуживании до 500...600 гол.— машинки МСО-77Б (в дальнейшем они постепенно будут заменяться стригальными машинками МСУ-200).

Машинка МСО-77Б (рис. 1) состоит из режущего аппарата, нажимного, эксцентрикового и шарнирного механизмов и корпуса. Масса машинки 1,1 кг; ширина захвата режущего аппарата 76,8 мм; число двойных ходов ножа в минуту 2300.

Режущий аппарат служит для срезания шерсти и состоит из гребенки 1 и ножа 2, изготовленных из легированной стали и имеющих шлифованные поверхности контакта. На гребенке в форме пластины толщиной 3,2 мм нарезано 13 зубьев с шагом 6,4 мм. Для лучшего входа в шерсть овцы и предотвращения повреждений кожи зубья гребенки

выполнены тонкими и закруглены снизу. На гребенке предусмотрены два отверстия для крепления к державке точильного аппарата и два паза для крепления к передней части корпуса 15 машинки. С целью уменьшения площади соприкосновения гребенки с ножом на ее рабочей поверхности сделан криволинейный паз. Нож режущего аппарата снабжен четырьмя зубьями с шагом 19,2 мм. Форма ножа коробчатая, толщина стенок 1,1...2 мм.

Тонкие стенки придают ему эластичность, а коробчатость — жесткость конструкции. Нож в режущем аппарате устанавливается поверх гребенки и имеет шесть отверстий: два (конических) под усики нажимных лапок и два для крепления ножа к державке точильного аппарата при заточке.

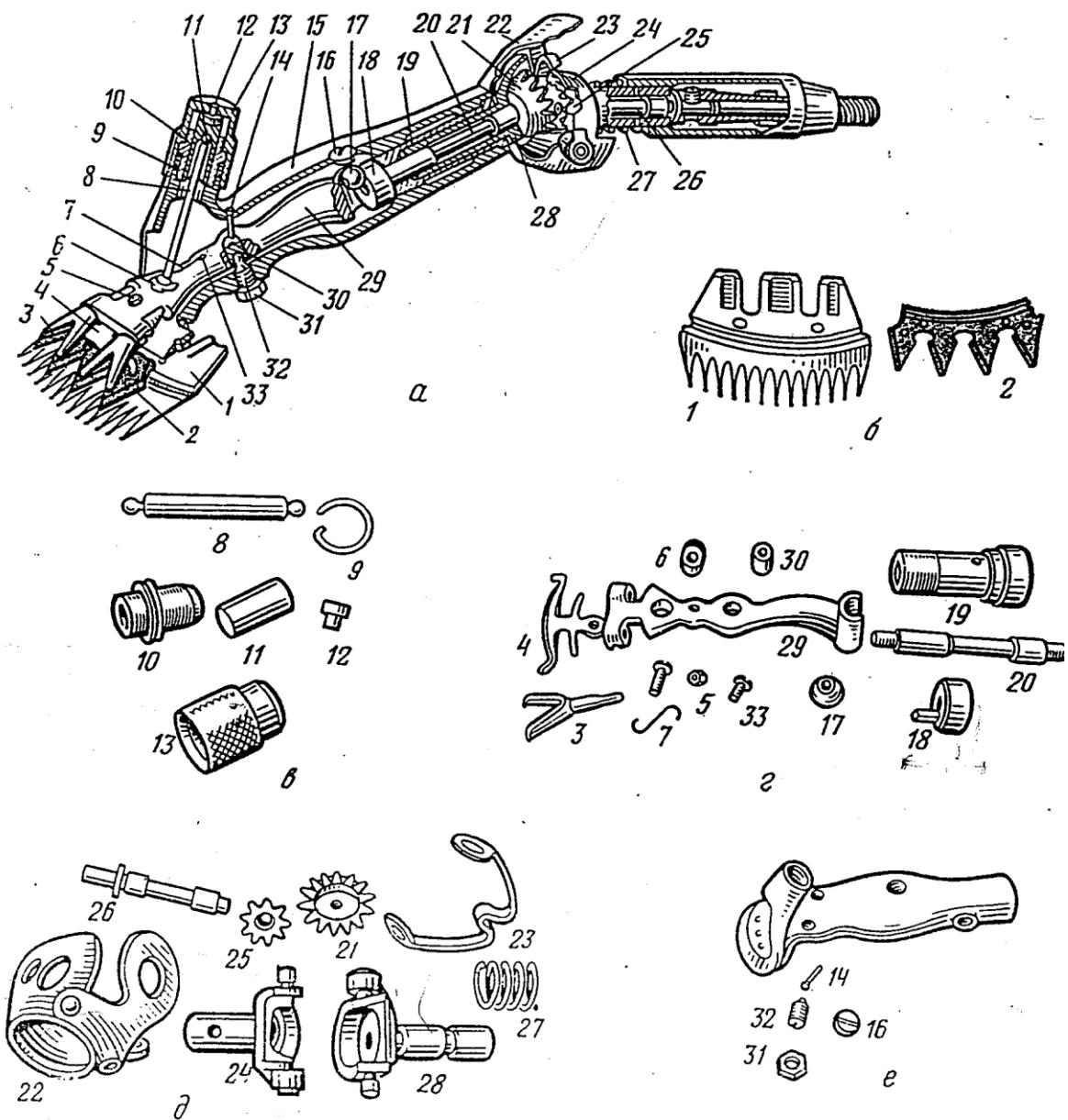


Рис. 1 Общий вид (а) машинки МСО-77Б для стрижки овец и детали режущего аппарата (б), нажимного (в), эксцентрикового (г), шарнирного (д) механизмов и корпуса (е): 1 - гребенка; 2 - нож; 3 - нажимная лапка; 4 - пружина нажимных лапок; 5 - гайка; 6 - подпятник стержня; 7, 27 - пружины; 8 - упорный стержень; 9 - стопорная пружина; 10 - штуцер; 11 - нажимной патрон; 12 - упор патрона; 13 - нажимная гайка; 14 - предохранительный винт; 15 - корпус; 16 - заглушка; 17 — ролик; 18 — эксцентрик; 19 —

втулка; 20 - валик; 21 - большая шестерня; 22 - наружный кожух; 23 - замок шарнира; 24 - наружный кожух шарнира; 25 - малая шестерня; 26 - передаточный валик; 28 - внутренний кожух шарнира; 29 - рычаг; 30 - подпятник; 31 - контргайка; 32 - центр вращения; 33 – винт

Нажимной механизм обеспечивает минимально необходимый зазор между рабочими плоскостями ножа и гребенки. Он состоит из штуцера 10, установленного одним концом в корпусе 15 машинки. На второй конец штуцера навинчивается нажимная гайка 18, которая через упор 12 нажимного патрона 11 и стержень 8 давит на рычаг 29 машинки. В передней части рычага вставляются двурогие лапки 8, передающие давление на нож и обеспечивающие его прижим к гребенке. Чтобы стержень 8 не выпадал в период ослабления нажимной гайки, на его головку надевают пружину 7, прикрепленную винтом 83 к рычагу.

Эксцентриковый механизм служит для преобразования вращательного движения валика 20 в колебательное движение рычага 29, приводящего в движение нож. На валик 20 навернут эксцентрик 18 с пальцем, на который надевается ролик 17. При вращении валика ролик, находящийся в пазу рычага 29, перемещается вдоль паза и отклоняет его хвостовик вправо и влево от среднего положения, чем обеспечивает колебательное движение ножа через нажимные лапки. Лапки удерживаются на рычаге 29 пружиной 4 и крепятся к нему винтом с гайкой 5. Рычаг 29 установлен на подпятнике 80, который регулируется по высоте. Центр вращения 82 от самопроизвольного отворачивания фиксируется контргайкой 81. Регулировка центра вращения рычага обеспечивает равномерное распределение давления, передаваемого нажимным механизмом на нож.

Шарнирный механизм облегчает стригалю управление стригальной машинкой в процессе работы и позволяет передавать крутящий момент от гибкого вала при любом положении машинки. Он состоит из наружного и внутреннего кожухов, замка 28 шарнира, предохраняющего кожухи от разъединения, передаточного валика 25 и двух шестерен 25 и 21 (с числом зубьев соответственно 10 и 12). От попадания шерсти шарнирный механизм защищен кожухами. На наружный кожух надевают наконечник брони гибкого вала машинки; при этом палец кожуха входит в фигурный паз наконечника брони и пружиной 27 удерживается от произвольного размыкания.

Корпус 15 соединяет все механизмы машинки и является одновременно рукояткой, в которой сделаны три резьбовые отверстия: верхнее - смотровое с заглушкой 16 для смазки ролика эксцентрика, отверстие с предохранительным винтом 14 и нижнее - для крепления центра вращения 82 рычага 29. В передней части корпуса имеется площадка с двумя винтами крепления гребенки; в задней части расположена втулка 19 с шарнирным механизмом и отверстием для смазки, закрытым заглушкой. С целью удобства работы корпус машинки обшил чехлом из войлока или сукна.

Гибкий вал ВГ-10 передает вращение от электродвигателя к машинке. Сердечник гибкого вала диаметром 10 мм изготовлен из четырех стальных проволочных спиралей, навитых одна на другую в разных направлениях.

Навивка верхней спирали правая, что не дает возможности раскручиваться спиралям сердечника при его работе, так как вращение вала электродвигателя левое (против часовой стрелки, если смотреть со стороны гибкого вала). В концы сердечника вставлены разрезные наконечники, укрепляемые гайками. Сверху сердечник закрывается трубчатым панцирем, изготовленным из профицированной стальной ленты. Панцирь имеет также наконечники для крепления их к электродвигателю и машинке. Масса вала ВГ-10 - 1,6 кг.

Электродвигатель АОЛ-012-3С (асинхронный трехфазный) предназначен для привода машинки через гибкий вал. В верхней части двигателя имеется скоба. Мощность двигателя 0,12 кВт, напряжение 220/380 В, сила тока 0,59...0,35 А (при 46,6 с'), масса 3,4 кг. Силовая и осветительная сети агрегата ЭСА-12Г передают от источников питания электрическую энергию к электродвигателям и осветительным лампам. Сеть представляет собой четырехжильный шнур ШРПС, в котором три жилы токоведущие, а четвертая предназначена для заземления корпусов электродвигателей и точильного аппарата.

Управляются электродвигатели кнопочными пускателями и ПНВ-30. С целью освещения рабочих мест от сети устроено шесть отводов с патронами для электроламп. Сеть снабжена распределительным ящиком ЯРВ-60СШ, который состоит из металлического корпуса со штепсельными соединениями на боковых стенках. Левое соединение предназначено для включения в сеть распределительного ящика, правое - для включения пресса или других агрегатов. Штепсельные соединения имеют четвертый контакт для заземления. Устройство заземления сети состоит из двух металлических труб-заземлителей и провода марки П Р Г-500-2,5.

Машинка МСУ-200 предназначена для снятия шерстного покрова с овец и состоит из стригальной головки, асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором и шнура питания.

Стригальная головка включает в себя режущий аппарат, нажимной, эксцентриковый и передаточный механизмы (рис. 2).

Режущий аппарат, эксцентриковый и нажимной механизмы аналогичны соответствующим сборочным единицам машинки МСО-77Б.

Передаточный механизм состоит из зубчатого колеса 13, посаженного на вал 28 эксцентрика и приводимого во вращение от вала-шестерни 24 ротора электродвигателя.

Вал эксцентрика с роликом 29 и двуплечий рычаг 83 обеспечивают преобразование вращательного движения электродвигателя в возвратно-поступательное движение ножа 'так же, как и у машинки МСО-77Б.

Передаточное отношение вала-шестерни и прямозубого колеса составляет 1:5.

Трехфазный асинхронный с короткозамкнутым ротором электродвигатель машинкимещен в алюминиевый корпус цилиндрической, формы с ребрами для охлаждения и фланцем для подсоединения к стригальной головке. На заднем конце вала ротора электродвигателя установлен двухлопастной вентилятор 21, закрепленный штифтом. На конце корпуса электродвигателя налета и закреплена тремя винтами крышка. Вал-шестерня ротора электродвигателя вращается в подшипниках 16. Задний подшипник посажен в стальную втулку, армирующую корпус электродвигателя. В передней части электродвигатель закрыт подшипниковым щитом 15, в котором размещен передний подшипник вала-шестерни ротора. Подшипниковый щит выполнен из алюминия и армирован стальной втулкой под гнездо подшипника.

Фланец корпуса электродвигателя присоединен к фланцу корпуса стригальной головки посредством трех стяжных винтов 25, которые вворачиваются в квадратные гайки, вставленные в пазы корпуса электродвигателя. Шнур питания имеет длину 2,5 м (в агрегате для стрижки верблюдов - 15 м). Он состоит из трех токопроводящих жил и шелкового шнура, заключенных в резиновую трубку.

Провода безразъемно соединены с выводными концами электродвигателя. Шелковый шнур служит для восприятия механических нагрузок, так как он меньше длины токопроводящих жил, что предохраняет их от повреждений.

Резиновая трубка вставлена в резиновый наконечник на kleю, который предназначен для гашения вибраций, передаваемых стригальной машинкой на шнур питания.

Наконечник крепится к электродвигателю фиксатором 20. Стригальные машинки МСУ-200 имеют следующие преимущества перед машинками МСО-77Б: отсутствие реактивного момента, создаваемого гибким валом; питание электродвигателя током пониженного напряжения (36 В); повышение производительности (на 20...40%) за счет лучшей маневренности машинки при стрижке.

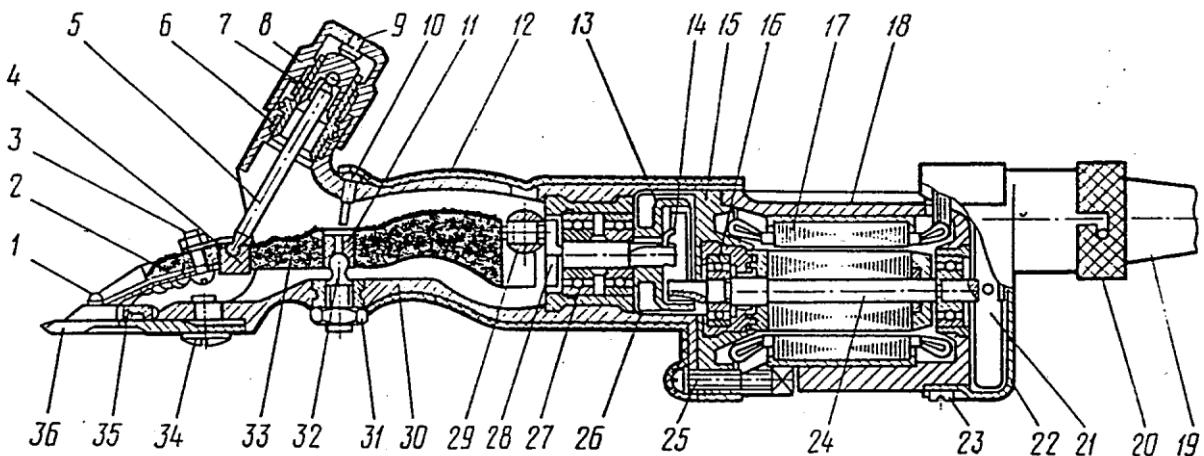


Рис.2 Схема стригальной машинки МСУ-200:

1 - левая прижимная лапка; 2 - правая прижимная лапка; 3 - гайка M4; 4 - подпятник упорного стержня; 5 - упорный стержень; 6 - штуцер; 7 - нажимной патрон; 8 - нажимная гайка; 9 - упор патрона; 10 - предохранительный винт; 11 - подпятник центра вращения; 12 - чехол; 13 - зубчатое колесо; 14 - штифт; 15 - подшипниковый щит; 16 - подшипник № 80018; 17 - статор; 18 - корпус электродвигатели; 19 - шнур питания; 20 - фиксатор; 21 - вентилятор; 22 - задняя крышка; 23, 25 - винты; 24 - вал-шестерня ротора; 26 - дистанционная втулка; 27 - подшипник № 800290; 28 - вал эксцентрика; 29 - ролик; 30 — корпус; 31 - специальная гайка; 32 - центр вращения; 33 - рычаг; 34 - винт гребенки; 35 - нож; 36 - гребенка

Технические характеристики стригальных машинок

Показатель	МСО-77Б	МСУ-200
Ширина захвата, мм	76,8	76,8 Высота
среза, мм	5 - 8	4-8
Число двойных ходов ножа, мм	2300	2200 Число
зубьев ножа	4	4
Число зубьев гребенки	13	13 Мощность
электродвигателя, кВт	0,12	0,115 Напряжение,
В	220/380	36
Частота, Гц	50	200
Габариты, мм	-	306Х 82Х 115
Масса, кг	1,12	2,1
	(без гибкого вала)	(со шнуром питания)

На качество и скорость стрижки в большой степени влияет правильность заточки режущих пар. Перед заточкой ножи и гребенки очищают от жира и промывают в керосине или горячей воде. При помощи волосяной кисти наносят на диск точильного аппарата тонкий слой наждачной пасты густой консистенции, состоящей из шлифовального порошка, индустриального масла (моторного М-8А) и керосина. Пасту разводят до кашеобразного состояния, при котором смесь удерживается на рабочей поверхности заточного диска.

