

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный  
аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ  
В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

Учебное пособие

Краснодар  
КубГАУ  
2020

**УДК 631.3:636.034 (075.8)**

**ББК 40.715**

**M55**

**Рецензенты:**

**Е. И. Винецкий** – зав. лабораторией машинных агропромышленных технологий ВНИИТТИ, д-р техн. наук, профессор;

**Б. Ф. Тарасенко** – профессор кафедры ремонта машин и материаловедения Кубанского государственного аграрного университета, д-р техн. наук

**Коллектив авторов:**

В. Ю. Фролов, А. В. Бычков, А. С. Брусенцов,  
Г. Г. Класнер, В. А. Дробот

**M55**      **Механизация и автоматизация в животноводстве :**  
учеб. пособие / В. Ю. Фролов [и др.]. – Краснодар : КубГАУ,  
2020. – 191 с.

**ISBN 978-5-907346-81-9**

В учебном пособии представлены и рассмотрены вопросы механизации и автоматизации основных технологических процессов животноводства и птицеводства.

Предназначено для обучающихся направлений подготовки 36.03.02 Зоотехния и 35.03.06 Агроинженерия.

**УДК 631.3:636.034 (075.8)**

**ББК 40.715**

© Фролов В. Ю., Бычков А. В.,  
Брусенцов А. С., Класнер Г. Г.,  
Дробот В. А., 2020

© ФГБОУ ВО «Кубанский  
государственный аграрный  
университет имени  
И. Т. Трубилина», 2020

**ISBN 978-5-907346-81-9**

## ВВЕДЕНИЕ

Суть принципа автоматизации производства, в частности животноводческого, состоит во внедрении автоматизированных и автоматических технологических устройств с целью освобождения персонала от тяжелого труда. Основным спектром деятельности – автоматизация производства – нацелена на улучшение процессов контроля управления, обработку и получение продукции, облегчение использования и передачу энергии, информационных данных и различных материалов.

Автоматизация производства и сельского хозяйства – основная цель научно-технического прогресса, так как она увеличивает как количество, так и качество выпускаемой продукции. Технические процессы тесно связаны с применением инновационного оборудования и изобретений в сфере сельского хозяйства.

В Российской Федерации были организованы на промышленной основе животноводческие, звероводческие комплексы, птицефабрики и различные тепличные комбинаты. Благодаря автоматизации предприятий в северных районах нашей страны выращивают цветы, овощи, фрукты на протяжении всего календарного года. Практически во всех тепличных хозяйствах России установлены автоматизированные поливные системы. Особенно показателен пример комплексной автоматизации производства на современных птицефабриках – инкубаторы, которые поддерживают необходимый микроклимат. С помощью автоматизированной системы освещения искусственно увеличивают продолжительность светового дня. В разные времена года система обеспечивает комфортную среду обитания. Птица питается из автоматизированных кормушек. В России имеется несколько небольших птицефабрик, где практикуется полная автоматизация производства. На животноводческих предприятиях доение, кормление и раздача кормов, первичная переработка молока проводятся с применением различных автоматических устройств. Должны быть полностью автоматизированы и такие процессы, как водоснабжение, система вентиляции и отопления, это значительно сокращает процент испорченной с.-х. продукции. Переход предприятий по переработке сельскохозяйственной продукции на комплексную автоматизацию и механизацию позволит повысится качество продукции и сократить издержки.



**Стабилизирующая САУ** – система, алгоритм функционирования, которой содержит предписание поддерживать значение управляемой величины постоянным:

$$x(t) \approx x_3 = const. \quad (1.1)$$

Знак  $\approx$  означает, что управляемая величина поддерживается на заданном уровне с некоторой ошибкой.

Стабилизирующие САУ – самые распространенные в промышленной автоматике. Их применяют для стабилизации различных физических величин, характеризующих состояние технологических объектов.

**Программная САУ** – система, алгоритм функционирования которой содержит предписание изменять управляемую величину в соответствии с заранее заданной функцией времени:

$$x(t) \approx x_3(t) = f_n(t). \quad (1.2)$$

**Следящая САУ** – система, алгоритм функционирования которой содержит предписание изменять управляемую величину в соответствии с заранее неизвестной функцией времени:

$$x(t) \approx x_3(t) = f_c(t). \quad (1.3)$$

В стабилизирующих, программных и следящих АСУ цель управления заключается в обеспечении равенства или близости управляемой величины  $x(t)$  к ее заданному значению  $x_3(t)$ .

Такое управление, осуществляемое с целью поддержания  $x(t) \approx x_3(t)$ , называется **регулированием**. Устройство осуществляющее его регулирование называется **регулятором**, а сама система – **системой регулирования**.

По принципу управления различают системы:

- с управлением по разомкнутому циклу;
- с управлением по замкнутому циклу;
- комбинированного управления.

**Разомкнутая САУ** – система, в которой не осуществляется контроль управляемой величины, т. е. входными воздействиями ее управляющего устройства (УУ) являются только внешние (задающее и возмущающее) воздействия.

Разомкнутые САУ можно разделить в свою очередь, на два типа:

- осуществляющие управление в соответствии с изменением только задающего воздействия (рисунок 1.2, а);

– осуществляющие управление в соответствии с изменением и задающего и возмущающего воздействий (рисунок 1.2, б).

Алгоритм управления разомкнутой системы первого типа имеет вид:

$$y(t) = A_y [x_3(t)]. \quad (1.4)$$

Чаще всего оператор  $A_y$  устанавливает пропорциональную связь между задающим  $x_3(t)$  и управляющим воздействием  $y(t)$ , а сама система в этом случае осуществляет программное управление. Системы первого типа работают эффективно лишь при условии, если влияние возмущений на управляемую величину невелико и все элементы разомкнутой цепи обладают достаточно стабильными характеристиками. В системах управления по возмущению (рисунок 1.2, б) управляющее воздействие зависит от возмущающего и задающего:

$$y(t) = A_y [x_3(t), z(t)]. \quad (1.5)$$

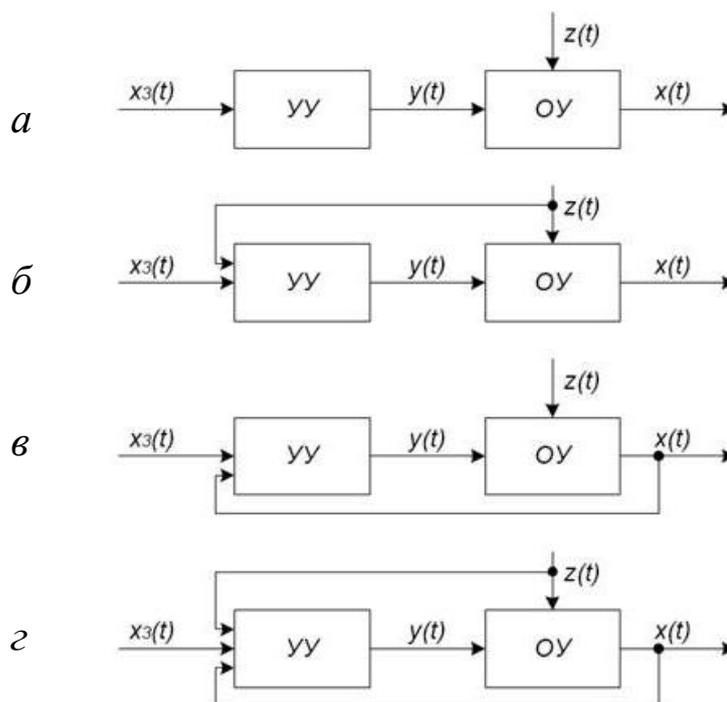


Рисунок 1.2 – Функциональные схемы САУ

*а, б* – замкнутой; *в* – комбинированной; *г* – несколькими цепями воздействий

В большинстве случаев разомкнутые системы управления по возмущению выполняют функции стабилизации управляемой величины. Преимущество разомкнутых систем управления по возмущению – их быстроедействие: они компенсируют влияние возмущения еще до того, как оно проявится на выходе объекта управления

(ОУ). Но применимы эти системы лишь в том случае, если на управляемую величину действуют одно или два возмущения и есть возможность измерения этих возмущений. Поэтому если эти величины действуют на объект как возмущения, то обычно стремятся стабилизировать их при помощи дополнительной системы или ввести в основную систему управления данным объектом сигнал, пропорциональный такому воздействию.

**Замкнутая САУ (САУ с обратной связью)** – система, в которой входными воздействиями ее управляющего устройства являются как внешнее (задающее), так и внутреннее (контрольное) воздействия.

Управляющее воздействие в замкнутой системе (рисунок 1.2, а, б) формируется в большинстве случаев в зависимости от величины и знака отклонения истинного значения управляемой величины от ее заданного значения:

$$y(t) = A_y [ \varepsilon(t) ], \quad (1.6)$$

где  $\varepsilon(t) = x_3(t) - x(t)$  – сигнал ошибки (сигнал рассогласования).

Замкнутую систему называют часто **системой управления по отклонению**. В замкнутой системе контролируется непосредственно управляемая величина и тем самым при выработке управляющего воздействия учитывается действие всех возмущений, влияющих на управляемую величину. В этом заключается преимущество замкнутых систем.

**Комбинированная САУ** – система, в которой входными воздействиями ее управляющего устройства являются как внешние (задающее и возмущающее), так и внутреннее (контрольное) воздействия.

В комбинированной системе (рисунок 1.2, в) имеются две цепи воздействий – по заданию и по возмущению, и управляющее воздействие формируется оператором.

$$y(t) = A_3 [ \varepsilon(t) ] + A_6 [ z(t) ]. \quad (1.7)$$

Эффективность работы комбинированной АСУ всегда больше, чем у порознь функционирующих замкнутой или разомкнутой систем.

По характеру используемых для управления сигналов различают:

1) непрерывные или аналоговые системы автоматического управления;

- 2) дискретные САУ, из которых выделяет:
- импульсные системы автоматического управления;
  - релейные системы автоматического управления;
  - цифровые системы автоматического управления.

**Непрерывная САУ** – система, в которой действуют непрерывные (аналоговые), определенные в каждый момент времени сигналы.

**Дискретная САУ** – система, в которой действует хотя бы один дискретный, определенный только в некоторые моменты времени сигнал.

К дискретным САУ относятся, например, имеющие в своем составе цифровые вычислительные устройства: микропроцессоры, контроллеры, электронные вычислительные машины.

По характеру используемой информации об условиях работы различают:

- 1) системы автоматического управления с жестким законом управления и структурой;
- 2) системы автоматического управления с изменяемыми структурой и законом управления, к которым относятся:
  - системы автоматической настройки;
  - самообучающиеся системы;
  - самоорганизующиеся системы.

По характеру математических соотношений различают:

- 1) линейные системы автоматического управления, для которых справедлив принцип суперпозиции;
- 2) нелинейные системы автоматического управления, для которых принцип суперпозиции в общем случае не справедлив.

**Линейные САУ** – системы, все элементы которых описываются линейными дифференциальными и или алгебраическими уравнениями.

**Нелинейные САУ** – системы, хотя бы один элемент которой описывается нелинейными дифференциальными и или алгебраическими уравнениями.

Как линейные, так и нелинейные системы могут подразделяться на аналоговые, дискретные и дискретно-непрерывные, стационарные и нестационарные. При этом стационарной называется САУ, параметры элементов которой не зависят от времени работы системы. Для нестационарной это условие не выполняется. Стаци-

онарные и нестационарные могут быть с сосредоточенными и распределенными параметрами.

По количеству выходных координат объекта управления различают САУ: одномерные, многомерные. Последние делятся на системы связного и несвязного управления. В системах первого типа отдельные управляющие устройства соединены между собой внешними связями. Многомерная система имеет несколько управляющих устройств, каждое из которых осуществляет управление своим выходным воздействием на объект. Входящая в состав многомерной системы отдельная САУ называется **автономной**, если управляемая ею выходная переменная не зависит от значения остальных управляемых величин.

По способу выработки управляющего воздействия, замкнутые САУ бывают:

- беспойсковые;
- поисковые.

**Беспойсковая САУ** – система, в которой управляющее воздействие вырабатывается в результате сравнения истинного значения управляемой величины с заданным значением.

Такие системы применяют для управления сравнительно несложными объектами, характеристики которых достаточно хорошо изучены и для которых заранее известно в каком направлении и на сколько нужно изменить управляющее воздействие при определенном отклонении управляемой величины от заданного значения.

**Поисковая САУ** – система, в которой управляющее воздействие формируется с помощью пробных управляющих воздействий и путем анализа результатов этих пробных воздействий.

Такую процедуру поиска правильного управляющего воздействия приходится применять в тех случаях, когда характеристики объекта управления меняются или известны не полностью; например, известен вид зависимости управляемой величины от управляющего воздействия, но неизвестны числовые значения параметров этой зависимости.

Поэтому поисковые системы называют еще системами с неполной информацией. Наиболее часто принцип автоматического поиска управляющих воздействий применяют для управления объектами, характеристики которых имеют экстремальный характер. Целью управления является отыскание и поддержание управляющих воздействий, соответствующих экстремальному значению

управляемой величины. Такие системы называют экстремальными (оптимальными) системами. Особый класс САУ образуют системы, которые способны автоматически приспособляться к изменению внешних условий и свойств объекта управления, обеспечивая при этом необходимое качество управления путем изменения структуры и параметров управляющего устройства. Они называются адаптивными, или самоприспосабливающимися, системами. В составе адаптивной САУ имеется дополнительное автоматическое устройство, которое меняет алгоритм управления основного управляющего устройства таким образом, чтобы система в целом осуществляла заданный алгоритм функционирования, который предписывает обычно максимизацию показателя качества. Поэтому адаптивные АСУ являются, как правило, еще и оптимальными.

По степени зависимости управляемой величины в установившемся режиме от величины возмущающего воздействия САУ делят на статические и астатические.

**Статическая САУ** – система, в которой имеется зависимость управляемой величины в установившемся режиме от величины возмущающего воздействия.

**Астатическая САУ** – система, в которой отсутствует зависимость управляемой величины в установившемся режиме от величины возмущающего воздействия.

В зависимости от принадлежности источника энергии, при помощи которого создается управляющее воздействие, различают системы прямого действия и непрямого действия.

**САУ прямого действия** – система, в которой управляющее воздействие создается при помощи энергии объекта управления.

К ним относятся простейшие системы стабилизации (уровня, расхода, давления и т. п.), в которых воспринимающий элемент через рычажную систему непосредственно действует на исполнительный орган (заслонку, клапан).

**САУ непрямого действия** – система, в которой управляющее воздействие создается за счет энергии дополнительного источника.

**Алгоритм функционирования устройства (системы)** – совокупность предписаний, ведущих к правильному выполнению технического процесса в каком-либо устройстве или в совокупности устройств (системе).

К алгоритмам функционирования также относят алгоритм стабилизации, программный алгоритм и следящий алгоритм.

**Алгоритм стабилизации**, который требует постоянства вектора выходного состояния  $OY Y(t)$  и равенство его заданному значению  $Y_z$ .

$$Y_z = const. \quad (1.8)$$

При этом заданное значение должно оставаться постоянным в течении достаточно долгого периода времени. Примером систем, в которых используется алгоритм стабилизации, являются приводы главного движения станочного оборудования.

**Программный алгоритм**, для которого характерно изменение вектора выходного состояния  $OY$  по наперед известному закону или программе. В этом случае заданное значение вектора выходного состояния является известной функцией времени, т. е.

$$Y_z(t) = F_z(t). \quad (1.9)$$

Примером использования такого алгоритма являются системы числового программного управления.

**Следящий алгоритм** работы  $OY$  характеризуется тем, что требуемый закон изменения вектора выходного состояния объекта заранее неизвестен. Следящий алгоритм может быть описан выражением:

$$Y_z(t) = F_0(t). \quad (1.10)$$

где  $F_0(t)$  – неопределенная функция времени.

Таким алгоритмом работы характеризуются системы наведения или слежения за состоянием объекта, изменяющегося по случайному закону. Например, системы компенсации износа режущего инструмента.

Графическое представление алгоритмов функционирования для вектора выходного состояния, содержащего только одну компоненту, представлено на рисунке 1.3.

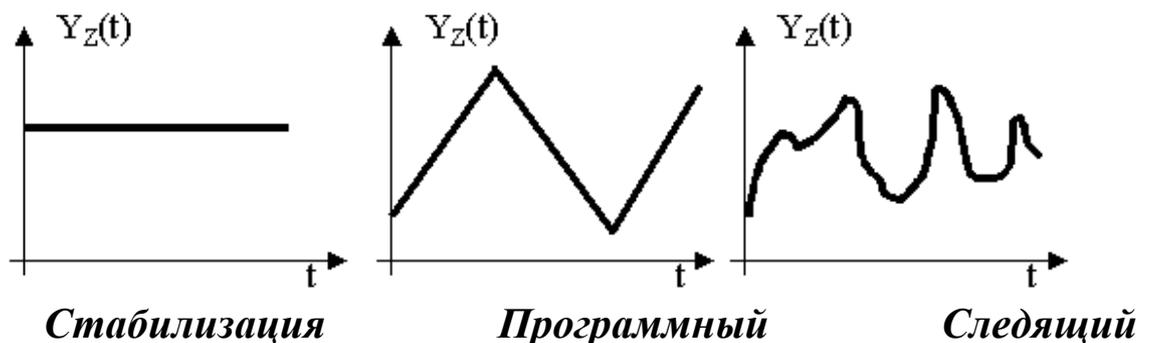


Рисунок 1.3 – Алгоритмы функционирования объект управления

**Алгоритм управления** – совокупность предписаний, определяющая характер воздействий извне на объект управления, обеспечивающих его алгоритм функционирования. **Алгоритм функционирования управляющего устройства** – зависимость управляющего воздействия от задающего воздействия, управляемой величины и дополнительного возмущающего воздействия.

Для одномерной САУ алгоритм управления можно записать следующим образом:

$$y(t) = A_y[x_z(t), x(t), z_o(t)]. \quad (1.11)$$

**Алгоритм функционирования объекта управления** – зависимость управляемой величины от управляющего и основного возмущающего воздействий.

Для одномерной САУ алгоритм функционирования объекта можно записать следующим образом:

$$x(t) = A_o[y(t), z_o(t)]. \quad (1.12)$$

В совокупности алгоритм функционирования объекта и алгоритм управления образуют алгоритм функционирования САУ.

**Алгоритмическая структура (схема)** – структура (схема), представляющая собой совокупность взаимосвязанных алгоритмических звеньев и характеризующая алгоритмы преобразования информации в САУ.

При этом **алгоритмическое звено** – часть алгоритмической структуры САУ, соответствующая определенному математическому или логическому алгоритму преобразования сигнала.

Если алгоритмическое звено выполняет одну простейшую математическую или логическую операцию, то его называют **элементарным** алгоритмическим звеном. На схемах алгоритмические звенья изображают прямоугольниками, внутри которых записывают соответствующие операторы преобразования сигналов. Иногда вместо операторов в формульном виде приводят графики зависимости выходной величины от входной или графики переходных функций.

Различают следующие виды алгоритмических звеньев: статическое, динамическое, арифметическое и логическое.

**Статическое звено** преобразует входной сигнал в выходной мгновенно (без инерции). Связь между входным и выходным сигналами статического звена описывается обычно алгебраической функцией. К статическим звеньям относятся различные безинерци-

онные преобразователи, например, резистивный делитель напряжения.

**Динамическое звено** преобразует входной сигнал в выходной в соответствии с операциями интегрирования и дифференцирования во времени. Связь между входным и выходным сигналами динамического звена описывается обыкновенными дифференциальными уравнениями.

К классу динамических звеньев относятся элементы САУ, обладающие способностью накапливать какой-либо вид энергии или вещества, например, интегратор на основе электрического конденсатора.

**Арифметическое звено** осуществляет одну из арифметических операций – суммирование, вычитание, умножение, деление.

Наиболее часто встречающееся в автоматике арифметическое звено – звено, выполняющее алгебраическое суммирование сигналов, называют **сумматором**.

**Логическое звено** выполняет какую-либо логическую операцию: логическое умножение («И»), логическое сложение («ИЛИ»), логическое отрицание («НЕ») и т. д. Входной и выходной сигналы логического звена являются обычно дискретными и рассматриваются как логические переменные.

**Конструктивная структура (схема)** отражает конкретное схемное, конструктивное и прочее исполнение САУ.

К таким схемам относятся: кинематические схемы устройств, принципиальные и монтажные схемы электрические соединений и т. д.

Системы, применяемые при автоматизации производственных процессов, в зависимости от характера и объема выполняемых ими операций можно разделить на системы контроля, регулирования, управления, следящие, защиты, адаптивные и т. д. Автоматические системы могут быть комбинированными, т. е. представлять собой совокупность нескольких систем. Например, система автоматического регулирования представляет собой совокупность систем автоматического контроля и управления. Автоматические системы могут также различаться видами применяемых в них устройств, параметрами, конструктивными решениями и т. д.

**Следящая система** – автоматическая система, в которой выходная величина воспроизводит с определенной точностью входную величину, характер изменения которой заранее неизвестен.

Такие системы используют для различных целей. В качестве выходной величины следящей системы можно рассматривать совершенно различные величины. Одной из наиболее широко распространенных разновидностей следящих систем являются системы управления положением объектов. Следящие системы можно рассматривать как дальнейшее развитие и усовершенствование систем дистанционной передачи угловых или линейных перемещений, в которых регулируемой величиной обычно является угол поворота объекта следящей системы представлена на рисунке 1.4.

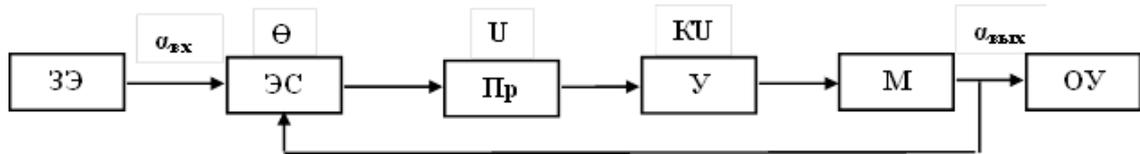


Рисунок 1.4 – Функциональная схема следящей системы

На элемент сравнения (ЭС) от задающего элемента (ЗЭ), связанного с входным валом следящей системы, поступает входная величина  $\alpha_{вх}$ . Сюда же от объекта управления (ОУ), связанного с выходным валом системы, поступает значение угла обработки  $\alpha_{вых}$ . В результате сравнения этих величин на выходе ЭС появляется рассогласование  $\theta = \alpha_{вх} - \alpha_{вых}$ .

Сигнал рассогласования с выхода элемента сравнения поступает на преобразователь (Пр), в котором угол  $\theta$  преобразуется в пропорциональное ему напряжение  $U_0$  – сигнал ошибки.

Однако в большинстве случаев мощность сигнала ошибки недостаточна для приведения в действие исполнительного двигателя (М). Поэтому между преобразователем и исполнительным двигателем включают усилитель (У), обеспечивающий необходимое усиление сигнала ошибки по мощности. Усиленное напряжение с выхода усилителя поступает на М, который приводит в действие объект управления, а перемещение  $\alpha_{вых}$  последнего передается на принимающий элемент измерительной схемы, т. е. на элемент сравнения.

**Адаптивная** (самоприспосабливающаяся) система – система автоматического управления, у которой изменяется способ функционирования управляющей части для осуществления оптимального наилучшего управления. В зависимости от поставленной задачи и методов ее решения возможны различные законы управления, поэтому адаптивные системы разделяют на следующие виды:

– функционального регулирования: управляющее воздействие является функцией какого-либо параметра, например, подача – функция одной из составляющих силы резания, скорость резания – функция мощности;

– предельного (экстремального) регулирования, которые обеспечивают поддержание предельного значения одного или нескольких параметров в объекте;

– оптимального регулирования, в которых учитывается совокупность многих факторов с помощью комплексного критерия оптимальности. В соответствии с этим критерием осуществляется изменение регулируемых параметров и величин, например, поддержание в станке режима обработки, обеспечивающего максимальную производительность и наименьшую себестоимость обработки, определяется заданием оптимальных значений параметров (скоростей сил резания, температуры и т. д.), от которых зависят производительность и себестоимость процесса обработки.

## 1.2 Системы автоматического регулирования

**Система автоматического регулирования (САР)** – совокупность объекта управления и автоматического регулятора, взаимодействующих между собой в соответствии с алгоритмом управления.

**Автоматическим регулированием** называют поддержание значений физических величин на определенном уровне или изменение их по требуемому закону без непосредственного участия человека.

Технические устройства, в которых процессы подлежат автоматическому регулированию, называют **объектами регулирования**.

Физические величины, подлежащие регулированию, называют **регулируемыми величинами**.

Внешние воздействия, вызывающие отклонение регулируемой величины от ее заданного значения, называют *возмущающими воздействиями*.

Технические устройства, предназначенные для автоматического регулирования различных величин в объектах, называют **автоматическими регуляторами**.

Система автоматического регулирования состоит из двух основных частей – объекта регулирования и автоматического регуля-

тора. САР представляет собой сложные комплексы взаимодействующих технических средств, узлов и элементов, работа которых основана на различных физических принципах (электрических, механических, гидравлических и др.). Они разнообразны по конструктивному исполнению и техническим характеристикам. Однако в теории автоматического регулирования основное внимание уделяется не техническим свойствам отдельных элементов, а их функциональным преобразованиям и характеру связей между ними. Наглядное представление об этом дают функциональные схемы систем автоматического регулирования.

Функциональные схемы отражают взаимодействие устройств, элементов систем автоматического регулирования в процессе их работы. Графически отдельные устройства систем автоматического регулирования изображают в виде прямоугольников, а существующие между ними связи – стрелками, соответствующими направлению прохождения сигнала. Внутреннее содержание каждого устройства не конкретизируется, а функциональное назначение шифруется буквенными символами.

Типовая (или обобщенная) функциональная схема системы автоматического регулирования представлена на рисунке 1.5.

На объект регулирования ОР, находящийся под влиянием внешнего возмущающего воздействия  $F$ , поступает управляющее воздействие  $x_p$ , которое является выходной величиной автоматического регулятора (АР), представляющего собой совокупность элементов. В автоматический регулятор по цепи главной обратной связи (ОСГ) поступает регулируемая величина  $x_{\text{вых}}$ . Входная величина  $x_{\text{ex}}$  с задатчика З поступает на элемент сравнения (ЭС). Сигнал ошибки, представляющий собой разность входной величины  $x_{\text{ex}}$  и сигнала главной обратной связи  $x_{\text{oc}}$  ( $\Delta x = x_{\text{ex}} - x_{\text{oc}}$ ) поступает на усилитель  $U$ , где усиливается в  $K$  раз и воздействует на исполнительный элемент (ИЭ), выходной сигнал  $x_p$  которого является регулирующим воздействием автоматического регулятора. Элемент местной обратной связи (ОСМ) вводится в систему автоматического регулирования для улучшения ее динамических свойств.

**Классификация систем.** Вследствие большого разнообразия используемых в технике систем автоматического регулирования, различающихся функциональными возможностями, принципами построения и формой конструктивной реализации, невозможно

дать единую классификацию систем автоматического регулирования.

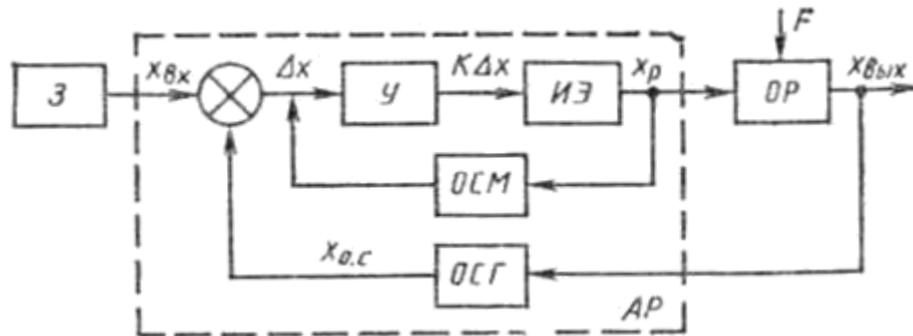


Рисунок 1.5 – Функциональная схема систем автоматического регулирования

Рассмотрим наиболее характерные классификационные признаки.

**Наличие в системах явно выраженной обратной связи.** По этому признаку они делятся на замкнутые и разомкнутые. *Замкнутые* системы содержат цепь главной обратной связи ОСГ, в разомкнутых системах она отсутствует. Системы, работающие по *разомкнутому циклу*, используют только в качестве составной части более сложных систем автоматического регулирования. Под **главной обратной связью** (ГОС) понимают подачу части энергии с выхода системы на ее вход. Эта связь служит для сравнения действительного закона изменения регулируемого параметра с требуемым.

Помимо ГОС в системе предусмотрена **местная обратная связь**, которая охватывает один или несколько элементов основной цепи. Обратную связь называют положительной, если ее выходной сигнал суммируется с основным сигналом, и отрицательной, если этот сигнал вычитается из основного сигнала.

**Закон изменения регулируемой величины в системах автоматического регулирования.** По этому признаку различают системы стабилизации, программного регулирования и следящие.

*Системы стабилизации* предназначены для поддержания постоянного значения регулируемой величины. В этих системах задающее воздействие не изменяется во времени. *Системы программного регулирования* предназначены для изменения регулируемой величины по известному закону в функции времени или какой-либо другой величины. Задающее воздействие называют программой регулирования. *Следящие системы* предназначены для

изменения регулируемой величины по заранее неизвестному закону. Задающее воздействие представляет собой случайную функцию времени.

Способность САР поддерживать с определенной степенью точности значение регулируемой величины: статические и астатические. *Статической системой* автоматического регулирования называют такую систему, в которой принципиально невозможно поддерживать одно и то же значение регулируемого параметра при условии, что задающее воздействие системы остается неизменным. Остаточную ошибку в такой системе называют статизмом.

*Астатической системой* автоматического регулирования называют такую систему, в которой в установившемся режиме регулируемый параметр принимает всегда одно и то же значение и не зависит от значения возмущающего воздействия на объект регулирования. В астатической системе статизм всегда равен нулю.

Функциональная связь между входными и выходными величинами элементов, входящих в состав системы автоматического регулирования: непрерывные и дискретные. *Непрерывной системой* автоматического регулирования называют систему, в которой непрерывному изменению входных величин элементов соответствует непрерывное изменение выходных величин этих элементов. *Дискретной системой* автоматического регулирования называют систему, в которой непрерывному изменению входной величины хотя бы одного элемента, входящего в состав системы, соответствует дискретное изменение выходной величины этого элемента.

### **1.3 Системы автоматического контроля**

Для обеспечения требуемого качества деталей и изделий (точность размеров, геометрическая форма, параметр шероховатости поверхности и т. д.) применяют комплексный контроль, включающий в себя контроль: готовых изделий, заготовок, вспомогательных средств производства (режущего инструмента, измерительных средств и т. д.), основных средств производства (технологического оборудования, систем и средств управления и т. д.).

Система автоматического контроля (САК) предназначена для автоматического контроля различных физических величин (параметров), сведения о которых необходимы при управлении объектом. Всякая система состоит из элементов, узлов и устройств, опре-

деленную функцию; следовательно, систему автоматического контроля можно представить схематически (рисунок 1.6)

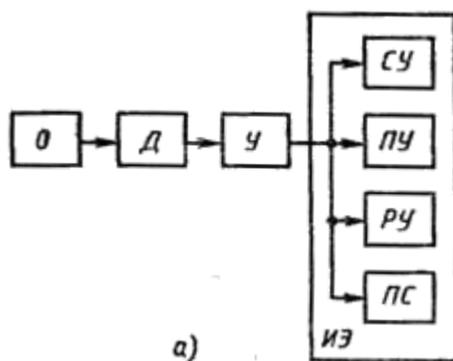


Рисунок 1.6 – Функциональная схема системы автоматического контроля

Датчик (Д) измеряет значение контролируемого параметра объекта (О) и преобразует его в сигнал, удобный для усиления или передачи. Наибольшее применение находят датчики, преобразующие неэлектрическую величину в электрическую.

Усилитель (У) – устройство, усиливающее слабый сигнал, поступающий от датчика, так, что он становится достаточным для воздействия на исполнительный элемент.

Исполнительный элемент (ИЭ) – устройство, посредством которого выполняются заключительные операции.

*Элементы передачи и связи* – устройства, обеспечивающие передачу сигналов от датчика до исполнительного элемента.

В состав систем автоматизации производственных процессов входят дополнительные элементы, не участвующие в преобразовании информации, а обеспечивающие данное преобразование. К ним относятся источники энергии, стабилизаторы, переключатели и др.