Надевают нож и гребенку на штифты держателя так, чтобы зубья были направлены вверх, против вращения диска. При заточке нож или гребенку прижимают держателем к вращающемуся диску, медленно перемещая держатель вправо или влево по поверхности диска и выходя за пределы заточной поверхности не более чем на один зуб ножа или два зуба гребенки.

Нажим не должен быть сильным, так как это может вызвать перегрев и ухудшение качества затачиваемых пар. В процессе заточки должно наблюдаться искрение из-под затачиваемой поверхности. В случае прекращения искрения необходимо вновь нанести наждачную пасту на поверхность диска.

Качество заточки режущих пар проверяют по режущим кромкам: они не должны иметь заусенцев. Просвет между рабочей поверхностью ножа и локальной линейкой должен составлять не более 0,05 мм.

При многократной заточке зубья гребенки принимают остро-, конечную форму. Чтобы не ранить овец при стрижке, концы зубьев следует притупить на наждачном камне и отполировать на дереве мягкой породы. После заточки нож и гребенку промывают в керосине. Нож и гребенку устанавливают на машинку в следующем порядке: надевают заточенный нож на нажимные лапки; накладывают нож на гребенку; слегка прижимают гребенку винтами; прижимают нож к гребенке нажимной гайкой; затягивают винты гребенки после установки ножа и гребенки.

Стригальные установки

Агрегат ЭСА-1Д применяется для стрижки овец в индивидуальных хозяйствах и стад с поголовьем до 500 овец. Он состоит из машинки для стрижки овец МС0-77Б, приводного гибкого вала ВГ-10 с арматурой, подвесного электродвигателя и пускателя. Производительность агрегата 8 гол/ч.

Агрегат ЭСА-6/200 предназначен для стрижки овец и верблюдов. Он состоит из шести высококачественных стригальных машинок МСУ-200, преобразователя частоты тока ИЭ-9403, точильного аппарата ТА-1 и переносной электрической сети.

Преобразователь частоты тока служит для преобразования трехфазного тока частотой 50 Гц напряжением 380/220 В в переменный трехфазный ток повышенной частоты 200 Гц напряжением 36 В.

Точильный агрегат применяют для заточки режущих пар стригальных машинок.

Переносная электрическая сеть предназначена для передачи электроэнергии от преобразователя тока к стригальным машинкам, что позволяет использовать агрегат в пастбищных условиях.

Соединение сети со шнурами питания машинок осуществляется через шесть распределительных коробок.

Обслуживают агрегат наладчик, шесть стригалей, пять рабочих и точильщик.

Электростригальный агрегат ЭСА-12/200 служит для стрижки овец в хозяйствах с поголовьем до 10 тысяч животных.

В состав агрегата входят те же сборочные единицы, что и в агрегат ЭСА-6/200, только число высокочастотных машинок МСУ-200 доведено до 12 и вместо преобразователя частоты тока ИЭ-9403 поставлен ИЭ-9401.

Электростригальный агрегат ЭСА/200А также имеет 12 высокочастотных стригальных машинок, статический ферромагнитный преобразователь частоты тока, полуавтомат 3 (рис. 2) для заточки режущих пар, шнуры 11 питания машинок, электрическую сеть 7, крюки 6, заземлитель 1 с проводом 2. К точильному агрегату и преобразователю тока имеются отводы 4.

Отсутствие вращающихся деталей в преобразователях тока этого типа позволяет повысить надежность работы агрегата. Ступенчатая регулировка входного напряжения в преобразователе позволяет поддерживать нужное напряжение в сети без остановки процесса стрижки.

Наличие штекерных разъемов в сети дает возможность быстро подсоединять и отсоединять стригальные машинки и преобразователь для замены.

Электростригальный агрегат ЭСА-1/200 предназначен для стрижки овец в индивидуальных хозяйствах и отарах на семейном подряде. В состав его входят стригальная машинка МСУ-200, преобразователь частоты тока

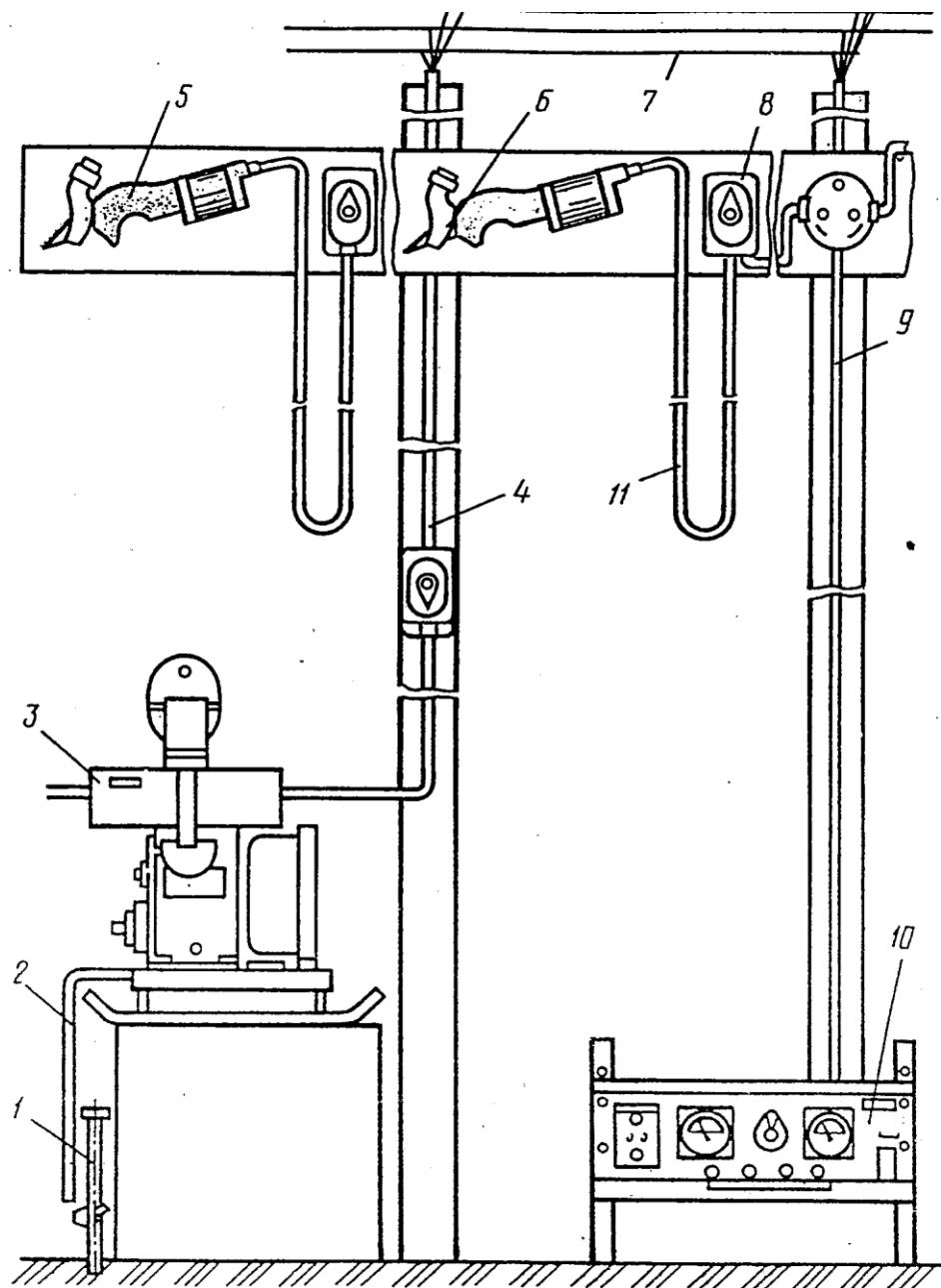


Рис. 3 Схема электростригального агрегата ЭСА-12/200А:

1 - заземлиться; 2 - заземляющий провод; 3 - полуавтомат для заточки режущий пар ПЗН-60; 4 - отвод к точильному аппарату; 5 - стригальная машинка МСУ-200; 6 - крюк; 7 - электрическая сеть; 8 - пускатель; 9 - отвод к преобразователю частоты тока; 10 - преобразователь частоты тока; 11 - шнур питания

ПЧСФ-0,25-36-200 г шнур питания с розеткой. Преобразователь подключают к сети переменного тока частотой 58 Гц и напряжением 228 В. При этом однофазное напряжение преобразуется в трехфазное

Точильный агрегат ТА-1 предназначен для заточки режущих пар стригальных машинок. Он состоит из трехфазного асинхронного короткозамкнутого электродвигателя и станины.

Для удержания наждачной пасты служат кольцевые канавки, нарезанные на диске. Диск закрыт чугунным защитным кожухом держатель соединен с тягой. На корпусе держателя имеются два штыря, на которые при заточке надевают нож или гребенку. Диаметр диска 358 мм, частота вращения диска 1488 мин⁻¹, мощность 8,4 кВт, масса 158 кг.

Довоодочный аппарат ДАС-350 предназначен для заточки и доводки режущих пар, а также восстановления рабочих поверхностей заточных дисков путем их проточки и нарезки. Он состоит из заточного диска и суппорта (рис. 4).

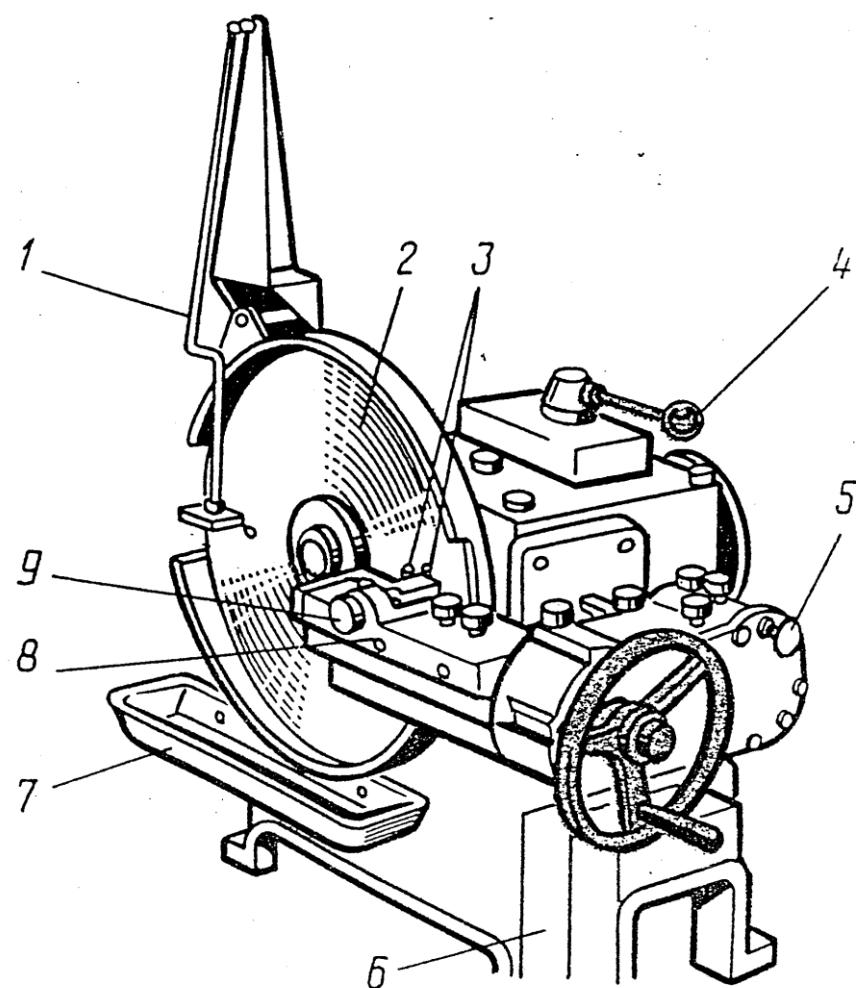
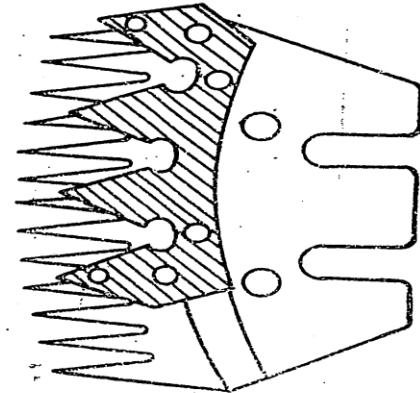


Рис. 4 Довоодочный аппарат ДАС-350:
1 – тяга с держателем, 2 – заточный диск, 3 – болты для крепления резца для правки диска, 4 – рычаг для включения суппорта для правки диска, 5 – рычаг изменения скорости подачи резца, 6 – станина, 7 – корыто, 8 – суппорт, 9 – винт подачи резца

ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

1. Установите агрегат в чистом, хорошо освещенном и проветриваемом месте, к которому подведена электрическая энергия.
2. До начала работы монтируемый агрегат должен быть расконсервирован.
3. После расконсервирования агрегата необходимо произвести внешний осмотр с целью проверки видимых повреждений, могущих возникнуть при транспортировке и хранении.
4. Перед подсоединением машинки к преобразователю необходимо проверить легкость вращения вала ротора электродвигателя. Для этой цели в кожухе имеется отверстие для доступа отверткой к шлицу на валу ротора. Движение должно быть плавным, без стука и заседаний.
5. Регулировка положения рычага осуществляется подъемом или опусканием центра вращения настолько, чтобы ролик в своем верхнем положении выступал из хвостовой части рычага не более одной трети диаметра (4 мм, рис. 5). При регулировании необходимо ослабить гайку специальную и, удерживая ее ключом, отверткой, закручивать или откручивать центр вращения, регулируя положение рычага так, чтобы он занимал вышеописанное положение. Установку ролика в крайнее верхнее положение осуществлять поворотом вала электродвигателя отверткой.
6. Установка режущей пары:
Режущие кромки зубьев ножа, при движении, не должны выходить за пределы гребенки. Расстояние от конца заходной части гребенки до ножа должно составлять 1 - 2 мм (рис. 6). Если расстояние не выдержано, то необходимо ослабить винты гребенки и сместить ее до положения, при котором нож не выходит за пределы гребенки (рис. 7), а затем прочно закрепить ее винтами.
Чтобы обеспечить нормальный прижим ножа к гребенке, необходимо вращать нажимную гайку до состояния, при котором можно вручную переводить рычаг из одного крайнего состояния в другое.
7. Пуск машинки при слабом нажатии лапок на нож категорически запрещается, т. к. это может привести к вылету ножа и травмировать стригала.
8. После окончания монтажа производится пуск с целью проверки готовности агрегата к работе. При опробовании машинку необходимо обязательно держать в руке во избежание поломок или травмирования окружающих.
9. Перед подачей электроэнергии в сеть агрегата тумблер должен быть обязательно выключен.