В зависимости от вида исполнительного элемента автоматический контроль разделяют на четыре основные группы:

- сигнализация характерных или предельных значений параметров; сигнализирующее устройств (СУ) – лампочки, звонок, сирена;
- указание значений контролируемых параметров; указывающий прибор (ПУ) может быть стрелочным, цифровым;
- регистрация значений контролируемого параметра; регистрирующее устройство (РУ) – самописец;

– сортировка различных изделий в зависимости от заданных значений контролируемых параметров (ПС – прибор сортирующий).

Система автоматического контроля не вмешивается в ход протекания технологического процесса. В зависимости от вида, стоимости и требований, предъявляемых к точности изготовления деталей, контроль может быть полным, когда проверяются все изделия, и выборочным, когда проверяется часть деталей.

По принципу действия различают:

– системы пассивного контроля, представляющие собой системы автоматического контроля, задача которых получить необходимые сведения об управляемом объекте или параметрах технологического процесса (система не изменяет параметров технологического процесса во время обработки, т. е. ведет себя пассивно);

– системы активного контроля, которые представляют собой системы автоматического регулирования, задача их не только измерять необходимые величины, но и поддерживать их заданное значение во время технологического процесса.

В настоящее время системы активного контроля организуют в большинстве случаев по принципу адаптивного управления, т. е. управление технологическим процессом ведут совместно с ЧПУ и САК, задача которой – менять программу управления на основе сведений, полученных от автоматических устройств, тем самым восстанавливая отклонившиеся величины.

По назначению различают следующие системы автоматического контроля: технологических параметров в процессе обработки; параметров готовых изделий (контроль качества продукции); состояния оборудования и систем управления; состояния инструмента, оснастки и т. д.; программного и информационного обеспечения (сбор сведений, обработка сведений, систематизация и т. д.).

Системы автоматического пассивного контроля различаются:

– аппаратными средствами и способами организации контроля; разновидностями и способами контактирования с измеряемыми величинами (прямое контактирование, косвенное, контактирование в рабочей позиции, в измеряемой позиции и т. д.);

– видами датчиков, применяемых для измерения величин (индуктивные, пневматические, фотоэлектрические, тензометрические, оптоэлектронные);

– способами организации измерительной системы и средствами обработки полученной информации (измерение, дискретное, измерение методом сравнения с заданным значением, измерение с преобразованием аналогового сигнала в числовой код и т. д.);

– видами индикаторов и средствами отображения информации измерений (стрелочные индикаторы, цифровые, символьные, сегментные отображения информации на электронно-лучевой трубке (ЭЛТ) и т. д.);

– способами хранения и регистрации данных (регистрация на бумажных лентах в виде диаграмм, графиков, регистрация посредством печатающих устройств, регистрация с записью в ЗУ).

Системы пассивного автоматического контроля могут иметь также различные способы организации контроля: непосредственно во время технологического процесса (постоянный или поэтапный) и полученных результатов.

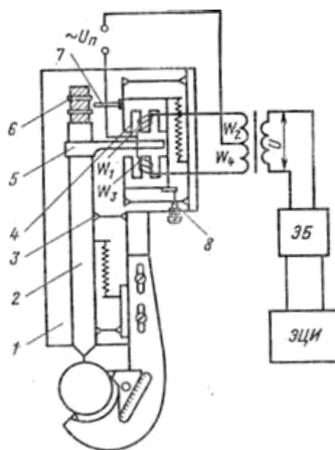


Рисунок 1.7 – Система пассивного автоматического контроля

На рисунке 1.7 показана одна из структурных схем системы пассивного автоматического контроля.

Система включает в себя: дифференциальный индуктивный размерный датчик 1; электронный блок (ЭБ), имеющий электронный усилитель и преобразователь; указывающий прибор, выполненный в виде электронного цифрового индикатора (ЭЦИ) и исполнительного реле. Датчик имеет два Ш-образных сердечника 4, закрепленных с помощью плоских пружин на корпусе датчика. На сердечниках расположены две обмотки ( $W_1W_3$ ), которые совместно с полуобмотками трансформатора ( $W_2W_4$ ) представляют собой уравновешенный измерительный мост, в диагонали которого подключено питающее напряжение от сети переменного тока ( $U_n$ ). Измерительный шток датчика 2 подвешен посредством

плоских пружин 3 к корпусу. На штоке закреплен якорь сердечника 5. Вращением микрометрического винта 8 сердечники перемещаются относительно якоря. Если размеры детали до обработки превышают пределы измерения датчика, то ограничительная гайка 6, установленная на штоке, с помощью угольника 7 отодвигает сердечник от микрометрического винта (зона отсутствия измерений).

Принцип действия САК состоит в следующем. При контактировании измерительного штока с измеряемой поверхностью якорь сердечника отклоняется от среднего положения, что вызывает дисбаланс моста (сигнал рассогласования) вследствие неравенства зазоров между якорем и сердечником. Напряжение рассогласования моста, усиленное и преобразованное в электронном блоке в цифровой код, индицируется на ЭЦИ в виде значения отклонения размера. При балансе моста электронный блок формирует сигнал на прекращение обработки с помощью исполнительного реле.

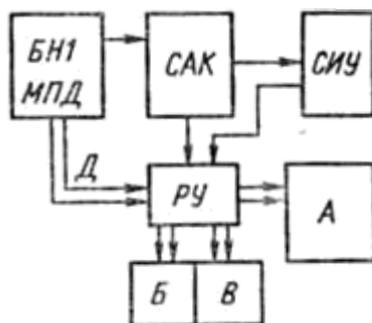


Рисунок 1.8 – Схема автосортировщика

В массовых видах производства применяются для контроля изделий или деталей всевозможные пассивные средства контроля, работающие как автоматические сортировщики. Они не только измеряют размер или его отклонения, но и по результатам измерений дают оценку: годная деталь с допустимыми отклонениями; негодная с отклонениями, которые можно исправить; бракованная. Такие автоматические сортировщики, кроме измерительной системы, имеют исполнительные механизмы подачи детали на измеряемую позицию, ее фиксацию и механизмы, распределяющие детали по накопителям упомянутых позиций.

Большинство автоматических сортировщиков имеют следующую функциональную структуру (рисунок 1.8): бункер-накопитель (БН)1 или магазин-накопитель (МН) для хранения контролируемых

деталей; механизм подачи, базирования деталей на измеряемой позиции (МПД) систему автоматического контроля с индикацией и сигнализацией о браке и недопустимых отклонениях (СИУ) распределительное устройство (РУ), которое распределяет детали датчик по бункерам-накопителям (А – бункер годных деталей, Б – бункер для деталей «исправимый брак» В – бункер деталей «брак»).

С развитием микропроцессорной и микроэлектронной измерительной техники многие задачи автоматизации контроля в машиностроении решаются на новом техническом уровне с учетом новых достижений в технике.

САК параметров технологического процесса или автоматического контроля качества готовых изделий на базе развития микроэлектронной техники и средств вычислительной техники стали составной частью САУ и встраиваются непосредственно в технологические объекты или технологические комплексы.

Измерительные машины изготавливают в виде промышленных роботов автоматического контроля, которые оснащены контрольными средствами, управляющими программами. САК с ЧПУ выполняют как координатно-измерительные машины (КИМ), которые могут быть автономными или могут встраиваться в технологический комплекс.

На рисунке 1.9 показана структурная схема координатно-измерительной системы, состоящей из измерительного стола, который свободно перемещается по трем координатам – X, Y, Z. На столе с помощью приспособления устанавливается контролируемое изделие. На неподвижной части относительно стола устанавливается измерительное устройство, фиксирующее положение измеряемой поверхности в виде калибра, щупа.

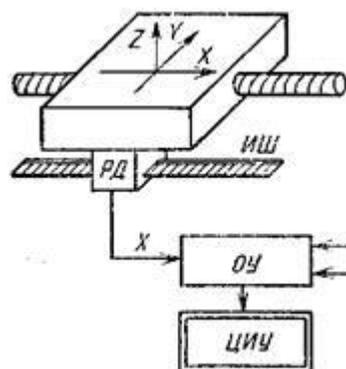


Рисунок 1.9 – Структурная схема контрольно-измерительного механизма

Перемещение измерительного стола относительно фиксируемой позиции измеряется размерными датчиками (РД), которые ведут отсчет перемещения посредством оптической измерительной шкалы (ИШ). Сигналы датчика в виде импульсов, число которых пропорционально перемещению, подаются в операционное устройство, где преобразуются в сигналы индикации (операционное устройство в своем ЗУ может сравнивать заданное значение с измеренным и вычислять отклонение). Обработанный в операционном устройстве сигнал подается на цифровое индицирующее устройство (ЦИУ), где в цифровом коде индицируется измеряемая величина или ее отклонение.

### **Контрольные вопросы**

1. Автоматизированные системы управления?
2. Системы автоматического регулирования?
3. Системы автоматического контроля?

## 2 ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

### 2.1 Датчик («орган чувств»)

Любая система автоматического управления состоит из отдельных частей, узлов, агрегатов. Все эти составляющие в процессе функционирования системы взаимодействуют между собой по определенному алгоритму. Только при наличии такого взаимодействия система становится системой. Опираясь на законы физики, химии, электротехники, электроники и других дисциплин, определяются свойства и характеристики отдельных составляющих системы и представляются в форме, удобной для использования при расчетах систем в рамках теории автоматического управления.

Возьмем в качестве примера простейшую одноконтурную замкнутую систему автоматического управления (рисунок 2.1).

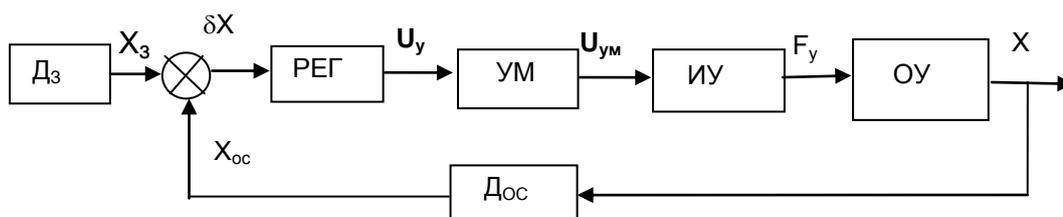


Рисунок 2.1 – Блок-схема одноконтурной замкнутой системы управления:  
 $D_z$  – устройство задания управляющего сигнала;  $PEГ$  – регулятор;  
 $УМ$  – усилитель мощности;  $ИУ$  – исполнительное устройство;  
 $ОУ$  – объект управления;  $D_{oc}$  – устройство определения текущего состояния выходного сигнала

При создании системы объект управления считается неизменяемой частью системы с известными свойствами. В модели  $ОУ$  выделяется выходной параметр  $X$ , который система должна регулировать, и управляющее воздействие  $F_y$ , с помощью которого происходит регулирование. Управляющее воздействие на объект управления осуществляет исполнительное устройство, которое, в свою очередь, получает управляющий сигнал  $U_{ym}$  от усилителя мощности.

Он получает первичный управляющий сигнал  $U_y$  от регулятора и обеспечивает согласование по мощности выходного каскада регулятора исполнительного устройства.

Первичный управляющий сигнал формируется регулятором на основе сигнала рассогласования  $\delta X$  в соответствии с законом  $U_y =$

$f(\delta X)$  методами теории автоматического управления для обеспечения требуемых свойств соответствующей системы.

Для формирования сигнала рассогласования необходимо иметь информацию о заданном и текущем значениях регулируемого параметра объекта. Получение этой информации обеспечивается устройством задания управляющего сигнала  $X_3$  и устройством определения текущего состояния выходного сигнала  $X_{oc}$ . В простейшем случае сигнал рассогласования является разностью сигналов этих двух устройств:

$$\delta X = X_3 - X_{oc}. \quad (2.1)$$

Таким образом, различные элементы системы выполняют различные функции. Это дает возможность разделить по функциональному назначению все элементы (не включая объекты управления) на три большие группы: исполнительные; измерительные; усилительно-преобразовательные. Исполнительными элементами выступают устройства, непосредственно влияющие на объект управления и изменяющие его состояние.

Любой элемент САУ можно рассматривать как самостоятельное устройство, обладающее определенными свойствами. Для удобства описания свойств элемента выделим два основных сигнала – входной  $X$  и выходной  $Y$  (рисунок 2.2).

В простейшем случае  $X$  и  $Y$  – скалярные сигналы (один сигнал на входе, один на выходе). В общем случае  $X$  и  $Y$  могут быть векторными величинами, т. е. элемент может иметь несколько входных воздействий  $x_1, x_2 \dots x_n$  и создавать сразу несколько выходных сигналов  $y_1, y_2, \dots y_m$ .

Входной сигнал является внешним воздействием и вызывает в элементе реакцию в виде выходного сигнала. Кроме входного сигнала на реакцию элемента могут влиять другие процессы, которые будем считать возмущениями  $F$  и в необходимых случаях учитывать.

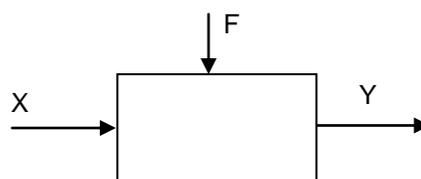


Рисунок 2.2 – Структурная схема работы датчика автоматической системы

Чтобы определить и описать свойства датчика при его функционировании проделаем следующий эксперимент: подадим на вход элемента тест - сигнал и рассмотрим реакцию элемента во времени. Наиболее удобен для такого эксперимента входной сигнал в виде ступенчатого воздействия. Типичная реакция элемента на ступенчатый входной сигнал показана на рисунке 2.3.

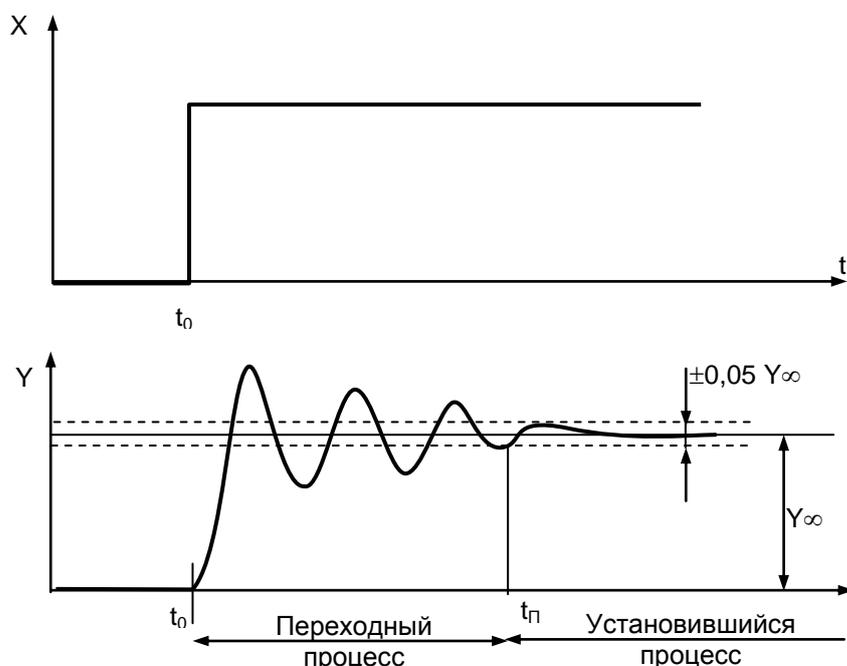


Рисунок 2.3 – Графическая интерпретация ступенчатого воздействия на датчик

В выходном сигнале  $Y(t)$  выделяются два характерных участка: переходный процесс ( $t = t_0 \dots t_p$ ) и установившийся процесс ( $t = t_p \dots \infty$ ). Поскольку во многих случаях математическое описание процесса  $Y(t)$  представляет собой экспоненту  $e^{-\lambda t}$  или сумму экспонент, то формально переходный процесс никогда не закончится, так как экспонента будет стремиться к своей асимптоте, но никогда не достигнет ее. Такой результат для технических приложений не конструктивен, поэтому в теории автоматического управления принято, что переходный процесс считается закончившимся в тот момент времени  $t_p$ , когда процесс  $Y(t)$  вошел внутрь допустимого интервала  $\pm 5\%$  от установившегося значения, как показано на рисунке 2.3. Величина установившегося значения  $Y_\infty$  может быть получена экспериментально или (для линейных стационарных элементов) вычислена по теореме о предельном значении оригинала.

Выделение в реакции элемента на ступенчатое входное воздействие двух разнородных участков (переходный и установившийся

процессы) позволяет рассматривать две группы свойств элементов – статические и динамические.

*Датчик* – первичный элемент автоматической системы, реагирующий на изменение физической величины, характеризующей процесс, и преобразующий эту величину в другую, удобную для работы последующих элементов. Статической характеристикой датчика является зависимость изменения выходной величины от изменения входной.

Чувствительностью датчика, или его коэффициентом усиления, называется крутизна статической характеристики.

Датчики можно классифицировать либо по величинам, которые они должны измерять (датчики давления, датчики уровня), либо по параметрам, в которые преобразуются измеряемые величины (датчики сопротивления, датчики индуктивности). Более рациональна классификация по второму признаку, так как два индуктивных датчика, служащие для измерения различных величин (например, давления, уровня), сходны между собой и имеют близкие конструктивные и эксплуатационные характеристики. В то же время емкостный и индуктивный датчики, служащие для измерения одной и той же величины, сильно отличаются друг от друга по конструкции, схеме и характеристикам.

Так как многие физические величины предварительно преобразуются в одну и ту же механическую величину – перемещение (например, изменение уровня преобразуется в перемещение поплавка), то значительная часть датчиков может быть сконструирована в виде устройств, преобразующих перемещение в ту или иную выходную величину. По выходному параметру датчики могут быть классифицированы следующим образом: сопротивления, индуктивности, емкости, напряжения, тока, фазы, частоты, числа и длительности импульсов, давления (пневматические или гидравлические). В некоторых случаях осуществляется несколько стадий преобразования регулируемого параметра, например, из механической величины сначала в какую-либо другую (например, тепловую, световую и т. д.), а затем уже в электрическую или пневматическую.

Широко используются в настоящее время датчики, сопротивления, индуктивности, напряжения, тока и агрегатных унифицированных систем автоматического регулирования и контроля (АУС) и т. д.

### *Датчики сопротивления*

Основными типами датчиков сопротивления являются потенциометрические, угольные, тензометры и термометры сопротивления.

*Потенциометрические датчики* применяют чаще всего для измерения перемещений. Главное их достоинство состоит в простоте и отсутствии необходимости последующего усиления. Основными недостатками их являются наличие скользящего электрического контакта, необходимость относительно больших перемещений движка и значительного усилия для этого. Простой реостат, изменяющий ток в электрической цепи при перемещении его движка, почти не используют в автоматике ввиду значительной нелинейности его характеристики.

*Угольные датчики* применяют в основном для измерения больших усилий и давлений. Обычно такой датчик имеет вид столбика из графитовых дисков, на концах которого находятся контактные диски и упоры, воспринимающие измеряемые усилия. Сопротивление такого столбика электрическому току складывается из собственно сопротивления графитовых дисков и переходного контактного сопротивления поверхностей их соприкосновения. Из-за неровности поверхностей дисков их соприкосновение происходит не по плоскости, а по отдельным точкам. Если столбик графитовых дисков подвергнуть сжатию, то площадь их соприкосновения увеличивается, и переходное контактное сопротивление уменьшается. Это свойство и используют в угольном датчике.

Существенными недостатками таких датчиков являются нелинейность характеристики, нестабильность сопротивления и значительный (до 5 %) гистерезис, т. е. различие между сопротивлением для одних и тех же величин усилий при сжатии и последующем снятии сжимающего усилия.

Область применения угольных датчиков ограничена измерением больших усилий и давлений, не требующих большой точности.

*Тензометры* изготавливают из тонкой проволоки либо из особой массы – тензолита. В обычном исполнении проволочный датчик представляет собой тонкую (15–60 мк) проволоку, сложенную в виде решетки и обклеенную с двух сторон папиросной бумагой. Такой элемент приклеивают прочным клеем к детали для измерения ее деформации. Измерение деформации основано на изменении сопротивления проволоочки при ее растяжении или сжатии, происхо-

дующем при деформации детали. Тензолитовые датчики, выполняемые в виде стерженьков диаметром до 1 мм, также наклеивают на деталь; они изменяют сопротивление при ее деформации.

*Тензодатчики* широко применяют для измерения деформации деталей в самых различных областях техники. Они характеризуются малым относительным изменением сопротивления не более 1 %, что требует измерительных схем высокой чувствительности.

Статическая характеристика проволочных датчиков имеет линейный вид, т. е. чувствительность проволочных датчиков практически постоянна. Для измерения применяют проволочные датчики из материала типа константана с небольшой чувствительностью (порядка 2), но с малым температурным коэффициентом сопротивления. Сопротивление таких датчиков обычно равно 100–200 Ом. С целью повышения чувствительности (до 3–4) применяют датчики из сплавов типа элинвара, характеризующихся относительно высоким температурным коэффициентом сопротивления. Сопротивление таких датчиков выбирают равным 500–1000 Ом. Для увеличения чувствительности применяют включение в мостовую схему двух или даже четырех одинаковых проволочных датчиков.

*Термометры сопротивления* получили широкое распространение для измерения температур различных сред в пределах от минус 50 до плюс 800° С.

Действие электрических термометров сопротивления основано на свойстве материалов изменять свое электрическое сопротивление при изменении температуры. Для изготовления термометров сопротивления используют медь, никель, сталь, платину и другие металлы. Медь применяют при измерении температур в пределах до 180 °С, сталь и никель до 300 °С в атмосфере, свободной от влаги и коррозионных газов, особенно сернистых; платину от минус 200 до плюс 900 °С в агрессивных средах. Сопротивление таких датчиков выбирают равным 40–100 Ом.

В последнее время в качестве термометров сопротивления используют термисторы, которые изготавливают из полупроводников, представляющих собой оксиды, сульфиды, карбиды металлов с большим отрицательным температурным коэффициентом.

Термометры сопротивления производят прессованием и обжигом измельченных и очищенных материалов, а затем покрывают защитным слоем эмали или лака, имеющих одинаковый с исходными материалами коэффициент расширения.

### *Датчики индуктивности*

Принцип работы датчиков основан на изменении индуктивного сопротивления катушки со сталью. Датчики индуктивности широко применяют благодаря их существенным достоинствам: простоте, надежности и отсутствию скользящих контактов, работе на переменном токе промышленной частоты, возможности использования за счет относительно большой величины отдаваемой электрической мощности.

Основной областью применения индуктивных датчиков является измерение угловых и линейных механических перемещений. Изменение входного параметра в датчиках индуктивности преобразуется в изменение индуктивности катушки благодаря перемещению якоря, сердечника или катушки.

*Индуктивные датчики* применяют только на относительно низких частотах (до 3000–5000 Гц), так как на высоких частотах резко возрастают потери в стали на перемагничивание и реактивное сопротивление обмотки.

Недостатки, свойственные датчику индуктивности, состоят в том, что для измерения перемещения якоря в обоих направлениях необходимо иметь начальный воздушный зазор, т. е. и начальную силу тока, из-за чего возникают неудобство в измерении, значительные погрешности от колебаний температуры и питающего напряжения. Для устранения этих недостатков, а также электромеханического усилия притяжения якоря, зависящего от величины воздушного зазора, применяют дифференциальный индуктивный датчик.

Датчики индуктивности с подвижным сердечником содержат две одинаковые катушки, расположенные на одной оси. Внутри катушек перемещается сердечник цилиндрической формы, связанный с измерителем. Если сердечник расположен симметрично относительно катушек, то индуктивные сопротивления катушек одинаковы. При перемещении сердечника изменяется индуктивность катушек: той катушки, в сторону которой переместился сердечник, растет, а другой – уменьшается. Соответственно изменяется сила токов, проходящих через катушки. Работа всех датчиков основана на изменении индуктивности. Существуют датчики, работа которых основана на изменении коэффициента взаимной индукции двух катушек. Такие датчики называются трансформаторными, или индукционными, и содержат две катушки: одна питается напряжением пе-

ременного тока, другая является выходной, и с нее снимается напряжение, пропорциональное перемещению якоря или сердечника.

*Трансформаторные датчики* выполняют с переменным зазором между якорем и сердечником, для измерения малых перемещений; с переменной площадью зазора, используемые для измерения средних перемещений, и с подвижным сердечником, используемые для измерения перемещений с широким диапазоном. Последние имеют преимущество перед другими трансформаторными датчиками, так как сердечник может быть отделен от катушек герметической трубкой. Такой датчик называют *плунжерным*.

В некоторых случаях выходная катушка состоит из двух катушек  $W_{2I}$  и  $W_{2U}$ , включаемых одна навстречу другой. У некоторых датчиков, наоборот, вторая катушка может поворачиваться или перемещаться относительно сердечника. Такие трансформаторные датчики с подвижной рамкой называют *ферродинамическими*.

Особенностями трансформаторных датчиков является возможность больших перемещений якоря и отсутствие электрической связи между измерительной цепью и цепью электрического питания. Между ними существует только магнитная связь, что во многих случаях является преимуществом.

#### *Емкостные датчики*

Они представляют собой обычный плоский или цилиндрический конденсатор, изменение емкости которого происходит либо за счет перемещения одной из пластин, либо за счет изменения диэлектрической постоянной среды  $\epsilon$ , находящейся между пластинами. Перемещение пластин вызывает изменение емкости благодаря изменению расстояния между пластинами  $b$  или площади пластин. Все емкостные датчики работают на переменном токе, как правило, с повышенной частотой и требуют обычно применения дополнительных усилителей напряжений, так как сигнал, получаемый от емкостных датчиков, имеет очень малую величину.

Емкостный датчик с переменным расстоянием между пластинами имеет одну неподвижную и одну подвижную пластины, связанные с измерителем. Благодаря перемещению подвижной пластины изменяется зазор между пластинами, что приводит к изменению емкости датчика. Для увеличения чувствительности и уменьшения влияния посторонних факторов такой датчик обычно выполняют дифференциальным, т. е. он содержит две неподвижные и одну подвижную пластины. При перемещении подвижной пласти-

ны изменяются емкости и между подвижной и неподвижными пластинами. Емкостные датчики включают в соседние плечи мостовой схемы. Датчик с изменением площади пластин состоит из ряда неподвижных и подвижных пластин, которые поворачиваются на определенный угол. При повороте подвижных пластин по отношению к неподвижным изменяется величина активной площади датчика, что приводит к изменению емкости датчика.

Датчики с изменяющейся диэлектрической постоянной среды можно применять для измерения концентрации электролитов или уровня жидкости. Обычно такие датчики выполняют в виде двух коаксиальных цилиндров, между которыми находится измеряемая жидкость. При изменении концентрации электролита или уровня жидкости линейно изменяется емкость датчика.

### *Датчики напряжения*

Величина выходного напряжения у таких датчиков пропорциональна значению регулируемого параметра. Изменение значения регулируемого параметра приводит к изменению выходного напряжения. К датчикам напряжения могут быть отнесены сельсинные передачи, работающие в так называемом трансформаторном режиме, пьезоэлектрические датчики, термопары, различные тахогенераторы и др.

### *Сельсины*

Индукционные машины системы индукционной связи обычно выполняют по типу асинхронных машин переменного тока, т. е. они имеют ротор и статор, на которых уложены соответствующие обмотки. В пазах статора находится трехфазная статорная обмотка, причем фазные обмотки в пространстве смещены на  $120^\circ$ . Ротор сельсина имеет однофазную, а иногда и трехфазную обмотки. Сельсины некоторых типов выполняют с трехфазной обмоткой на роторе и однофазной – на статоре. Сельсинная передача состоит из двух сельсинов – датчика СД и приемника СП и может служить как для передачи на расстояние угловых перемещений, так и в качестве измерительного устройства, вырабатывающего на выходе напряжение, зависящее от угла рассогласования роторов сельсин-датчика и сельсин-приемника. Режим работы сельсинов в схемах передачи на расстояние угловых перемещений называется индикаторным. Основной характеристикой индикаторного режима работы сельсинной передачи является зависимость синхронизирующего момента от

угла рассогласования между роторами сельсин-датчика (СД) и сельсин-приемника (СП).

Основной статической характеристикой этого режима работы является зависимость напряжения, индуктируемого на роторной обмотке СП от угла рассогласования между роторами СД и СП.

Работа *пьезоэлектрических датчиков* основана на пьезоэлектрическом эффекте, свойственном некоторым кристаллам. Датчики обычно изготавливают из кварца, так как при сильно выраженном пьезоэлектрическом эффекте и одновременно высокой механической прочности свойства кварца мало зависят от температуры и отличаются высокими изоляционными качествами.

Для получения напряжения, пропорционального скорости вращения служат тахогенераторы их используют как электрические датчики угловой скорости. В зависимости от вида выходного напряжения различают тахогенераторы постоянного и переменного тока.

Тахогенераторы постоянного тока конструктивно подобны электродвигателям постоянного тока и выполнены с возбуждением как от постоянных магнитов, так и от электромагнитов.

Тахогенераторы переменного тока разделяют на синхронные и асинхронные.

Тахогенератор синхронного типа представляет собой небольшую синхронную машину с ротором в виде постоянного магнита. Выходное напряжение такого тахогенератора имеет амплитуду и частоту, пропорциональные скорости вращения. Обычно оно выпрямляется полупроводниковым выпрямителем.

Выходное напряжение этого тахогенератора характеризуется переменной частотой, что затрудняет использование его в обычных схемах переменного тока, и, кроме того, тахогенератор нечувствителен к изменению направления вращения.

От этих недостатков свободен асинхронный тахогенератор. Конструкция асинхронного тахогенератора подобна конструкции двухфазного двигателя с тонкостенным ротором. Обмотка возбуждения тахогенератора питается от сети переменного тока, а в выходной обмотке наводится ЭДС переменного тока с частотой сети и амплитудой, пропорциональными величине скорости. При изменении направления вращения фаза выходного напряжения меняется на обратную.

*Термопары* применяют для точного измерения высоких температур (100...2000 °С). Особенно широко их используют в металлургии для контроля и автоматического регулирования большинства тепловых процессов. Крупными преимуществами термопар, помимо возможности измерения высоких температур, являются их сравнительно малая инерционность, простота и очень малые габариты получаемых датчиков.

Принцип действия термопары основан на термоэлектрическом эффекте, который заключается в том, что если соединить концами два разнородных по материалу проводника и места соединений поместить в среды с разными температурами, то в полученной таким образом электрической цепи появится электрический ток ввиду наличия термоэлектродвижущей силы (ТЭДС). Эта сила пропорциональна по величине разности температур двух концов электрической цепи и зависит от материалов обоих проводников.

*Термопары* характеризуются следующими основными свойствами. Абсолютная величина ТЭДС не зависит ни от распределения температур вдоль однородных проводников, ни от порядка ее отсчета. Это означает, что величина не изменится, если, например, нагревать какую-то произвольную точку проводника, не меняя при этом температур горячего и холодного спаев.

*Датчики тока.* У таких датчиков изменение регулируемого параметра приводит к изменению величины тока, проходящего через них. Основным типом таких датчиков являются фотоэлементы, хотя некоторые из них служат также датчиками напряжения.

Принцип работы фотоэлементов основан на изменении проводимости или на возникновении ЭДС под действием светового потока. В первом случае происходит изменение тока в цепи фотоэлемента, который питается от постороннего источника напряжения. Следовательно, фотоэлемент осуществляет преобразование светового потока в электрическую величину – ток. Это явление называют фотоэлектрическим эффектом.

К электродам фотоэлемента подводится анодное напряжение от отдельного источника. Благодаря световому потоку из катода вырываются электроны, которые под действием электрического поля движутся от катода к аноду. У некоторых фотоэлементов внутри колбы создается вакуум, их называют вакуумными. Для усиления фототока в колбу фотоэлемента иногда вводят небольшое количество инертного газа (аргона). Такие фотоэлементы называют газо-

наполненными. Возможность возникновения самостоятельного разряда – существенный недостаток газонаполненного фотоэлемента. Свойства фотоэлементов определяются их характеристиками спектральной характеристикой фотоэлемента называется кривая зависимости фототока от частоты (или длины волны) света при постоянной интенсивности светового потока. Эта кривая характеризует распределение чувствительности по спектру излучения.

Для катодов фотоэлементов, предназначенных для видимой или ближней инфракрасной области, обычно используют щелочные металлы, поверхность которых была подвергнута специальной обработке. У этих катодов в определенной спектральной области обнаруживается резкий максимум чувствительности.

Для газонаполненных фотоэлементов пропорциональная зависимость фототока от светового потока справедлива для относительно небольших значений светового потока.

При использовании фотоэлементов для измерения весьма важное значение имеет стабильность их интегральной и спектральной чувствительности. Как показывает опыт, чувствительность фотоэлементов понижается.

Фотоэлементы с внутренним фотоэффектом или фотосопротивления относятся к полупроводниковым приборам – их сопротивление меняется под действием света. Они обладают высокой стабильностью величины сопротивления, незначительной инерционностью и температурной зависимостью, а также почти пропорциональной зависимостью между фототоком и световым потоком.

В настоящее время наряду с рассмотренными фотоэлементами в качестве датчиков тока начинают применять также фотодиоды и фототриоды, в которых используют чувствительность электронно – дырочного перехода в полупроводниках к световому потоку. Фотодиод включается в цепь источника тока в направлении обратной проводимости. При отсутствии светового потока в цепи нагрузочного сопротивления, включенного последовательно с фотодиодом, протекает небольшой ток обратной проводимости, так называемый темновой ток. Если зона электронно-дырочного перехода освещается световым потоком, то ток возрастает пропорционально величине светового потока. У фототриода за счет эффекта усиления чувствительность к световому потоку значительно выше, чем у фотодиода.

### *Датчики агрегатных унифицированных систем*

В настоящее время промышленность выпускает комплекс элементов и устройств электронной и пневматической агрегатных унифицированных систем автоматического регулирования и контроля (АУС). Агрегатный принцип построения систем и унификация входных и выходных параметров позволяют из сравнительно небольшого числа стандартных блоков компоновать различные схемы автоматического контроля и регулирования.

В электронной агрегатной унифицированной системе (ЭАУС) широко применяют датчики постоянного тока с унифицированным выходным сигналом 0–5 (или 0,5–5) мА, а также датчики переменного тока с неунифицированным выходным сигналом. В пневматической агрегатной унифицированной системе часто используют пневматические датчики, у которых выходное давление изменяется от 20 до 100 кН/м<sup>2</sup> (0,2–1 кг/см<sup>2</sup>). Для связи электронных и пневматических устройств, служат специальные электропневматические и пневмоэлектрические преобразователи.

В большинстве пневматических датчиков входной сигнал преобразуется в перемещение заслонки, которая управляет истечением воздуха из сопла, изменяя давление в камере, расположенной перед соплом. Принцип работы таких устройств описан ниже при рассмотрении пневматических усилителей, являющихся часто составными элементами пневматических датчиков.

#### *Струнные датчики.*

Для измерения неэлектрических величин применяется и частотный метод, при котором измеряемая величина преобразуется в переменное напряжение, частота которого зависит от этой величины. Достоинством частотного метода измерения является то, что в процессе передачи и дальнейшей обработки частотного выходного сигнала не возникает дополнительной погрешности. Наибольшее развитие для преобразования неэлектрических величин в частоту получили струнные датчики. Принцип действия струнного датчика основан на зависимости собственной частоты колебаний натянутой струны длиной и массой от силы натяжения. Струнные датчики используются в приборах для измерения силы, давления, расхода, температуры и др. При воздействии на струну измеряемой силы струна практически не растягивается, поэтому первичный преобразователь (например, мембрана в датчике давления) работает, почти не деформируясь.

### *Магнитоупругие датчики*

Принцип действия магнитоупругих датчиков основан на магнитоупругом эффекте – физическом явлении, проявляющемся в виде изменения магнитной проницаемости ферромагнитного материала в зависимости от механических напряжений в нем. Такие датчики, используются для измерения силовых параметров: усилий, давлений, крутящих и изгибающих моментов, механических напряжений и т. п.

## **2.2 Усилительные элементы**

Усилительно – преобразовательные элементы предназначены обработки сигналов от датчиков и формирования управляющих сигналов для исполнительных элементов. Основные функции усилительно-преобразовательных элементов:

- предварительная обработка сигналов (фильтрация для снижения уровня шумов в сигнале, нормирование сигналов для приведения их к стандартным уровням и пр.);

- преобразование сигналов из одной формы в другую (модуляция и демодуляция) для обеспечения удобства работы с сигналами,

- выполнение математических операций с сигналами в соответствии с используемым законом управления, таких как сложение, вычитание, дифференцирование, интегрирование, функциональные преобразования и т. д.;

- усиление сигнала по мощности для обеспечения функционирования исполнительных устройств.

В системе (см. рисунок 2.1), к усилительно-преобразовательным элементам относятся: регулятор, усилитель мощности и показанный в виде отдельного звена, формирующий сигнал рассогласования. В основном в современных системах управления применяются электрические усилительно-преобразовательные элементы.

При реализации регуляторов очень эффективно применение цифровой техники – микропроцессоров и микроконтроллеров. С их помощью можно повысить точность проведения вычислений и реализовывать алгоритмы (законы управления) практически любой сложности. Преобразующие устройства (преобразователи) выполняют самые различные функции в системах автоматического регулирования их четыре типа.

№ по лод.	Название усилителя	Схема	СХ	Уравнение динамики	Переходный процесс	АФХ
1	Поршневой гидравлический (интегрирующий)			$T_y p \Delta y = \Delta x$		
2	Поршневой гидравлический с жесткой обратной связью (инерционный)			$(T_y p + 1) \Delta y = K \Delta x$		
3	Поршневой гидравлический с гибкой обратной связью (изодроный)			$(T_2^2 p^2 + T_1 p) \Delta y = K(T_1 p - 1) \Delta x$		
4	Поршневой пневматический			$(T_y p + 1) \Delta y = K \Delta x$		
5	Электромашинный			$(T_2^2 p^2 + T_1 p + 1) \Delta y = K \Delta x$		
6	Электронный			$\Delta y = K \Delta x$		
7	Релеисидный электрический с контактным управлением			$\omega = 0 \begin{cases} \text{при } x < +\Delta x \\ \text{при } x > -\Delta x \end{cases}$ $+ \Delta \omega \text{ при } x > +\Delta x$ $- \Delta \omega \text{ при } x < -\Delta x$		

Рисунок 2.3 – Некоторые типы усилительных элементов

В первом типе устройства осуществляется эквивалентное преобразование сигнала без изменения вида энергии и его физической природы; например, низкочастотный сигнал превращается в высокочастотный, в этом случае преобразователь именуют модулято-

ром. Во втором – при преобразовании непрерывного сигнала в квантовый по амплитуде происходит его усиление (усилители-преобразователи, реле). В третьем типе преобразующее устройство служит для согласования начальных измерительных устройств с непрерывными устройствами управления (преобразователи кода – аналог). В четвертом типе преобразующие устройства превращают непрерывный сигнал в дискретный (преобразователи аналог – код).

### 2.3 Исполнительные элементы

*Исполнительный элемент* (исполнительное устройство) – это функциональный элемент системы автоматического управления, осуществляющий воздействие на объект управления путем изменения потока энергии и потока материалов, поступающих на объект. Исполнительные элементы (ИЭ) в основном бывают двух типов:

– механические с двигателем (сервомотор, серводвигатель или сервопривод), в этом случае исполнительный элемент производит механическое перемещение регулирующего органа;

– с электрическим выходом, в этом случае воздействие, непосредственно прикладываемое к объекту регулирования, имеет электрическую природу.

Например, в регуляторе напряжения генератора постоянного тока регулирующим воздействием является напряжение возбуждения, получаемое от усилителя.

В зависимости от характера объекта и вида вспомогательной энергии, применяемой в системе автоматического управления, роль исполнительных элементов выполняют самые разные конструктивные элементы: электронные, электромашинные, магнитные или полупроводниковые усилители, реле, пневматические или гидравлические сервомоторы и др.

Динамические характеристики исполнительных элементов с механическим выходом отличаются значительно большей инерционностью, чем элементы с электрическим выходом. Часто исполнительные элементы второго типа служат приводом исполнительных элементов первого типа.

Сервоэлектродвигатели, применяемые в качестве исполнительных элементов с механическим выходом, отличаются специальным исполнением, обеспечивающим пониженную инерционность (удлиненным ротором малого диаметра, полым ротором). Значительно меньшую инерционность при той же

мощности имеют гидравлические и пневматические серводвигатели.

Требования к исполнительным элементам определяются характеристиками объекта регулирования и требуемым качеством процесса регулирования.

Основные предъявляемые требования к исполнительным элементам АСУ:

- быстроедействие, инерционность, зона нечувствительности;
- номинальные и максимальные значения мощности или производительности, вращающего момента на выходном валу или усилия на выходном штоке;
- точность обработки команды;
- энергопотребление и КПД;
- весогабаритные показатели на единицу мощности;
- надежность.

Так же, как и у других элементов автоматики, и каждого типа ИЭ есть статические и динамические характеристики. Для их получения используют следующую модель ИЭ – это многополюсник, у которого выделяют три группы параметров: входные, выходные и возмущения.

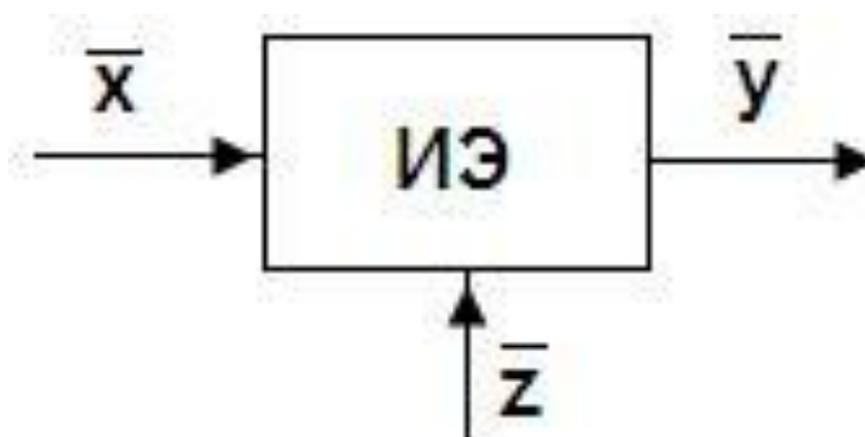


Рисунок 2.5 – Модель исполнительного элемента:  
 $X$  – входные параметры;  $Y$  – выходные;  $Z$  – возмущения

Выходной параметр  $Y$  есть функция, как входного параметра  $X$ , так и возмущения  $Z$ .

$$Y = F(X, Z). \quad (2.2)$$



Рисунок 2.6 – Классификация исполнительных элементов системы

Исполнительный механизм (сервопривод) — исполнительный элемент с механическим выходом. Исполнительные механизмы классифицируются по назначению и типу управляемых элементов, виду осуществляемых перемещений, роду применяемой энергии.

Исполнительные механизмы предназначены для привода:

- элементов, регулирующих потоки энергии, жидкости, газа, сыпучих и перемещаемых твердых тел (реостатов, клапанов, задвижек и заслонок, направляющих аппаратов турбин и насосов, шлагбаумов и других устройств);
- элементов следящих систем (копировальных станков, манипуляторов, автокомпенсационных, регулирующих и других устройств);
- рулевых устройств транспортных объектов;
- особых элементов систем управления (противовесов в грузоподъемных сооружениях, зажимных автоматических устройств и т. п.).

К числу контрольных элементов исполнительных механизмов относятся:

- механизм обратной связи, определяющий характеристику регулятора либо обеспечивающий передачу сигнала на дистанционный указатель положения исполнительного механизма;
- концевые или путевые выключатели, которые останавливают исполнительный механизм в крайних, а иногда и промежуточных положениях (например, трехпозиционный исполнительный меха-

низм), и концевые выключатели, в некоторых случаях выполняющие сигнальные функции;

- измеритель вращающего момента на выходной оси исполнительного механизма, обеспечивающий выключение двигателя или его проскальзывание в специальной муфте после достижения предельно допустимого момента, что необходимо для получения запорного или зажимного действия исполнительного механизма или предохранения его от аварий в случае попадания под управляемое устройство посторонних предметов;

- тормозное устройство при быстроходных двигателях для борьбы с инерцией в момент остановки;

- защелка с выключателем главного соленоида и спускное расцепляющее устройство в исполнительном механизме с соленоидами большой мощности.

В большинстве электрических исполнительных механизмов мощность электродвигателей 10–1000 Вт. Пневматические исполнительные механизмы работают при давлениях до 0,6 МПа, а гидравлические – до 3. В некоторых случаях мощность исполнительных механизмов достигает десятков киловатт, а давление – 10 МПа. Исполнительные механизмы обычно развивают на выходном валу вращающий момент от 1 до 100 Н /м при числе рабочих оборотов от 0,25 до 30 с<sup>-1</sup> либо усилие от 100 до 5000 Н при ходе от 25 до 750 мм.

В приборах точной механики применяют исполнительные механизмы с меньшими вращающими моментами и переставляющими усилиями. Время перестановки устройства управляемого исполнительного механизма из одного крайнего положения в другое обычно находится в пределах 5–120 с. Время перестановки более 120 с можно увеличить с помощью регуляторов прерывистого (шагового) действия, чтобы не усложнять чрезмерно редуктор. Время перестановки соленоидных, а также дозирующих и аварийных исполнительных механизмов доходит до долей секунд.

Исполнительный механизм электрический – исполнительный механизм, в котором перемещение регулирующего органа производится за счет электрической энергии.

Электрические исполнительные механизмы бывают двух основных типов:

- с приводом от электродвигателя (наиболее широко распространены в схемах общепромышленной автоматики);

– с приводом от электромагнита (обычно соленоида).

В электрических исполнительных механизмах применяются асинхронные двигатели. Для исполнительных устройств малой мощности – двухфазные с короткозамкнутым или полым ротором, для более мощных – трехфазные с короткозамкнутым или массивным ротором. Для уменьшения выбега двигателя и улучшения качества регулирования используется электрическое торможение или электромагнитные тормоза, которые накладываются при снятии с двигателя напряжения питания.

Управление электрическим исполнительным механизмом с помощью соответствующих обратных связей можно построить так, чтобы перемещение регулирующего органа или скорость его движения изменялись пропорционально сигналу управления.

Конструктивно электродвигательные исполнительные механизмы выполняются, как правило, с вращательным движением выходного вала и реже с поступательным перемещением выходного штока. В системах общепромышленной автоматики для привода заслонок, кранов, шиберов и других устройств наиболее часто применяются однооборотные электрические исполнительные механизмы, в которых поворот выходного вала составляет 120–170°. С помощью многооборотных электрических исполнительных механизмов обычно перемещаются такие регулирующие органы, как запорные вентили и задвижки.

#### *Исполнительные электромагнитные устройства*

Электромагнит (ЭМ) является наиболее распространенным преобразователем электрического сигнала в механическое движение. ЭМ получили применение в качестве приводных или управляющих устройств в ряде механизмов, электрических аппаратов и реле, например в подъемных и тормозных устройствах, приводах для включения и выключения коммутационных аппаратов, электромагнитных контакторах, автоматических регуляторах, приводах для включения и отключения механических, пневматических, гидравлических цепей, а также для сцепления и расцепления вращающихся валов, открывания и закрывания клапанов, вентилях, заслонок, золотников на небольшое расстояние до нескольких миллиметров с усилием в несколько десятков ньютонов.

По назначению различают электромагниты:

– удерживающие, которые служат для фиксации положения ферромагнитных тел (например, электромагниты, предназначенные

для подъема предметов из ферромагнитного материала, электромагнитные плиты для фиксации деталей на металлообрабатывающих станках, электромагнитные станки). Эти ЭМ не совершают работы, от них требуется лишь определенная сила, на которую они рассчитываются;

– приводные, которые служат для перемещений исполнительных устройств (например, клапанов, золотников, заслонок, железнодорожных стрелок), а также используются в контакторах, электромагнитных муфтах и др. Эти ЭМ совершают определенную работу и поэтому рассчитываются на определенную силу и перемещение;

– специальные, которые используются в ускорителях элементарных частиц, медицинской аппаратуре и др.

По роду тока в обмотке различают ЭМ постоянного и переменного токов. Электромагниты постоянного тока делят на *нейтральные*, не реагирующие на полярность управляющего сигнала, и *поляризованные*, реагирующие на полярность сигнала (когда на якорь действуют два независимых друг от друга потока). По конструктивному исполнению различают следующие типы ЭМ.

ЭМ с неподвижным сердечником создает большое усилие, значение которого возрастает по мере приближения якоря к сердечнику. Длинноходовые системы позволяют получить относительно большой ход якоря (до 200 мм) за счет удлинения катушки.

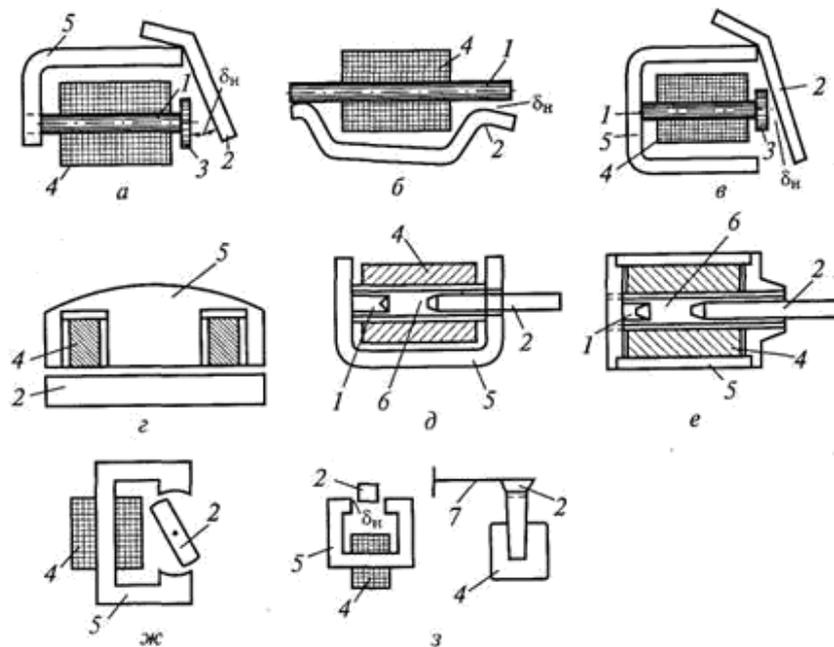


Рисунок 2.7 – Нейтральные электромагниты различных конструкций: а – г – клапанные; д, е – прямоходовые; ж, з – с поперечным движением якоря; 1 – сердечник; 2 – якорь; 3 – полюсный наконечник; 4 – катушка; 5 – ярмо; б – направляющая трубка; 7 – пружина;  $\delta_n$  – зазор

Эти ЭМ применяются в установках, работающих в режиме кратковременной нагрузки, т. е. когда ток, проходящий через катушку, имеет большое значение, но не вызывает ее перегрева.

С поперечным движением – якорь движется в поперечном направлении к средней линии между полюсами. Практическое использование получили следующие формы магнитных систем:

– с выступающим якорем (рисунок 2.7, ж) – применяется при углах поворота якоря 25–40°;

– с вытягивающимся якорем (рисунок 2.7, з) – применяют при углах поворота якоря 10–15°.

Позволяют получить тяговую характеристику любой формы (возрастающую, спадающую с любым углом наклона), что обеспечивается соответствующим выбором профиля якоря.

В этих системах якорь подвешивается на пружине, а рабочий угол его поворота выбирается таким, чтобы он не занимал крайних положений против полюсов.

Рассмотренные системы с движущимся в поперечном направлении якорем применяются в автоматических регуляторах, когда требуется получить большое значение коэффициента возврата. Кроме того, их удобно использовать в устройствах, работающих на постоянном токе (при переменном могут возникнуть вибрации якоря, в то время как зазор между ним и полюсами должен быть постоянным). Электромагнит состоит из магнитопровода и собственно катушки.

*Магнитопровод.* В ЭМ постоянного тока магнитопровод выполняется сплошным из полосового или круглого материала – технически чистого железа марок Э, ЭА и ЭАА. Высокочувствительные электромагниты имеют магнитопровод из железоникелевых и железоникелькобальтовых сплавов, это пермаллои марок 79НМ, 79НМА и гайперники марок 50НП, 45Н, 45НП. Широкое применение в магнитопроводах быстродействующих ЭМ нашли легированные кремнием стали марок Э11, Э21 и т. д. Легирование электротехнических сталей кремнием обуславливает значительное повышение электросопротивления. При этом уменьшаются потери энергии на вихревые токи, что позволяет применять сталь в более мощных устройствах, работающих на переменном токе.

Магнитопроводы ЭМ переменного тока выполняют шихтованными, т. е. собирают из пластин, штампуемых из листового материала толщиной 0,3–0,5 мм. Материалами могут быть: горяче- и

холоднокатаная электротехническая сталь марок Э11–Э43, Э1100, Э310 и др.

В некоторых случаях магнитопроводы ЭМ постоянного тока также делают шихтованными для устранения вихревых токов, возникающих в процессе включения и выключения. Иногда в целях экономии небольшие электромагниты переменного тока изготавливают из сплошного материала толщиной 2–3 мм.

*Катушка.* По своей конструкции катушки бывают каркасными и бескаркасными, а по форме – круглого и прямоугольного сечения. Каркасная катушка состоит из каркаса и обмотки. На одном каркасе может быть несколько обмоток, уложенных рядами. Бескаркасная катушка проще каркасной. Отсутствие каркаса позволяет полностью использовать намоточное окно.

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое «датчик» («орган чувств»)?
2. Перечислите усилительные элементы.
3. Какие элементы относятся к исполнительным?

## 3 ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

### 3.1 Процесс электрификация животноводческих ферм

*Электрическая энергия* – важный фактор технической реконструкции производственных процессов на животноводческих фермах. На базе широкого применения электроэнергии меняется технология выполнения работ на фермах и в результате электрификации достигается коренное усовершенствование основных производственных процессов в животноводстве. Ее применяют на фермах по следующим направлениям: электропривод всех стационарных машин, электрическое освещение помещений для животных, превращение электричества в тепловую энергию и в виде лучистой энергии для непосредственного воздействия на животный организм. По мере развития электротехнологии животноводческих ферм снижается удельный вес осветительной нагрузки за счет возрастания силовой для привода машин. В 1926 г. на долю осветительной нагрузки в животноводстве, как и во всем сельском хозяйстве, приходилось 92 % всей потребляемой электроэнергии, а на долю силовой только 8 %. В 1952 г. удельный вес силовой нагрузки в сельском хозяйстве превысил 50 %, а на крупных колхозных животноводческих фермах свыше 90 %, если электроэнергия не расходуется на тепловые нужды. Из общего баланса энергии, необходимой для выполнения производственных процессов на животноводческих фермах, часто до 85 % требуется в виде тепловой энергии для запарки кормов, подогрева воды, пастеризации молока, обогрева помещений. Если фермы получают электроэнергию от небольших тепловых электростанций, то широкое применение электротепловых приборов на фермах нерационально, так как общий коэффициент полезного использования энергии топлива или суммарный коэффициент полезного действия электростанции, электропередачи и электротеплового прибора не будет выше 17 %, тогда как при непосредственном сжигании топлива в топке кормозапарника, пастеризатора, печи отопления КПД доходит до 30–40 %.

Если же электроэнергию получают от сельской гидроэлектростанции, достаточно обеспеченной водой или не имеющей суточного регулирования, то электротепловые установки получают широкое применение на животноводческих фермах. Целесообразность их использования в этом случае определяется тем, что большинство электротепловых приборов могут включаться в часы сокращения

нагрузки гидроэлектростанции. Еще более целесообразно применять электротепловые приборы, работающие от ветровых электростанций, особенно сочетая эти приборы с тепловыми аккумуляторами. Применение электротепловых приборов в животноводстве позволяет высвободить на ферме несколько человек, занятых заготовкой топлива, его подвозом, колкой дров и топкой котлов, печей и водогрейных кубов, а также улучшает условия пожарной безопасности и зоогигиены в помещениях для животных.

Электрическое освещение в животноводческих постройках также имеет большое производственное значение. По данным ВНИИ механизации сельского хозяйства, производительность труда доярок, скотников и других работников животноводства повышается на 30–40 % за счёт применения электрического освещения, при этом резко возрастает чистота молока и сокращаются его потери. Одновременно электрическое освещение обеспечивает большую экономию осветительного керосина. На каждые 1000 кВт/ч электроэнергии, затраченные на освещение, экономят 670 кг керосина.

Электричество применяют в виде лучистой энергии (обычный электрический свет, ультрафиолетовые лучи) для непосредственного воздействия на организм животных. Хорошие результаты дает ультрафиолетовое облучение молодняка сельскохозяйственных животных (поросят, цыплят, телят) и высокопродуктивных животных в зимнее время. Большой эффект дает применение в птицеводстве технологии искусственного дня.

Основным видом применения электроэнергии на животноводческих фермах является электропривод машин для механизации трудоёмких работ на фермах. Электродвигатели устанавливают на фермах для привода кормоприготовительных машин, насосов для водоснабжения, вакуум-насосов для механической дойки коров, машинок для стрижки овец, молочных машин (сепараторы, маслоизготовители, пастеризаторы и т. д.), насосов для откачки навозной жижи, вентиляторов, механизмов для чистки животных, для массажа вымени, подъемных и транспортных устройств. Обычно на электрифицированных животноводческих фермах устанавливают не меньше пяти электродвигателей мощностью от 125 Вт, всем известно (для стрижки овец – до 14 кВт; привод силосорезок – 2,8 кВт; привод мельниц – 1,5 кВт).

Электропривод имеет ряд преимуществ по сравнению с приводом машины в животноводческих хозяйствах от двигателей внутреннего сгорания. Для обслуживания электродвигателей не требуются опытные механики, экологически безопасны, низкий уровень шума и т. д. На животноводческих фермах применяют двигатели с различной мощностью, на разное число оборотов в минуту, с установкой в любых условиях, а также допускающие управление на расстоянии и полную автоматизацию их работы. Особенно важна при электрификации полная автоматизация производственных процессов на поточных линиях. Такая автоматизация обеспечивает наибольшее высвобождение обслуживающего персонала с трудоёмких работ и повышает эффективность производственных процессов. На животноводческих фермах подачу воды на фермы производят автоматические электроводокачки; поение скота происходит из автопоилок. Автопоение коров повышает их удои на 10–15 % при тех же кормовых затратах. Автоматическая электроводокачка (рисунк 3.1) имеет следующие основные части: вихревой насос, электродвигатель, воздушно – водяной котёл и реле давления. От котла вода по подземному водопроводу поступает на животноводческие фермы. Реле давления, установленное на котле сверху, служит для автоматического включения или выключения электроводокачки. При работе насоса вода поступает в котел и сжимает находящийся там воздух до определенного давления. При установке автоматической электроводокачки нет необходимости строить высокую водонапорную башню, ее заменяет воздушно – водяной котёл, устанавливаемый в шахте колодца, под землей. Объем котла 0,8 м<sup>3</sup>. Как только давление воздуха в котле достигнет нужного предела, реле давления остановит электронасос. Под напором сжатого в котле воздуха вода из котла растекается по водопроводу во все помещения. Как только давление упадет, реле давления опять включает электронасос, подкачивающий воду в котёл и поднимает давление сжатого воздуха до нужного предела. Водоканка работает автоматически; колхозный электромонтёр должен только изредка заходить и проверять исправность оборудования и следить за наличием масла в подшипниках. Если автоматическая электроводокачка подаёт воду из глубоких артезианских скважин, то устанавливают глубинные погружные электронасосы, опускаемые на любую глубину в буровой трубчатый колодец. Электрификация даёт возможность автоматизировать также вентиляцию животноводческих по-

мещений, подачу кормов, работу кормоприготовительных машин, включение и выключение освещения и т. д. На инкубаторно-птицеводческих станциях широко применяют электроинкубатор Рекорд – 39. Одна механизация трудоемких работ в животноводстве, без их электрификации, повышает производительность труда в среднем на 50%, а при электрификации производительность труда возрастает в 2 – 2,5 раза.

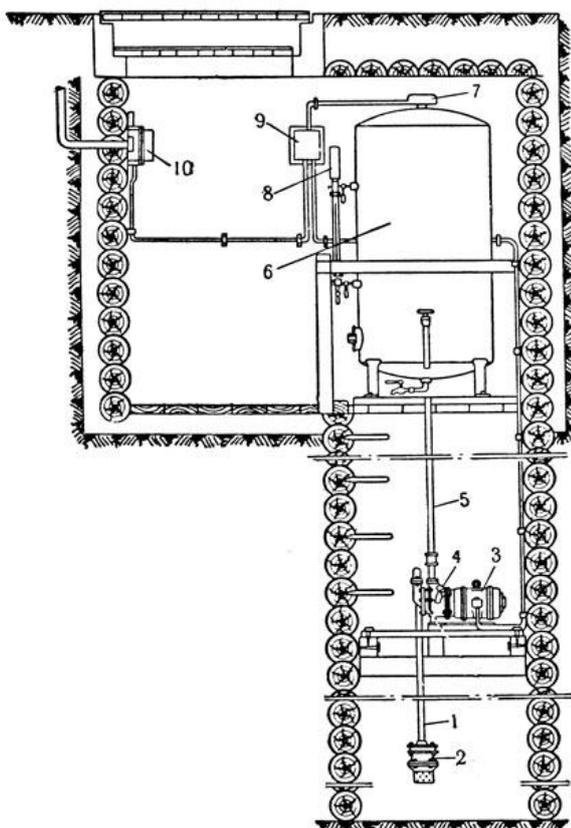


Рисунок 3.1 – Автоматическая безбашенная электроводокачка ВИМ для шахтных колодцев:

- 1 – всасывающая труба; 2 – приемный клапан с сеткой фильтра;
- 3 – электродвигатель; 4 – насос; 5 – напорный трубопровод;
- 6 – воздушно-водяной котел; 7 – реле давления; 8 – манометр;
- 9 – магнитный пускатель; 10 – моторный ящик

*Стрижка овец* – самый трудоемкий процесс в овцеводстве. Применение машинной стрижки овец увеличивает настриг шерсти с каждой овцы на 200–400 г, т. е. на 8–13 % за счет более низкого и ровного среза. Конструкторы создали небольшой электродвигатель, вполне помещающийся в ручке стригальной машинки, но имеющий полезную мощность 100 Вт. Работать машинкой с электродвигателем в ручке гораздо удобнее, чем машинкой с гибким валом. С 1952 г. начали применять на электростригальных пунктах механические прессы для прессования остриженной шерсти в кипы. В

колхозах приспособляли для комплексной электрификации и теплофикации животноводческих ферм обычный локомотив. Опыт использования локомотива П-25, П-38 свидетельствует о достаточно положительных результатах применения на тепловых электростанциях при фермах. Недостатком этих локомотивов является пониженный коэффициент полезного действия, большие габариты и большой вес.

В связи с этим очень выгодны для хозяйств, принятые к производству легкие паросиловые установки ЛПУ-1 с электрическим генератором мощностью 25 кВт, которые одновременно могут приводить в движение машины для механизации животноводства, давать тепловую энергию в виде отработавшего пара и освещать до 150 хозяйственных дворов. Они могут работать на любом виде местного топлива: низкосортных углях, торфе, дровах.

Среднее хозяйство ежегодно расходует только на запаривание кормов и отопление свинарников 400 м<sup>3</sup> дров. Этого топлива, или, лучше, торфа при паросиловой установке хватает для полной электрификации и теплофикации животноводческих ферм и для освещения всех жилых домов колхоза.

Таким образом, особенности энергетики животноводческих ферм, на которых до 80–85 % всей энергии требуется в виде тепловой энергии, дают возможность очень рационально строить комплексное энергетическое хозяйство ферм на базе небольших теплоэлектростанций. Эти станции, имея более совершенные паровые котлы, чем обычные кормозапарники или водогрейные кубы, сжигая то же количество топлива (при этом дешёвые сорта топлива – торф, местные угли и т. п.), дают тепловой энергии в 2–3 раза больше и одновременно (уже без всякого дополнительного расхода топлива) вырабатывают 25–35 м<sup>2</sup> электроэнергии.

В настоящее время есть опытные установки для комплексной выработки электроэнергии, тепла и холода. Холод получается за счет отработавшего пара паросиловой установки (абсорбционный холодильник). Опыт показывает, что общий коэффициент полезного действия таких установок доходит до 50–60 % против 7–9 % у обычных локомотивных электростанций.

Многие хозяйства нашей страны были оснащены тепловыми электростанциями. Для развития общественного колхозного и совхозного продуктивного животноводства в нашей стране создавали базу для быстрого роста механизации и электрификации трудоём-

ких процессов в животноводстве. Было организовано массовое производство машин для животноводческих ферм, широко развернулась электрификация колхозов. Укрупнение колхозов ещё более способствовало внедрению на животноводческих фермах новой техники на базе электрификации всех производственных процессов. К механизации и электрификации трудоемких процессов в животноводстве привлечены машинно-тракторные и машинно-животноводческие станции. На 1/1 1954 г. 28 тыс. ферм имели механизированное водоснабжение, 12 тыс. ферм имели автопоение и 4,6 тыс. ферм – электромашинное доение коров.