ВЫСТАВКА ГРЕБЕНКИ



Неправильно

Правильно

Рис. 5
ВЫСТАВКА РОЛИКА

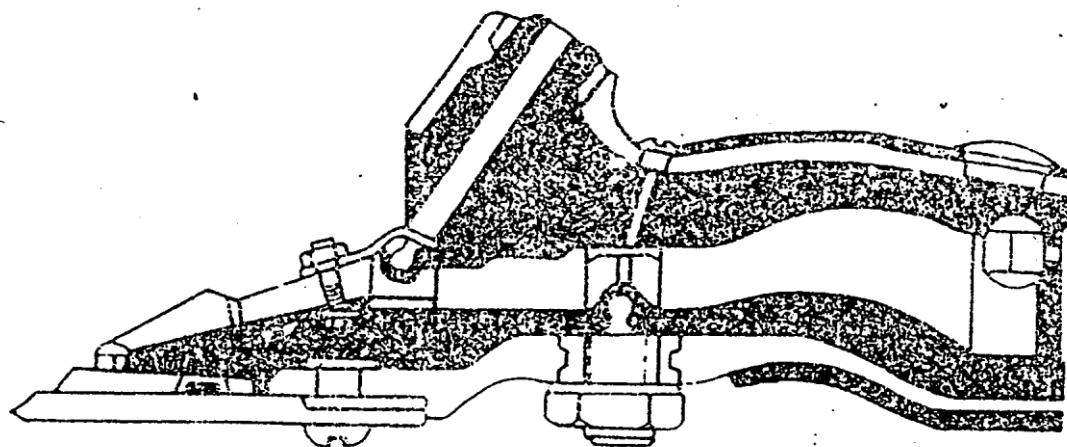


Рис. 6

ВЫСТАВКА НОЖА

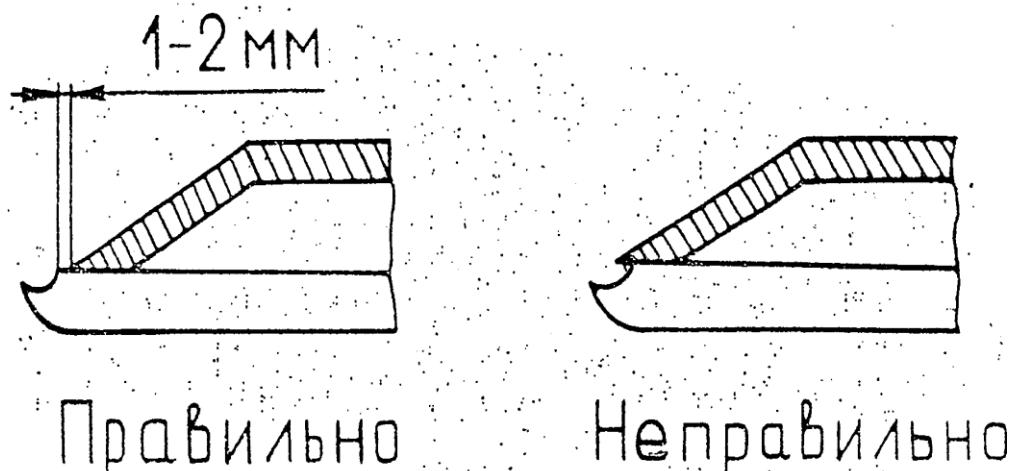


Рис. 7

ВОЗМОЖНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ И МЕТОДЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

Таблица

Неисправность внешнее проявление	Методы устранения, необходимые регулировки и испытания	Применяемый инструмент и принадлежности	Примечание
При включении в сеть преобразователь не работает. Не горит сигнальная лампа	Заменить вставку плавкую ВП2Б – 3А рис. 1, рис. 2		
При включении двигатель гудит, но не работает	Проверить контакты соединений.	Отвертка тройная	
Электродвигатель машинки сильно греется	Остановить машинку, провернуть отверткой. Если заедание чувствуется, машинку отрегулировать. Ослабить нажим нажимной гайкой.	Отвертка тройная ключ универсальный	
Машинка работает с большим шумом стучит	Отрегулировать положение рычага с помощью центра вращения	То же	
Машинка плохо срезает или рвет шерсть (высокий срез полосы разной высоты)	Подтянуть нажимную гайку. Снять и заточить гребенку и нож Установить гребенку так, чтобы нож не доходил на 1 - 2 мм до конца заходной части гребенки и полностью перекрывал все ее режущие кромки	То же Отвертка тройная	
Стригальная головка сильно греется	Отрегулировать усилие нажатия ножа на гребенку. Разобрать головку, удалить грязь, собрать и смазать	Отвертка тройная, ключ универсальный	

Методика расчета машинной стрижки овец.

Исходными данными для расчета является организационно-технические условия (индивидуально или паточный метод стрижки), конструктивно техническая характеристика стригальной машинки (методика захвата гребенки, скорость перемещения ножа, число двойных ходов двухплечевого рычага и т. д.) профессиональные качества стригала.

Так в оренбургской области наиболее распространенными являются метод стрижки, где классифицированный стригаль помимо основных выполняет вспомогательные операции, не требующий квалифицированного труда, что приводит к большим физическим напряжениям и низкой производительности.

Технологический процесс стрижкой овцы состоит из следующих операций: ловля и подача овцы к месту стрижки, фиксация на рабочем месте, непосредственно снятие руна и обслуживание стригальной машинки. Общее время затраченное на стрижку овцы индивидуальным методом T_0 определяется так:

$$T_0 = t_c + t_b + t_{to} * \beta, C \quad (1)$$

где $t_c = 300...500$ с - время выполнения операций непосредственно стрижки овцы.

$t_b = 44...67$ с - затраты времени на выполнение вспомогательных операций ($t_{max} = 120$ с).

t_{to} - время технического обслуживания стригальной машинки (очистка от грязи, жиропота, смазка и т. д.) $t_{to} = 55..57$ с.

$\beta = 0,4...0,7$ - коэффициент учитывающий стойкость режущей пары, определяющийся отношением числа замен режущих пар m_3 к количеству овец t_c , стриженных при помощи режущих пар.

$$\beta = \frac{m_3}{m_c}$$

Этот коэффициент зависит от механического качества материала, ножа и гребенки, качества шерсти (наличие жиропота, степени загрязнения и т. д.),

а также от профессионального мастерства стригаля (исключения холостой работы режущих пар, числа холостых ходов и т. д.).

Действительное (истинное) время снятие руна с поверхности кожи овцы зависит от ряда факторов, как отмечалось ранее, и может быть определено из выражения

$$t_c = \frac{F_0 * 10^3}{B_m * V_c * \alpha_1 * \alpha_2} + t_x, \text{ с}$$

где F_0 - площадь тела овцы, m^2 .

B_m - расчетный захват стригальной машинки (ширина гребенки) $B_m = 77$ мм и 57 мм.

$\alpha_1 = 0,5...0,92$ - коэффициент использования активной части гребенки (опытный стригаль оставляет для контроля не использованной 1... 1,5 зуба).

$V_c = 0,47...0,63$ - скорость подачи (перемещения по телу овцы) стригальной машинки, м/с.

При стрижке одной овцы с расчетной скоростью $V_c = 0,63$ м/с, образуется всего лишь 3 г. сечки. Однако, при снижении скорости перемещения до 0,45 м/с масса сечки увеличилась на 60%, т. е. достигла почти 5 г.

При существующих геометрических размерах режущих пар и конструктивно-технологических характеристиках самих машинок продольный отгиб будет минимальным или почти равен нулю, если скорость перемещения машинки Y_c ограничить значением 0,7 м/с.

$\alpha_2 = 0,6...0,8$ - коэффициент учитывающий реальную скорость перемещения машинки на отдельных участках тела.

$t_x = g * s$ - затраты времени на произведение холостых ходов (перемещение машинки для выполнение последующих проходов).

g - среднее время холостого хода, равное 0,75... 1,0 с. (у неопытных стригалей оно составляет 1,5...2,0 с).

s - число холостых ходов. Наблюдениями установлено, что высококвалифицированный стригаль остигает овец за 55...60 рабочих ходов, стригаль низкой квалификации при стрижки одной овцы делает 180...210 рабочих ходов. Общее время

на стрижку одной овцы и производительность труда стригаля можно выразить уравнениями 3 и 4.

$$T_0 = \frac{F_0}{B_M * V_c * a_1 a_2 + t_x + t_B + t_{to} * \beta} * 10^3 \quad (3)$$

$$W_c = \frac{3600 * B_M * V_c * a_1 * a_2 * K_t}{[F_0 * 10^3 + (B_M * V_c * a_1 * a_2) * (t_x + t_B + t_{to} * \beta)]}$$

где K_t - коэффициент классности стригаля, $K_t = 0,5 \dots 1,5$.

Потребное количество стригалей, и соответственное число M рабочих мест можно определить из числа отар в хозяйстве Π , ; поголовья одной отары m_J , числа дней стрижки T_c , продолжительности работы стригального пункта в день T_g .

$$M = \frac{m_1 * n_1 + m_2 * n_2 + \dots + m_j * n_j}{T_c * T_g * W_c} = \frac{\sum m_j * n_j}{T_c * T_g * W_c} \text{, чел} \quad (5)$$

$T_c^{ann} = 10 \dots 15 \text{ дн}, \quad T_c^{max} = 20 \text{ дн}; \quad T_g = 8 \text{ или } 16 \text{ час}$

Производительность труда стригалей значительно возрастает, если неквалифицированную работу ловли и подачи овцы к рабочему месту будут выполнять подавальщики t , количество которых можно определить из выражения 6.

$$\left\{ \begin{array}{l} m \geq \frac{M_c * W_c * t_n * \tau_n}{3600} \text{, чел} \\ m \geq \frac{M_c * W_c}{W_n} \end{array} \right. \quad (6)$$

где

W_n - производительность труда подавальщика овец, гол/час.

t_n - время ловли и подачи овцы к месту стрижки, с, $t_n = 45 \dots 60$ с.

τ_n - коэффициент использования рабочего времени подавальщика, $\tau_n = 0,7 \dots 0,75$.

При отсутствии средств механизации для транспортировки рун, количество относчиков рун определяется по формуле:

$$m_{ot} = \frac{M_c * W_c * t_{ot} * \tau_{ot}}{3600} = \frac{M_c * W_c}{W_{ot}} \quad (7)$$

$t_{ot} = 60 \dots 90$ с нормативное время на относ одного руна от рабочего места стригаля к учетчику (для взвешивания и классировки).

$\tau_{ot} = 0,7 \dots 0,8$ - коэффициент использования рабочего времени относчиком рун.

При определении численности обслуживающего персонала следует руководствоваться такими средними данными: классировщика шерсти (с помощником) 30...40 с на одно руно; точильщика режущих пар - 90...ПО с на одну пару, слесаря-наладчика - 135... 150 с на один вызов. В этом случае один подавальщик, как и слесарь-наладчик, может обслужить до 16 стригалей, и точильщик режущих пар до 15 стригалей.

В заключении следует заметить, что производительность труда на стригальном пункте при разделении трудовых процессов (операций) не всегда эффективна, так как увеличение количества основных стригалей, приводит к увеличению количества не производственных рабочих, возрастанию не производительных затрат, времени на транспортировку овец, рун шерсти и увеличению размеров стригального пункта.

Организация процесса машинной стрижки овец.

Стрижку овец тонкорунных пород производят весной или в начале лета, грубошерстных пород - весной и осенью. Конкретные сроки стрижки определяют в хозяйстве, продолжительность процесса стрижки должна быть 10... 15 дней. К этому времени

шерсть должна быть не менее 50 мм длиной с жиропотом, обеспечивающим ее мягкость и эластичность (подруненная шерсть).

Перед началом стрижки делается расчет потребности стригальной техники, оборудованию, потребности в стригалах и техническом персонале. После этого сопоставления план-график очередности стрижки и подачи отар на стригальный пункт.

Следует заметить, что сначала стригут маточное поголовье, затем молодняк прошлого года рождения, валухов, маток весеннего ягнения, и наконец, баранов-производителей. Если в отарах встречается бруцеллез или часотка, то их стригут в последнюю очередь и в отдельном помещении.

Недостаточное количество стригалей и технического персонала, особенно заточников режущих пар и мастеров наладчиков стригальных машинок, нужно своевременно обучить самым эффективным способом учебно-курсовом комбинате или учебном центре с отрывом от производства по специальной программе.

В отдельном здании (овчарне) или специализированном участке оборудовать стригальный пункт (рис. П1), обеспечивающий рабочими местами, как стригалей, так и обслуживающий персонал согласно технологического процесса, также правил пожарной безопасности и производственной санитарии (гигиены).

Следует отметить, что на стригальном пункте должны быть комнаты для переодевания и хранения спецодежды, комнаты для выполнения гигиенических мероприятий, специально оборудованные места слесаря-точильщика режущих пар, мастера-наладчика стригальных машинок. Производственный участок должен иметь как естественное, так и искусственное освещение лампами накаливания, хорошо проветриваться, но полностью исключить наличие сквозняков.

С целью исключения обезлички овец при стрижки на стригальном пункте должны быть оборудованы овчарни для не остиженных и остиженных овец по количеству работающих стригалей. Оценка качества стрижки овец производится специалистами зоотехнического профиля после окончания смены работы или по мере необходимости. При оценки принимать во внимание, что кроме качества стрижки, на поверхности тела животного суммарные порезы не должны превышать 30..35 мм.

Овц перед стрижкой подвергают голодной выдержки не менее 12 часов, так как в противном случае они плохо переносят стрижку и загрязняют рабочее место. Для этого отару овец размещают в загоне перед стригальным пунктом и равномерно группами распределяют по оцаркам, из расчета 2...3 часов непрерывной работы стригалей. Большая плотность постановки овец на пункте нежелательна, так как она приводит к скученности и увеличению строительных размеров.

В случае неблагоприятной погоде очередную отару овец размещают в близи стригального пункта кошаре (овчарне) или под навесом. Остиженные овцы очень сильно реагируют на холодную и сырую погоду. Поэтому в первые 2...3 дня их держат поблизости от животноводческих построек (кошар или навесов).

После окончания стрижки отару овец подвергают санитарно-гигиенической обработке мышьяковистых соединений, креозола, серной извести, фосфорогранических инсектицидов и т. д. в проплывных и погружочных ваннах, а также душевых установках и отправляют по отведенной трассе на летние пастбища. Следует напомнить о порочной практике обработке кожных покровов с помощью креолина и аэрозолей хлорофоса непосредственно на рабочих местах в стригальном пункте, что приводит к удушью и отравлению как людей, так и животных.

Шерсть упаковывается в кипы, размерами 600 x 550 x 500, и массой от 95 до 136 кг. раздельно по каждому сортаменту воздушно-сухом состоянию, после маркируется красками или чернилами, взвешивается и отправляется в склад временного хранения. Для упаковки применяют специальную ткань (мешковину) с пятикратной обвязкой проволокой. Ткань бывшую в употреблению для белой однородной шерсти использовать запрещается.

После окончания стрижки очередной отары месте нахождения овец на стригальном пункте (оцарки, прогоны, проходы) чистятся, дезинфицируются с помощью ручных или мобильных дезинфицированных агрегатов. После проветривания или просушивания помещения (стригального пункта)дается разрешение на постановку следующей отары.