*Электротепловые установки для животноводческих ферм.* Применяют электротепловые установки для нагрева воды, запаривания корма, пастеризации молока, подогрева вентиляционного воздуха. Электротепловые установки состоят из следующих частей: электронагревателей, тепловой изоляции, теплоаккумулирующих тел, аппаратуры контроля и автоматического управления. Электротепловые установки изготовляют: косвенного нагрева с проволочными или ленточными сопротивлениями (нагревательными элементами), от которых тепло передается объекту нагрева, и непосредственного нагрева, в которых сопротивлением служит сам объект нагрева, например, вода. Из установок непосредственного нагрева на животноводческих фермах применяют установки электродного типа. Установки косвенного нагрева с нагревательными элементами можно применять во всех случаях, мощность элементов почти не изменяется в процессе работы; установки электрически безопасны, но сравнительно сложны по устройству; нередко требуют защиты от перегрева. Электродные установки более просты по конструкции и менее дороги; позволяют получать на единицу объема рабочего пространства большие мощности; допускают изменение установленной мощности (сменой электродов, изменением расстояния между ними). Недостатки электродных установок: сильное изменение мощности в процессе нагрева; сложность обеспечения электробезопасности. Воду, нагретую электродным способом, рекомендуется применять в основном для технологических целей.

*Нагревательные сопротивления.* Из материалов сопротивлений – лучший нихром (имеет большую жароупорность, высокое удельное электрическое сопротивление, малый температурный коэффициент изменения, большую механическую прочность, достаточную хим. стойкость). Для калориферов вентиляционных устано-

вок применяют стальную проволоку, (лучше оцинкованную). Из применяемых нагревательных элементов лучший по качеству и универсальности трубчатый, устройство которого следующее. Внутри металлической трубки расположена нихромовая спираль сопротивления. Пространство между трубкой и спиралью равномерно заполнено наполнителем – порошком кристаллической окиси магния в сильно уплотненном состоянии. Концы спирали прикреплены к контактным шпилькам, выходящим из трубки. Наполнитель создаёт хороший отвод тепла от спирали к трубке и их взаимную электрическую изоляцию. Тепловая изоляция электрических нагревательных установок выполняется так, чтобы потери энергии на теплоотдачу во внешнюю среду и на теплоаккумуляцию (вызываемую периодическим действием установки) были минимальными. Хороший материал теплоизоляции имеет малый коэффициент теплопроводности, небольшую удельную теплоемкость, малый объёмный вес, незначительную гигроскопичность, упругость, стойкость по отношению к химическим агентам. Наилучший материал теплоизоляции для электротепловых установок животноводческих ферм – стеклянная вата 1-го сорта.

Аппаратура автоматического управления электротепловых установок составляется из электромагнитных контакторов для включения и выключения рабочего тока и из различных реле. Наиболее распространены температурные реле: биметаллические, с сильфонами, диафрагмами, трубками Бурдона. Биметаллические пластинки состоят из двух металлических слоев с разными коэффициентами линейного расширения. От воздействия температуры металлы различно расширяются, что вызывает изгиб пластинки. Изгиб пластинки используется для замыкания и размыкания контактов реле. Термический биметалл применяют в виде плоских пластинок, пластинок с изгибами, плоских и цилиндрических спиралей. В случае реле с сильфонами и диафрагмами, для получения упругих деформаций термочувствительных органов, используется расширение при нагреве паров жидкостей, а в реле с трубками Бурдона – изменение давления жидкости или газа.

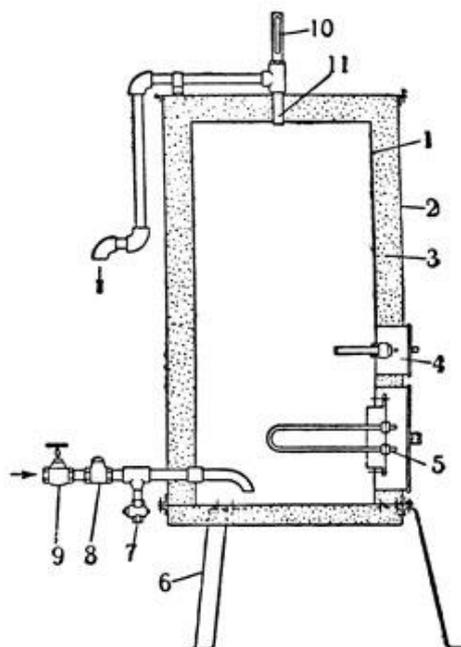


Рисунок 3.2 – Устройство электрического водонагревателя-термоса

*Электрический водонагреватель* – термос (рисунок 3.2) косвенного нагрева, конструкции ВИЭСХ (Всесоюзного института электрификации сельского хозяйства) имеет стальной сварной резервуар 2, кожух из листового железа 2, тепловую изоляцию 3. термореле 4 фланец с электронагревателем 5, ножки 6, спускной кран 7, обратный клапан 8, вентиль 9 для впуска холодной воды, термометр 10, патрубок горячей воды 11. Прибор присоединяют к водопроводу. Чтобы взять горячую воду, открывают вентиль 9, поступающая холодная вода вытесняет горячую. Таким образом, резервуар всегда остается наполненным водой. Это исключает обнажение нагревательных элементов по недосмотру. Загиб внутреннего конца питательного патрубка ко дну резервуара и умеренная скорость поступления воды практически исключают смешение холодной воды с находящимся выше слоем нагретой воды. Основные показатели аппарата: емкость резервуара 200 л, нагреватель трехфазный, 220/380 в, мощностью 5,4 кВт; время нагрева воды до 80 е ок. 4 ч, занимаемая аппаратом площадь пола 1×1 м, выс. 1,85 м; общий вес 160 кг. Электрические запарники, подобно огневым, изготавливают в виде агрегатов или запарных котлов. Агрегаты более универсальны, маневренны и производительны, чем котлы. Электрический запарный агрегат конструкции ВИЭСХ (рисунок 3.3) состоит из электрического парового котла с арматурой, паропровода и двух запарных чанов. Котел имеет герметически закрывающийся цилин-

дрический резервуар 1 со сливным краном 2. Котел установлен на металлической подставке 3 с тремя ножками. Нагреватель состоит из трех стальных электродов. В запарном чане установлена решетка 4, которая отделяет продукт от стекающего вниз конденсата. Для впуска пара в чан служит труба 5 с отростком и шарообразной парораспределительной насадкой. Каждый чан имеет корпус 6, кожух 7, тепловую изоляцию 8, крышку 9 и прижимную скобу 10. Котел имеет водомерное стекло 11 и предохранительный стояк 12. Перед пуском агрегата в эксплуатацию необходимо отрегулировать мощность котла. Регулирование достигается изменением расстояния между электродами, а если это оказывается недостаточным, то комплект электродов заменяют другим, с соответственно увеличенными или уменьшенными размерами пластин. Основные данные агрегата: площадь пола под агрегатом 2,2 × 2,1 м; высота без предохранительного стояка 1,5–1,6 м; вес 250 кг; количество воды, заливаемой в котел, 54 л; полезная емкость чана 150 л (1 ц картофеля); среднее время нагрева воды в котле до кипения 30 мин, запаривание одного чана – 1 ч. Расход энергии на 1 ц картофеля – 10 квт-ч.

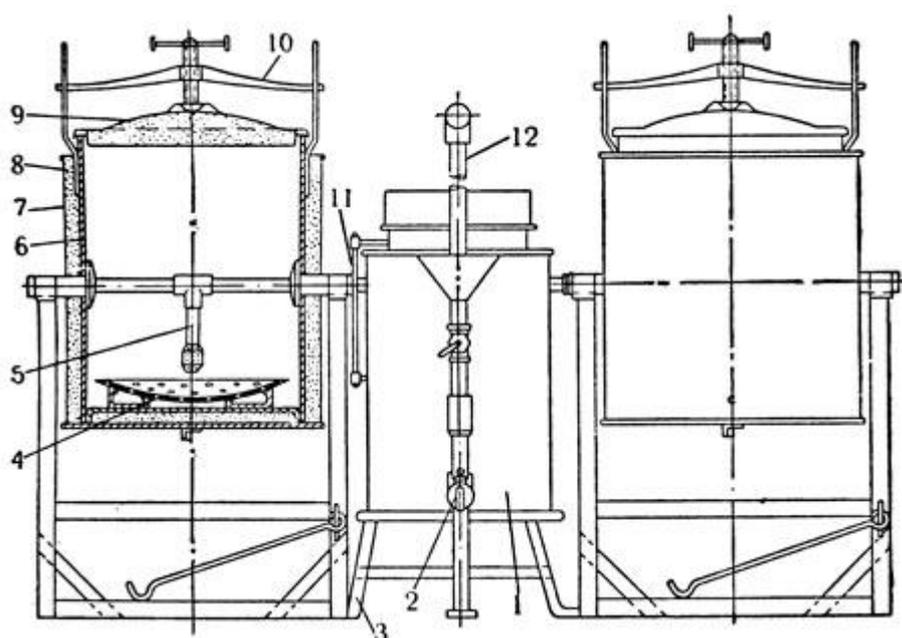


Рисунок 3.3 – Электрический запарный агрегат

Рабочее давление пара 0,05 – 0,1 атм. Агрегат обслуживает один рабочий. Запарник состоит из металлического чана, кожуха, опорной рамы из углового железа, контактной коробки, парораспределителя, прижимного приспособления, крышки, приспособления для закрепления чана в необходимом положении, электро-

нагревателя, тепловой изоляции. Электронагреватель образует три нихромовые спирали, изолированные надетыми на них керамическими бусами, которые уложены шестью витками в круглую коробку. При запаривании в чан закладывают продукт и заливают небольшое количество воды 4 л; конец запаривания определяют по выходу пара из парового клапана.

*Пастеризация молока.* Электрические пастеризаторы, подобно огневым, по режиму работы делятся на две группы: аппараты прерывного действия (длительной пастеризации) и непрерывного действия (моментальной пастеризации). Аппарат прерывного действия применяют двух систем нагрева: непосредственного нагрева электродами, т. е. с прохождением электрического тока через молоко и косвенного нагрева с передачей теплоты молоку от электрического нагревателя, причем между нагревателем и молоком вводится в качестве промежуточной среды вода.

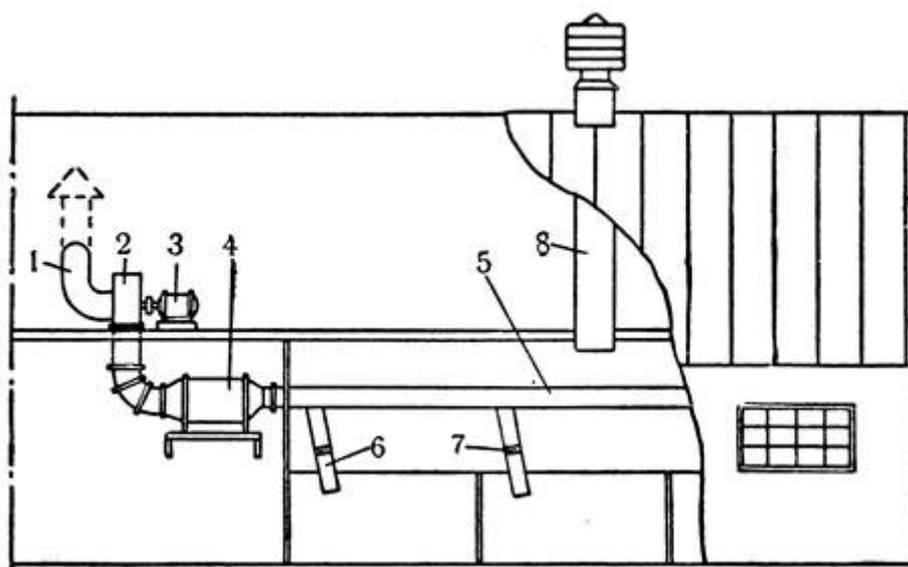


Рисунок 3.4 – Схема установки вентиляции с электрическим подогревом воздуха

Вентиляция животноводческих помещений с электрическим подогревом свежего воздуха может быть применена в отапливаемых и неотапливаемых животноводческих помещениях. Схема установки показана на рисунке 3.4. Свежий воздух засасывается через заборную трубу 1 и вентилятором 2 приводимым от электродвигателя 3, гонится через электрокалорифер 4, где и подогревается. Далее через воздушный канал 5 воздух распределяется по всему помещению. От короба канала, подвешиваемого довольно высоко над полом, делают

спуски 6, чтобы свежий воздух направлялся в зону дыхания животных. Для регулирования общей подачи воздуха в помещение и распределения его на главном канале и на спусках ставят задвижки 7. Загрязненный воздух удаляется через вытяжные трубы 8, устанавливаемые над средним проходом помещения. Короба вентиляционных каналов делают из сухих, гладко соструганных досок, толщиной 20 мм, соединяемых в четверть. В углах коробов прокладывают для уплотнения рейки треугольного сечения.

### **3.2 Энергосберегающие технологии в животноводстве**

За 150 лет (с 1850 по 2000 год) население Земли выросло в четыре раза, а его энергетический потенциал увеличился в 1000 раз. Потребности человечества в энергии лишь на 2,6 % удовлетворяются за счет возобновляемых источников (главным образом гидроэлектростанций). Остальные 97 % составляют невозобновляемые источники энергии: нефть – 44 %, газ – 26 %, уголь – 25 %, атомная энергетика – 2,4 %.

В расчете на одного жителя Земли из ее недр ежегодно извлекается и перемещается 50 т сырого вещества, причем лишь 2 т из них превращается в конечный продукт. Один житель индустриально развитых стран потребляет сегодня столько же ресурсов, сколько 20 человек из развивающихся. А потребление энергии одним американцем эквивалентно ее потреблению 14 китайцами, 36 индийцами, 280 непальцами и 531 жителем Эфиопии.

Энерговооруженность общества является основой научно-технического прогресса, базой развития производительных сил. Ее соответствие общественным потребностям – важнейший фактор экономического роста. Развивающееся мировое хозяйство требует постоянного наращивания энерговооруженности производства. Она должна быть надежна и с расчетом на отдаленную перспективу. Энергетический кризис 1973–1974 гг. в капиталистических странах продемонстрировал, что этого трудно теперь достичь, основываясь лишь на традиционных источниках энергии (нефти, угле, газе). Необходимо не только изменить структуру их потребления, но и шире внедрять нетрадиционные, альтернативные источники энергии.



Рисунок 3.5 – Основные виды нетрадиционных источников энергии

К ним относят солнечную, геотермальную и ветровую энергию, а также энергию биомассы, океана и пр. Относят к ним обычно и атомную энергию. Однако на нынешнем этапе развития атомной энергетики это представляется условным. Основной фактор при оценке целесообразности использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии – стоимость производимой энергии в сравнении со стоимостью энергии, получаемой при использовании традиционных источников.

### *Солнечная энергия*

Всего за три дня Солнце посылает на Землю столько энергии, сколько ее содержится во всех разведанных запасах ископаемых топлив, за 1 с – 170 млрд. Дж. Большую часть этой энергии рассеивает или поглощает атмосфера, особенно облака, и только треть ее достигает земной поверхности. Вся энергия, испускаемая Солнцем, больше той её части, которую получает Земля, в 5 млрд раз. Но даже такая «ничтожная» величина в 1600 раз больше энергии, которую дают все остальные источники, вместе взятые. Солнечная энергия, падающая на поверхность одного озера, эквивалентна мощности крупной электростанции.

*Солнечная энергия* – наиболее грандиозный, дешевый, но и, пожалуй, наименее используемый человеком источник энергии. В последнее время интерес к проблеме использования солнечной энергии резко возрос. Потенциальные возможности энергетики, основанные на использовании непосредственного солнечного излучения, чрезвычайно велики. Использование всего лишь 0,0125 % энергии Солнца могло бы обеспечить все сегодняшние потребности мировой энергетики, а использование 0,5 % – полностью покрыть потребности на перспективу. К сожалению, вряд ли когда-нибудь эти громадные потенциальные ресурсы удастся реализовать в больших масштабах. Только очень не-

большая часть этой энергии может быть практически использована. Едва ли не главная причина подобной ситуации – слабая плотность солнечной энергии. Простой расчет показывает, что если снимаемая с  $1 \text{ м}^2$  освещенной солнцем поверхности мощность в среднем составляет 160 Вт, то для генерирования 100 тыс. кВт нужно снимать энергию с площади в  $1,6 \text{ м}^2$ . Ни один из известных в настоящее время способов преобразования энергии не может обеспечить экономическую эффективность такой трансформации.

Однако использование электрической энергии солнечных лучей, обходится намного дороже, чем получение ее традиционными способами. Солнечную радиацию при помощи гелиоустановок преобразуют в тепловую или электрическую энергию, удобную для практического применения. В южных районах нашей страны созданы десятки таких установок и систем. Они осуществляют горячее водоснабжение, отопление и кондиционирование воздуха жилых и общественных зданий, животноводческих ферм и теплиц, сушку сельскохозяйственной продукции, термообработку строительных конструкций, подъем и опреснение минерализованной воды и др.

Применение гелиоустановок для обеспечения горячей водой санитарно-гигиенических потребностей молочно-товарной фермы (около 500 коров) за сезон (4,5 мес) позволяет экономить около 15 тыс кВт·ч, или в пересчете на условное топливо – 5,6 т у.т. Гелиоустановки снижают расходы электроэнергии на операции подогрева воды на 33% на год.

### *Энергия ветра и холода*

Ветровой энергетический потенциал Земли в 2010 г. был оценен в 300 млрд кВт·ч в год. Но для технического освоения из этого количества пригодно только 1,5 %, главное препятствие – неравномерность и непостоянство ветровых потоков. Непостоянство ветра требует сооружения аккумуляторов энергии, что значительно повышает себестоимость электроэнергии. При сооружении равных по мощности солнечных и ветровых электростанций для последних из-за рассеянности требуется в пять раз больше площади (впрочем, эти земли можно одновременно использовать и для сельскохозяйственных нужд).

Новейшие исследования направлены преимущественно на получение электрической энергии из энергии ветра. Стремление

освоить производство ветроэнергетических машин привело к появлению на свет множества таких агрегатов. Некоторые из них достигают десятков метров в высоту, и, как полагают, со временем они могли бы образовать настоящую электрическую сеть. Малые ветроэлектрические агрегаты предназначены для снабжения электроэнергией отдельных домов.

Естественный холод (ЕХ) является экологически чистым средством, обеспечивающим снижение энергоемкости производства продукции животноводства. Эксперименты по применению ЕХ показали, что его использование на соответствующем оборудовании позволяет увеличить на 25–30% общий объем использования технологического холода в молочном животноводстве без существенного увеличения капитальных затрат. При этом обеспечивается сохранность сельскохозяйственной продукции, уменьшение расхода электроэнергии на производственные нужды, снижение эксплуатационных затрат на холодильное оборудование (ХО).

### *Геотермальная энергия*

Энергетика земли (геотермальная энергетика) базируется на использовании природной теплоты Земли. Недра Земли таят в себе колоссальный, практически неисчерпаемый источник энергии. Ежегодное излучение внутренней теплоты на нашей планете составляет 2,8/10<sup>14</sup> млрд кВт·ч. Оно постоянно компенсируется радиоактивным распадом некоторых изотопов в земной коре.

### *Энергия Мирового океана*

Известно, что запасы энергии в Мировом океане колоссальны, ведь две трети земной поверхности (361 млн км<sup>2</sup>) занимают моря и океаны: акватория Тихого океана составляет 180 млн км<sup>2</sup>, Атлантического – 93 млн км<sup>2</sup>, Индийского – 75 млн км<sup>2</sup>. Так, тепловая энергия, соответствующая перегреву поверхностных вод океана по сравнению с донными, скажем, на 20°, имеет величину порядка 10<sup>26</sup> Дж. Кинетическая энергия океанских течений оценивается величиной порядка 10<sup>18</sup> Дж. Однако пока что люди умеют использовать лишь ничтожные доли этой энергии, да и то ценой больших и медленно окупающихся капиталовложений, так что такая энергетика до сих пор пока является малоперспективной.

## *Энергия биомассы*

Понятие «биомасса» относят к веществам растительного или животного происхождения, а также к отходам, получаемым в результате их переработки. В энергетических целях биомассу используют двояко: путем непосредственного сжигания или путем переработки в топливо (спирт или биогаз). Есть два основных направления получения топлива из биомассы: с помощью термохимических процессов или путем биотехнологической переработки. Опыт показывает, что наиболее перспективна биотехнологическая переработка органического вещества. В середине 80-х гг. в разных странах действовали промышленные установки по производству топлива из биомассы. Наиболее широкое распространение получило производство спирта.

Одно из наиболее перспективных направлений энергетического использования биомассы – производство из нее биогаза, состоящего на 50–80 % из метана и на 20–50 % – из углекислоты. Его теплотворная способность – 5–6 тыс. ккал/м<sup>3</sup>. Для переработки различных отходов сельскохозяйственного производства и пищевой промышленности построены биоэнергетические установки (БЭУ, рисунок 3.6).



Рисунок 3.6 – Биоэнергетические установки

В качестве основной технологии используется процесс метанового сбраживания. Новые подходы к реализации процесса и ряд примененных аппаратных и технологических новшеств позволили в значительной степени интенсифицировать процесс и увеличить эффективность технологии переработки органических отходов. Разработанная технология (рисунок 3.7) выгодно отличается от остальных как по эксплуатационным характеристикам, так и по экологической чистоте процесса. В качестве

исходного сырья могут быть использованы любые органические отходы ферм, птицефабрик, маслобоен, мясоперерабатывающих производств и т. д.

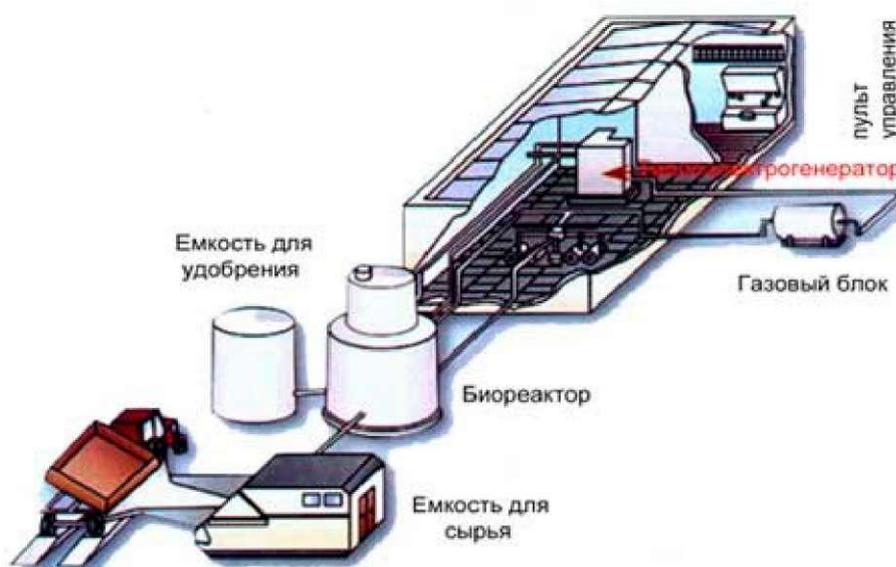


Рисунок 3.7 – Технологическая схема работы биоэнергетической установки

БЭУ может работать в термофильном и мезофильном режимах. Конструктивные особенности аппаратов позволяют вести процесс непрерывно. Эксплуатационные характеристики установки превосходят зарубежные аналоги, в частности, выход биогаза в 1.5 раза больше.

### **3.3 Технологические и технические аспекты снижения ресурсозатрат**

Главным направлением энергосбережения в животноводстве является оптимизация потребности в технических средствах по критерию энергетической эффективности с учетом размера фермы, систем и способов содержания, принятой технологии кормления. Наиболее перспективным направлением снижения энергоемкости производства животноводческой продукции является внедрение высокопродуктивных пород животных, улучшение их генетического потенциала. Исследованиями установлено, что наименее энергоемкими и сбалансированными по питательным веществам являются: зерновые культуры (озимые зерновые – пшеница, рожь, ячмень; яровые – овес, горох); многолетние и однолетние травы; сено многолетних трав; кукуруза на зеленую массу и силос.

Экономически оправданным и энергосберегающим будет закладывать на хранение измельченные до необходимых размеров корма, а не их измельчение перед скирдованием.

Для забора, охлаждения и кратковременного хранения молока на молочных фермах применяют резервуары – охладители в агрегате с холодильными и теплохолодильными машинами и установками. Использование резервуара – охладителя молока МКА 2000 л – 2А для охлаждения и хранения молока суточного надоя с одновременным получением теплой воды для технологических потребностей, позволяет экономить на подогревании воды до 2,5 т условного топлива на год. Также использование танков-охладителей и танков-термосов для хранения молока с промежуточным хладоносителем (вода) является наиболее простым и энергосберегающим способом охлаждения молока.

Одним из путей снижения энергоемкости производства молока является повышение эффективности использования тракторов и прицепов при транспортировке навоза, кормов, подстилки, а также использование тракторных поездов и увеличение грузоподъемности прицепов. Это позволит снизить расход нефтепродуктов на 16,22 % и затраты труда – на 25–30 %.

В животноводстве в экономии энергоресурсов важное значение имеют меры по энергосбережению в электроприводах сельскохозяйственных машин. В промышленно развитых странах от 30 до 60% электроприводов выпускаются регулируемые.

Использование таких электроприводов позволяет сократить энергопотребление: помп – на 25–30 %, компрессоров – на 40 %, вентиляторов – на 30 %, центрифуг – на 50 %. Если средняя нагрузка электродвигателя не превышает 45 %, его целесообразно заменить на менее мощный. Для уборки навоза наименьшая энергоемкость достигается при применении новых навозоуборочных транспортеров КСГ–1 и КСГ–2. На небольших фермах следует применять конвейер скребковый КСГ–3, в котором энергоемкость процесса составляет – 1,04 квт·ч/т.

Экономии энергоресурсов в животноводстве можно достигнуть внедрением энергосберегающих технологий, применением нетрадиционных возобновляющих источников энергии, повышением продуктивности животных, а также материальной заинтересованности в энергосбережении, повышении квалификации рабочих, изменении отношения к труду,

усовершенствованием организационных аспектов. Эффективность животноводства в значительной мере зависит от микроклимата, создаваемого в животноводческих помещениях. Так, отклонение параметров микроклимата от установленных пределов приводит к уменьшению удоев молока на 10–20 %, прироста живой массы – на 20–33 %, увеличению отхода молодняка до 5–40 %, снижению яйценоскости кур на 30–35 % и устойчивости животных к заболеваниям, расходу дополнительного количества кормов, сокращению срока службы оборудования, машин и самих зданий. С другой стороны, общие затраты энергии на создание и поддержание оптимального микро-климата в животноводческих помещениях составляют до 3 млн т у. т. в год, что равняется 32 % всей энергии, потребляемой в отрасли. Поэтому в общем комплексе задач по экономии и эффективному использованию топливно-энергетических ресурсов одним из важных направлений является разработка и внедрение энергосберегающего оборудования для создания оптимального микроклимата. Одно из важных направлений экономии энергоресурсов в животноводстве – утилизация теплоты, содержащейся в воздухе животноводческих помещений, за счет использования рекуперативных теплоутилизаторов, в которых теплообмен между удаляемым теплым воздухом и холодным приточным происходит без их непосредственного контакта, через разделительную стенку или с использованием промежуточного теплоносителя. Независимо от конструктивных особенностей рекуперативные теплоутилизаторы обеспечивают поддержание требуемой температуры и влажности воздуха в коровниках, при этом экономия электрической энергии, по сравнению с использованием установок без утилизации теплоты может достигать 75 %. Теплообменники из полимерных материалов имеют высокую коррозионную стойкость к агрессивным средам животноводческих помещений, низкие материалоемкость и стоимость. При этом в качестве полимерных материалов целесообразно использовать полимерные сотовые пластины с высокими прочностными характеристиками. В целом надежная работа теплоутилизаторов в животноводческих помещениях обеспечивается правильным выбором их конструктивных параметров, объемом подачи теплоносителей, принятием мер по предотвращению замерзания сконденсировавшихся водяных паров на поверхности теплообмена. Основное же условие для получения

экономии электроэнергии в системах микроклимата – правильный выбор теплоутилизатора для конкретного животноводческого помещения.

### *Снижение энергозатрат в доильно-молочных линиях*

Схема линии охлаждения молока с использованием регенерации теплоты для подогрева водопроводной воды, используемой для поения животных, показана на рисунке 3.7. Аналогичная схема с использованием теплохолодильной установки представлена на рисунке 3.8.

Отличительной особенностью предлагаемой доильно-молочной линии является использование теплохолодильной установки, аккумулятора естественного холода, а также двухступенчатого молочного фильтра (рисунок 3.9).