Исходные данные

Вариант	Поголовье $\Sigma m_i n_i$	Квалифика- ция стригалей	Группы овец P_{oj}	Способ стрижки	Машинки (B_m)	Скорость подачи м/с; V_c	Площадь тела (m^2); F_{oj}	Продолжительность стрижки; T_c	Продолжительность работы стригал. пункта в день; T_g							
1	3000	Удовлетвори- тельная	Смешанная :овцеводче- ски 40 %, ярки 30 %, валухи 15 %, бараны- производят ели 15%	на стел- лажах	МСО- 77Б	0,6...0,63	Овцематки: 1,1.-1,8 Ярки: 0,9...1,3 Валухи: 1,0...1,5 Производит ели: 2,0...2,6	15 дней	8 16 12 8 12 16							
2	3000															
3	3000															
4	5000															
5	5000															
6	5000															
7	6000								20 дней							
8	6000															
9	6000															
10	10000	Профессио- нал														
12	10000															
13	20000	Высшей														
14	20000															

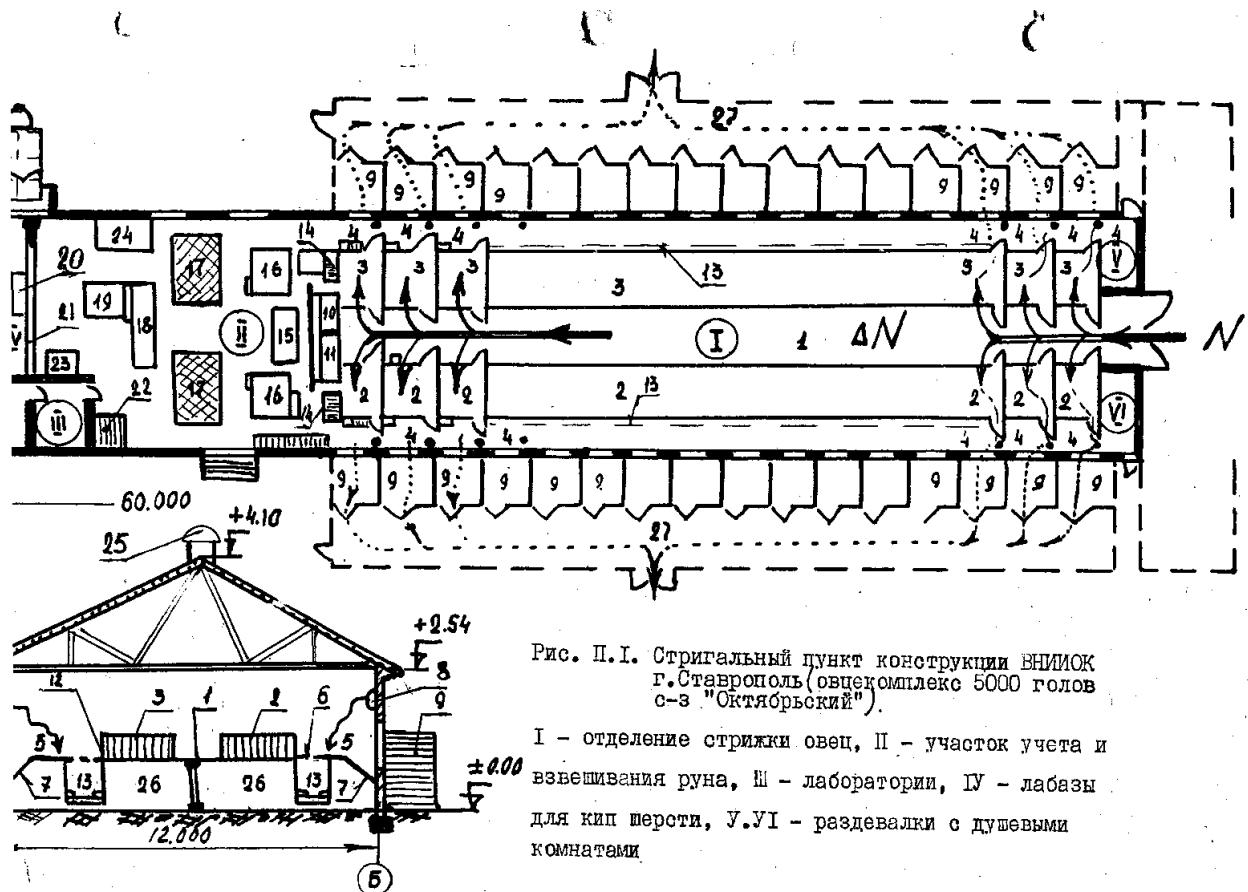


Рис. П. I. Стригальный пункт конструкции ВНИИОК
г. Ставрополь (овецкомплекс 5000 голов
с-з "Октябрьский").

I - отделение стрижки овец, II - участок учета и
взвешивания руна, III - лаборатории, IV - лабазы
для кип шерсти, V, VI - раздевалки с душевыми
комнатами.

2.13 Практическое занятие 13 (ПЗ-13). (2 часа).

Тема: Механизация уборки и утилизации навоза

2.13.1 Цель работы: изучить процесс удаления навоза, произвести расчеты системы навозоудаления.

2.13.2 Задачи работы:

1. Рассчитать суточный и годовой выход навоза.
2. Ознакомится с основными механическими средствами навозоудаления.
3. Выбрать механическое средство для удаления навоза из заданного животноводческого помещения и выполнить его расчет.

2.13.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Фрагмент навозоуборочного транспортера
2. Плакаты
3. Методические указания

2.13.4 Описание (ход) работы:

Исходные данные для расчета:

вариант	1	2	3	4	5	6	7	8
Вид животных	КРС	Свиньи	КРС	КРС	Свиньи	Свиньи	КРС	Свиньи
Поголовье	200	100 маток	400	336 поголовье	300 сусуров. М., кг	2000 откор. м	300 рем. мол.	600 рем. мол.
Размеры помещения, м	72x21	15x96	96x18	72x18	12x72	21x90	48x18	9x87
Содержание	привязное		Беспривязное					

Расчет выхода навоза

Суточный выход навоза от заданного поголовья рассчитывается по формуле:

$$Q_{\text{сум}} = \sum q_i \cdot m_i$$

где q_i - норма выхода навоза от i -ой половозрастной группы кг/сут.;

m_i - число животных в i -ой половозрастной группе, голов.

Годовой (сезонный) выход рассчитывается следующим образом:

$$Q_{\text{год}} = Q_{\text{сум}} \cdot n$$

где n - число дней стойлового содержания.

Таблица 1. Норма суточного выхода навоза от животных, кг/гол.

вид животных	подстилка	твёрдые экскременты	жидкие экскременты
Коровы	4-6	35	20
Молодняк	3-4	12	6
Свиноматки	5-6	12	10

Машины и установки для удаления навоза

Навоз животноводческих помещений и с выгульных площадок удаляют механическим и гидравлическим способами. Существуют три основных способа механического удаления навоза: бульдозером, навешанным на трактор; скребковыми транспортерами типа ТСН (ТСН - 3,0Б; ТСН - 2Б; ТСН - 160); дельта скреперными установками типа УС (УС - 15; УС - 250; УС - 10).

При беспривязном содержании скот на глубокой подстилке для удаления навоза из помещений применяют трактор с бульдозерной лопатой (рис. 1, рис. 2), который одновременно загружает навоз в транспортные средства (рис.3).

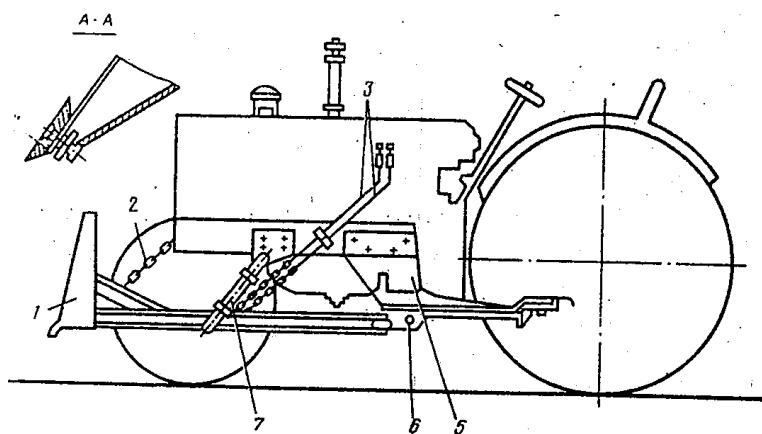


Рис. 1 навесное оборудование БН-1В:
 1 - отвал; 2 - цепь; 3 - гидропривод; 4 - нож; 5 - кронштейн бульдозера; 6 - палец;
 7 - гидроцилиндр

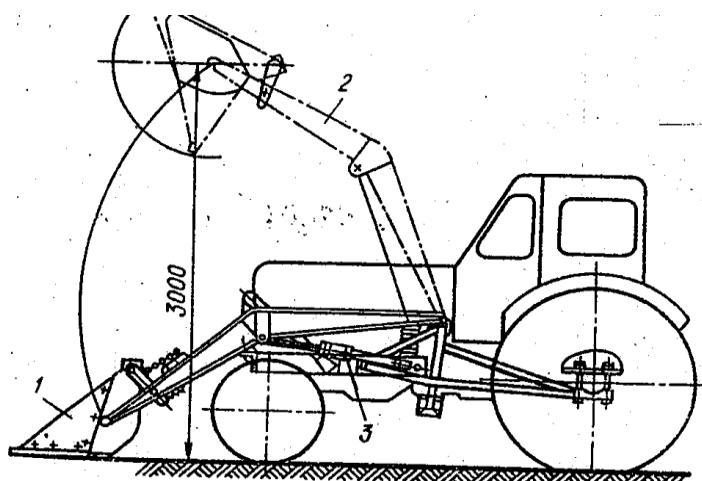


Рис. 2 Схема работы навесного оборудования ПГ - 0,4:
 1 - ковш; 2 - стрела; 3 - гидросистема

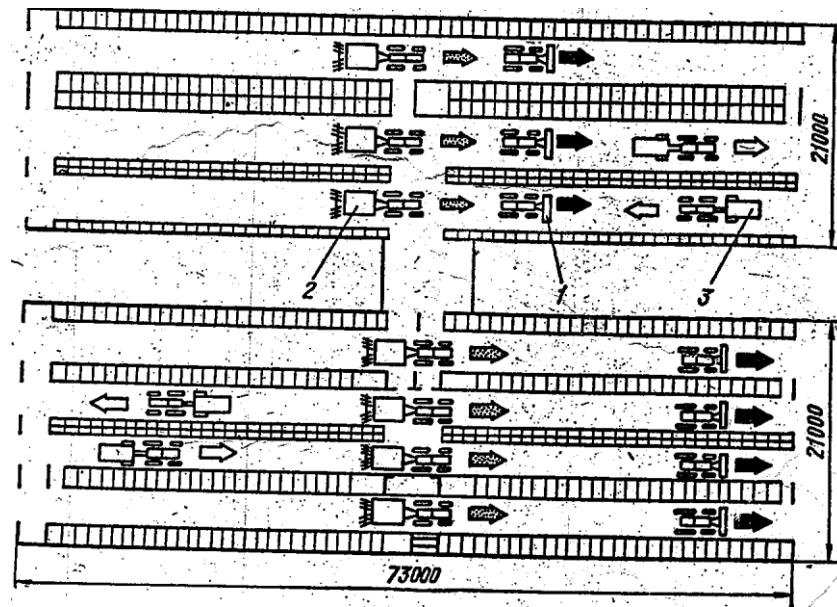


Рис. 3 Технологическая схема бульдозерной уборки подстилочного навоза на комплексе совхоза «Скреблово» Ленинградской области:

1 - бульдозер; 2 - разбрасыватель торфа; 3 - кормораздатчик

В случае привязного содержания животных с ограниченным количеством подстилки и без нее навоз удаляют от трех до шести раз в сутки с помощью транспортеров кругового движения ТСН - 3,0Б, ТСН - 2Б и ТСН - 160 тоже с одновременной погрузкой в транспортные средства (рис. 4).

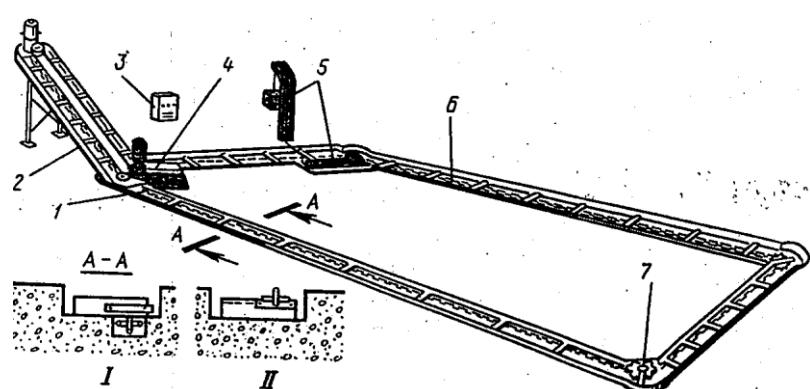


Рис. 4 Транспортер скребковый навозоуборочный ТСН-160А:

1, 2 - горизонтальный и наклонный транспортеры; 3 - шкаф управления; 4 - приводная станция; 5 - натяжное устройство; 6 - цепь со скребками; 7 - поворотник

При беспривязно боксовом содержании коров в помещениях без щелевых полов навоз удаляют скреперными установками типа УС (рис. 5).

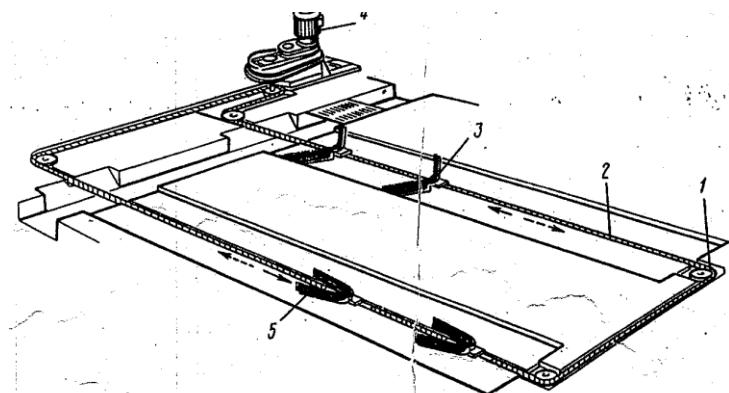


Рис. 5 Схема скреперной установки типа УС:

1 - направляющий ролик; 2 - цепь; 3,5 - скребки; 4 - приводная станция

Тяговый орган скребковых транспортеров и скреперных установок - втулочно-роликовая, усиленная пластинчатая или неразборная якорная цепь.

В скребковых транспортерах на равном расстоянии к тяговой цепи прикреплены скребки, которые перемещают навоз по навозному каналу отдельными порциями к месту выгрузки. Транспортеры могут перемещать навоз в горизонтальной и наклонной плоскостях (угол наклона 30 градусов). Горизонтальные транспортеры размещают в открытых навозных канавах, расположенных вдоль навозного прохода. Длина цепи такого транспортера обычно не превышает 200 м. При транспортировке навозной массы на большие состояния возникает значительные сопротивления и требуются привод повышенной мощности и цепь увеличенного сечения (рис. 6).