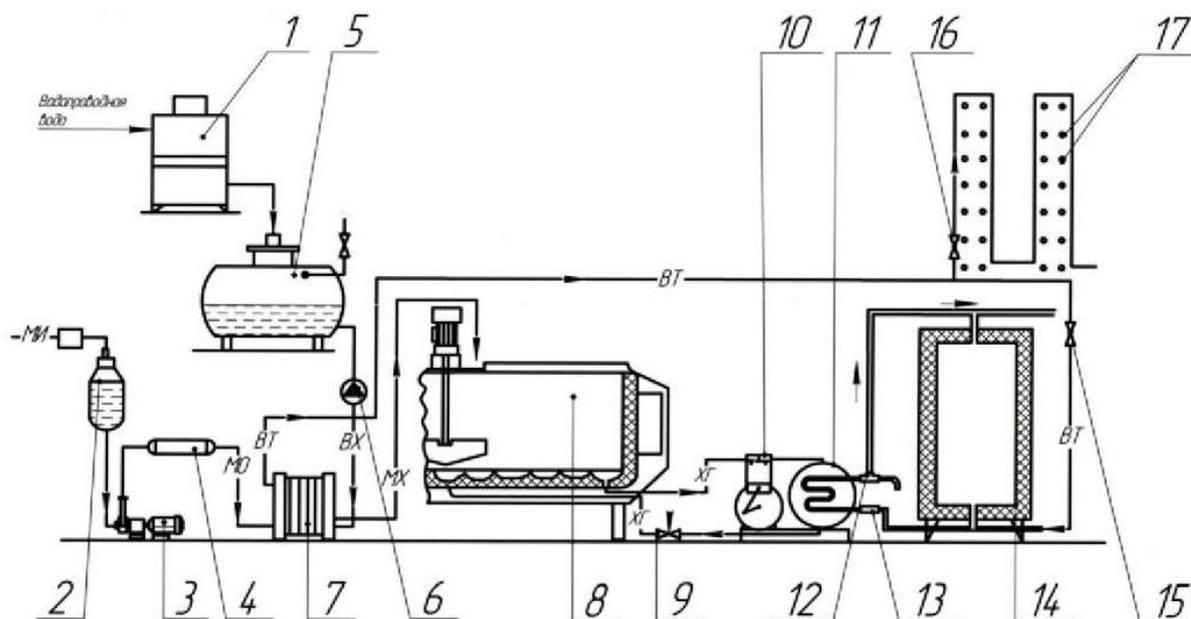


Рисунок 3.7 – Принципиальная схема обработки молока в молокоприемном пункте с применением резервуара – охладителя с предварительным охлаждением и регенерацией теплоты для подогрева воды:

- 1 – градирня; 2 – молокосорбник; 3 – молочный насос НМУ– 6; 4 – фильтр; 5 – аккумулятор холода; 6 – водяной насос; 7 – пластинчатый охладитель молока АДМ–13000; 8 – резервуар–охладитель; 9 – терморегулирующий вентиль; 10 – компрессор; 11 – водяной конденсатор; 12 – предохранительный клапан; 13 – водорегулирующий вентиль; 14 – водонагреватель; 15, 16 – краны; 17 – автопоилки

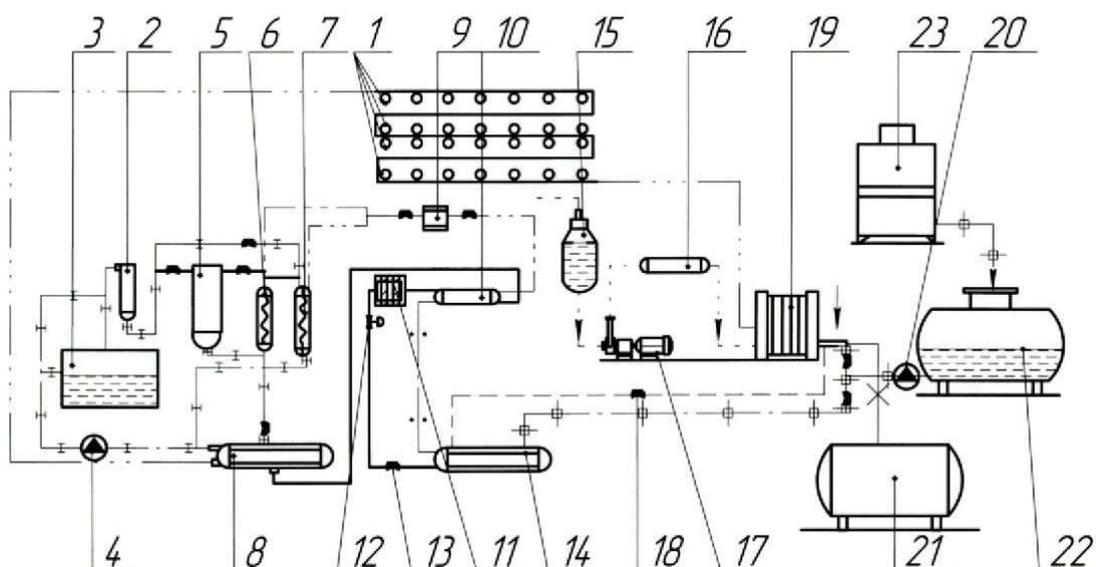


Рисунок 3.8 – Принципиальная схема обработки молока в молокоприемном пункте с применением теплохолодильной установки, резервуара-термоса и предварительного охлаждения воды:

- 1 – автопоилки; 2 – электроводонагреватель; 3 – резервуар – накопитель для горячей воды; 4 – водяной насос К-6; 5 – емкость для горячей воды; 6 – теплообменник конвекторного типа; 7 – теплообменник проточный; 8 – конденсатор; 9 – компрессор; 10 – теплообменник регенеративный; 11 – осушитель–фильтр; 12 – вентилятор мембранный с электромагнитным приводом; 13 – вентиль терморегулирующий; 14 – испаритель фреона; 15 – молокосорник; 16 – фильтр; 17 – молочный насос НМУ– 6; 18 – краны; 19 – пластинчатый охладитель молока АДМ–13000; 20 – водяной насос; 21 – резервуар – термос; 22 – аккумулятор холода; 23 – градирня

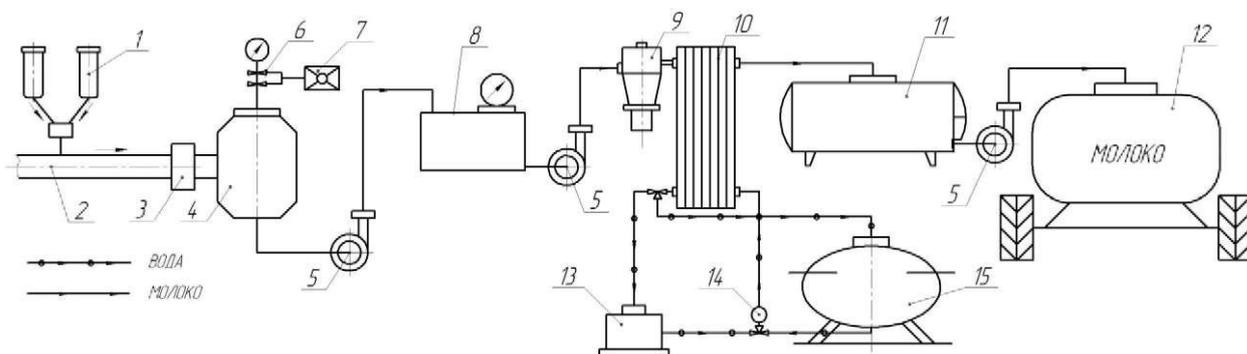


Рисунок 3.9 – Схема рекомендуемой доильно-молочной линии:

- 1 – аппарат доильный; 2 – молокопровод; 3 – устройство группового учета молока; 4 – молокосорник; 5 – насос молочный; 6 – стабилизатор вакуума; 7 – насос вакуумный с циркулярной смазкой; 8 – весы молочные; 9 – фильтр молочный; 10 – охладитель пластинчатый; 11 – резервуар-термос; 12 – автомолоковоз; 13 – теплохолодильная установка; 14 – насос водяной; 15 – аккумулятор естественного холода

Практика и многочисленные исследования показывают, что процесс охлаждения молока является энергозатратным, требующим

в среднем 29–30 кВт·ч электроэнергии на 1 т. Этим определяется актуальность разработки технологий и устройств, обеспечивающих снижение затрат энергии на процесс охлаждения молока. Основными направлениями здесь являются использование тепловой энергии, отбираемой от молока, в технологических целях, а также использование природного источника холода в зимний период года. Первое направление предусматривает использование теплохолодильных установок или рекуператоров теплоты, второе – аккумуляторов естественного холода.

### **Контрольные вопросы по разделу**

1. Процесс электрификации животноводческих ферм.
2. Энергосберегающие технологии в животноводстве.
3. Технологические и технические аспекты снижения ресурсозатрат.

## **4 МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОЕНИЯ ЖИВОТНЫХ И ПТИЦЫ**

### **4.1 Зоотехнические требования к воде для поения животных**

Вода необходима для переваривания и усвоения корма, продукты распада веществ выводятся из организма с мочой. Установлено, что без корма животные могут прожить около 30 сут, а без воды – не более 6–8 сут, причем высокопродуктивные животные более требовательны к воде, чем низкопродуктивные.

Животные должны получать воду без ограничений, поскольку при ее недостатке у них нарушается пищеварение и замедляется всасывание питательных веществ в кровь, ухудшается здоровье и снижается продуктивность. При потере организмом животного 20 % воды наступает смерть. Следовательно, обеспечение водой – одно из главных условий нормальной физиологической деятельности развития животного.

Вода, используемая для поения животных, должна удовлетворять требованиям, предъявляемым к питьевой воде. Она должна быть прозрачной, бесцветной, без посторонних запахов и привкуса, приятной на вкус, свободной от продуктов гниения органических веществ, вредных химических примесей и патогенных микроорганизмов. Безопасность воды в эпидемическом отношении характеризуется общим содержанием микроорганизмов и числом бактерий группы кишечной палочки. Первое не должно превышать 100 в 1 мм<sup>3</sup> воды, второе (колииндекс) – 3 в 1 л воды. В воде не должно содержаться различимых невооруженным глазом водных организмов. Прозрачность воды, зависящую от количества взвешенных в ней веществ органического и минерального происхождения, считают удовлетворительной, если через ее слой толщиной 30 см можно различать печатные буквы.

Открытые водоемы способны самоочищаться в результате происходящих в них механических, химических и биологических процессов. Посторонние примеси постепенно осаждаются на дно, а органические вещества под действием растворенного кислорода подвергаются окислению. Очищение воды происходит и под влиянием солнечных лучей. При сильном загрязнении водоемов их естественного самоочищения недостаточно, поэтому применяют искусственную очистку.

## 4.2 Классификация автопоилок

Автопоилки можно разделить по нескольким отличительным признакам (рисунок 4.1).



Рисунок 4.1 – Классификация автопоилок

*Автопоилка* представляет собой специальное автоматически действующее устройство (прибор), при помощи которого животные и птица самостоятельно без участия человека получают из водопровода необходимую для поения воду в любое время суток и в нужном количестве. Для поения животных используют поилки разных конструкций, что обусловлено различием видов животных, способов их содержания и поиском рациональных устройств, наиболее полно отвечающих предъявляемым к ним технико-экономическим требованиям. Поилки подразделяют на индивидуальные и групповые.

*Индивидуальные поилки* применяют главным образом на фермах крупного рогатого скота с привязным содержанием и на свинофермах при содержании свиней в отдельных станках. Во всех остальных случаях используют *групповые поилки*.

По принципу действия поилки подразделяются на клапанные и вакуумные, а клапанные, в свою очередь – на педальные и поплавковые.

Автопоилки должны обеспечить обслуживаемое поголовье необходимым количеством чистой воды, температура которой должна быть близка к температуре воздуха в помещении для животных и птицы. Тип и число автопоилок выбирают в соответствии со способом содержания, видом животных (птицы) и техническими характеристиками поилок. Исходя из зоотехнических норм размера фронта поения и численности обслуживаемого поголовья, определяют требуемую длину групповых поилок.

### 4.3 Назначение, устройство и принцип работы автопоилок

#### *Автопоилки для крупного рогатого скота*

*Индивидуальная автопоилка ПА-1 (рисунок 4.2) предназначена для поения крупного рогатого скота на фермах привязного содержания.*

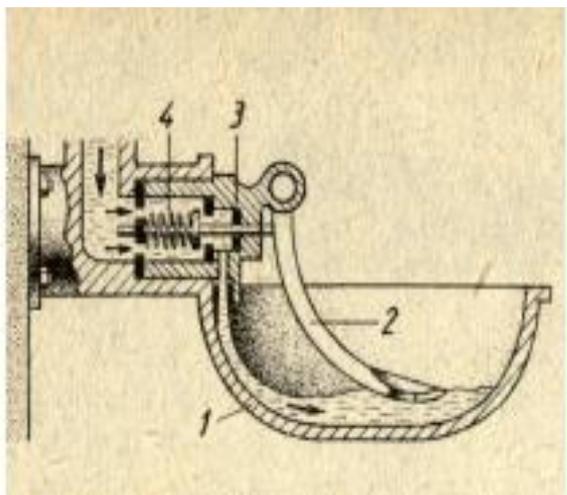


Рисунок 4.2 – Автопоилка ПА-1:  
1 – поильная чаша; 2 – педаль; 3 – резиновая прокладка;  
4 – пружина; 5 – корпус поилки; 6 – корпус клапана

Автопоилка состоит из поильной чаши емкостью 1,9 дм<sup>3</sup>; корпуса и клапанного механизма пружинного типа. В нерабочем положении под действием пружины клапан закрывает входное отверстие в седле. В этом случае педаль приподнята над дном чаши.

Когда животное, пытаясь достать воду, нажимает на педаль, пружина сжимается, клапан со штоком отходит от седла-прокладки

и вода через образовавшуюся щель поступает в поильную чашу. Одна автопоилка ПА-1 рассчитана на обслуживание двух животных, поэтому ее устанавливают на разделительной стойке, проходящей между двумя стойлами. Детали поилки выполнены из чугуна.

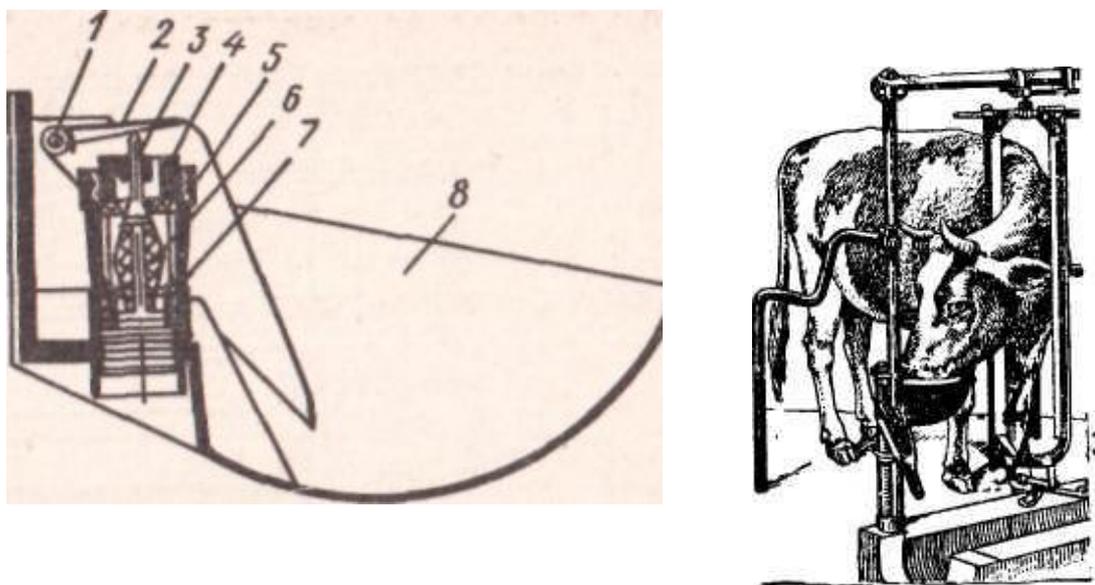


Рисунок 4.3 – Автопоилка АП-1А:  
 1 – ось педали; 2 – педаль; 3 – клапан; 4 – пробка;  
 5 – седло; 6 – амортизатор; 7 – корпус; 8 – чаша

*Автопоилка АП-1А* с деталями из полимерных материалов (пластмасс) предназначена для поения крупного рогатого скота при привязном содержании животных и рассчитана на обслуживание также двух животных (рисунок 4.3).

Поилка АП-1А имеет единственное конструктивное отличие от ПА-1, заключающееся в том, что пружина заменена на резиновый амортизатор. Принцип работы поилок АП-1А и ПА-1 одинаков.

*Групповая стационарная автопоилка АГК-4А* с электроподогревателем (рисунок 4.4) предназначена для поения крупного рогатого скота (до 100 гол.) при беспривязном содержании на выгульных площадках в течение всего года. Поилка одновременно обслуживает четырех животных.

В прямоугольном корпусе с теплоизоляцией помещена поильная чаша вместимостью 60 дм<sup>3</sup>, к которой подведен водонапорный трубопровод. На его верхнем конце смонтирован клапанно-поплавковый механизм. В камере подогрева с

отражателем помещен электронагревательный элемент мощностью 1 кВт при напряжении 220 В. Подогретым воздухом прогревается дно чаши и вода. Для поддержания ее температуры на необходимом уровне имеется терморегулятор.

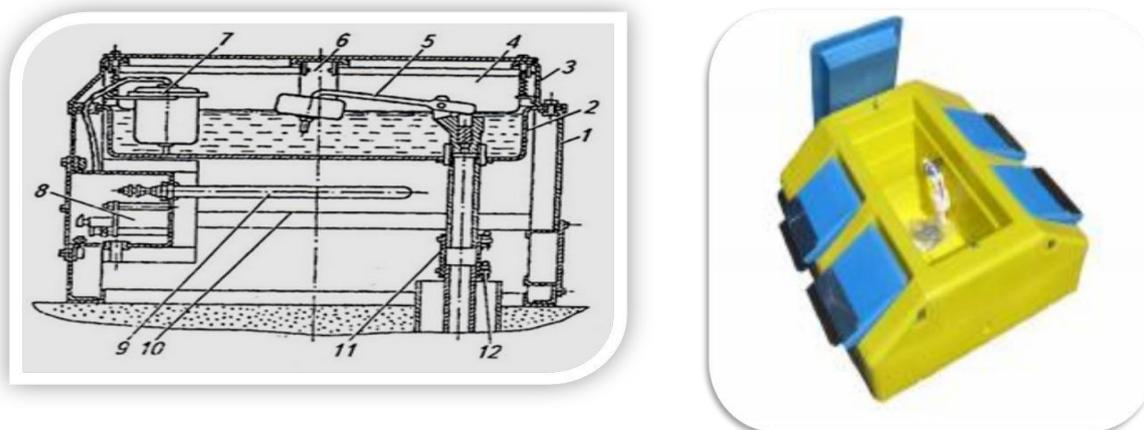


Рисунок 4.4 – Групповая стационарная автопоилка АГК-4А с электроподогревом:

- 1 – корпус; 2 – чаша; 3 – боковая стенка; 4 – откидная крышка;  
 5 – рычаг клапанно-поплавкового механизма; 6 – поперечина;  
 7 – терморегулятор; 8 – шкаф управления; 9 – нагреватель;  
 10 – отражатель; 11 – труба; 12 – хомут

Вода из водопроводной сети по трубопроводу поступает в чашу, где подогревается до заданной температуры. Постоянный уровень воды в чаше поддерживается автоматически клапанно-поплавковым механизмом. При нажатии животным на одну из четырех крышек поильной чаши открывается поильное место и животное получает доступ к воде.

Для поения крупного рогатого скота на выгульных площадках при беспривязном содержании, а также на пастбищах предназначена и групповая автопоилка АГК-12. Она выпускается в двух модификациях: АГК-12А (для летних лагерей, где нет водопровода) и АГК-12Б. Вода в поилку поступает самотеком из цистерны вместимостью 3 м<sup>3</sup>, входящей в комплект АГК-12А, который состоит из двух металлических корыт, соединенных патрубком. Заданный уровень воды в корытах поддерживается специальным устройством. На одном из них для этого имеется клапанный механизм. Автопоилка рассчитана на обслуживание 150 животных.

*Прицепная водопоильная установка ВУК-3 для крупного рогатого скота, показанная на рисунке 4.5, предназначена для доставки воды и поения животных на пастбищах и в летних лагерях. В ее со-*

став входят водораздатчик ВУ-3 и двенадцать пластмассовых автопоилок АП-1А, соединенных трубопроводом. Универсальный водораздатчик ВУ-3 предназначен для поения крупного рогатого скота в летних лагерях и на пастбищах, удаленных от источников воды.

Универсальный водораздатчик, представляет собой цилиндрическую цистерну, установленную на Т-образную раму с ходовыми колесами с размером шин 340 × 460. Водораздатчик оборудован тормозной системой от автомобиля ГАЗ-52 и агрегируется с тракторами ВТЗ или МТЗ классов 1,4 и 0,9. В зависимости от комплектации водораздатчик можно применять для доставки воды, а при наличии оборудования индивидуальных поилок АП-1 – для поения коров в лагерях, корыт – для поения овец (рисунок 4.6).

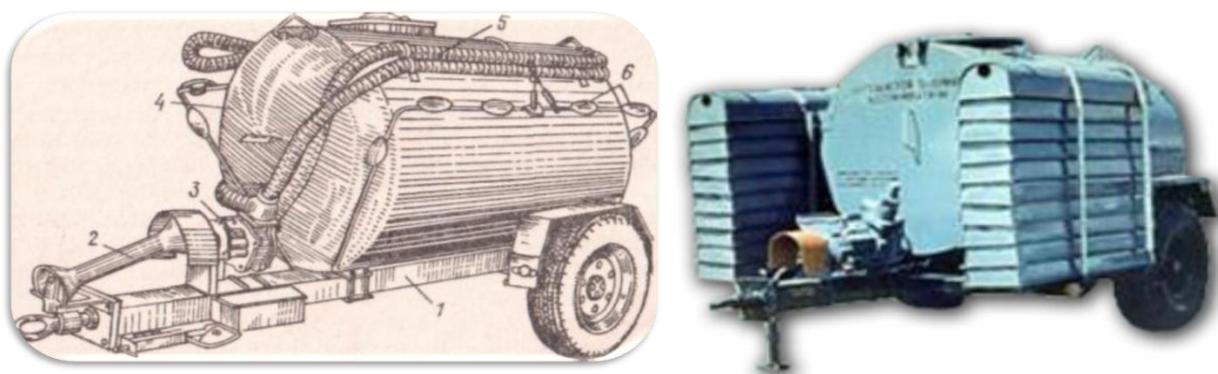


Рисунок 4.5 – Прицепная водопоильная установка ВУК-3:  
1 – рама; 2 – карданная передача; 3 – редуктор; 4 – цистерна; 5 – шланг



Рисунок 4.6 – Корыто для поения овец

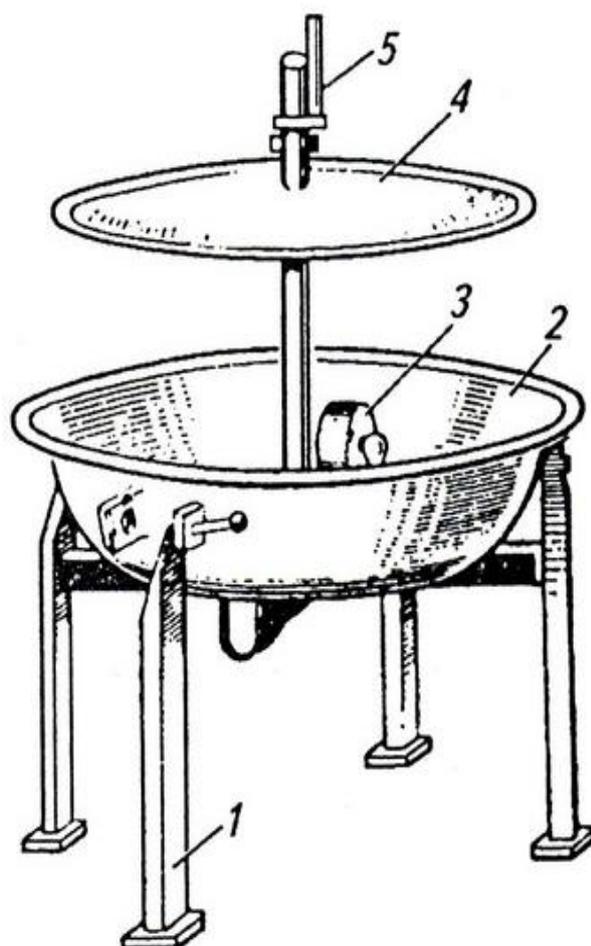


Рисунок 4.7 – Автопоилка для овец ГАО-4:  
1 – стойка; 2 – чаша; 3 – поплавок; 4 – крышка; 5 – подводящая труба

*Автопоилка для овец* ГАО-4 (рисунок 4.7) предназначена для обеспечения бесперебойного круглосуточного поения овец в овчарнях в стойловый период содержания и во время ягнения. Одновременно обслуживаются 4 овцематки, а в течение часа – до 230 гол.

На раме, опирающейся на четыре ножки 1, закреплена поильная чаша 2 диаметром 500 мм и глубиной 150 мм с регулируемой высотой зеркала воды в пределах 280–390 мм, обеспечиваемой водорегулирующим устройством поплавкового типа 3 с клапаном. Имеется крышка, закрепленная на стойке, к ее верхней части присоединена подводящая труба 5.

Постоянный уровень воды в автопоилке ГАО-4 поддерживается поплавковым механизмом. Кроме того, разработаны конструкции индивидуальных поилок для овец (рисунок 4.8)



Рисунок 4.8 – Индивидуальные поилки для овец

*Самоочищающаяся автопоилка для свиней ПСС-1* (рисунок 4.9) чашечная, клапанного типа, используется на свиноводческих комплексах промышленного типа и в свинарниках со станочным и бесстаночным содержанием животных разных возрастов.

Состоит из поильной чаши *1* вместимостью 0,3 л и вертикально расположенного клапанного механизма, включающего стакан *6*, внутри которого помещается клапан *4*, перекрывающий выливное отверстие в седле *3* с помощью резинового амортизатора *7*. Он открывается при нажатии на крышку *14* (педаль) поильной чаши.

Животное нажимает носом на крышку, открывает ее и получает доступ к воде, находящейся в поильной чаше *1*. Опускаясь внутрь чаши, крышка при помощи регулировочного болта *12* нажимного рычага *13* открывает клапан *4*, и вода из водопроводной сети поступает в чашу. Когда животное напьется, оно освободит крышку, которая под действием пружины *10* возвратится в первоначальное положение. При перемещении крышки вверх освобожденный от

нагрузки клапан закрывается, и доступ воды в поильную чашу прекращается, а остатки корма, внесенные животными при поении, выбрасываются из чаши наружу. Поэтому поилка ПСС-1 называется самоочищающейся. Для нормальной работы автопоилки давление в водопроводе должно быть не ниже 0,4 МПа. Каждая из них при крупногрупповом содержании обслуживает до 30 свиней.

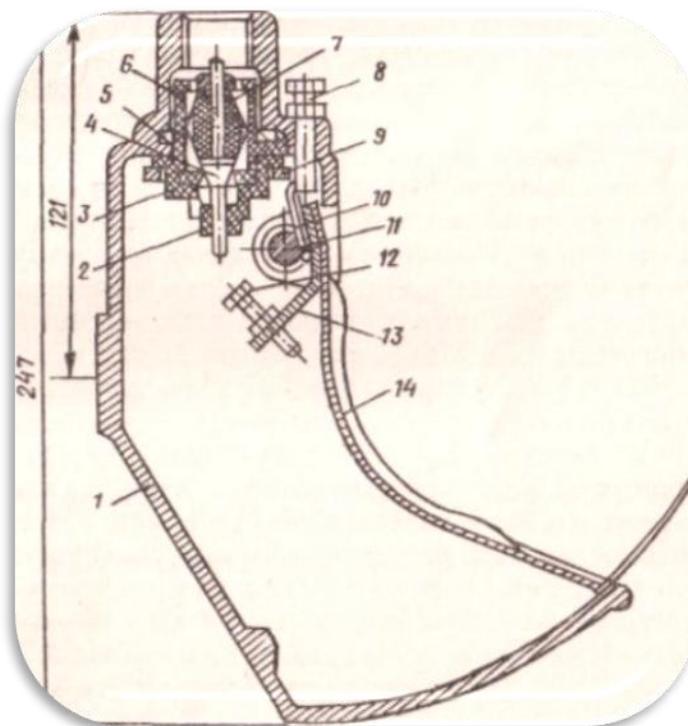


Рисунок 4.9 – Автопоилка индивидуальная ПСС-1 для свиней:  
 1 – поильная чаша; 2 – крышка клапана; 3 – седло клапана; 4 – клапан;  
 5 – прокладка уплотнительная; 6 – стакан; 7 – амортизатор;  
 8 – регулировочный болт нажимного рычага; 9 – планка прижимная;  
 10 – пружина; 11 – ось крышки поильной чаши; 12 – регулировочный болт  
 хода клапана; 13 – нажимной рычаг; 14 – крышка поильной чаши

*Индивидуальная бесчашечная сосковая автопоилка ПБС-1* (рисунок 4.10) предназначена для поения свиней при групповом и индивидуальном содержании в свинарниках и на выгульных площадках.

Состоит из цилиндрического корпуса 2 диаметром 24 мм с носком, установленного под углом  $37^\circ$  к вертикальной плоскости, внутри которого свободно помещается сосок 1, выполненный в виде полой трубки с внутренним диаметром 6,5 мм; клапана 6 и двух уплотнительных прокладок 3 и 4, амортизатора 5 и упора 7.

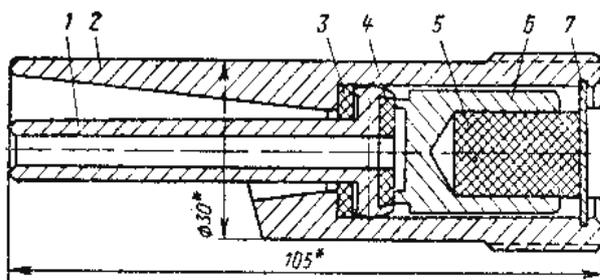


Рисунок 4.10 – Автопоилка ПБС-1:  
 1 – сосок; 2 – корпус; 3, 4 – прокладки; 5 – амортизатор;  
 6 – клапан; 7 – упор

Поилки являются, низконапорными их подключают к водоводу через промежуточный уравнильный бак, устанавливаемый выше его на 2–3 м, что обеспечивает поступление воды к поилкам самотеком. Последние монтируют на высоте 420–450 мм от уровня пола так, чтобы ось соска была отклонена от вертикали на угол 45–60°. Во время поения животное сжимает сосок 1 вместе с носком корпуса 2. При этом сосок перемещается до соприкосновения с носком корпуса, а между уплотнением в соске и кольцевым пояском клапана 6 образуется щель, через которую вода поступает непосредственно в рот животного. Когда оно напьется и выпустит изо рта сосок, тот под действием давления воды возвратится в исходное положение, и поступление воды в поилку прекратится. При давлении в системе от 0,08 до 0,35 МПа расход поилки составляет 1,33 л/с. Одна сосковая поилка рассчитана на обслуживание 20–30 свиней.

*Групповая автопоилка АГС-24* (рисунок 4.11) используется для поения свиней при групповом их содержании в зимних помещениях и в летних лагерях.

Состоит из цистерны 3 вместимостью 3100 л, установленной на салазках 8, и двух корыт 7, каждое из которых разделено на 12 поильных мест, закрытых откидными крышками 5. Последние во время поения открывают сами животные.

Цистерну после заполнения водой герметизируют резиновыми прокладками, используемыми в горловине. При открытом вентиле 2 вода из цистерны в корыта проходит по трубе 1, а атмосферный воздух в нее поступает по вакуумной трубке 6. Когда уровень воды в корытах поднимется до обреза этой трубки, поступление воздуха в цистерну прекратится, и в ней образуется разрежение, вследствие чего вода перестает поступать в корыта. Уровень воды в них будет почти

постоянным; чтобы изменить его, надо передвинуть по вертикали конец вакуумной трубки б. В зимнее время поилка дополнительно комплектуется электронагревателем мощностью 1,2 кВт, позволяющим поддерживать температуру воды в корытах в пределах 285–287 °К. Автопоилка АГС-24 рассчитана на обслуживание 500 свиней одновременное поение 24 гол.

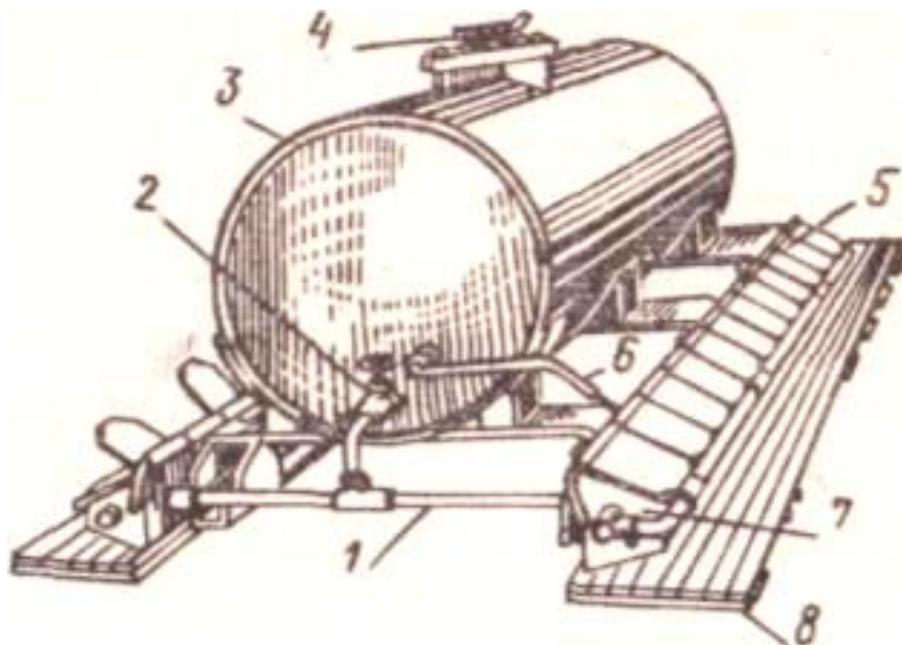


Рисунок 4.11 – Групповая автопоилка для свиней АГС-24:  
1 – труба; 2 – вентиль; 3 – цистерна; 4 – горловина; 5 – крышка;  
6 – вакуумная трубка; 7 – корыто; 8 – салазки

В птичниках разных назначений применяют вакуумные, желобковые, ниппельные и чашечные автопоилки. Вакуумная автопоилка ПВ рисунок 4.12 предназначена для поения цыплят в возрасте от 1 до 10 дней. Она обслуживает 100 гол.

Автопоилка состоит из стеклянного или пластмассового баллона 1 вместимостью 4,5 л и круглого поддона 2 диаметром 230 мм.

Баллон наполняют водой вручную, затем на него ставят поддон, поилку переворачивают и устанавливают на пол баллоном вверх. Вода из баллона через канал 3 самотеком поступает в поддон, постоянный уровень воды в котором автоматически поддерживается вследствие разрежения, возникающего в баллоне в результате вытекания из него воды в поддон.

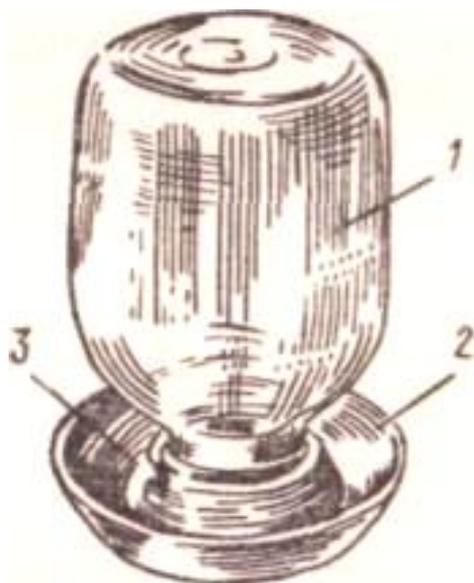


Рисунок 4.12 – Вакуумная поилка ПВ для цыплят:  
1 – баллон; 2 – поддон; 3 – канал

Желобковые поилки (рисунок 4.13) с проточной водой устанавливаются в одноярусной батарее ОБН-1 или в пятиярусной КБЭ-1. В последнем случае поилка помещается на фасаде каждого яруса. Она рассчитана на обслуживание 254 цыплят в возрасте от одного до 30 дн.

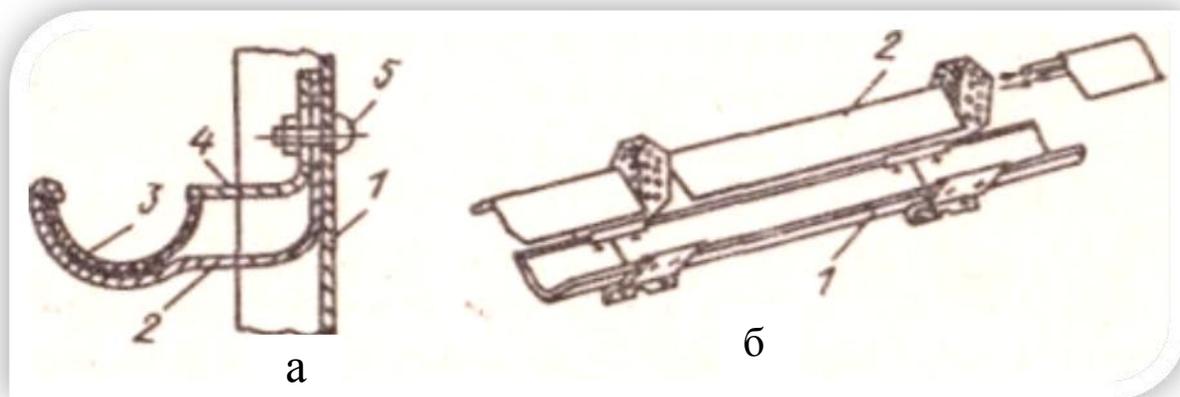


Рисунок 4.13 – Желобковые поилки для птичников:  
а – поточная желобковая для клеточных батарей КБЭ-1:  
1 – внешний угольник; 2 – кронштейн; 3 – желоб; 4 – прижим;  
5 – болт крепления; б – проточная желобковая для клеточных батарей КБМ  
и КБН 1 – поилка; 2 – козырек (крышка)

Желобок поилки изготовлен из пластмассы или оцинкованной листовой стали. Уровень воды устанавливается по верхнему обрезу трубки, которая пропускается через пробку, закрывающую сливное

отверстие концевой поилки. Поилки устанавливают по уровню прижимами 4 и крепят к кронштейнам 2. V-образная желобковая поилка (б) устанавливается в клеточных батареях КБН и КБМ-2. Перенос места крепления с наружного фасада внутрь батареи позволил получить достаточный фронт поения, а также разгрузить фасад батареи от поилок и исключить возможность попадания воды в кормушки.

Вода из водопровода подводится со стороны передней стойки батареи через регулировочный вентиль. Постоянный уровень ее поддерживается трубками, вставляемыми в отверстия в торцах концевых поилок. Над поилками 1 крепят козырьки 2 для предохранения воды от загрязнения. Уровень ее в поилке должен быть в пределах 25,1–30 мм от дна; неравномерность его по длине желоба не должна превышать 5–7 мм.

Ниппельная поилка с каплеулавливающей чашей (рисунок 4.14) фирмы «Биг Дачмен» (Германия), закрепленная на кронштейне, сохраняет сухой подстилку и удобна для птицы.

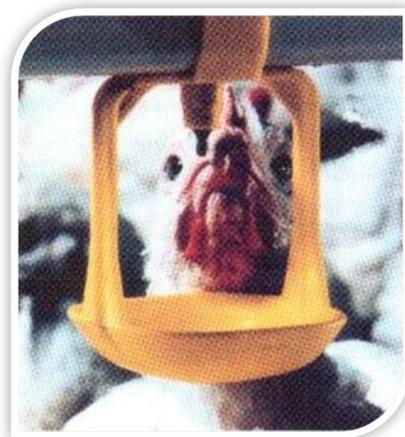
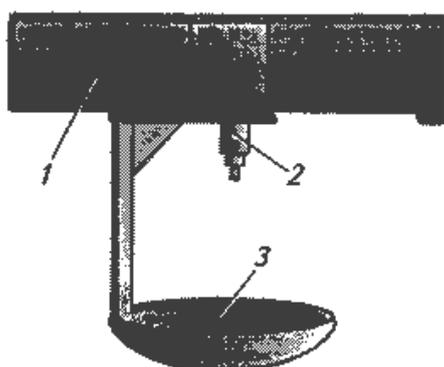


Рисунок 4.14 – Ниппельная поилка с каплеулавливающей чашкой:  
1 – труба; 2 – ниппель с корпусом из нержавеющей стали;  
3 – каплеулавливающая чашка

Ниппельная поилка (рисунок 4.15) предназначена для поения птицы всех возрастов и видов при их содержании в клеточных батареях.

Состоит из корпуса 4 с ввернутым в него ниппелем, в котором имеются два клапана: верхний 2 и нижний 5.

Птица нажимает клювом на выступающий из ниппеля конец нижнего клапана, который при перемещении вверх открывает верхний клапан 2, соединяющий полость ниппеля с водоводом 1, что вызывает появление на конце стержня нижнего клапана 5 капли воды. Как только птица выпивает каплю, на конце стержня появляется другая и т. д. Фаски 3

клапанов обязательно должны быть тщательно притерты к посадочным местам корпуса 4, так как только при этом условии формируется капля. Рабочее давление воды в водоводе должно находиться около 35 кПа.

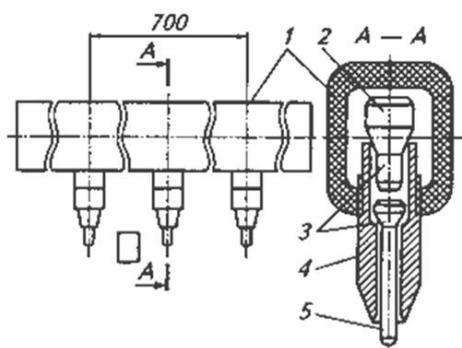


Рисунок 4.15 – Ниппельная поилка:  
1 – труба; 2 – верхний клапан; 3 – седла клапанов;  
4 – корпус поилки; 5 – нижний клапан

### Контрольные вопросы

1. Зоотехнические требования к воде для поения животных.
2. Классификация автопоилок.
3. Назначение, устройство и принцип работы автопоилок.

## **5 ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ МЕХАНИЗАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ МОЛОЧНЫХ ФЕРМ**

### **5.1 Реализация программы по автоматизированию технологических процессов в животноводстве с использованием уже созданного производственно-технического потенциала**

Опыт многих хозяйств подтверждает, что эффективность работы молочно-товарных ферм может быть повышена за счет реконструкции, расширения и технического перевооружения, обеспечивающих прирост продукции в более короткие сроки и при меньших удельных затратах по сравнению с новым строительством аналогичных помещений. Хотя модернизация существующих помещений и требует меньших капитальных вложений, чем новое строительство, однако они довольно высокие. На существующих молочных фермах около 90 % зданий коровников и менее половины телятников построены по типовым проектам. Техническая оснащённость их остаётся довольно низкой – уровень комплексной механизации ферм крупного рогатого скота не превышает 35 %. В молочном скотоводстве в целом реконструкции и технического перевооружения требуют более 60 % производственных мощностей. На модернизируемой ферме, как правило, внедряют единую усовершенствованную технологию производства, все звенья которой увязаны в единый комплекс. При этом допускается сохранение на отдельных участках старой технологии, если это не противоречит технологическому процессу в целом и сокращает расходы на перевооруженность, например: система навозоудаления, помещения доильного блока и т. д. Эффективность от внедрения новой технологии так же зависит от способа содержания животных.

В настоящее время в молочном скотоводстве преобладает привязной способ содержания коров с необходимостью выполнения многочисленных ручных операций (раздача кормов, уборка навоза и т. п.). Анализ структуры затрат при такой технологии показывает, что из 8,5 мин, затрачиваемых на обслуживание одной коровы, более половины уходит на операции, не связанные непосредственно с доением.

Для доения используются морально устаревшие установки линейного типа в молокопровод или переносные ведра. Молоко перемещают по трубопроводу длиной как минимум 50 м. Для его

промывки требуется 40 л моющего раствора, подогретого до 60°. Поддерживать требуемую температуру моющего раствора, циркулирующего по 140- метровому контуру, практически невозможно.

Доение в стойловом помещении, большая протяженность коммуникаций, наличие вертикальных участков, большое количество соединений, хранение в резервуарах-охладителях открытого типа приводят к значительным потерям ценных компонентов молока, увеличению его бактериальной обсемененности. Принимая во внимание среднее время обслуживания одной коровы и регламентированную правилами машинного доения длительность одной дойки получаем, что доярка может качественно выдоить не более 30 коров.

При оценке трудоемкости процессов по затратам физической энергии наибольшую нагрузку персонал получает при привязном содержании на раздаче кормов – 19,24 кДж/мин и при доении – 9,29. Показатель по доению выше, чем при безпривязном содержании, на 11 %. Таким образом, основную физическую нагрузку, определяющую трудоемкость работы, персонал получает при привязном содержании (погрузка и транспортировка кормов и подстилки, уборка навоза).

Анализ структуры затрат подсказывает одно из перспективных направлений модернизации привязного содержания. Перепланировка коровников под мобильную уборку навоза и раздачу кормов универсальным агрегатом (например, измельчитель-смеситель и кормораздатчик Marmix) позволяет на 50 % сократить удельный расход топлива и освободить операторов машинного доения от выполнения неквалифицированных операций по раздаче кормов и очистке стойл.

Использование комплектов современного оборудования таких иностранных фирм, как *Impulsa*, *Cebos*, *Alfa Laval* и других, оснащенного автоматизированной системой управления технологическими процессами, позволяет осуществить принцип индивидуального учета продуктивности фактически при каждой дойке. При этом отслеживается при этом ряд таких важных технологических показателей, как время доения, латентный период, скорость молокоотдачи, выдоенность за первую минуту, температура и электропроводность молока, ведется ежедневное индивидуальное нормирование и выдача концентратов, а также контролируется ряд физиологических показателей. Оптимизация системы машин и оборудования позволяют получить 5–6 тыс. кг молока в расчете на одну корову при затратах труда на уровне 1,5–1,8 чел.-ч, расходуя на каждый килограмм молока на 10 % меньше кормов, чем при привязном содержании.

Основные функции современных автоматизированных доильных установок *Impulsa*, *Westfalia*, *Alfa Laval* и др. в процессе доения:

- 1) удобное ведение обслуживания животных через терминал на каждом стойловом месте;
- 2) графическая подсказка для управления дверьми для входа и выхода;
- 3) индикаторное показание номера животного и количества молока;
- 4) графическое указание шагов программы в процессе доения;
- 5) немедленная индикация первичной информации для доярки;
- 6) возможность запроса оперативной информации для доярки;
- 7) передача данных на компьютер;
- 8) комбинация параметров пульсации;
- 9) самостоятельное приспособление режима пульсации по автоматическому распознаванию легко- и труднодойных;
- 10) применение способа стимуляции альтернативным повышением частоты пульсации;
- 11) наблюдение за потоком молока, измерение количества молока и взятие молочных проб;
- 12) точное определение конца доения и предотвращение слепого доения;
- 13) по выбору автоматическое додаивание или автоматическое снятие с запаздыванием доильного аппарата;
- 14) контроль выдаивания;
- 15) автоматическое открывание дверей для выхода;
- 16) автоматическая промежуточная дезинфекция доильных аппаратов по выбору.

Следующим шагом в развитии процесса доения будет введение в доильную практику автоматизированного доения. В этом случае больше не нужен будет ручной труд во время доения. Благодаря этому будет экономиться рабочее время, и повседневная работа не будет связана с доением коров. Таким образом значительно улучшится социальный климат на молочных фермах. Автоматизированный процесс доения будет проходить параллельно с увеличением степени автоматизации на молочной ферме.

При автоматическом доении коровы находятся не в обычном доильном помещении, а в так называемых доильных боксах. В них коровы могут получать концентраты, кроме этого, они имеют возможность войти в доильный бокс, где автоматизированная система

решает нужно или нет доить конкретную корову. В построении автоматической системы доения центральную роль играет разработка надежной системы прикрепления доильных стаканов к вымени. Для правильного прикрепления доильных стаканов к соскам используют руку-робот. Доильные стаканы прикрепляют к корове сзади или с боку при помощи различных автоматических систем. Рука-робот прикрепляет стаканы по одному или поднося их под вымя коровы все одновременно. Перед тем, как присоединить стаканы, нужно определить место расположения сосков. Существует большое разнообразие по форме вымени и расположению сосков, что затрудняет правильное определение места присоединения стаканов. В дополнение к этому расположение сосков каждой коровы зависит от количества молока в вымени, которое, в свою очередь, различно, потому что автоматическое доение проходит с различными временными интервалами между доениями. В боксах имеются специальные системы, ограничивающие движения коровы, что облегчает присоединение доильных стаканов. При использовании системы автоматического доения очень важно обеспечить удобное положение коров в доильном боксе, спокойное поведение коров упрощает прикрепление доильных стаканов. Поэтому система автоматического доения должна быть приспособлена к потребностям коров. Автоматизация молочно-товарных ферм требует осуществления целого ряда изменений в технологии, машинах и оборудовании. Применение автоматизированной технологии индивидуального кормления коров концентратами требует размещения автоматических кормовых станций в секциях для животных. По-особому осуществляется планировка доильных залов. Предусматриваются специальные площадки с боксами для зооветобслуживания коров. Таким образом, максимального эффекта от внедрения АСУ ТП можно добиться только проведением других организационно-технологических мероприятий по повышению эффективности производства – укрепления кормовой базы, комплектования ферм однородным высокопродуктивным стадом, надежного функционирования оборудования и др.

Необходимо признать, что низкую производительность труда на действующих молочных фермах невозможно поднять на должный уровень только за счет средств механизации. Требуется коренная перестройка технологии и организации, учитывающая как особенности машинного производства, так и физиологические потреб-

ности животных. Для хозяйств с уровнем кормообеспеченности до 30 ц корм. ед. рекомендуется использовать преимущественно привязное содержание животных с мобильной раздачей кормов и навозоудалением стационарными механическими средствами. Молочные фермы с кормообеспеченностью от 35 до 40 ц корм. ед. желательно реконструировать под беспривязное содержание в боксах, комбибоксах или на соломенной периодически сменяемой подстилке, с мобильной раздачей кормов, доением в доильном зале на установке типа ПДУ–8, бульдозерным удалением навоза. Целесообразность использования установок обусловлена также тем, что в летний период их можно использовать при круглосуточном содержании животных на пастбище, а в стойловый – устанавливать в доильных залах реконструированных ферм. При кормообеспеченности более 40 ц корм. ед. целесообразно использовать автоматизированные доильные установки типа «Елочка», «Тандем» отечественного и зарубежного производства. Это дает возможность не только повысить производительность труда при производстве молока, но и внедрить автоматизированную систему управления процессами (менеджмент стада), т. е. значительно интенсифицировать молочную отрасль.

## **5.2 Электронная система управлением стадом**

Сельское хозяйство идет по пути компьютеризации и автоматизации производства. Одним из шагов в этом направлении стало изобретение электронной системы управления стадом (ЭСУС), широкое распространение которой в нашей стране российские эксперты прогнозировали еще в 2007 г. Однако, несмотря на постоянное совершенствование новой технологии и растущую заинтересованность фермеров в ее покупке, большой популярности у российских аграриев ЭСУС все же не завоевала. И поставщики оборудования, и сами фермеры сходятся во мнении, что без наличия ответственных квалифицированных специалистов для постоянной работы с новой технологией система теряет смысл и превращается в дорогое и бесполезное украшение на ферме.

Так при беспривязном содержании скота применяется «*электрический пастух*» – система, представляющая собой провод под напряжением, протянутый по полю и ограничивающий свободу передвижения стада, (рисунок 5.1). Если корова попытается выйти за пределы отведенной ей территории, она почувствует легкий,

но безопасный удар током. По системе проходит короткий импульс высокого напряжения в секунду, напряжение импульса очень высокое, но продолжительность настолько мала, что он не представляет опасности.

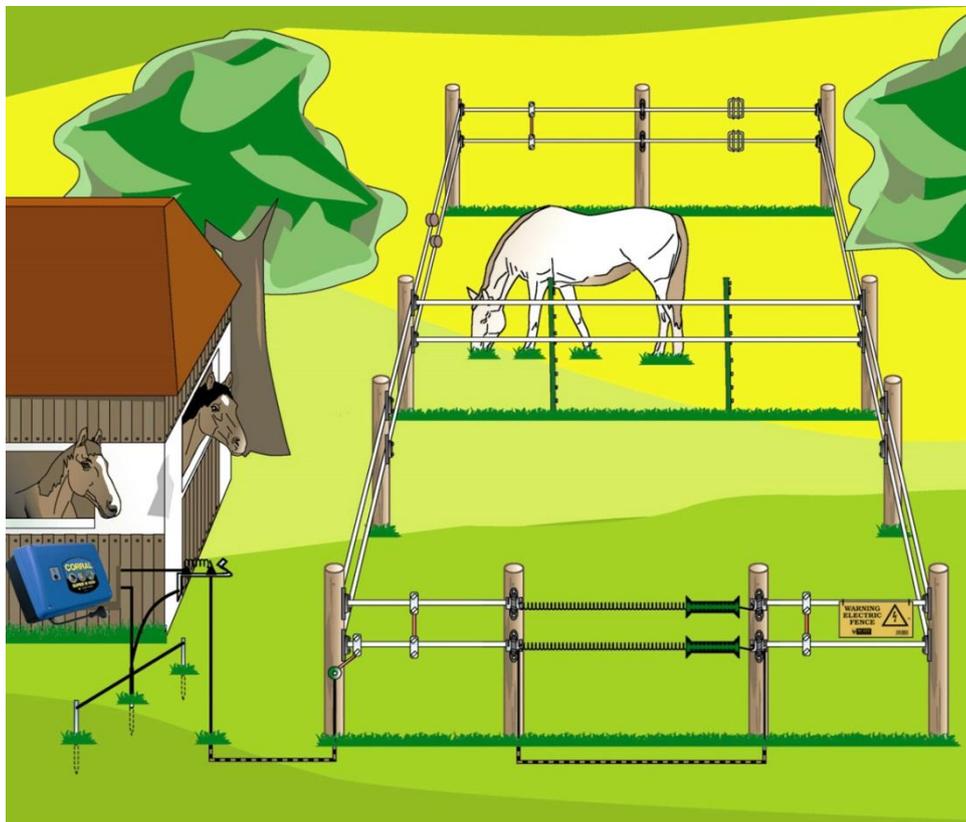


Рисунок 5.1 – «Электрический пастух» для контроля над стадом

Существуют различные модификации такой системы, также можно выбрать разные источники питания, например, мобильный на аккумуляторных батареях (в том числе и на солнечных аккумуляторах) или стационарный (сетевой). По мнению специалистов, технологически это очень удобная и относительно недорогая (порядка 350 тыс. руб. на 500 га) система, но распространена она в основном на Западе, а в России применяется нечасто. Электронный пастух, как и любое другое современное оборудование, имея многочисленные преимущества (сокращение затрат труда, постоянная и автоматическая работа), требует правильной эксплуатации и осуществления контроля за его работой. Например, система может дать сбой, в результате которого корова уйдет в помещение или за огражденную территорию. Соответственно, система способствует повышению эффективности только при ее грамотном использовании.

Виртуальная беспроводная ограда представляет собой электрический «шлем», надевающийся на голову коровы, с прикрепленными к нему датчиками и навигаторами, посредством которых оператор с помощью ПК управляет движениями животного. Подобная система способствует более упорядоченному движению стада и экономит затраты человеческого труда, однако в России подобное оборудование не получило распространения прежде всего из-за своей дороговизны и консервативности российских фермеров. Такая система более активно используется, например, в США, где кадры «стоят» дороже, чем в нашей стране.

ЭСУС «на привязи». Одним из инновационных решений в последние годы стало введение в эксплуатацию в российских хозяйствах системы *DelPro* (компания-поставщик – *DeLaval*) для ферм с привязным содержанием стада. Подобная система, по словам специалистов, выводит привязное содержание скота на новый уровень, подводя под него современную техническую базу и оснащая хозяйство «по последнему слову техники».

Система состоит из доильных аппаратов,двигающихся по рельсам. При подключении к определенной корове доярка вводит номер животного, сбрасывая таким образом данные на компьютер, а по завершении доения аппарат автоматически отключается. Таким образом, система *DelPro* дает возможность контролировать и планировать все необходимые мероприятия на ферме. Помимо ведения базы данных по каждой корове система позволяет учитывать и рассчитывать рацион кормления коров в зависимости от их продуктивности. Есть одно неудобство – все данные необходимо обрабатывать только на одном компьютере. Однако компания обещала учесть это требование и усовершенствовать систему.

Электронная система управления стадом – это комплекс оборудования и программного обеспечения, применяемый для учета индивидуальных особенностей коров. Информационная «карточка», заводимая в системе на каждого животного, включает данные о режиме кормления и доения, качестве молока, а главное – наследственности коровы, что дает возможность вовремя принимать верные решения при ухудшении состояния животного, говорят специалисты. Действительно, внесенные в базу по каждой корове сведения позволяют увидеть возможные отклонения уже на ранней стадии. Ведь во время дойки эта система анализирует такие парамет-

ры, как удой молока, электрическая проводимость, активность животного (количество шагов в минуту) и многое другое. А гибкая система отчетов отражает постоянно обновляемую информацию, основанную на обнаружении отклонений, поясняет он. Эти отчеты показывают отклонения по каждой корове, отдельно взятой группе или стаду в целом в режиме реального времени и позволяют фермеру сконцентрировать внимание на отдельных животных, повышая тем самым эффективность управления фермой, экономя рабочее время и деньги.

Главное в системе управления стадом – это процессор, осуществляющий функции рабочего журнала, куда поступает вся информация о коровах. Здесь же отслеживается каждое движение животного по секциям коровника, определяются основные параметры кормления и доения, ведется календарь разведения животных. Для удобства эксплуатации систему подключают к персональному компьютеру.

Другой важной частью системы являются транспондеры и идентификационные ворота, необходимые для распознавания животного. Транспондер – это «электронная карта» коровы, с помощью которой животное распознается при входе в доильный зал через сортировочные ворота. На основе обработки полученных сведений система принимает решение о необходимом количестве премиксов (премиксы даются каждой корове индивидуально в зависимости от ежедневной продуктивности, стадии лактации и общего состояния) и оценивает состояние здоровья животного.

Доильные места в системе оснащены электронными пульсаторами и счетчиками молока, которые позволяют получить представление о производительности каждой коровы и отдельной группы животных, что необходимо для поддержания высоких надоев в стаде. А комплексная система управления стадом посредством датчика активности позволяет вычислить оптимальное время осеменения. ЭСУС наиболее рентабельна при беспривязном содержании. Однако существуют и системы для привязного содержания скота, например, производимые компанией *DeLaval* (Москва) и системы управления *DairyManagementSystem 21*, разработанные «ГЕА Фарм Технолоджиз Рус».

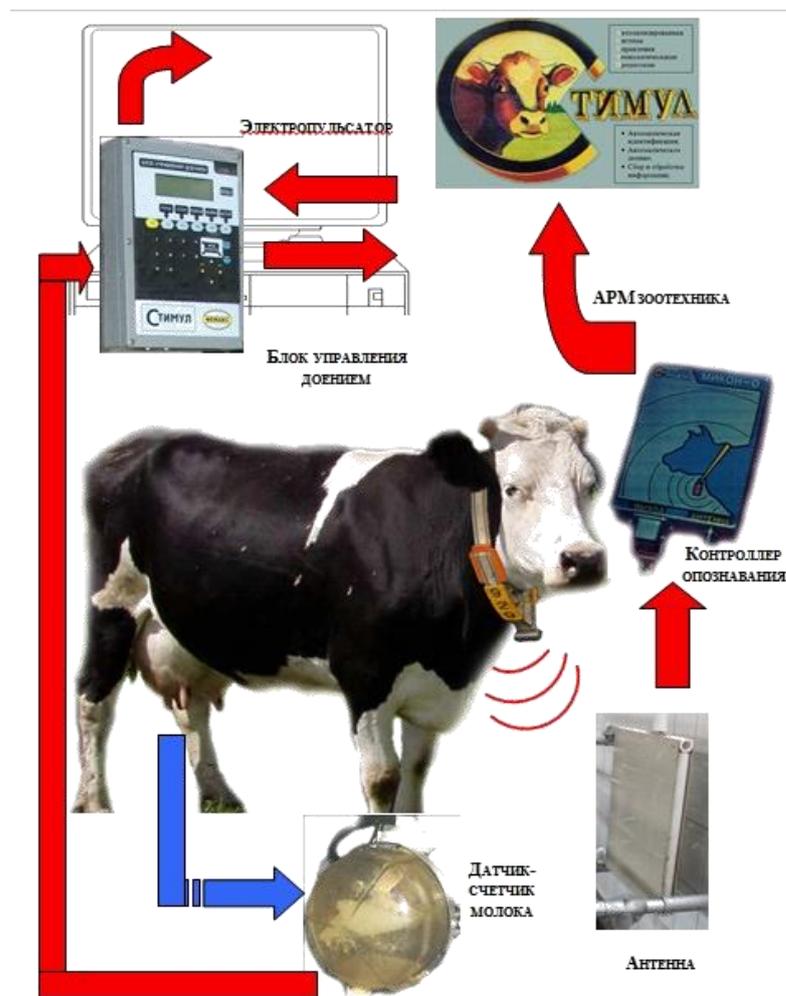


Рисунок 5.2 – Система автоматического управления доением коров

Одной из самых распространенных в мире ЭСУС (рисунок 5.2) является система *Afimilk* компании *S.A.E. Afikim* (Израиль) для свиноводческих комплексов с ее модулями – *Afiact* (автоматизированное обнаружение охоты), *Afisort* (автоматизированная система управления передвижением коров), *AfiFeed* и *Afiweigh* (автоматическая система взвешивания коров в движении), *IDeal* (система идентификации), *AfiLife* (молокомер для точного измерения удоя), *AfiLab* (анализ состава молока в доильном зале), *AfiTag* (идентификатор и шагомер), *AfiFarm* (основной инструмент управления стадом и фермой), *AfiFree* (измерение молока в свободном потоке), *Afi2GO* (портативный электронный секретарь), *AfiWash* (контроллер системы промывки), *PedometerPlus* (прибор, определяющий состояние комфорта коров), которые обеспечивают комплексное управление фермой.

ЭСУС – это многоблочная система, которая в зависимости от поставленных целей может состоять из разных программ. По его

словам, наибольшее распространение в России и за рубежом имеет система управления надоями молока (может быть реализована на базе различных программ), для работы которой необходимо специальное оборудование (как правило, оно поставляется вместе с доильным залом). Это счетчики отдачи молока, сканеры считывания номера транспондера животного и т. д. В целях зоотехнического управления данными по стаду КРС используются также дополнительные программные модули. Эти программы, хранящие информацию о родословных или осуществляющие контроль за ветеринарными работами, представляют собой многофункциональную «компьютерную записную книжку», позволяющую сводить все данные по стаду животных в одну систему и производить их учет и передвижение, определяя их в ту или иную группу в зависимости от полученных показателей. Также существуют отдельные программы для расчета кормовых рационов и ветеринарных мероприятий. Помимо этого, есть электронная «система выявления охоты», позволяющая определять импульсивность и подвижность животного, с указанием вероятных сроков охоты, однако она, применяется гораздо реже, чем все другие программы (в первую очередь из-за ее высокой стоимости). В целом же для оценки племенных качеств животных или управления товарным стадом КРС необходимы разные программы, отличающиеся набором данных и внутренней логикой.

Компания *Terborg Agro* занимается проектированием, производством и поставкой оборудования для молочных ферм из США и Канады, не поставляет оборудования для «системы управления стадом» для большинства программ на российском рынке. До 2008г. сюда поставлялись в основном «программы учета надоя», где в центре внимания стоит не ферма как единое целое, а доильный зал, так как поставщиками этих программ являются производители доильных залов. И лишь с 2009 г. из-за отсутствия финансирования встала задача учета не только надоя, но и всех процессов на ферме, влияющих на конечный результат, вследствие чего и возникла потребность во внедрении системы управления стадом. Такая система позволяет управляющему фермы в любой момент выяснить полную картину происходящего (здоровье стада, историю событий, учет расходов и доходов). Подобные системы имеют самое широкое распространение в основном на фермах северной Америки (США), где молочная ферма является бизнесом,

основная задача которого – приносить прибыль, не получая при этом посторонней помощи в виде субсидий, как это широко распространено в Европе.

Проведенный опрос среди фермеров показал, что владельцы агрокомпаний чаще всего отдают предпочтение установке не всей системы, а отдельных программ, при этом наибольшей популярностью пользуются доильные роботы. Существует два типа хозяйств, не нуждающихся в установке электронной системы, в первую очередь это индустриальные фермы (распространены они в основном в США), основная задача которых превращение молочного комплекса в завод по производству молока. В соответствии с поставленными целями американские фермеры не занимаются молодняком (им не столь важно осуществлять электронный мониторинг состояния здоровья животного, достаточно визуального осмотра специалиста), так как цель предприятия получение максимума молока и последующая продажа коровы. Поэтому ЭСУС не является здесь принципиально важной и необходимой. Нет смысла устанавливать новую технологию и на небольших фермах с поголовьем в 20–25 гол., так как управляющий в состоянии сам вести учет данных каждой коровы. В Европе наибольший эффект электронная система дает в хозяйствах с высокоудойным стадом (от 50 гол. и выше на беспривязном содержании), позволяя отслеживать показатели и сортировать животных по группам. В российских условиях, при отсутствии специальных систем откорма молодняка и покупки ремонтного стада, эта технология также наиболее актуальна для ферм, имеющих от 50 и выше (без ограничений) голов скота и практикующих беспривязное содержание. ЭСУС не имеет смысла на фермах в 50–60 гол., так как при таком количестве животных фермер в состоянии самостоятельно контролировать свое поголовье. Тем не менее большинство систем, как правило, одинаково хорошо справляются с управлением стадом как в 50, так и в 5 тыс. дойных коров. Главное преимущество ЭСУС – это решение вопроса качественной работы с животными: применение компьютера для управления стадом значительно повышает ответственность персонала, экономит время и позволяет контролировать эффективность производства. Четкая работа специалистов – это основное, в чем нуждается хозяйство при внедрении ЭСУС. Однако на российских фермах сотрудники часто пренебрегают выполнением своих обязанностей. Для ведения базы данных необхо-

димы по крайней мере два высококвалифицированных специалиста: первый вносит данные в компьютер и выводит полученные отчеты, второй производит «реальную» оценку полученных данных и ставит соответствующие производственные задачи. И хотя для управления системой достаточно знания ПК, желательно, чтобы с данными работал зоотехник-селекционер, способный увидеть ошибки в отчетах, проанализировать полученные сведения и сделать правильные выводы. Требования к персоналу для работы с ЭСУС достаточно высоки: знание ПК, основ зоотехнического учета, основ планирования, личная мобильность в передвижениях, ответственность. Отсутствие должной квалификации персонала – основная проблема, с которой сталкиваются хозяйства при внедрении электронной системы. Ведь новая технология управления стадом – это не только и не столько автоматизация производства, сколько система, позволяющая превратить простую ферму в промышленное предприятие с эффективным управлением. ЭСУС, как и любое современное оборудование, требует наличия высококвалифицированного персонала. Ведь задача предприятия заключается, в том, чтобы с минимальными затратами выйти на производственные мощности, и максимально эффективно использовать имеющиеся ресурсы. А все новые технологии (ЭСУС, электронный пастух, система беспроводной виртуальной ограды для коров) способствуют повышению продуктивности хозяйства, но требуют постоянной работы и контроля как со стороны персонала, так и со стороны управляющего звена. К тому же несмотря на видимые преимущества компьютера, у которого нет отпусков, перерывов на обед и т. д., это машина, которая также может давать сбои, и при отсутствии перепроверок, анализа данных и ошибок способна привести к неправильным выводам, что скажется на производительности фермы. В 2007 г. среди малых фермерских хозяйств внедрились три доильных робота. Сейчас на двух фермах установлено пять доильных роботов, обслуживающих 340 голов скота (станции добровольного доения *VMS* компании *DeLaval*). По словам фермеров, для управления таким стадом с помощью ЭСУС требуются четыре человека, работающих посменно, а до установки системы требовалось порядка 15 человек. Зарплата специалистов, работающих с ЭСУС, возросла примерно на 10 % в связи с улучшением качества молока. Ведь его высокое качество одно из главных преимуществ установки ЭСУС, утверждает

специалист. Кстати, поскольку ЭСУС рентабельнее устанавливать при беспривязном содержании скота, для наибольшей производительности хозяйству необходимо иметь полную обеспеченность кормами.