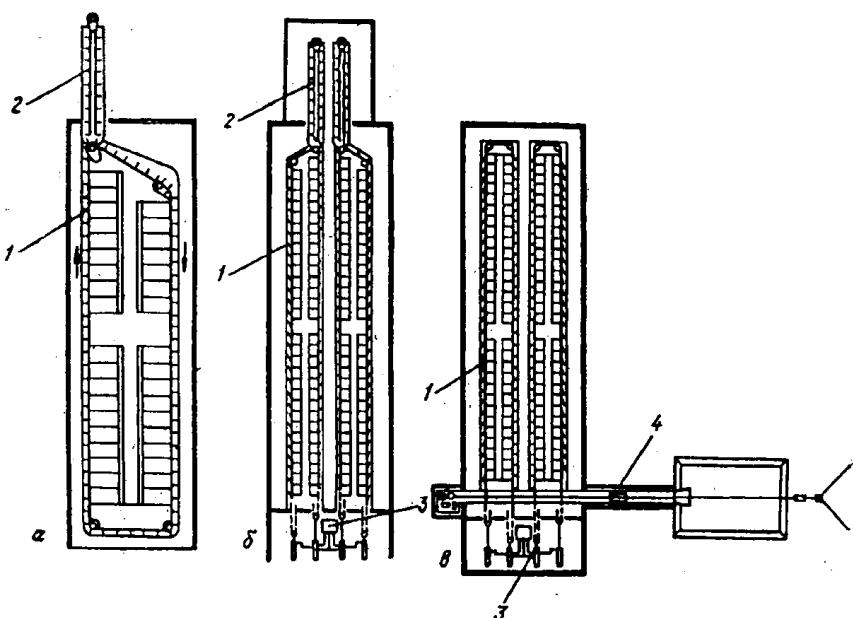


Рис. 6 Конструктивно-технологические схемы навозоуборочных скребковых транспортеров: а – ТЧН-160 (кругового движения); б – УН-3 (возвратно-поступательного движения); в – установка УЧН-8 поперечная с ковшовым скрепером (возвратно-поступательного движения): 1 – продольный транспортер, 2 – наклонный транспортер, 3 – натяжное устройство, 4 – скрепер поперечного транспортера УН-3

Расчет мобильных средств уборки навоза

К мобильным навозоуборочным средствам относятся бульдозерной навески БН-1, тракторный погрузчики-бульдозеры ПБ-35 и погрузчик фронтальной перекидной ПФП - 1,2.

Производительность трактора с навесным скребком определяется с некоторым приближением величиной машинного времени, затрачиваемого на удаление 1000 кг. навоза:

$$t_6 = 1000 \cdot l_6 / (q_6 \cdot V_6)$$

где t_6 – время, затрачиваемое на удаление 1000 кг навоза бульдозером, с

l_6 – средняя длина перемещения навоза, по навозному проходу, м;

q_6 – количество навоза, убираемого за один рабочий ход бульдозера, кг;

V_6 – средняя рабочая скорость трактора бульдозерной навеской, м/с (0,5-0,7)

Количество навоза, убираемого за один рабочий ход:

$$q_6 = z \cdot Q_{cm} / a \cdot k$$

где z - число дней между двумя уборками;

a - количество навозных каналов в помещении;

k - количество проходов трактора по навозному проходу,

$$k = b_n / b_6$$

где b_n - ширина прохода, м.;

b_6 - ширина захвата бульдозерной навески с учетом постановки рабочего органа, необходимо окислить в сторону увеличения, м.

Сопротивление движению навоза, перемещаемого тракторным навесным скребком на выгульной площадке с твердым покрытием или в навозном проходе коровника, определяется по формуле:

$$P = 9,81 \cdot k_6 \cdot f_{cm} \cdot M$$

где k_6 - коэффициент, учитывающий угол постановки скребки (табл; 2);

f_{cm} - коэффициент зрения покоя, (0,8- 0,85);

M - масса тела волочения (500 - 600), кг.

При уборке навоза желательно применять скребок совкообразной формы, так как чем больше навоза будет лежать на самом скребке, тем меньше сопротивление.

Таблица 2. Значение коэффициента k_6

Навоз	Угол постановки рабочего органа			
	0 ⁰	15 ⁰	30 ⁰	45 ⁰
Соломистый	1	0,85	0,75	0,65
Торфяной	1	0,95	0,85	0,70
Экскременты	1	0,95	0,90	0,80

Расчет цепочно-планчатых транспортеров

Расчет сводится к определению подачи, тягового сопротивления и обоснования выбора мощности электродвигателя.

Подачу транспортера определяют по формуле:

$$Q = h \cdot b \cdot \rho \cdot v \cdot k$$

где h - высота перемещаемой призмы, или тела, волочения, м (высота скребка должна быть в пределах 0,5 - 0,67 от глубины навозной канавки, длина скребка должна обеспечивать зазор между его концом и стенкой канавки 0,015 - 0,025 м);

b - ширина навозной канавки, равная 0,32 м при глубине 0,12 м;

ρ - плотность, для подстилочного навоза $\rho = 600 - 900 \text{ кг/м}^3$,

для жидкого $\rho = 1000 - 1070 \text{ кг/м}^3$;

v - скорость цепи транспорта, м/с, (смотри приложения);

k - коэффициент подачи.

При этом $k = k_1 + k_2 + k_3 + k_4 + k_5$, где $k_1 = 0,5$ - коэффициент заполнения канавки; $k_2 = 1,13$ - коэффициент, учитывающий уплотнение навоза при его перемещении скребком; $k_3 = 0,9 - 0,95$ - скоростной коэффициент; $k_4 = 0,97$ - коэффициент, учитывающий объем канавки, занятый цепью со скребками; $k_5 = 0,8 - 1$ - коэффициент, учитывающий угол подъема наклонного транспортера.

Тяговое сопротивление $P(H)$ движению транспортера находят по формуле:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5$$

где P_1 - сопротивление от трения навоза о канавку, Н;

P_2 - сопротивление от трения навоза о боковые стенки канавки, Н;

P_3 - сопротивление от подъема навоза наклонным транспортером, Н;

P_4 - сопротивление от перемещения цепи транспорта, Н;

P_5 - сопротивление от перемещения навоза в направлении натяжной звездочки, Н

$$P_1 = h \cdot b \cdot L \cdot \rho \cdot g \cdot f \cdot \cos \beta$$

где L - длина пути перемещения навоза, м.;

g - ускорение свободного падения, м/с²;

f - коэффициент трения навоза о желоб; в зависимости от влажности $f = 0,71 - 1,3$;

β - угол подъема навоза, т.е. угол установки наклонного транспортера (30 градусов).

$$P_2 = h^2 \cdot \rho \cdot L \cdot f \cdot \xi \cdot \cos \beta$$

где ξ - коэффициент бокового давления, равный:

$$\xi = \psi \cdot \sqrt{1 + f_{\text{вн}}^2} \cdot \sqrt{1 - f_{\text{вн}}^2} \cdot \sqrt{1 - f^2} \cdot \sqrt{1 - \sqrt{f^2 - f_{\text{вн}}^2}}$$

где ψ - динамический коэффициент равный 1,5 - 1,8;

$f_{\text{вн}}$ - коэффициент внутреннего трения навоза (0,9 - 1,5).

$$P_3 = h \cdot b \cdot L \cdot \rho \cdot g \cdot f \cdot \sin \beta,$$

$$P_4 = 2 \cdot g_u \cdot L_1 \cdot \cos \beta$$

где g_u - удельная сила тяжести 1 м цепи со скребками, Н/м;

L_1 - расстояние между осями звездочек

$$P_5 = 0,25 \cdot P_4$$

Мощность двигателя $N_{ДВ}$:

$$N_{\mathcal{D}B} = k \cdot P \cdot v / (102 \cdot \eta_T)$$

где k - коэффициент, учитывающий сопротивление от приводной звездочки ($k = 1,1$);

η_T - КПД передачи;

При этом скорость цепи $v = 0,15 - 0,2$ м/с, а КПД передачи $\eta_T = 0,75 - 0,85$. Высота скребка транспортера должна быть в пределах от 1/2 до 2/3 Глубины навозной канавки, а длина скребка должна обеспечивая зазор между его концом и стенкой канавки в 0,015 - 0,025 м.

Необходимое минимальное предварительное натяжение P_{min} , цепи (рис. 7) определяют по формуле:

$$P_{\min} = P_0 \cdot b_c / \left[\cdot \left(g \alpha_{\max} - f_1 \cdot \tan^2 \alpha_{\max} \right) \right] P_0 / \left[\cdot \left(- \tan \alpha_{\max} \right) \right]$$

где P_0 -сопротивление движению скребка при расположению его по нормали к стенке канавы, определяемое из уравнения:

$$P = P_0 / (1 - f_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha)$$

Р - сопротивление движению навоза, Н

b_c - расстояние от точки приложения силы P от цепи

($b_c = 0,5b + c$, при $a = 0$, $c = 0,01 - 0,02m$, при $a = 15^0$, $c = 0,03 - 0,04 m$);

$t_{ц}$ - шаг цепи, м

a_{max} - максимально допустимый угол наклона скребка (для экскрементов $a_{max} =$

f_1 - коэффициент трения навоза о боковую стенку канавки.

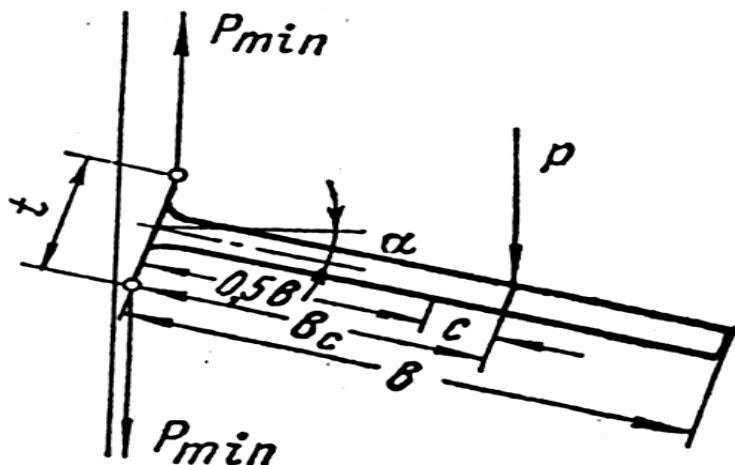


Рис.7. Схема действия сил на скребок транспортёра

Расчет скреперной установки.

Расчет сводится к определению подачи, тягового сопротивления и потребной мощности. Подача скрепера может быть рассчитана по формуле:

$$Q = V_c \cdot \rho \cdot \varphi / t_u$$

где V_c - расчетная вместимость скрепера, м^2 , (ширина захвата скрепера в раскрытом состоянии – 1,75 м, в сложенном – 0,69 м, высота скребка – 0,15 м), (см. приложения);

ρ - плотность навоза, (см. стр. 8);

φ - коэффициент заполнения скрепера ($\varphi = 0,9 - 1,2$);

t_u - время одного цикла, с.

Время цикла равно:

$$t_u = (2 \cdot l / V_{cp}) + t_y$$

где l - длина навозной канавки, м;

V_{cp} - средняя скорость движения скрепера (0,3 - 0,4 м/с);

t_y – время, затрачиваемое на управление установкой, с (см. приложения).

Мощность двигателя скреперной установки определяют по формуле:

$$N = P_c \cdot V_{cp} \cdot (1000 \cdot \eta)$$

где P_c - полное тяговое сопротивление скрепера, Н

Сопротивление скрепера зависит от массы M_c скрепера, коэффициентов трения между навозом и стенками канавки, между скрепером и навозом, от сопротивления передвижению тяговых каналов и трения в блоках.

Для скреперной установки, работающей в двух навозных канавках:

$$P_c = P_1 + P_2 + P_3 + P_4$$

где P_1 - сопротивление рабочей ветви;

$$P_1 = 9,81 \cdot [M_H + M_c \cdot \beta_c + q_T \cdot L_T \cdot f_T]$$

здесь M_H - масса порции навоза, кг ($M_H = \rho \cdot V$);

M_c - масса скрепера, кг (см. приложения);

β_c - приведенный коэффициент сопротивления перемещению навоза и скрепка (1,8 - 2);

q_T - масса 1-го метра троса ($q_T = 0,4$ кг);

L_T - длина троса, м, (см приложения);

f_T - коэффициент трения троса о навоз ($f_T = 0,5 - 0,6$);

P_2 - сопротивление передвижению холостой ветви/

$$P_2 = 9,81 \cdot (M_c \cdot \beta_c + q_T \cdot L_T \cdot f_T)$$

P_3 - сопротивление на преодоление сил инерции;

$$P_3 = 2 \cdot M_c \cdot q_T$$

P_4 - натяжение набегающей ветви каната, Н

$$P_4 = (P_1 + P_2 + P_3) / (e^{\mu\alpha} - 1)$$

здесь μ - коэффициент трения троса о ролик, ($\mu = 0,1 - 0,2$);
 α - угол охвата, ($\alpha = 135^\circ - 150^\circ$).

Контрольные вопросы:

1. Преимущества и недостатки механических систем удаления навоза
2. Устройство и особенности эксплуатации механических средств удаления навоза
3. Какие механические средства удаления навоза применяются на открытых площадках.
4. С какими транспортерами работают скреперные установки.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица 1. Техническая характеристика навесного оборудования для уборки

Наименование показателей	БН-1	Д-159Н	Д-535	БН-18
Угол резания, град	55	-		55
Ширина захвата (без удлинителя), мм	1500	2880	2560	2000
Размеры с трактором, мм				
Длина	4876	4660	4510	4130
Ширина	1480	2280	2560	2000
высота	1880	2300	2300	1630
Масса, кг	168	750	850	285

Техническая характеристика навесного оборудования ПГ - 0,4

Грузоподъемнос п, кг	500
Высота подъема, м	2,6
Вместимость ковша, м ³ :	
для помета	0,5
для сыпучих материалов	0,4
Размеры (при опущенном ковше), мм..	
длина	5890
ширина	1900
высота (по выхлопной трубе)	2350
Общая масса погрузчика с полным комплектом рабочих органов, кг	690
с ковшом для помета, кг	130

Таблица 2. Техническая характеристика скребковых транспортеров

Наименование показателей	TCH- 2	TCH - 3,0A	TCH - 3,0Б	TCH – 160
<i>Горизонтальный транспортер</i>				
Шаг цепи, мм	115	100	125	80
Длина цепи, м	170	До 200	170	160
Скорость движения цепи, м/с	0,19...0,2	0,19...0,2	0,19	0,18
Размеры скребка, мм	290x50	260x60	250x 56x 36	-
Расстояние между скребками, мм	460	1000	1000	-
Средняя теоретическая производительность, т/ч	6	3	4...5,5	-
Римеры навозного канала (ширина x глубина), мм:				
без обшивки досками	320125	370160	320160	-
с деревянной обшивкой		330120	320120	320120
Мощность электродвигателя, кВт	5,5	2.8	4	6,2
Масса транспортера с цепью, кг	2470	1320 (длина цепи 200 м)	1595	1890
<i>Наклонный транспортер</i>				
Максимальная длина транспортера, м	-	6,35	7,10	7,7
Скорость движения цепи, м/с	0,19	0,51	0,72	0,72
Высота подъема наклонной части, м	2.5	6	2,3	
Максимальный угол наклона транспортера, град	30	До 30	30	-
Масса транспортера, кг	-	150	543	-

Таблица 3. Техническая характеристика скреперных установок

Наименование показателей	УС - 10	УС - 15	УС - 250
Размеры навозных каналов, мм			
Глубина	500		
Ширина	1800		
Длина контура, м	До 170	До 170	До 250
Скорость движения цепи, м/с	0,13?	0,04	0,06
Ширина захвата рабочего органа, м	0,5; 1,4	1,8; 2,4	1,8...3,0
Влажность, %		86,8	88...90
Продолжительность цикла работы, мин.	-	38,4	30,2
Производительность, т/ч	10	0,2	1,4
Установленная мощность, кВт	3	3	2,2
Масса, кг	1900	2511	3300

2.14 Практическое занятие 14 (ПЗ-14). (4 часа).

Тема: Микроклимат животноводческих помещений.

2.14.1 Цель работы: Ознакомиться с параметрами микроклимата и влиянием их на продуктивность животных. Освоить методику расчета и подбора оборудования.

2.14.2 Задачи работы:

1. Системы создания микроклимата.
2. Системы вентиляции и отопления.
3. Оборудование системы вентиляции и воздушного отопления.
4. Технологический расчет и выбор оборудования системы вентиляции и воздушного отопления.
5. Отчет.

2.14.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

- 1.Плакаты
- 2.Методические указания
- 3.Элементы системы вентиляции

2.14.4 Описание (ход) работы:

Системы создания микроклимата

Развитие эффективного животноводства возможно только при условии создания и поддержания нормативного микроклимата в животноводческих помещениях.

Микроклимат (внутренний климат) помещения - климат ограниченного пространства, включающий совокупность следующих факторов среды: температуры, влажности, подвижности (скорости движения) и охлаждающей способности воздуха, освещенности, уровня шума, количества взвешенных в воздухе пылевых частиц и микроорганизмов, газового состава воздуха.

Содержание животных в условиях, отвечающих зоогигиеническим и ветеринарно-санитарным требованиям, с учетом их биологических особенностей, в зависимости от вида, возраста, физиологического состояния и производственного назначения, так же как и полноценное нормированное кормление, является основой повышения их продуктивности, снижения заболеваемости и падежа. Отклонение параметров микроклимата в животноводческих помещениях от установленных пределов приводит к снижению удоев на 10 – 12 %, уменьшению прироста живой массы на 20 – 22 %, увеличению отхода молодняка до 15 – 19 %, снижению продуктивности птицы на 30 - 32 %, сокращению срока службы животных на 15 - 18 %, увеличению затрат кормов и труда на единицу продукции, уменьшению втрое продолжительности эксплуатации животноводческих зданий и возрастанию затрат на ремонт технологического оборудования.

Системы создания микроклимата подразделяются: по типу использования - круглогодичные, в летний период и в отопительный период; по степени воздействия на параметры микроклимата - однофакторные и многофакторные.

Широко распространенными средствами создания микроклимата в животноводческих и птицеводческих помещениях являются различные типы отопительно-вентиляционных систем (ОВС). Классификация ОВС представлена на рис. 1.

Системы вентиляции и воздушного отопления

Вентиляцией называют совокупность мероприятий и устройств, обеспечивающих расчетный воздухообмен в помещениях жилых, общественных и производственных зданий.

Вентиляционная система - это совокупность устройств для обработки, транспортирования, подачи и удаления воздуха.

По назначению системы вентиляции подразделяют на приточные и вытяжные, обеспечивающие общеобменную или местную вентиляцию.

Системы вентиляции, подающие воздух в помещение, называют *приточными*, а удаляющие загрязненный воздух из помещения - *вытяжными*.

Вентиляцию называют *общеобменной*, если вентилируется все помещение или его рабочая зона. *Местная* вентиляция обеспечивает удаление воздуха непосредственно от оборудования - источника вредных выделений - или подачу воздуха в какую-либо определенную часть помещения.

По способу побуждения движения воздуха различают системы с *естественной* и *принудительной вентиляцией*. В первом случае воздух поступает в помещение и удаляется из него вследствие разности плотности воздуха внутри помещения и снаружи, а также под влиянием ветра. Естественную вентиляцию делят на бесканальную и канальную.

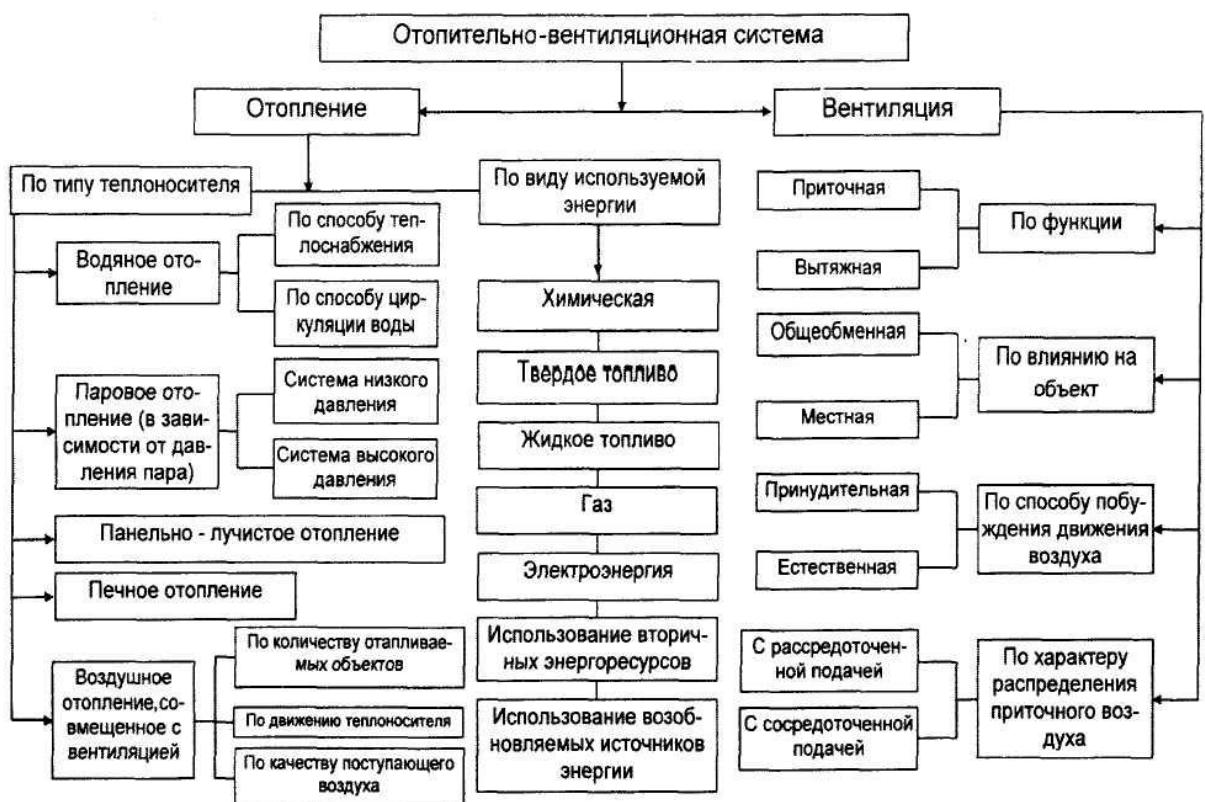


Рис. 1 Классификация отопительно-вентиляционных систем

Бесканальная вентиляция осуществляется через окна, фрамуги, форточки и стенные проемы. Она наиболее проста, но мало регулируема. Более совершенна *канальная вентиляция*, при которой приток свежего и отвод загрязненного воздуха осуществляют через каналы, снабженные регулирующими заслонками.

Наиболее эффективна *принудительная вентиляция* (с механическим побуждением), в которой воздух приводится в движение при помощи вентиляторов, работающих в режиме нагнетания (приточные системы) или разрежения (вытяжные системы).

По характеру распределения приточного воздуха различают механические системы вентиляции с *рассредоточенной* и *сосредоточенной* подачей. В первом случае воздух подают в помещение с помощью воздуховодов, равномерно размещенных внутри

помещения и снабженных отверстиями; во втором - воздух нагнетают в помещение в виде струй.

Вентиляция животноводческих и птицеводческих помещений

Простейшей системой естественной вентиляции в животноводческом помещении является шахтная вентиляция (рис. 2). Такая система вентиляции может обеспечить гигиеническое состояние воздуха в помещении в зимнее время при температуре наружного воздуха до -10°C .

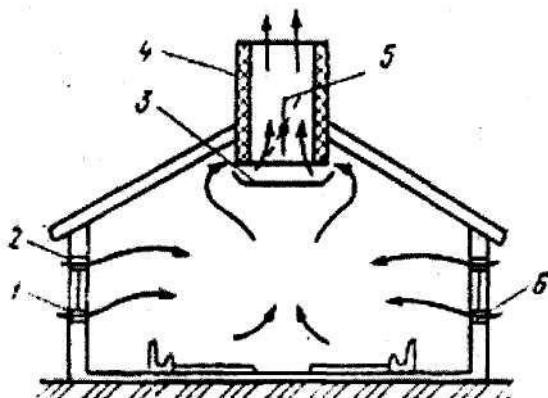


Рис. 2. Схема шахтной вентиляции помещения:

1 и 2 - подоконный и надоконный приточные проемы; 3 - поддон; 4 - утепленная шахта; 5 - дроссель-клапан; 6 - регулировочный направляющий клапан

В случае использования механических систем возможна как приточная, так и вытяжная вентиляция. При этом стремятся, чтобы воздух поступал равномерно в зону размещения животных. Наибольший интерес представляют системы, работающие круглый год или в теплый период.

На рисунке 3 приведены схемы летней вентиляции животноводческих помещений. В схемах, показанных на рисунках 3 а, г, использована вытяжная система, в схемах на рисунках 3 б, в - приточные системы. Расположение вентиляторов возможно как на крыше (рис. 3 в, г), так и в стенах (рис. 3 а, б).

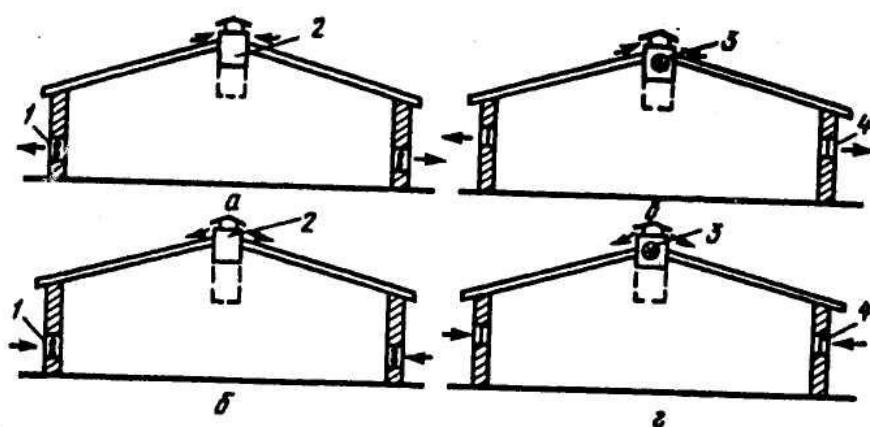


Рис. 3. Основные типы летней вентиляции животноводческих помещений: а - вытяжная с настенными вентиляторами; б - приточная с настенными вентиляторами; в - приточная с крышными вентиляторами; г - вытяжная с крышными вентиляторами;

1 - настенный вентилятор; 2 - шахта; 3 - крышный вентилятор; 4 - оконный проем

Схема приточной вентиляции с избыточным давлением и расположением вентиляторов на крыше показана на рисунке 4 для теплого (4 а) и холодного (4 б) периодов года. Из приведенных рисунков видно, что движение воздуха не охватывает все помещение. При этом возникают вихревые зоны.

В холодный период предусматривают включение отопительно-вентиляционных агрегатов, подачу теплого воздуха через приточные воздуховоды и вытяжку через шахты.

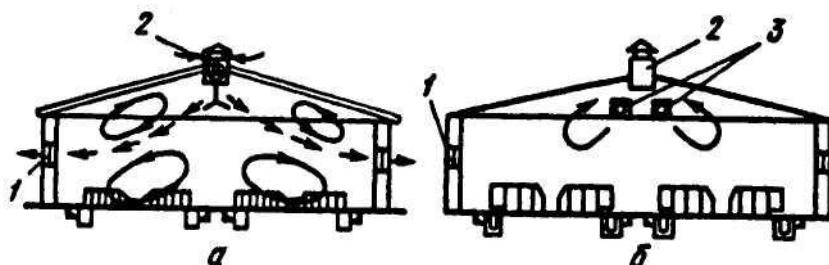


Рис. 4. Вентиляция животноводческих помещений по схеме с избыточным давлением и вентиляторами, расположенными на крыше: а - теплый период года; б - холодный период; 1 - оконные проемы; 2 - вытяжные шахты; 3 - приточный воздуховод

Картина течения воздушных потоков при вытяжной вентиляции с настенными вентиляторами приведена на рисунке 5.

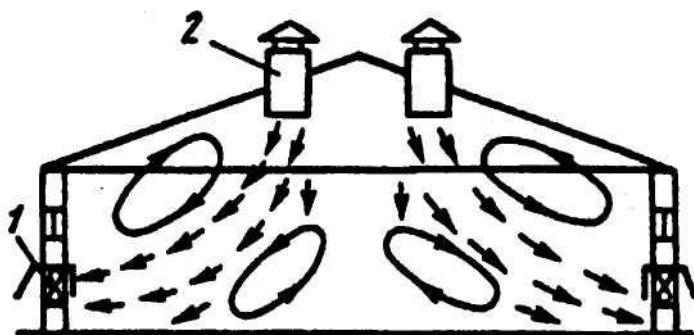


Рис. 5. Вытяжная вентиляция с настенными вентиляторами: 1 - настенные вентиляторы; 2 - приточные шахты.

СНиП 2.10-03 - 84 «Животноводческие, птицеводческие, звероводческие здания и помещения» предусматривает механическое удаление воздуха из подпольных навозосборников (не менее 30-50 % воздухообмена). Устройство этих систем вентиляции требует больших капитальных вложений и немалых трудозатрат при их эксплуатации (вытяжные устройства навозных каналов быстро загрязняются и выходят из строя). Эффективность этого способа вентиляции невысока.

Примером приточно-вытяжной системы отопления и вентиляции коровника при двухрядном стойловом содержании животных является схема, приведенная на рисунке 6. В помещение воздух подает отопительно-вентиляционный агрегат, состоящий из центробежного вентилятора и калорифера. Загрязненный воздух вытягивается через шахты, расположенные в шахматном порядке над стойлами животных. Приточный воздуховод располагают либо по оси здания под потолком (рис. 6 а), либо в виде двух параллельных воздуховодов равномерной подачи воздуха (рис. 6 б), расположенных под потолком или в опорных конструкциях перекрытия.

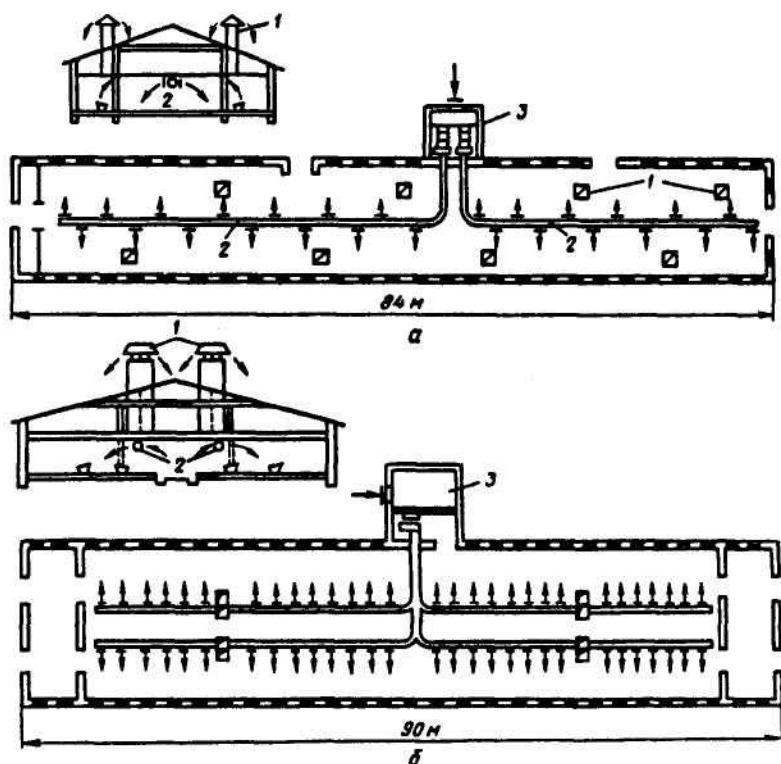


Рис. 6. Схема вентиляции коровника при ширине помещения: а - 12 м; б - 18 м;
1 - вытяжные шахты; 2 - приточные воздуховоды; 3 - вентиляционная камера

Комплекты оборудования «Климат-2», «Климат-3»

Комплекты «Климат-2», «Климат-3» предназначены для создания необходимых температурно-влажностных условий в животноводческих и птицеводческих помещениях с системами воздушного обогрева при помощи отопительно-вентиляционных агрегатов с водяными (паровыми) калориферами.

Комплекты оборудования «Климат-2», «Климат-3» могут иметь вентиляторы различных номеров. Принципиальная схема размещения оборудования, входящего в комплект «Климат-3», приведена на рисунке 7.