С 2003 г. на двух молочных фермах было установлено оборудование доильного зала (компания *GEA WestfaliaSurge*), в состав которого входят доильная установка, доильный аппарат с ручью-манипулятором с режимом дооя и программное обеспечение, производящее контроль и мониторинг полученных данных. Оборудованием в автоматическом режиме производит массаж вымени перед дойкой, в течение доения определяет скорость молокоотдачи осуществляет контроль электропроводности молока и автоматический додой при снятии аппаратов. Преимущество ЭСУС – исключение человеческого фактора (благодаря чему не происходит сухого доения), полное избавление от мастита травматического характера. Система позволяет сократить кадровый персонал: если на механической дойке на содержание 100 гол. скота требовалось два человека, то теперь это количество обслуживает 400 гол. В колхозе имени 50-летия СССР (Вологодская область, молочное животноводство, откорм КРС, выращивание и продажа племенного скота, семеноводство зерновых и многолетних трав) в конце 2008 г. также установили четыре доильных робота. Один робот здесь обслуживает 70–75 дойных коров (всего на содержании роботов около 300 гол.), а на управление самими роботами требуется один человек в смену (6 ч). Установка системы способствует сохранению маточного поголовья и улучшает качество молока до высшего сорта (евро-стандарт). При возникновении каких-либо неисправностей в работе системы инженеры компании поставщика, круглосуточно консультирующие по телефону, в течение часа выезжают и решают возникшую проблему. Поломки, по словам специалиста, чаще всего бывают профилактического характера, соответственно, специалист компании поставщика сразу предупреждает возможные нарушения в работе системы.

Еще одной важной проблемой нового оборудования является его дороговизна. Поэтому, устанавливая эту систему, необходимо постоянно работать с ней, так как и срок окупаемости может затянуться надолго. Цена ЭСУС зависит от типа содержания животных (доильного зала или традиционного коровника с привязным содержанием или при доении роботом доярком), следовательно,

от оборудования, установленного в помещении (количества доильных аппаратов, наличия системы идентификации и определения активности животных) и другого оборудования, необходимого для управления современным молочным комплексом. Экономическая окупаемость системы при условии правильного использования может быть легко рассчитана, говорит специалист. Так, пропуск охоты у коровы обходится хозяйству в €130, один «лишний» месяц содержания нетелей – около €60. Однократное лечение мастита, который можно предупредить благодаря ЭСУС, будет стоить 600–800 руб. Если на комплексе, например, в 100 гол установлена система, на 10% сокращаются пропуски сроков охоты (€1,3 тыс. годовой экономии). Таким образом, зная стоимость ЭСУС, можно легко рассчитать период окупаемости. В зависимости от комплектации ЭСУС стоимость варьируется: можно установить на ферме только самые необходимые модули, а можно сделать «ферму под ключ» и доукомплектованную любым оборудованием. Огромные комплексы анализаторов с системой датчиков и сенсоров, способные просчитывать все до мелочей, будут стоить несколько сотен тысяч долларов. Слово «окупаемость» некорректно применять, говоря об ЭСУС, ведь все зависит от правильного с ней обращения, от квалификации работающих с ней людей. «Если же говорить о средней стоимости, то, безусловно, это достаточно дорого, в среднем 40–90 тыс. руб. на покупку одной программы, не считая ежегодной оплаты лицензии и затрат на сопровождение и обучение». С другой стороны, если оценить все потери и издержки хозяйства, не имеющего ЭСУС, то необходимость установки системы станет очевидной.

### **5.3 Некоторые результаты аудиторской проверки группой специалистов компании Afimilk после модернизации ферм**

Агрохолдинг *Kuban Co.* владеет 10 молочными фермами в Усть-Лабинском районе Краснодарского края. Каждая ферма укомплектована управленческим персоналом, который действует согласно инструкциям, получаемым от головных специалистов холдинга, это эксперты, представляющие различные области знаний: ветеринария, диетология, административно-управленческая деятельность и др. Эти высококвалифицированные специалисты определяют многие методы управления на фермах, причем локальные управляющие и специалисты различных ферм обязаны принимать

разрабатываемые рабочие процедуры к исполнению. Кроме того, агрохолдинг *Kuban Co.* располагает кормовой базой, обеспечивающей фермы (в рамках холдинга) различными грубыми кормами, а также зерном кукурузы, кукурузным силосом и т. п.



Рисунок 5.4 – Макет молочной фермы

В августе 2013 г., группа специалистов из отдела профессиональных услуг компании *Afimilk* посетили 3 фермы агрохолдинга (№ 3, № 4 и № 10). На каждой из них экспертная группа провела полный рабочий день с посещением объектов и сооружений, осмотром различных групп животных и кормового центра, которые находятся на каждой ферме. После осмотра каждой фермы проводились специальные рабочие встречи для сбора дополнительной информации, с участием управляющего фермой, ветеринаров и специалистов по искусственному осеменению, отвечающих за разведение телят, специалиста по питанию, начальника доильного зала и зоотехников, специалистов по племенной работе.

Собранная таким образом информация была предварительно обработана группой экспертов Компании *Afimilk*, на рабочем совещании с руководством агрохолдинга *Kuban Co.*, проведенном в головном офисе этой компании 9 августа 2013 г. руководству агрохолдинга были представлены первые сводные данные по результатам проведенной первичной оценки.

Главная цель аудиторской проверки заключалась в оценке профессиональных аспектов молочного производства, а не в экономическом анализе состояния дел на фермах. Однако, несмотря на то, что специальный экономический анализ не проводился, можно сделать однозначный вывод о том, что выявленные в ходе проверки проблемы – низкая молочная продуктивность, плохо поставленный уход по обеспечению охраны здоровья животных, низкая упитанность скота, высокий коэффициент его отбраковки – не могут не сказаться отрицательно на общей прибыльности хозяйства.

Аудиторская проверка проводилась по двум основным направлениям, нашедшим отражение в отчете:

– общая оценка состояния дел на молочных фермах агрохолдинга *Kuban co*, эта часть аудита относится к общему функциональному состоянию ферм и к методам управления молочным производством, практикуемым в агрохолдинге *Kuban Co*;

– результаты осмотра ферм, замечания и практические рекомендации, в этой части отчета приведено описание основных результатов аудиторской оценки посещенных ферм.

В нее входят замечания и целевые рекомендации по первоочередным мерам и необходимым переменам в организации деятельности ферм. Эта часть аудиторского отчета подразделяется на 12 тем (подразделов). Состояние дел на каждой ферме анализируется по отдельности.

Эксперты компании *Afimilk* полагают (основываясь на своем обширном опыте профессиональной деятельности в данной сфере), что реализация приведенных в отчете рекомендаций позволит существенно улучшить результаты экономической деятельности ферм, прошедших аудиторскую проверку.

*Оценка существующего положения дел на молочных фермах агрохолдинга Kuban Co.*

Выбранные для аудиторской проверки фермы работают в специфических условиях, поэтому многие из выявленных проблем и пути их решения относятся преимущественно к соответствующим фермам. Тем не менее, имеются и проблемы, являющиеся общими для всех ферм.

*Достоинства ферм агрохолдинга «Кубань»:*

1. Наличие высококачественных кормов в большом количестве,

полеводческое подразделение агрохолдинга «Кубань» способно поставлять высококачественные фуражные корма в весьма больших количествах. Кукурузное зерно и кукурузная зеленая масса, идущая на приготовление силоса, характеризуются высоким качеством. Сенаж из люцерны и свежая люцерна также отличаются превосходным качеством. Возможность производства весьма высококачественного фуражного корма в больших количествах и при малой себестоимости, несомненно, является существенным фактором снижения общих издержек на корма. При этом, однако, для молочной фермы высокоэффективное производство фуражных кормов высокого качества само по себе не является целью самостоятельного значения. Цель заключается в максимально экономически эффективном производстве молока с минимумом затрат на единицу продукции.

2. Ферма № 4 отличается хорошим проектным решением и благоприятными условиями для содержания молочного стада. Очевидно, что ферму № 4 с ее инфраструктурой проектировали специалисты, профессионалы своего дела, в результате чего молочный скот размещается в удобных помещениях и в надлежащих условиях.

И наоборот, ферма № 10, построенная сравнительно недавно, является собой пример негодного проектного решения. Проект и его реализация не способствуют благополучию животных и порождают весьма серьезные проблемы, которые в настоящее время откорректировать и исправить сложно.

3. Процедуры доения в доильных залах организованы весьма хорошо. Это свидетельствует о том, что руководство Фермы способно реализовывать правильные и высокоэффективные процедуры доения – нужно понимать, что мы говорим о доение (технике доения) индивидуально животного, а не организации дойки стада.

4. Генетический потенциал молочного поголовья стада на ферме весьма высок. Голштинские телки, импортированные из США, по-видимому, являются высокопородными и имеют высокий генетический потенциал.

Однако с момента их прибытия они размещаются в весьма плохих условиях в коровниках фермы № 10, а их рацион кормления явно не отвечает реальным потребностям в кормах.

По сравнению с коровами голштинской породы, айрширские коровы на ферме № 3 обладают несколько меньшей молочной продуктивностью. При этом, однако, их потенциал по надоям довольно

велик. Поэтому нет никаких причин для их отбраковки и уничтожения стада (хотя, как поняли эксперты – это стратегия руководства) только потому, что они не Голштинской породы.

### *Основные проблемы профессионального порядка на фермах агрохолдинга «Кубань»*

Уровень молочной продуктивности (надоев) на ферме зависит от следующих исходных факторов:

- рацион кормления;
- охрана здоровья животных;
- их воспроизводство (генекология);
- генетический потенциал и т. п.

Можно констатировать, что молочная продуктивность скота на фермах является низкой.

Например, средний надой телок, привезенных из США, на ферме № 10 составляет 23–25 кг/дн, а на пике лактации – 27. Для коров голштинской породы средний надой должен составлять не менее 28 кг/дн, а на пике лактации – 33 кг/дн.

На фермах № 3 и № 4 молочная продуктивность животных еще ниже, даже несмотря на отличные условия размещения скота в коровниках на ферме № 4.

Столь низкий уровень молочной продуктивности деструктивно сказывается на общей экономической эффективности (прибыльности) агрохолдинга «Кубань».

### *Причины низкого уровня молочной продуктивности стада*

Рацион кормления и распределение животных по группам коров не сбалансированы и, в целом, не способствует достижению цели повышения уровня надоев. В целом рационы малокалорийны и включают в свой состав слишком много грубых кормов.

Похоже на то, что специалисты агрохолдинга «Кубань» ориентированы преимущественно на минимизацию издержек на корма для коров и телок, тогда как главным приоритетом должна быть минимальная себестоимость одного литра молока.

Цели, преследуемые в этих двух случаях, весьма различны, а отсюда различная последовательность действий, ведущие к весьма различным последствиям.

В первом случае следствием использования мало затратных (низкокалорийных) рационов может привести к низким удельным

надоям; следовательно, удельная стоимость произведенной продукции растет.

Второй подход нацелен на повышение (удельной) молочной продуктивности скота за счет использования более высокоэффективных рационов, что сопряжено с 'большими издержками на корма, но позволяет повысить удельные надои на одну корову в день, в результате чего себестоимость производства одного литра молока может резко снизиться.

Молочное животноводство требует крупных первичных капиталовложений и сопряжено с большими постоянными издержками. Чем больше такие фиксированные затраты растворяются (расходятся) на большее количество единиц произведенного для коммерческой реализации молока, отсюда прибыльность коммерческой деятельности фермы возрастает.

*Вывод:* Базовый подход, применяемый на фермах, т. е. экономия средств за счет малых издержек на корма, обычно ведет к снижению молочной продуктивности.

Таким образом, основные выявленные проблемы заключаются в нижеследующем:

- рационы кормления не сбалансированы;
- разнообразие кормов (составляющих) в рационах кормления невелико и недостаточно, потребление кормов является весьма низким (оценка по остаткам);
- фуражные корма в составе полно порционных кормовых смесей *TMR* чрезмерно измельчаются (нарезка), в результате чего питательная ценность грубых фуражных кормов снижается.

Детальные замечания и целевые рекомендации по рационам кормления, кормлению животных на Фермах, а также всесторонний анализ каждого из используемых рационов кормления приведены в разделе «Анализ рационов кормления: Замечания и рекомендации».

### *Ошибочность метода формирования групп коров и телок*

Существующий порядок распределения дойных коров по группам определяется рационами кормления, составляемыми специалистом, кормление различных групп животных в соответствии с длительностью текущего периода лактации.

Такой метод группирования коров и планирования рационов кормления в *корне ошибочен*, поскольку он приводит к низкой молочной продуктивности животных и не дает возможность живот-

ным восстановить свою кондицию к следующему отелу. Любые изменения в привычном образе жизни, особенно для дойных коров в период лактации, означают *стресс* для животного. Поэтому, любые такие изменения должны быть сведены к минимуму.

Детальные замечания и целевые рекомендации по порядку формирования животных приведены по группам.

*Фактор плохого физического состояния животных (низкий Body Scoring, BSC)*

Большую роль в снижении надоев молока играет низкая упитанность *Body Scoring* (кондиция) животных.

На ферме № 4, располагающей отличными условиями для размещения скота в настоящее время у 300 животных из общего количества 860 дойных коров диагностирован клинический мастит. Это огромное количество.

Эта проблема крайне серьезна и оказывает (и будет оказывать) существенное влияние на молочную продуктивность скота.

На других фермах весьма велико количество коров, страдающих хромотой (заболевания опорно–двигательного аппарата / копыт).

На ферме № 3 такими заболеваниями охвачено 40 % животных.

*Условия пребывания (содержания) животных в коровниках, ненадлежащее, из-за плохого состояния системы вентиляции и охлаждения.*

На фермах № 3 и № 10 были отмечены весьма плохие условия размещения скота.

На ферме № 10 (новая ферма) в коровниках:

- очень плохая вентиляция;
- отсутствует дренажная система (бетонные полы),
- подстилка быстро намокает, и все место превращается в «болото под крышей»;
- загон под открытым небом оборудован гладким покрытием, в результате чего коровы поскальзываются и ломают ноги растягиваются, коровам, негде укрыться от солнечных лучей, при этом площадка оборудована всего лишь одной поилкой и т. д.

Система охлаждения применяется ненадлежащим образом, коровы подлежат систематичному и «агрессивному» охлаждению.

Необходимо настроить программу автоматической системы

охлаждения: охлаждение коров должно быть важной составной частью распорядка дня. Чрезмерная тепловая нагрузка на животных в летнее время оказывает серьезное влияние на их молочную продуктивность в течение всего последующего года (а не только летом) и на воспроизводство).

Высокий уровень заболеваемости скота маститом. На ферме № 4 процент коров, страдающих от клинического мастита, весьма велик: 35 % такое положение дел требует принятия неотложных профилактических мер.

Как было сказано выше, применяемые на фермах процедуры доения являются правильными, а это значит, что минимизирована передача мастита от животного к животному во время доения в доильном зале (соблюдается гигиена).

Поэтому профилактические меры надлежит принять в других областях:

- полная изоляция пораженных болезнями коров от здоровых животных (что в настоящее время не делается),
- разработка четкой регламентированной рабочей процедуры (Протокола) по предупреждению распространения мастита,
- применение надлежащих процедур ветеринарного ухода и т. п.

Необходимо срочно провести тотальную проверку (СМТ – калифорнийский мастит-тест) поголовья на инфекцию вымени (субклинический мастит), поскольку вполне можно предположить, что этой болезнью поражено много коров.

Поражает пассивное отношение местного руководства к проблеме, как будто это положение дел является «вполне обыденной» ситуацией, тогда как все должно быть мобилизовано на незамедлительное принятие экстренных мер.

Причиной серьезных проблем с ногами и копытами животных (состояние копыт начинает ухудшаться уже в возрасте телок) является серьезный дисбаланс в рационе кормления животных и условия их содержания в телятниках и коровниках.

Детальные замечания и целевые рекомендации по данному вопросу приведены в разделе «Состояние здоровья стада». Поскольку в составе аудиторской группы не было специалиста в области охраны здоровья животных (Ветеринара), физическое состояние животных оценивалось в рамках оценки общего состояния стада. Специфические рекомендации по лечению данного заболевания должны быть представлены экспертом в области Ветеринарии.

### *Большое количество проблем воспроизводства (фертильности) животных*

В целом, на фермах отсутствует централизованная система сбора и анализа данных для принятия мер по повышению молочной продуктивности стада. Данные как таковые имеются, но не используются для проведения их систематического анализа с целью выявления существующих проблем и принятия, соответствующих мер по их устранению.

Имеет место большое количество осложненных отелов и связанных с этим проблем:

- задержка последа (плаценты);
- метрит (инфекция матки).
- процент коров, имеющих «гладкие яичники» (отсутствие нормальной овуляции – функция яичников после отела) чрезмерно высок.

Все это является следствием отсутствия надлежащего ухода за животными при отеле и неправильно проводимых мер ветеринарного ухода после осложненного отела.

Кроме того, отрицательный энергетический баланс у коров после отела слишком велик из-за ненадлежащего рациона кормления, в результате чего и имеется много случаев «гладких яичников».

### *Управление стадом: распределение коров и телок по группам*

Этот вопрос играет большую роль в связи с проблемами низкой молочной продуктивности и плохого физического состояния животных, а также неправильного развития и проблем со здоровьем телок.

### *Выращивание молодняка телок*

После прекращения выпаивания молоком, телочки переживают мощный стресс. Кроме того, их переводят в очень большие группы животных, по этой причине группы являются весьма неоднородными по своему составу, в результате чего возникает конкуренция за еду. Телочки явно при этом страдают и выглядят истощенными от недоедания. Процент телок, пораженных различными заболеваниями (пневмония, диарея), велик, такие телки теряют в весе. Это явно негативно влияет на процесс (физического) развития телок, поэтому необходимо принять неотложные меры по исправлению этой ситуации.

### *Ненадлежащий уход за животными в периоды высокой тепловой нагрузки*

Высокие тепловые нагрузки на животных в летний период в значительной мере влияют на их молочную продуктивность и воспроизводство. Хотя на фермах и имеются системы вентиляции и орошения, они не используются надлежащим и эффективным образом. В распорядок дня на фермах должна быть включена стандартная процедура охлаждающей обработки животных в течение 5–6 мес теплого времени года. Для этой цели надлежит разработать специальные протоколы (регламентированные рабочие процедуры).

### *Слишком высокий процент выбраковки*

Степень выбраковки, т. е. процент коров, выводимых из состава стада, по отношению к общему поголовью животных в стаде на фермах слишком велик: 47 % на ферме № 3 и на ферме № 4, с учетом высокого уровня заболеваемости маститом, по итогам 2013 г. на данной ферме этот уровень явно превысит 40 %.

Основные причины столь высокого уровня отбраковки животных перечислены ниже:

- большое количество коров, болеющих маститом;
- большое количество коров, имеющих проблемы с ногами (копытами);
- большое количество коров, страдающих расстройствами пищеварения (ожирение печени, расстройства пищеварительного тракта);
- большое количество коров, имеющих проблемы с воспроизводством.

### *Общие замечания об организации управленческой деятельности на фермах агрохолдинга Kuban Co*

#### 1. Нечеткое определение должностных обязанностей

Агрохолдинг *Kuban Co* располагает командой специалистов, которая способна решить многие из проблем в области профессиональной деятельности, выявленных на фермах и требующих принятия неотложных мер: методика вскармливания животных (рационы кормления для различных групп), организация коров и телок и управление стадом (распределение животных по группам) и т. п.

Администрации ферм необходимо реализовать на практике те решения, которые были разработаны Группой экспертов, прово-

дивших аудит. Создается впечатление, что руководство и специалисты на фермах не принимают никакого участие в принятии решений совместно с головной руководящей группой холдинга. Решения оторваны от реальной ситуации на местах. Им просто необходимо принимать в этом процессе самое непосредственное участие. Главной проблемой в управлении является то, что четко не определено, кто конкретно отвечает за результаты деятельности ферм. Группа пришла к этому заключению в связи с тем, что обнаружив большие отклонения и в технологии и в управлении на фермах и неоднократно обсуждая это непосредственно со специалистами и управленцами, которые были полностью согласны с данными замечаниями, получала один и тот же ответ: «Я не могу ни за что отвечать, поскольку я вынужден работать исключительно в соответствии с решениями, принимаемыми профессиональной комиссией агрохолдинга, поэтому сам по себе я ничего не решаю».

Такое положение дел необходимо в корне изменить. По нашему мнению, вся полнота ответственности за показатели эффективной работы ферм должна быть возложена на управляющего фермой.

Команда экспертов-аудиторов может выработать соответствующие рекомендации и показать руководству ферм различные альтернативные пути решения проблем, но, в конечном итоге, ответственность за принятие конкретных решений и их реализацию должна быть возложена на управляющих фермами.

#### *Нежелание решать существующие проблемы*

На осмотренных фермах были выявлены серьезные проблемы, которые руководством ферм агрохолдинга не решаются. Похоже на то, что оно просто смирилось с таким положением дел. Аналитическая работа по выяснению причин возникновения тех или иных проблем, а применяемые коррективные действия не систематичны и малоэффективны. Это полностью очевидно на примере крайне серьезной ситуации с заболеваемостью маститом на ферме № 4. Эта проблема потенциально затрагивает большое количество коров в стаде и способна причинить большой ущерб. Тем не менее, мы не наблюдали активной позиции руководства в части поиска путей решения этой проблемы...

## Уровень ветеринарного ухода

Уровень ветеринарного сопровождения животных крайне низок. Система ветеринарной работы на фермах основана на использовании традиционных подходов лечения болезней, а не на комплексе профилактических мер, чтобы они не возникали. Ветеринарная поддержка стада нуждается в радикальной перестройке, но не в части методик лечения, а в принципиально ином общем подходе к организации Ветеринарного сопровождения животных.

## Выводы

1. Агрохолдингом *Kuban Co* проделана большая работа по реализации весьма привлекательного и проекта по созданию комплекса молочных ферм, обладающего целым рядом очевидных достоинств и могущих стать залогом успешности хозяйственной деятельности в будущем:

- наличие большого количества высококачественных кормов малой стоимости;
- стадо с хорошим генетическим потенциалом;
- наличие больших экономических ресурсов;
- наличие ряда крепких профессионалов и т. п.

2. Уровень профессиональной подготовки большинства специалистов, включая членов профессиональной консультативной комиссии, не отвечает современным требованиям к уровню профессиональной квалификации и нуждается в повышении. Таким образом, агрохолдинг у *Kuban Co* необходимо повысить уровень профессиональной подготовки своего менеджмента. Крупные фермерские хозяйства должны управляться с использованием надежной компьютеризованной системы управления, обеспечивающей сбор и обработку данных по многим аспектам коммерческой деятельности молочных ферм. Такие системы уже имеются на фермах агрохолдинга, однако управляющие не пользуются ими надлежащим образом – фактически такие системы используются лишь для сбора некоторых данных.

3. Агрохолдинг комплекса молочных ферм *Kuban Co* нуждается в профессиональной поддержке. Такая поддержка, нацеленная на необходимые перемены в организации управленческой деятельности агрохолдинга и на получение реального результата, в течение определенного времени должна носить постоянный характер, что предполагает не периодические приезды экспертов, а их присут-

ствии на соответствующих объектах на постоянной основе.

Компания *Afimilk* надеется на развитие сотрудничества в сфере молочного животноводства с агрохолдингом *Kuban Co* на долгосрочной основе.

*Результаты аудиторской проверки положения дел на фермах с замечаниями и практическими рекомендациями*

Полученные результаты классифицированы по тематическому принципу и являются основой для дальнейшего обсуждения и реализации практических действий агрохолдингом *Kuban Co* в требуемых направлениях. Каждая из трех ферм имеет конкретные особенности, поэтому предлагаемые коррективные действия должны носить адресный характер отдельно для каждой фермы. Однако имеется много проблем, носящих общий характер для всех ферм, и требующих всестороннего комплексного рассмотрения и решения.

### **Контрольные вопросы**

1. Реализация программы по автоматизированию технологических процессов в животноводстве с использованием уже созданного производственно-технического потенциала.
2. Электронная система управлением стадом.
3. Некоторые результаты аудиторской проверки группой специалистов компании *Afimilk* после модернизации ферм.

## 6 АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

### 6.1 Электронные системы идентификации в животноводстве

Ключевым элементом информационных технологий в животноводстве являются электронные системы идентификации животных, которые лежат в основе автоматизации многих операций и технологических процессов, выполняемых на фермах.

Принцип автоматической идентификации основан на взаимодействии специального маркировочного устройства, содержащего код животного и размещенного на его теле, и приемного блока с антенной, установленного на соответствующем оборудовании.

Обычно маркировочное устройство выполнено в виде бесконтактного импульсного датчика-ответчика (транспондера): пассивного (без источника питания) или активного (с источником питания). Использование датчиков того или иного типа зависит от конкретной ситуации.

Благодаря использованию новейших средств микроэлектроники и сенсорики, снижению потребления энергии и улучшению передачи сигнала появилась возможность применения в качестве датчика так называемых чипов (*Radio Frequency Identification – RFID*), т. е. электронных микросхем, находящихся в отдельном корпусе минимальных размеров и массы, которые можно вмонтировать в ушные бирки или вживлять (имплантировать) в тело животных.

Большинство *RFID*-меток состоит из двух частей: первая – интегральная схема для хранения и обработки информации, модулирования и демодулирования радиочастотного сигнала и некоторых других функций, вторая – антенна для приема и передачи сигнала. Систематизации таких меток производится по рабочей частоте, источнику питания и типу памяти.

По рабочей частоте метки делятся на четыре группы: *LF* (125–134 кГц), *HF* (13,56 МГц), *UHF* (860–960 МГц) и *UHF*-метки ближнего поля. Для чипирования животных используют метки группы *LF*. Они имеют низкие цены, однако из-за длинной волны существуют проблемы со считыванием на больших расстояниях.

По типу источника питания *RFID*-метки делятся на пассивные, активные и полупассивные.

Для мечения животных используются пассивные метки с рабочей частотой 134,2 кГц, они не имеют встроенного источника энергии. Электрический ток, индуцированный в антенне электромагнитным сигналом от считывателя, обеспечивает достаточную мощность для функционирования кремниевого чипа, размещённого в метке, и передачи ответного сигнала. Метки в зависимости от вида и размера, обладают различной памятью (96–128 бит), 10 или 15-значным кодированием.

Расстояние считывания находится в прямой зависимости от размера микрочипа: чем больше чип, тем больше расстояние. Вторым важнейшим фактором, влияющим на расстояние считывания, является мощность считывателя (сканера).

По типу используемой памяти метки дифференцируются:

*RO* (англ. *Read Only*) – данные записываются только один раз, сразу при изготовлении; такие метки пригодны только для идентификации; новую информацию в них записать нельзя, и их практически невозможно подделать;

*WORM* (англ. *Write Once Read Many*) – содержат уникальный идентификатор и блок однократно записываемой памяти, которую в дальнейшем можно многократно считывать;

*RW* (англ. *Read and Write*) – включает идентификатор и блок памяти для чтения/записи информации; данные в них могут быть перезаписаны многократно.

Принципиальные различия микрочипов разных производителей касаются их массы, размеров, объема памяти, кодирования, материала изготовления капсулы, инъектора и цены.

Необходимым условием для широкого распространения транспондеров на практике являются совместимость и взаимная читабельность электронных систем распознавания животных. Это требование вызвано тем, что при перемещении скота из одного хозяйства в другое вживленный транспондер может стать причиной неправильной идентификации, результаты которой в виде номера животного используются для решения организационных задач. Поэтому возникла проблема создания единого стандарта в области электронной идентификации. На данный момент времени существует несколько стандартов:

«Открытый стандарт» Европейской ветеринарной ассоциации (*FECAVA*), которая предложила взять за образец стандарт, разработанный компанией *Destron*. Ее протоколы и интерфейс были поме-

щены в открытый доступ, и любая компания могла легитимно воспользоваться информационными материалами для производства микрочипов, ничем не отличающихся от микрочипов *Destron*. Этим способом воспользовалась, например, компания *AVID*, которая начала программирование кодов с противоположного конца номерного ряда. Но в какой-то момент номера компаний *Destron* и *AVID* начнут «накладываться» друг на друга, что создаст большую проблему, так как смысл идентификации состоит, в том числе в обеспечении уникальности кода для каждого животного;

«Открытый стандарт» *ISO (International Organization for Standardization)*, который разрабатывался в течение пяти лет крупнейшими компаниями-производителями электронных систем идентификации – *AEG, Datamars, Nedap* и *Trovan* и *Texas Instruments*. Он получил международное признание, и большинство компаний-производителей используют именно *ISO 11784/85*.

В *ISO 11784* представлена структура кодировки номера животного, а в рабочем документе *ISO/WD 11785* установлены технические функции системы идентификации (*SC 19*).

Объем информации, содержащейся в датчике, составляет 64 бита, которые первоначально сгруппированы в три блока. Начальный блок содержит 16 бит. Первый служит как флагбит для характеристики типа транспондера: если он установлен в положение «1», датчик предназначен для идентификации животных; транспондеры, предназначенные для других целей, содержат в первом бите «0». Следующие 14 бит первоначально не заняты, однако они являются составной частью стандарта и поэтому использование их по собственному усмотрению запрещено. Они служат резервом для расширения цифрового кода. Бит 16 служит для характеристики блока данных, подлежащих передаче. Поскольку возможна комбинация транспондера с сенсорами для сбора физиологических параметров, необходимо сообщение о том, передается ли только номер животного «0» или также и дополнительная информация «1».

Второй блок – с 17 по 26 бит – характеризует национальную принадлежность животного. Здесь используются коды стран по системе Международной организации стандартизации в соответствии со стандартом *ISO 3166*. Остальное кодовое поле с 38 битами занимает третий блок. Он используется для ввода идентификационного номера животного в конкретной стране и устанавливается персональной особи «пожизненно».

В настоящее время готовится к выходу новый модернизированный стандарт *ISO 14223*, в котором будут затрагиваться такие вопросы, как применение микрочипов стандарта *RW (Read/Write)*, новые уровни безопасности (второй уровень кодирования микрочипа), температурные датчики и др. Действующий стандарт будет включен в *ISO 11784/85*.

Следует отметить, что пока ни один из стандартов не является обязательным, это создает проблему совместимости различных систем идентификации друг с другом, но большинство компаний, которые работают на международном рынке и стремятся к соответствию международным стандартам качества, используют *ISO*.

При использовании электронных средств мечения (электронных бирок и чипов) для чтения информации применяются сканеры. Принцип получения информации состоит в следующем: помещенное на достаточном расстоянии сканирующее устройство (сканер) активизирует индукционную катушку с помощью электромагнитного сигнала, а катушка, в свою очередь, передает сканеру цифровой код. Расстояние зависит от мощности сканера и размера микрочипа. Код отображается на дисплее сканера и в зависимости от его типа может сразу заноситься в память аппарата и затем передаваться на сервер. В другом случае информацию со сканера в базу данных компьютера надо заносить вручную.

Сканеры делятся на три вида: ручные (карманные), стационарные и мобильные (переносные). Ручные сканеры (рисунок 6.1) нашли широкое применение благодаря простоте в использовании и невысокой цене.