Электрокалориферная установка типа СФОЦ (рис. 8) состоит из установленных на общей раме (калорифера) радиального вентилятора 5 с электродвигателем 6 и патрубка 3 с мягкой вставкой 4. Калорифер представляет собой каркас с прямоугольной площадью сечения, внутри которого в три ряда расположены оребренные трубчатые нагреватели. Каждый ряд составляет электрическую секцию, в которой нагреватели соединены в звезду. Радиальный вентилятор соединяется с калорифером через патрубок и мягкую вставку. Патрубок выполнен в виде сварной металлической конструкции, выполняющей роль переходника с прямоугольной площади сечения на круглую. Мягкая вставка предотвращает калорифер от вибраций, возникающей при работе вентилятора. Вентилятор с электродвигателем устанавливают на виброизолирующих основаниях.

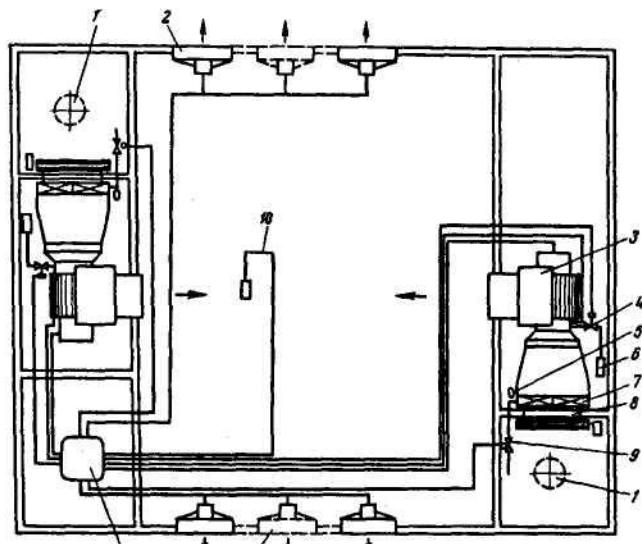


Рис. 7. Принципиальная схема размещения оборудования «Климат-3»: 1 - заборная шахта; 2 - вытяжной вентилятор типа ВО (осевой); 3 - приточная отопительно-вентиляционная и увлажняющая установка; 4 - клапан подачи воды; 5 - датчик защиты калориферов от размораживания; 6 - напорный бак; 7 - калорифер; 8 - воздушная заслонка; 9 - регулирующий клапан; 10 - панель датчиков; 11 - станция управления

При первоначальном включении электрокалорифера в сеть включается 100% мощности.

Установки типа СФОЦ подсоединяют к трехфазному линейному напряжению 380 В. Основные технические характеристики электрокалориферных установок типа СФОЦ даны в таблице 1

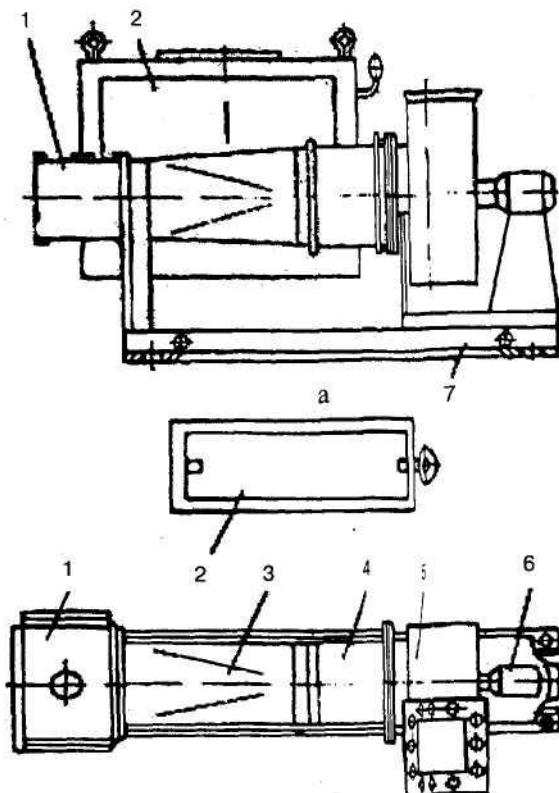


Рис. 8. Электрокалориферная установка типа СФОЦ:

а - вид сбоку; б - вид сверху; 1 - калорифер; 2 – шкаф управления; 3 - патрубок; 4 - мягкая вставка; 5 - вентилятор радиальный; б - двигатель; 7 – рама

Таблица 1. Характеристики электрокалориферных установок

Параметр	СФОЦ-25	СФОЦ-40	СФОЦ-60	СФОЦ-100
1	2	3	4	5
Установленная мощность, кВт	23,6	47,2	69,7	97,5
Подача воздуха, тыс. м ³ /ч, не менее	2,5	3,5	4,0	6,0
Перепад температур выходящего и входящего воздуха, °С	35	50	65	70
Температура входящего воздуха °С, не более	50	50	50	50
Аэродинамическое сопротивление по воздуху, Па, не более	150	200	250	
Мощность секции, кВт	7,5	15	22,5	30
1	2	3	4	5
Габаритные размеры, мм: ширина	600	900	900	1150
длина	1350	1450	1450	1605
высота	930	1120	1160	1420

Технологический расчет и выбор оборудования системы вентиляции и воздушного отопления

Таблица 2. Исходные данные

Вариант	1	2	3	4
Вид животных	Сухостойные коровы	Коровы с уровнем лактации 30 л.	Свиньи на откорме	Свиноматки
Количество животных	400	200	2000	300
Живая масса животных, кг	400	600	100	150
Габариты помещения, м				
Ширина	21	18	21	12
Длина	96	72	90	72
Высота по карнизу	3,6	4,7	3,3	3,0
по коньку	8,1	8,4	4,1	3,7

Определяем воздухообмен по углекислоте в холодный период года в м³/ч

$$L_{CO_2} = \frac{C \cdot m}{C_1 - C_2}$$

где C - количество углекислого газа, выделяемое одним животным, л/ч;

m - количество животных в помещении, гол.;

C_1 - допустимое количество углекислого газа в воздухе помещения, л/м³; ($C_1 = 2,5$ л/м³);

C_2 - содержание углекислого газа в приточном свежем воздухе, л/м³; ($C_2 = 0,3...0,4$ л/м³);

$$L_{H_2O} = \frac{W \cdot m \cdot \beta}{W_1 - W_2}$$

W - количество водяного пара, выделяемого одним животным в течение часа, г/ч; (табл. 3);

β - коэффициент, учитывающий испарение влаги с пола, кормушек, автопоилок и т.д. (1,10...1,25);

W_1 - допустимое количество водяного пара в воздухе помещения, г/м³ (абсолютная влажность)

Таблица 3. Количество тепла, углекислоты и водяных паров

Вид животных	Живая масса, кг	Количество тепла, кДж/ч	Количество углекислоты, л/ч	Выделение паров воды, г/ч
Стельные сухостойные коровы и нетели за 2 месяца до отела	300	2,3	90	232
	400	2,82	110	284
	600	3,46	138	329
Лактирующие коровы с уровнем лактации 30 л	300	3,85	143	401
	400	4,21	165	424
	600	4,83	189	487
Свиньи на откорме	200	1,42	57	145
Свиноматки с приплодом	150	1,95	78	198

$$W_1 = \frac{\omega \cdot W_{max}}{100}$$

где ω - нормативная относительная влажность воздуха в животноводческих помещениях, % (для условий Оренбургской области относительная влажность составляет 84%);

W_{max} - максимальная влажность воздуха при заданной температуре, г/м³ (см. таблицу 4)

W_2 - средняя абсолютная влажность приточного воздуха, г/м³, ($W_2=3,2...3,3$ г/м³).

Таблица 4. Физические свойства влажного воздуха

Температура t , $^{\circ}\text{C}$	Плотность, $\text{кг}/\text{м}^3$	W_{max} , $\text{г}/\text{м}^3$	Температура t , $^{\circ}\text{C}$	Плотность, $\text{кг}/\text{м}^3$	W_{max} , $\text{г}/\text{м}^3$
-20	1,396	1,1	6	1,265	7,2
-18	1,385	1,3	8	1,256	8,3
-16	1,374	1,5	10	1,248	9,4

-14	1,363	1,7	12	1,239	10,6
-12	1,353	2,0	14	1,230	12,0
-10	1,342	2,3	16	1,222	13,6
-8	1,332	2,7	18	1,213	15,3
-6	1,322	3,1	20	1,205	17,2
-4	1,312	3,6	22	1,201	19,3
-2	1,308	4,2	24	1,197	21,6
0	1,293	4,9	26	1,189	24,2
2	1,284	5,6	28	1,173	27,0
4	1,275	6,4	30	1,165	30,1

Из полученных по формулам результатов для дальнейших расчетов выбирают максимальную величину воздухообмен (L_{max}).

Далее определяем кратность часового воздухообмена, который показывает, сколько раз в течение часа меняется воздух в помещении

$$K = \frac{L_{max}}{V}$$

где V – полезный объем помещения, m^3 .

$$V = b * l * h$$

Кратность часового воздухообмена для молодняка раннего возраста и маточного поголовья допускается не больше 3 раз в час, для остальных животных - не более 5.

При кратности воздухообмена $K < 3$ выбирают естественную вентиляцию, при $K=3...5$ - принудительную вентиляцию без подогрева подаваемого воздуха и при $K > 5$ - принудительную вентиляцию с подогревом подаваемого воздуха.

При естественной вентиляции воздухообмен происходит вследствие разности температур внутри и снаружи помещения. Воздух в помещении перемещается по каналу снизу вверх.

Сечение вытяжных приточных каналов в m^2 определяют по формуле

$$F_1 = \frac{L_{max}}{3600 \cdot g}$$

v - скорость воздушного потока в канале, m/s .

$$g = \sqrt{\frac{h \cdot (t_1 - t_2)}{273}}$$

где h - высота вытяжных шахт, принимается равной на 0,6...0,7 выше конька здания;

$t_1 - t_2$ - разность температур внутреннего и наружного воздуха, град.

При скорости воздушного потока менее 0,2 м/с увеличивают высоту вытяжных шахт, более 1,2 м/с проводят утепление здания для снижения разности температур наружного и внутреннего воздуха.

Количество вытяжных каналов определяют из выражения

$$m_{vk} = \frac{F_1}{f_1}$$

где f_1 - площадь поперечного сечения одного канала, m^2

Площадь сечения вытяжных каналов f_1 принимается 0,25; 0,36; 0,5; 1 m^2 и более, приточных f_2 0,04 и 0,06 m^2 .

Общую площадь приточных каналов F_2 принимают равной $(0.5\dots0.7)F_1$, а количество приточных каналов соответственно

$$m_{nk} = \frac{F_1}{f_1}$$

Для удовлетворительной работы важное значение имеет гидро и теплоизоляция вытяжных каналов. Чтобы избежать задувания вытягиваемого воздуха ветром, вытяжные каналы устанавливают вертикально над крышей и снабжают дефлектором.

Достоинством системы вентиляции с естественным побудителем является простота, дешевизна устройства и эксплуатации. Недостатком – зависимость от температурных условий. При равенстве температуры воздуха внутри и снаружи помещения воздухообмен совершенно прекращается.

Расчет вентиляционной системы с механическим побудителем.

Вентиляционные системы разрабатываются для конкретного здания в соответствии со следующими требованиями:

1. Воздуховоды должны быть по возможности короче, иметь минимальное количество мест, вызывающих местные сопротивления и располагаться так, чтобы не мешать нормальному течению производственных процессов.
2. Вытяжные каналы должны устанавливаться в местах, где выделяются или скапливаются вредные примеси.
3. Отверстия для выброса воздуха должны быть расположены как правило выше воздухоприемника.
4. Вентиляционная система должна быть устроена так, чтобы движение воздуха в помещении было ламинарным, при этом свежий воздух постоянно вытесняет загрязненный.

При принудительной вентиляционной системе поступление свежего воздуха обеспечивается приточными вентиляционными установками. Применяют вентиляторы низкого давления (до 980 Па) и среднего (2940 Па).

Расчет принудительной вентиляционной системы ведется из тех условий, что она должна работать периодически, поэтому подача системы должна быть в 2-3 раза больше расчетной величины воздухообмена, т.е.

$$L_{B.C.} = (2\dots3) L_{max},$$

Требуемый вентилятор подбирают по величине воздухообмена $L_{B.C.}$ и требуемому напору, необходимому для преодоления сопротивления движению воздуха в канале вентиляционной системы.

Объемную подачу вентилятора в $\text{м}^3/\text{ч}$ определяют по формуле

$$Q_B = \frac{L_{B.C.}}{m_{nk}}$$

где m_{nk} — число вытяжных каналов.

При подаче $Q_B < 8000 \text{ м}^3/\text{ч}$ выбирают схему с одним вентилятором, при $Q_B > 8000 \text{ м}^3/\text{ч}$ — с несколькими, при этом объемная подача одного вентилятора не должна быть более $8000 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Диаметр воздухообмена в м определяется по формуле

где Q_B — подача вентилятора, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$$d = \frac{1}{30} \sqrt{\frac{Q_B}{\pi \cdot v}},$$

v — скорость воздуха в воздуховоде, которая принимается равной 12... 15 м/с.

Необходимый напор вентилятора в Па определяют как сумму потерь давления от трения воздуха о воздуховод на прямолинейных участках (H_{pp}) и местах сопротивлений (h_m).

$$H = H_{np} + h_m = \frac{\rho \cdot v^2}{2} \left(\lambda \frac{L}{2d} + \sum \xi \right)$$

где H - полный напор вентилятора, Па;
 ρ - плотность воздуха, ($\rho=1,2\ldots1,3$ кг/м³);
 v - скорость воздуха в воздуховоде, ($v = 10\ldots15$ м/с);
 d - диаметр воздуховода, ($d = 0,3\ldots0,4$ м);
 λ - коэффициент сопротивления движению воздуха в трубе, ($\lambda = 0,02\ldots0,03$);
 L - длина трубопровода на прямолинейном участке, м;

ξ - сумма коэффициентов местных сопротивлений ($\xi = 1,1 \ldots 8,0$).

По полученным величинам Q_B , H и скорости воздуха по номограмме (приложение 1) определяют номер вентилятора (№), а затем на пересечении с H находят коэффициент полезного действия вентилятора h и безразмерный параметр A . После чего находят частоту вращения вентилятора

$$n = \frac{A}{N}$$

Расчетная мощность электродвигателя в Вт для привода вентилятора определяют по формуле

$$N_{\text{д8}} = \frac{9,81 \cdot Q_B \cdot H}{3600 \cdot \eta_B \eta_{nep}}$$

где Q_B - одача выбранного вентилятора, м³/ч;
 H - полный напор выбранного, Па;
 η_B - КПД вентилятора (для центробежных вентиляторов $\eta_B = 0,4\ldots0,6$, для осевых $\eta_B = 0,2\ldots0,3$);
 η_{nep} - КПД передачи, (для ременных передач $\eta_{nep} = 0,95$).

Полученную расчетную мощность двигателя увеличивают при $N < 1,5$ на 50%, при $N = 2$ кВт на 25%, при $N = 4\ldots7$ кВт на 20% и при $N > 7,5$ кВт на 10%.

Расчет отопительной системы помещения

При кратности воздухообмена $K > 5$ приточный воздух подогревают.

Определяют дефицит теплового потока в Дж/ч (ккал/ч) для определения животноводческого помещения

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 - Q_{ж},$$

где Q_1 - поток теплоты, теряемый наружу сквозь ограждающие строительные конструкции, Дж/ч (ккал/ч);

Q_2 - поток теплоты, теряемый с удаляемым воздухом при вентиляции, Дж/ч (ккал/ч);

Q_3 - случайные потери потока тепла, Дж/ч (ккал/ч);

$Q_{ж}$ - поток теплоты, выделяемый животными или птицей, Дж/ч (ккал/ч).

$$Q_1 = \sum k \cdot F \cdot \left(t_s - t_h \right)$$

где k - суммарный коэффициент теплопередачи ограждающих строительных конструкций, Дж/м² * ч * °C (ккал/м² * ч * °C) (табл. 5);

F - площадь поверхностей, теряющих поток теплоты (потолок и стены), м²;

t_b и t_h - температура воздуха соответственно в помещении и снаружи, $^{\circ}\text{C}$.

Таблица 5. Коэффициент теплоотдачи для стен и потолка

ВИДЫ СТЕН	Толщина стен, см	
	30	60
	k, кДж/м ² ч ⁰ С	
Уплотненный неоштукатуренный бетон	9,2	5,9
Уплотненный отштукатуренный бетон	8,4	4,6
Неоштукатуренный железобетон	10,1	5,9
Кирпич, оштукатуренный с одной стороны	6,7	4,1
Кирпич, оштукатуренный с двух сторон	6,7	4,0
Оштукатуренный камень	9,7	6,7

$$Q_2 = c \cdot L_{max} \cdot (t_b - t_h)$$

где c - удельная теплоемкость воздуха, $\text{Дж}/\text{м}^3$;

L_{max} - значение воздухообмена, $\text{м}^3/\text{ч}$;

Поток теплоты в $\text{Дж}/\text{ч}$ (ккал/ч), выделяемый животными или птицей

$$Q_{ж} = \Sigma q \cdot m$$

где q - поток теплоты, выделяемый одним животным данного вида, $\text{Дж}/\text{ч}$ (таблица 3)
 m - количество животных данного вида в помещении.

Случайные потери потока тепла в $\text{Дж}/\text{ч}$, принимаются в количестве 10...15% от $Q_{ж}$, т. е.

$$Q_3 = (0,10 \dots 0,15) * Q_{ж}$$

После этого подбирают нагревательные установки по площади поверхности нагрева (электрокалориферы или теплокалориферы) и приводят их техническую характеристику.

Площадь поверхностей нагревательных установок

$$F = \frac{Q}{q_1}$$

где q_1 - съем теплового потока с единицы поверхности нагревательного устройства, $\text{Вт}/\text{м}^2$

$$q_1 = k' \cdot \left(\frac{t_1 - t_2}{2} - t_b \right)$$

где $k' = 46,2 \dots 113,4 \text{ кДж}/\text{м}^2 * \text{ч} * 0^{\circ}\text{C}$ - коэффициент теплоотдачи от калорифера к воздуху;

t_1 - температура теплоносителя при входе в теплокалорифер,

($t_1 = 90^{\circ}\text{C}$);

t_2 - температура теплоносителя на выходе из теплокалорифера
 $(t_2 = 70^{\circ}\text{C})$;

t_b - температура воздуха в помещении, $^{\circ}\text{C}$.

Содержание отчета

1. Начертить и описать одну из существующих схем вентиляции животноводческих помещений.

2. Начертить и описать одну схему центрального или местного воздушного отопления.

3. Выполнить расчет вентиляции и отопления животноводческого помещения по заданному варианту.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение микроклимата и его основных параметров.

2. Перечислите схемы вентиляции для различных животноводческих помещений.

3. Перечислите схемы центрального и местного отопления. В чем их преимущества и недостатки?

4. Какими техническими средствами осуществляется вентиляция и воздушное отопление?

5. Что такое воздухообмен в животноводческом помещении и как он рассчитывается?

Что такое тепловой баланс животноводческого помещения и как он рассчитывается?

2.15 Практическое занятие 15 (ПЗ-15). (4 часа).

Тема: Механизация и автоматизация систем водоснабжения.

2.15.1 Цель работы: ознакомить студентов с приемами вычисления потребного количества воды для животноводческой фермы с заданным поголовьем скота. На основании расчетных данных выбрать диаметр трубопровода, определить полный напор насоса, по заданной схеме водоснабжения выбрать насос, соответствующий мощности и производительности..

2.15.2 Задачи работы:

- 1.Начертить заданную схему водоснабжения
2. Определить расход воды
- 3.определить диаметр трубопровода
- 4.Определить полный напор насоса
- 5.Подобрать тип насоса и определить мощность двигателя

2.15.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

- 1.Плакаты
- 2.Методические указания

2.15.4 Описание (ход) работы:

Система водоснабжения — комплекс мероприятий, включающий забор воды из источников, подъем ее на высоту, очистку, хранение, подачу и потребление.

Состав машин и инженерных сооружений зависит в основном от источника водоснабжения и требований, предъявляемых к качеству потребляемой воды.

Схема водоснабжения — технологическая линия, связывающая в той или иной последовательности водопроводные сооружения, предназначенные для добычи, перекачки, улучшения качества транспортирования воды к пунктам ее потребления.

В зависимости от конкретных условий (рельефа местности, мощности источника водоснабжения, надежности электроснабжения и др.) схемы водоснабжения могут быть с одним или с двумя подъемами воды, с хранением регулируемой емкости воды в водонапорных башнях или подземных резервуарах, с подачей противопожарного запаса воды непосредственно из источника воды и пр.

Задаваемые величины на схемы:

$H_{в}$ - высота всасывания, т.е. расстояние по вертикали от уровня воды в источнике до центра насоса, м;

H_r - расстояние по вертикали от центра насоса до основания водонапорной башни, м;

H_{δ} - высота водонапорной башни, м;

a, b, c - длины участков нагнетательного трубопровода, м;

ΔH -слой воды в емкости башни, м.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
КРС производители	15	20	22	13	10	11	12	14	16	17	18	19
Дойные коровы	1000	1200	1500	800	500	550	600	650	750	900	400	300
Суточный убой, л	10	15	20	25	30	30	30	10	20	20	10	15
Телки	170	180	100	200	250	210	250	160	155	420	350	220
Лошади рабочие	10	15	17	16	12	30	5	10	20	25	24	35
Обслуживающий	50	55	60	30	25	25	27	20	30	40	20	15

персонал												
НВ, м	2,5	2,8	3	3,5	2,4	2	3	3	2	2,5	2,1	2
НГ, м	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	6	6,5	5,5	4
НБ, м	6	9	12	15	6	9	12	15	6	9	15	12
ΔН, м	5	4	3	3	3	3	4	5	5	4	3	4
а, м	2	3	4	5	6	7	8	9	10	8	6	4
в, м	9	10	12	14	13	10	9	8	10	12	15	13
с, м	3	4	5	6	7	8	9	8	7	6	5	4
Тракторов, ед	2	3	3	2	1	1	1	2	2	2	2	2
Автомобилей, ед	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Определение расхода воды

Расчет потребного количества воды, которое должна подавать водоснабжающая установка, производится по установленным среднесуточным нормам водопотребления.

По заданному количеству и составу поголовья скота на ферме

(комплексе) определяется, исходя из норма водопотребления, среднесуточный расход воды Q' сут. средн. на животноводческий сектор:

$$Q'_{\text{сут.ср}} = A_1q_1 + A_2q_2 + A_3q_3 + \dots + A_nq_n \quad \text{л/сут.}$$

Где: $A_1, A_2, A_3 \dots$ -количество животных того или иного вида,

$q_1, q_2, q_3 \dots$ -среднесуточные нормы водопотребления, л/сутки

К расчетному количеству воды $Q'_{\text{сут. средн.}}$ необходимо добавить расход воды на обслуживающий персонал $Q''_{\text{сут. средн.}}$ и различные подсобные устройства $Q'''_{\text{сут. средн.}}$ машина, молочные и т.п.

Общий среднесуточный расход воды в хозяйстве будет:

$$Q_{\text{сут.ср}} = Q'_{\text{сут.ср}} + Q''_{\text{сут.ср}} + Q'''_{\text{сут.ср}}$$

При расчете расхода воды на обслуживающий персонал $Q''_{\text{сут.ср}}$.

Можно ориентировочно пользоваться следующими нормами расхода на человека:

120 литров в сутки-при наличии душа и канализации

60-70 литров – без канализации.

При расчете воды на подсобные устройства используется следующая формула:

$$Q'''_{\text{сут.ср}} = A_1kq_m + A_1q_n + n_Tq_T + n_aq_a, \quad \text{л/сутки}$$

Где:

k - суточный удой, (см. задание)

q_m -расход воды на 1 литр переработанного молока, л (см табл. 2)

A_1 - количество дойных коров (см. задание)

q_n -расход воды на мытье посуды и охлаждение молока на одну корову, л (см табл.2)

n_T -количество тракторов (см. задание)

q_T -расход воды на один трактор, л (см.табл. 2)

n_a -количество автомобилей (см. задание)
 q_a -расход воды на один автомобиль (см. табл.2)

Таблица 1

Норма потребления воды животными

Наименование водопотребителя	Расходы воды на голову (л/сутки)		
	При наличии автопоилок	На пастбище	При водоразборе из поилок
Крупный рогатый скот	100	50	80
Молочный скот	120	50	90
Телки	50	35	45
Лошади рабочие	80	50	70
Куры	1	-	0,5
Гуси,утки	-	-	1,25-1,75

Ориентировочные нормы расхода воды на различные подсобные устройства

Таблица 2 Ориентировочные нормы расхода воды (литров/сутки)на хозяйственно-производственные нужды

Наименование водопотребителя	Количество воды
На 1 л переработанного молока	От 5 до 8
На мытье посуды и охлаждения молока (на одну корову)	30-35
На 1 трактор	120
На 1 автомашину	140-200

При определении общей потребности хозяйства в воде необходимо учесть также и расход воды на тушение пожара. Система водоснабжения должна обеспечивать запас воды для бесперебойного тушения пожара в течение 3-х часов. В каждом отдельном случае противопожарные мероприятия на фермах должно быть согласованы с органами пожарной охраны. Запас воды на тушение пожара равен $0,1 \cdot (Q'_{\text{сут.ср}} + Q''_{\text{сут.ср}} + Q'''_{\text{сут.ср}})$

Наибольший суточный расход воды вычисляется по формуле:

$$Q_{\text{сут. max}} = L_1 Q_{\text{сут.ср.}} \text{ л/сутки.}$$

Где L_1 -коэффициент суточной неравномерности потребления воды, для сельскохозяйственной местности и животноводческих ферм $L_1=1,3$.

Наибольший часовой расход воды определяется по наибольшему суточному расходу с учетом коэффициента часовой неравномерности потребления воды:

$$Q_{\text{сут. max}} = L_2 Q_{\text{сут. max}} / 24 \quad \text{где } L_2 = 2,5$$

Определение диаметра водопровода.

Диаметр зависит от скорости течения воды в трубопроводе и максимального секундного расхода воды:

$$d_p = \sqrt{4Q_{\max, \text{сек}} / (\pi V_{\text{эк}})}, \text{ м}$$

где: $Q_{\max, \text{сек}}$ – максимальный секундный расход воды ($\text{м}^3/\text{с}$) $V_{\text{эк}}$ - экономически целесообразная скорость течения воды в трубопроводе (принимаем $V_{\text{эк}} = 1 \text{ м/с}$)

По полученному расчетному диаметру, по ГОСТу подбираются трубы (табл.3) Правильность расчетов (d_p) можно проверить по номограмме (приложение 11)

Таблица 3 Величина удельных сопротивлений А для асбестоцементных и полиэтиленовых труб при $v=1 \text{ м/с}$.

Трубы асбестоцементные ГОСТ 539-73				Трубы полиэтиленовые ГОСТ 18599-73			
Вт-6 $d_p, \text{мм}$	$A, \text{с}^2/\text{м}^6$ A	Вт-12 $d_p, \text{мм}$	$A, \text{с}^2/\text{м}^6$ A	$d_p, \text{мм}$	$A, \text{с}^2/\text{м}^6$ A	$d_p, \text{мм}$	$A, \text{с}^2/\text{м}^6$ A
104	153,1	96	231,9	51	6297	163	14,52
146	26,32	135	39,53	62	2470	184	7,708
196	5,708	181	8,629	73	966,4	204	4,495
244	1,831	228	2,604	90	323,6	229	2,457
289	0,7607	270	1,083	102	168,2	248	1,620
334	0,3590	312	0,5113	114	94,08	279	0,8753
381	0,1813	356	0,2578	130	47,36	314	0,4720
473	0,05899	441	0,08486	147	24,92	354	0,2522

Определение полного напора насоса

Полный напор насоса H вычисляем по формуле:

$$H = H_b + H_{hr} + \sum h \quad (\text{м}),$$

где : H_b - высота всасывания в м;

H_{hr} -геометрическая высота нагнетания в м;

$$H_{hr} = H_r + H_b + \Delta H$$

$\sum h$ - сумма потерь напора в метрах во всасывающем и нагнетательном трубопроводах, м.

Потери напора $\sum h$ складывается из потерь по длине h_L трубопроводов и потерь фасонных частях и арматуре (местные сопротивления h_m) $\sum h = h_L + h_m$ (м)

Потери насоса на местные сопротивления длинных трубопроводов обычно незначительны по сравнению с потерями по длине. Поэтому при ориентировочных расчетах потерями в фасонных частях и арматуре пренебрегают или учитывают их как $h_m = (5/10\%)h_L$

Если известны диаметры труб и расходы воды в них, то потери напора на каждом участке трубопровода могут быть вычислены по формуле:

$$h_L = A \cdot Q^2 \cdot L$$

где: h_L -потери насоса в м;

А - удельное сопротивление;

Q-расход воды в m^3/s

L-длина трубы в м (для нашего случая $L=a+b+c+H_0$)

Удельное сопротивление А зависит от диаметра трубы и состояния внутренней ее поверхности. Значения А для некоторых труб приведены в табл.3

Для подбора типа насоса пользуемся справочными таблицами, и насосными характеристиками (приложение), в которых приводятся технические характеристики насосов. Подбор производится по расчетному полному напору H , требуемой производительности Q , определяемой по наибольшему часовому расходу воды, и виду источника водоснабжения.

Пользуясь приложением и стендом в к. 237, можно по данным H и Q легко подобрать наиболее подходящий тип и марку насоса.

При определении мощности двигателя для привода насоса необходимо, прежде всего, подсчитать мощность на валу насоса.

Подсчет производим по формуле:

$$N_H = \frac{Q \cdot H}{102 \cdot n_H \cdot \eta_{дв}} \text{ кВт}$$

Где: N_H -мощность на валу насоса, кВт;

Q- производительность насоса ,л/с

H-полный набор насоса в м;

$\eta_{дв}$ -КПД, принимаемый для центробежных насосов- для поршневых 0,4...0,6

0,25...0,55

$\eta_{дв}$ -КПД двигателя (0,75...0,85)

Мощность двигателя берем с запасом на возможные перегрузки ,т.е.

$$N_{qb} = \beta * N_H \text{, кВт}$$

Где: β -коэффициент запаса

Величина коэффициента β выбирается в зависимости от требуемой мощности насоса, табл.5

Таблица 5

Требуемая мощность в кВт	β
До 1	2
От 1 до 2	1,5
От 2 до 5	1,2
От 5 до 50	1,15
Свыше 50	1,1

Отчет по лабораторно-практической работе « Расчет потребности животноводческой фермы и выбор типа насоса»

Расходы воды в хозяйстве	Характеристика насоса

Среднесуточный (л/сут)	$Q_{ср.сут.}$
Наибольший суточный Q_{max} (л/сут)	
Наибольший часовой $Q_{час,max}$ (л/час)	
Высота всасывания H_B (м)	
Геометрическая H_{Hr} высота нагнетания	
Потери насоса \sum_h (м)	
Полный напор насоса H (м)	
Мощность на валу насоса N_H (кВт)	
Мощность двигателя $N_{qб}$ (кВт)	
Марка	
Производительность m^3/c	
Полный напор H (м)	

Контрольные вопросы:

1. Откуда и как производится забор воды?
2. Требования, предъявляемые к питьевой воде?
3. Как вычисляется наибольший суточный, часовой, секундный расход воды?
4. Как определяется полный напор насоса?
5. Как определяется мощность двигателя для привода насоса
6. Как подбирается насос?

**3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ПРОВЕДЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫЙ РАБОТ**

Не предусмотрено

**4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ПРОВЕДЕНИЮ СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ**

Не предусмотрено