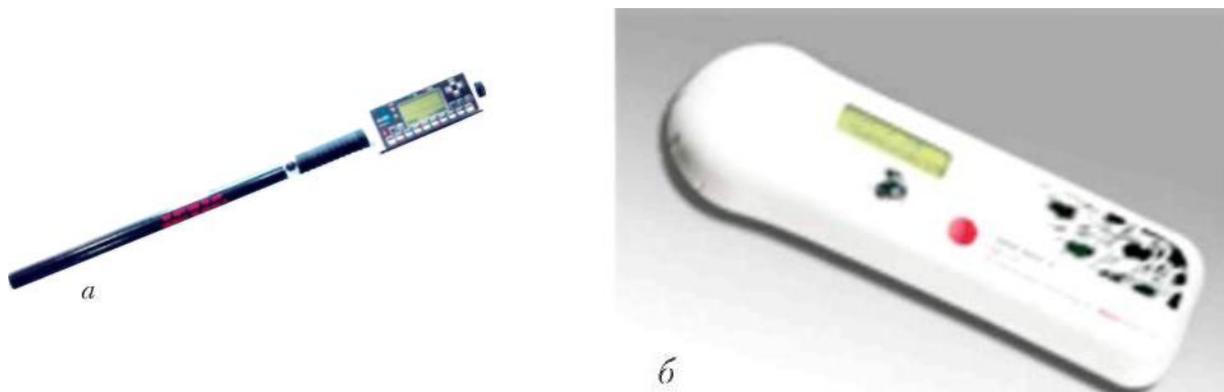


Рисунок 6.1 – Ручные сканеры:  
*a* – ручной; *б* – карманный

В зависимости от исполнения они оснащены как широким, так и ограниченным набором функциональных возможностей. Напри-

мер, самый простой ручной сканер имеет возможность только считывать номер с метки. Из-за малого размера антенны и маломощного источника питания расстояние считывания минимально (примерно 5–20 см).

Стационарные сканеры (рисунок 6.2) крепятся неподвижно в зонах контроля и обеспечивают максимальные показатели по дальности и быстродействию. Подключаются к системам учета по интернету, работают с антеннами различных типов, способны одновременно обрабатывать данные с десятков меток. Задача таких сканеров – поэтапно фиксировать перемещение маркированных объектов в реальном времени либо идентифицировать положение меченых объектов в пространстве.

Мобильные (переносные) сканеры обладают большей дальностью действия и могут иметь постоянную связь с программой контроля и учета. Мобильные сканеры имеют внутреннюю память, в которую записываются данные с прочитанных меток (эту информацию можно загрузить в компьютер) и, как и стационарные, способны записывать данные в метку (например, информацию о произведенном контроле).



Рисунок 6.2 – Стационарный сканер

Является антенна важнейшим элементом электронной системы идентификации животных. Все выпускаемые антенны можно разделить в зависимости от частоты:

- по дальности радиуса действия (короткого, среднего, дальнего);
- по исполнению (стационарные (портальные), встроенные, выносные);
- по направлению поляризации (левосторонняя, правосторонняя, двусторонняя);

– по скорости работы (обычные, быстродействующие).

При идентификации животных в ручных сканерах используются обычные встроенные антенны короткого радиуса действия. В мобильных сканерах наряду со встроенной антенной есть возможность подключения выносной антенны. Со стационарными используются лево- или правосторонние стационарные антенны короткого радиуса действия. Как правило, они выполнены в виде рамок и могут быть вмонтированы или закреплены в загоне на пути следования животных.

К преимуществам электронных систем идентификации на основе *RFID*-меток можно отнести следующие:

- отсутствие необходимости в прямой видимости метки;
- значительное расстояние чтения информации, размещенной в метке;
- большой объем сохраняемой информации;
- возможность одновременного чтения нескольких меток;
- считывание данных при любом расположении;
- устойчивость к воздействию окружающей среды;
- высокая защита метки от подделки, возможность одновременного хранения открытой и закрытой информации.

Наряду с отслеживанием перемещения животных системы электронной идентификации получили широкое распространение в автоматизированных системах управления технологическими процессами (АСУТП). Так, в молочном животноводстве автоматизация подготовительных операций доения, самого доения и заключительных операций в сочетании с автоматической идентификацией животных позволяет создать единую систему управления стадом.

Автоматизированные системы управления технологическими процессами, основанные на идентификации животных, находят все более широкое применение и в свиноводстве. Примером этого может служить система для индивидуального кормления свиноматок. В настоящее время для этого предлагаются системы в виде станций раздачи корма «по требованию» с использованием средств идентификации животного.

Для динамических групп предлагается использовать автоматические системы индивидуального обслуживания свиней, с помощью которых можно значительно повысить уровень управления стадом. Примером оборудования данного вида являются разработки немецкой фирмы *BernhardMannebeck Landtechnik GmbH* и гол-

ландской *NedapAgri*. Установки *Nedap Velos Sowtrack* и *INTEC MAC* позволяют полностью исключить участие человека при сортировке животных. Достигается это путем установки как электронной системы самокормления свиноматок, так и блоков отделения, взвешивания и системы определения охоты.

Специалистами австрийской фирмы *Schauer Maschinenfabrik GmbH&Co KG* разработана система локализации животных *Argus-WelfareSystem*. По сигналам датчиков, размещенных в свиноводческом помещении и взаимодействующих со средствами электронной идентификации свиней, система определяет не только пространственное положение животного, но и его физиологическое и физическое состояние, тем самым позволяя корректировать рацион кормления. Данная система может быть использована в хозяйствах с растущим размером поголовья, обеспечивая значительное повышение производительности труда.

Аналогичный принцип лежит в основе системы локализации австрийской фирмы *Abatec Electronic AG*. Проводимый ею анализ продолжительности потребления корма, отдыха и контактов с другими животными позволяет делать выводы о физиологическом и физическом состоянии животного.

Таким образом, автоматизация контрольного осмотра становится необходимым условием повышения продуктивности животных. Информационные технологии дают возможность, с одной стороны, рано опознавать поведенческие изменения и, следовательно, возможные заболевания, с другой – полученные данные могут быть использованы для регулирования или оптимизации работы систем, связанных по стандарту *ISOagriNET*.

Важными приоритетами для потребителей остаются безопасность, качество и вкус продуктов питания. Одновременно они стали обращать внимание на условия содержания и кормления животных и птицы, отношение к ним. Отследить происхождение продукта помогают системы прослеживания, создаваемые за рубежом. Все они базируются на принципах идентификации, ведения учета и выстраивания информационной структуры.

В ЕС элементы прослеживаемости в животноводстве включают в себя регистрацию владений с присвоением специальных номеров, оценку состояния здоровья животных, идентификацию животных (дата рождения, происхождение, условия содержания и кормления, медицинские обследования, передвижения, смерть), индивидуаль-

ную идентификацию по видам животных, ведение баз данных на местах и передачу их в сводную базу данных.

Всемирная организация охраны здоровья животных (*OIE*) и *Codex Alimentarius* разработали стандарты, которые применяются в странах-членах ЕС. Некоторые страны рассматривают систему прослеживания как возможность улучшить экспорт. Однако следует отметить, что существующие системы прослеживания не могут полностью гарантировать качество продукции животноводства.

В России система электронной идентификации широкого распространения пока не получила. Тем не менее, по оценкам экспертов, наша страна обладает достаточно большим потенциалом ее использования. В настоящее время в ряде регионов России в молочном животноводстве при реконструкции ферм применяют системы электронной идентификации коров, благодаря чему стало возможным беспривязное содержание животных с полной автоматизацией процесса доения. Данная технология позволила в несколько раз снизить затраты труда и энергоресурсов на фермах. Применение автоматизированной системы управления на фермах обеспечивает систематизацию всей необходимой информации о каждом животном: от ежедневных сводок по надоям до данных о состоянии здоровья, даты осеменения и времени отела.

Для дальнейшего расширения области применения систем электронной идентификации в России необходимы совершенствование законодательной базы и значительные финансовые вложения не только в животноводство, но и другие отрасли экономики. Это сделает отечественную продукцию животноводства более конкурентоспособной, повысит уровень экологической безопасности продуктов питания и окружающей среды.

## **6.2 Информационный менеджмент в молочном скотоводстве**

Современные информационные технологии в молочном скотоводстве представляют собой гибкую систему, входящие в состав которой машины, средства контроля и менеджмента работают под управлением специальной программы в согласованном режиме, обеспечивая эффективное выполнение отдельной операции или процесса в целом.

Так, компания *GEA Farm Technologies* предлагает потребителям систему управления стадом *Dairy Management System 21* (рису-

нок 6.3), которая включает в себя следующий комплекс программ различного направления:

- система управления стадом постоянно регистрирует в реальном времени индивидуальные данные каждого животного и важные показатели через подключенные к сети DPNet компоненты, передает их на центральный компьютер и анализирует с помощью программы *Dairy Plan 21*. Управление периферийными устройствами происходит автоматически в соответствии с потребностями животного и предприятия (например, стимуляция доения, обслуживание входных и выходных ворот и др.);

- *DPVet* – программа для ветеринарного и зоотехнического планирования, дает возможность устанавливать любые схемы вакцинаций, лечения, обработок, а система управления напомнит, когда и какой корове требуется введение препарата. Данная функция позволяет не забыть о лечении и профилактике каждого животного;

- *DPHerdStat* и *DPTableGraf* обеспечивают точное измерение показателей выдоенного молока, признанное *ICAR*, различные графические анализы данных о животных;

- система *DPMeasGraf*+датчики *Rescounter* служит для выявления коров в охоте (по изменению активности) для своевременного осеменения. Это дает возможность снизить межотельный период и затраты на осеменение;

- программа выполняет анализ электропроводности молока для определения потенциально больных маститом животных (контроль состояния здоровья коров);

- *DPSetup* осуществляет автоматический расчет стимуляции перед доением и додаивания;

- управление выдачей концентратов в зависимости от продуктивности осуществляется программой *DPFeed*, автоматов по выпойке телят – *DairyFeedJ*;

- сравнение производительности разных смен доярок, эффективности работы осеменителей и качества семени, календарь воспроизводства осуществляют программы *DPHerdStat* и *DPEvents*;

- *DPSystemView* выполняет контроль и управление работой танка-охладителя молока;

- *DPList* составляет отчеты по расходу кормов и медикаментов;

- *AutoSelect* отвечает за автоматическую сортировку животных после доения по любым заданным пользователем критериям.



Рисунок 6.3 – Система управления *Dairy Management System 21*

Для оптимизации общего процесса производства на молочно-товарных фермах компанией разработано новое программное обеспечение *GEA DairyProView* (рисунок 6.4), позволяющее визуально отобразить все зоны предприятия и происходящие в них рабочие процессы: коровник, переходные галереи и прогоны, доильно-молочный блок. Возможность обзора, основывающаяся на данных, получаемых в режиме реального времени, позволяет принимать более точные и эффективные решения, а также лучше управлять группами в стаде.

Программа *GEA DairyPro-View* работает в сочетании с инновационной системой *GEA CowView*, позволяющей определять местоположение животного и анализировать его поведение в режиме реального времени. *CowViewLabel* с помощью стационарных датчиков в коровнике отправляет информацию о месте нахождения животного и его активности по выбору на ноутбук, смартфон или ПК. Таким образом, впервые появилась возможность проведения непрерывного анализа позиции и поведения каждой коровы в любой момент времени и без потерь исходных данных.

Информация о времени нахождения коровы в боксе, проходах, у кормового стола, пройденном ею в течение дня расстоянии позволяет с высокой долей вероятности судить о состоянии здоровья и точно определить время охоты каждого животного.



Рисунок 6.4 – Программа отражения процессов на молочной ферме

Наряду с регистрацией, контролем, обработкой данных и управление ими все большее значение приобретает интерактивный обмен информацией. Компания *GEA Farm Technologies* предлагает возможность мобильной записи данных через карманный ПК (*DPMobile*), что позволяет производить регистрацию событий в любом месте, минимизировать бумажную работу. Уже несколько лет происходит активный обмен данными с программой племенного учета «Селэкс», начато внедрение обмена по молоку и концентрированным кормам с программой 1С.

Компания *DeLaval* для молочных ферм с беспривязным содержанием коров предлагает систему управления *ALPRO™*, которая эффективно организует ежедневные мероприятия и помогает планировать будущее.

Возможности системы управления *ALPRO™* включают в себя:

- ежедневный обзор, сигналы об отклонениях, списки действий (список предупреждений, ежедневный календарь);

- контроль воспроизводства стада: список разведения, отчеты по воспроизводству (неоплодотворенные коровы), о случаях абортов, сухостойных коровах, ожидаемых датах отела, о коровах, требующих проверки на стельность, о нарушениях репродуктивных функций (репродуктивные проблемы);

- поддержание здоровья животных: сводки событий и заболеваний, отчет ветеринара, предполагаемые проблемы после отела, проверка здоровья, статус коровы, заметки по коровам, лечение, отчет о низкой активности, масса коров, содержание крови в молоке и его электропроводность;

- контроль молочной продуктивности: молочная продуктивность для стада, групп и индивидуальная по животным; отчет по низкопродуктивным коровам; история отгрузки молока;

– управление доением: характеристики доения, надои, поток молока, продолжительность; сигналы о соскальзывании доильных стаканов с сосков; сигналы о наличии воздушных пробок; график и отчет по эффективности программы доения в доильном зале; инциденты при доении, повторное присоединение, ручная регулировка, сброс, ручное снятие подвесной части; проблемы с невыдоенными или дважды выдоенными коровами на текущий день; отчеты о работе оборудования и проверке молока стада;

– кормление: мониторинг потребления корма с возможностью подачи сигнала тревоги после 8, 24 и 72 ч; расчет изменений рациона для кормовых столов; изменение групп с проверкой режима кормления;

– контроль перемещения животных между группами: импорт / экспорт данных о корове, поступившей с другой фермы, использующей систему *ALPRO*; экспорт данных о коровах, выбывающих из стада; обмен данными с национальным реестром *DHIA* (Ассоциация по улучшению молочного стада (в некоторых странах); двусторонний обмен данными с программой Селэкс.

С учетом последних достижений компания *DeLaval* усовершенствовала систему управления молочными фермами с привязным содержанием животных *DeLavalDelProFarmManager* (рисунок 6.5). что дало возможность проводить комплексный учет результатов работы операторов машинного доения; составлять ежедневные задания специалистам и вовремя напоминать о сроках выполнения основных технологических операций; предоставлять точную и достоверную информацию об удоях для расчета программы кормления в соответствии с продуктивностью животных; вести учет и предоставлять отчеты о здоровье каждого животного и всего стада.

Модернизированная система обладает интуитивным интерфейсом и включает в себя новые модули, позволяющие своевременно отслеживать и принимать правильные решения по всем технологическим операциям на фермах. Еще одно новшество системы заключается в возможности защищенного удаленного доступа к системе с помощью *DeLavalRemoteFarmConnection*. Благодаря этому консультанты и технические специалисты смогут следить за происходящим на ферме в режиме реального времени в любое время суток. Для работы с *DelProFarmManager* потребуется ПК или портативный компьютер с сенсорным экраном. Для работы с доильным ро-

ботом *VMS* необходимо скачать приложение с программой и установить ее на смартфон.

Кроме того, в программу добавлен инструмент анализа *DeLaval HerdNavigator*, с помощью которого фермеры смогут получать развернутые отчеты, например, по визитам ветеринаров и плановым вакцинациям.

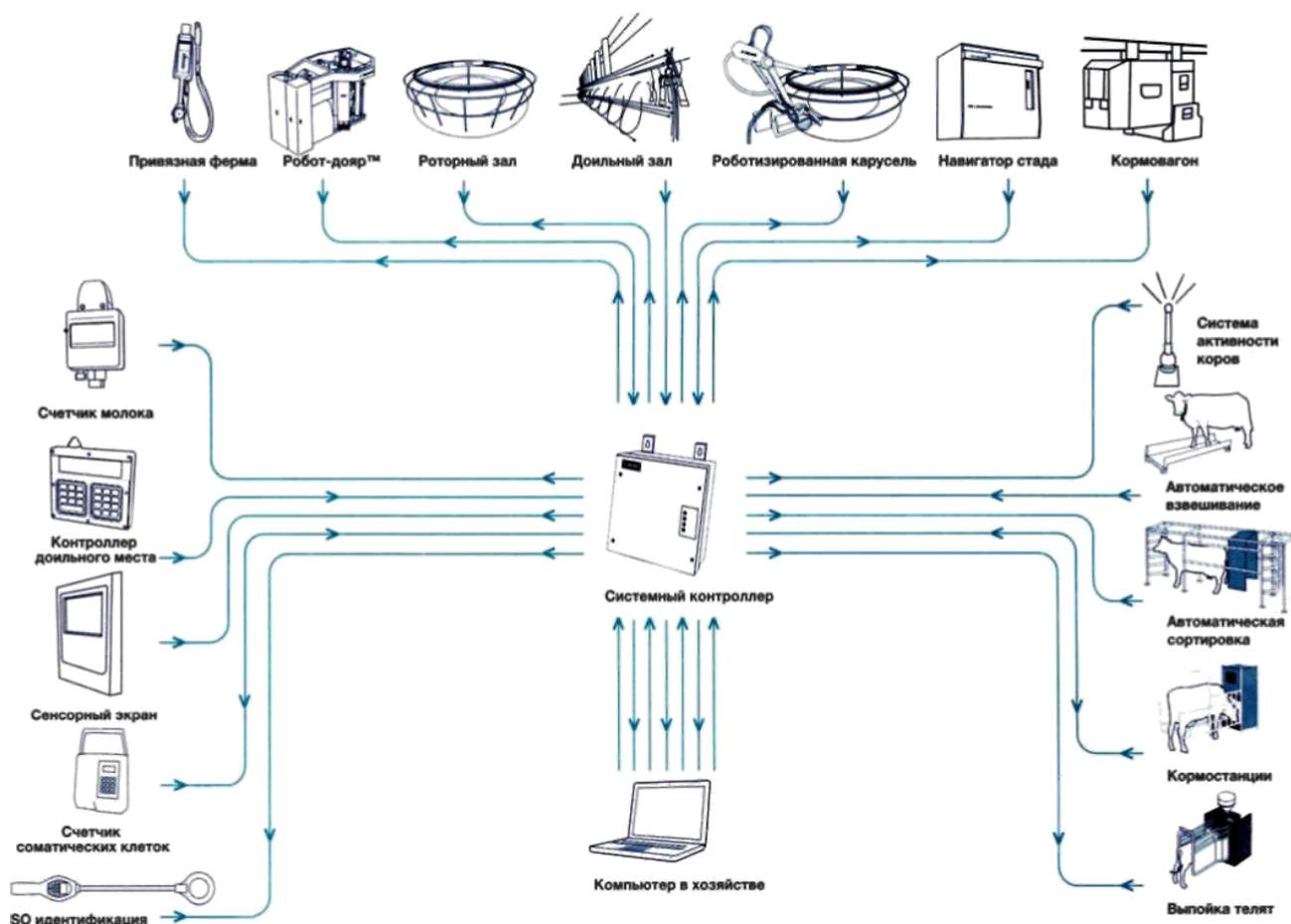


Рисунок 6.5 – Функциональная схема системы управления фермой *DeLavalDel-ProFarmManager*

Компанией совершенствуются и системы контроля отдельных процессов, которые потом могут быть интегрированы в общую систему управления на ферме. Так, *DeLaval* предлагает потребителям свою инновационную разработку – универсальный контроллер (рисунок 6.6) для управления работой установленного в животноводческом помещении электрооборудования – *DeLaval Barn System Controller (BSC)*. Он представляет собой интерактивное системное решение для полномасштабного контроля, взаимодействия и управления работой находящихся в животноводческом помещении устройств с электрическим приводом (ветрозащитные сетки, венти-

ляторы, увлажнители воздуха, системы удаления навоза, освещение). С помощью только одного *BSC*, доступного также через Интернет, можно вручную или автоматически управлять работой всех электроприводов на ферме не только по введенной заранее программе, но и с учетом поступающих в режиме реального времени от различных сенсоров сигналов (например, изменение параметров микроклимата в помещении, интенсивности освещения, нагрузки на двигатель и др.).

Кроме того, для оптимизации процессов энергоснабжения на ферме работа отдельных систем может взаимно согласовываться друг с другом (например, при сильной вентиляции помещения может автоматически отключаться увлажнитель-охладитель воздуха). Применение на ферме контроллера *Barn System Controller* позволит снизить инвестиционные затраты, сократить расход энергии, ресурсов и облегчить труд, а также оптимизировать условия содержания животных.



Рисунок 6.6 – Контроллер *Barn System Controller*

Наряду с уже известными продуктами и решениями компанией *DeLaval* предлагаются новые и усовершенствованные инструменты анализа исходной информации. Среди них *DeLaval VPR200* – инновационная информационная платформа, способная измерять и анализировать характеристики молочного оборудования и процессов доения. *DeLaval VPR200* может измерять статическое и динамическое давление, пульсацию, тахометрию и проводить анализ операций доения. Многие измерения осуществляются с помощью беспроводных коммуникаций. Как показывают исследования *DeLaval*, с помощью *VPR200* и *PASS* производители могут добиться увеличения надоев молока до 5,5 % и сокращения времени доения до 30 %. Новейшая система охлаждения коров *DeLaval Cow Cooling*

полностью автоматизирована и нацелена на достижение наилучших результатов при минимальных операционных затратах. С помощью *DeLaval Cow Cooling* производство молока может быть увеличено до 25 %, а потенциальная выручка может составить 50–300 € на каждую корову в год.

Подобные системы управления стадом созданы и другими ведущими зарубежными производителями доильного оборудования. Так, фирма *Bou-Matic Gascoigne Melotte* для работы с доильными залами выпускает систему интегрированного управления стадом *Pro Vantage<sup>TM</sup>*, которая позволяет получать информацию о молочной продуктивности и физиологическом состоянии животных, воспроизводстве стада, правильности выполнения операций и эффективности работы обслуживающего персонала, ходе выполнения процессов доения и промывки оборудования; эффективности работы доильного зала в целом.

Управляющие функции системы выполняет контроллер *Pro Vantage<sup>TM</sup> 2050 Network Controller (PVNC)*, который обеспечивает построение отчета об управлении стадом, ведет журнал регистрации важных изменений информации, рассчитывает затраты по каждой корове и др. Использование персонального компьютера расширяет возможности управления стадом, объединяя всю информацию о животных (надой, электропроводность молока, данные об активности животных и т. д.) и параметрах работы доильного зала (время и режимы доения и т. д.). Фирма выпускает и специальное программное обеспечение для работы системы: *Bou-Matic<sup>TM</sup> EZ-Cow<sup>TM</sup>* и *EZ-Cow<sup>TM</sup> Plus*.

Компания *DairyMaster* предлагает для управления автоматизированным доильным залом компьютерную программу *DairyMaster Milk Manager*, которая позволяет накапливать и предоставлять полную информацию о доении и кормлении животных, физиологическом состоянии животных и т. д. Кроме того, компанией разработана и специальная программа *DairyMaster Farm Messenger*, с помощью которой фермер может поддерживать связь с доильным залом со своего мобильного телефона. Обмен информацией происходит посредством текстовых сообщений, посылаемых фермером на центральный компьютер с этой программой. Эта инновационная разработка позволяет фермеру вносить изменения в систему управления доильным залом, находясь за пределами фермы.

Управляющая система фирмы *S.A. Christensen* построена на платформе персонального компьютера, который с помощью автоматической системы идентификации животных контролирует потребление корма каждой коровой, ее температуру, надои, массу тела, активность и многое другое. Все получаемые сведения отображаются на мониторе в виде наглядных графических изображений. При необходимости полученные данные могут быть отправлены с использованием Интернета консультанту, ветеринарному врачу и др. Контроль активности животных и их масса являются одним из важнейших индикаторов состояния здоровья животных и необходимым инструментом менеджмента молочного стада. В связи с этим представляет интерес система мониторинга состояния здоровья жвачных животных *Rumi Watch* фирмы *ITIN + HOCH* (Швейцария рисунок 6.7).

Система *RumiWatch* быстро отслеживает изменения в поведении животных при пережевывании жвачки, поедании кормов, потреблении воды, передвижении и отдыхе. Передача информации на компьютер происходит беспроводным способом. Дополнительная карта памяти расширяет возможности системы и увеличивает срок использования устройства без архивирования полученных данных (до 4 мес). Низкая энергоемкость системы позволяет эксплуатировать ее с одним набором батарей до двух лет.



Рисунок 6.7 – Система мониторинга состояния здоровья жвачных животных

Система включает в себя два датчика, закрепленные на каждом животном (на хомуте и ноге коровы) и специальную компьютерную программу. *Rumi Watch* обеспечивает постоянное и эффективное наблюдение за важными параметрами состояния здоровья каждого животного в отдельности. Так, достоверно установленное снижение количества жевательных движений за определенный период времени свидетельствует о нарушениях в работе органов пищеварения коровы или ошибках в подборе рациона кормления. Система позволяет животноводам, консультантам, ветеринарам и ученым делать быстрые и компетентные выводы о состоянии здоровья животного и может использоваться в качестве вспомогательного инструмента при принятии решений.

Для контроля за состоянием здоровья животных, помимо всего прочего, необходимо иметь сведения о динамике массы каждого животного (уменьшение массы служит одним из симптомов заболевания животного). Для решения этой проблемы в настоящее время разрабатываются автоматические устройства, которые сейчас являются неотъемлемой составляющей современных систем управления молочным стадом.

Так, фирма *Hölscher+Leuschner* (Германия) разработала прибор *optiCOW* для измерения и взвешивания коров (рисунок 6.8).



Рисунок 6.8 – Схема работы прибора *optiCOW* для измерения и взвешивания коров

Это полностью автоматический модуль для трехмерного измерения коров. Животные с помощью устройства коротковолнового инфракрасного излучения (*RFID*) индивидуально опознаются в специальном проходном загоне, снимаются на трехмерную камеру и автоматически взвешиваются. Математико-статистическая аналитическая программа создает трехмерную модель задней части животного и по полученным данным рассчитывает индекс физическо-

го состояния коровы *BCS (Body Condition Score)*. Эта обрабатывающая изображения программа позволяет получать объективную информацию о динамике массы каждой коровы в течение всего периода лактации. Благодаря устройству *optiCOW* фермер без дополнительных трудовых затрат получает точную информацию о физическом и физиологическом состоянии каждой коровы и может целенаправленно управлять продуктивностью коров внося коррективы в рацион кормления и условия содержания.

Одним из приоритетных направлений развития информационных систем является использование самого животного в качестве источника необходимой информации для оценки состояния его здоровья. Так, фирма *Bou Matic Gascoigne Melotte* предлагает потребителям автоматическое устройство *StepMetrix* (рисунок 6.9), которое позволяет проводить раннее распознавание скрытых проблем с копытами у животных путем исследования их передвижения.



Рисунок 6.9 – Схема автоматического устройства *StepMetrix*

При прохождении животного по платформе проходного бокса *StepMetrix* измеряется воздействие конечностей животного на его поверхность с помощью установленных под полом датчиков, с последующей передачей полученных данных в процессор *SMX-StepAnalyzer*. С помощью этого процессора и аналитического устройства *SMXInterpreter* выполняется анализ переданных сведений, результаты которого позволяют оценить поведение дойных коров при ходьбе. Оценка полученных результатов осуществляется

исходя из того, что шаговая схема движения является в достаточной степени индивидуальной для каждого животного. Поэтому любые отклонения в движении коровы от зафиксированных ранее перемещений будут свидетельствовать о возникновении проблем со здоровьем.

Главным достоинством устройства *StepMetrix* является то, что оно в автоматическом режиме ежедневно проводит мониторинг состояния здоровья животных. При этом собранная информация сохраняется в компьютере и может быть позднее использована для дальнейших исследований.

Современный уровень развития информационных технологий позволяет автоматизировать выполнение таких сложных технологических процессов, каким является доение коров со всеми входящими в него технологическими операциями. На рынке доильного оборудования в последние годы автоматические системы доения получили быстрое продвижение. Практически все производители модернизировали свои доильные роботы, а некоторые изменили концепцию конструктивного исполнения автоматических систем доения. Так, доильный робот *MR-S1* и его последняя версия *MR-D1* фирмы *VouMatic* теперь представляет собой компактный модуль, объединяющий все основные узлы и агрегаты системы в единое целое: два доильных бокса размещены в рамках единой конструкции параллельно друг другу, вход и выход животных из них оборудованы с противоположных сторон; все остальные элементы доильного робота, включая манипулятор для автоматического подключения доильных стаканов к соскам вымени, смонтированы в задней торцевой части доильного модуля.

Обслуживание животных в доильных боксах рукой-манипулятором (очистка сосков и надевание доильных стаканов на вымя) осуществляется не сбоку, как в других доильных роботах, а между задних ног коров.

Каждая корова, входящая в пространство робототехнической системы, распознается системой управления, которая регистрирует дату, время, продолжительность процесса доения и другие индивидуальные сведения, а также всю информацию о производстве и качестве молока по всему стаду. Для очистки сосков вымени и сдаивания первых струек молока используется специальный доильный стакан. Система управления контролирует также уровень вакуума в системе для обеспечения оптимальных режимов доения, обеспечи-

вает отдельное доение каждой четверти вымени с автоматической дезинфекцией сосков после доения. Молоко, не соответствующее стандарту качества, отделяется от общего удоя и направляется в один из четырех сборников. При этом в систему управления передается информация обо всех животных, молоко которых имеет отклонения от стандарта качества с регистрацией их в специальном журнале. При необходимости эти данные могут быть отправлены на смартфон или *iPad*. Это позволяет обслуживающему персоналу своевременно принять соответствующие меры для устранения возникших проблем.

Комплект оборудования модуля робота с двумя боксами полностью собирается на заводе и тестируется. Это обеспечивает быстрый и эффективный ввод в эксплуатацию роботизированной системы на ферме.

Новая концепция построения доильной системы и схемы обслуживания животных направлены, прежде всего на повышение компактности и надежности работы системы, удобства работы с системой управления и сохранности здоровья вымени животных.

Главной особенностью доильного робота *Astronaut A4* фирмы *Lely* (Нидерланды) является специальная конструкция доильного бокса, обеспечивающая сквозное прохождение коров (рисунок 6.10). Эта конструкция реализует концепцию свободного потока *I-flow*, которая позволяет коровам, не сворачивая, быстро заходить в доильный бокс и также быстро выходить из него. Бокс просторный и не ограничивает корову в движениях. Это способствует тому, что корова по собственной воле заходит в бокс и также по прямой, не сворачивая, выходит из него. Такая конструкция бокса позволяет обеспечить ей непрерывное взаимодействие с остальными животными, тем самым устраняя вероятность возникновения стресса. Кроме того, быстрому выходу коровы из доильного бокса способствует отвод в сторону кормушки сразу после доения.

Важнейшей частью новой модульной роботизированной доильной системы *Lely Astronaut A4* является автономный центральный блок, который может обслуживать до двух доильных модулей, разнесенных на расстояние до 30 м. Концепция функциональных возможностей исполнительных механизмов робота не изменилась – рука-манипулятор обслуживает один доильный бокс и после установки доильных стаканов остается под выменем животного, контролируя весь процесс доения (рисунок 6.11). Это позволяет быстро

устанавливать доильные стаканы на вымя животного, совершая при этом меньше движений рукой-манипулятором и не беспокоя корову при подготовке к доению. Кроме того, при преждевременном спадании доильных стаканов с вымени такое расположение манипулятора исключает их загрязнение и позволяет быстро установить стаканы на место. Широта зоны действия манипулятора обеспечивает одинаково успешную установку доильных стаканов на высоко- и низкорасположенное вымя, а также на вымя с неправильным расположением сосков.



Рисунок 6.10 – Конструкция доильного бокса робота *Astronaut A4*

Перемещение руки-манипулятора дополнительно контролируется установленным сверху датчиком и является трехмерным, что позволяет манипулятору точно и плавно достигать самых отдаленных зон.



Рисунок 6.11 – Рука-манипулятор после установки доильных стаканов остается под выменем животного

Учет физиологических особенностей животных обеспечивается при помощи пульсатора *4Effect*, который настраивает режим доения

для каждой четверти вымени отдельно. Кроме того, доильный робот оснащен инновационной системой контроля качества молока *MQC*. Эта сенсорная система для каждой четверти вымени выполняет проверку цвета, электропроводимости, скорости молокоотдачи, длительности доения и температуры молока, обеспечивая тем самым максимальный контроль качества. При каждом доении производится анализ содержания жира, белка и лактозы, что позволяет контролировать продуктивность стада. Также роботы *Astronaut A4* могут дополнительно оснащаться сенсорной системой второго поколения *MQC-C*, которая позволяет в режиме online определять количество соматических клеток в молоке из каждой доли вымени.

Для эффективного управления молочным стадом система управления доильного робота оснащена усовершенствованным программным обеспечением *T4C*, которое позволяет в режиме реального времени отображать данные о каждой корове на экране компьютера в виде графической информации, а также накапливать и сохранять их. Программа оснащена системой предупреждения, которая при необходимости оповещает оператора о сбоях в технологическом процессе. Кроме того, она реализует функцию дистанционного управления работой доильного робота. Это, помимо всего, облегчает и работу сервисной службы потому, что некоторые проблемы в работе робота могут быть решены путем дистанционной диагностики. Для контроля работы робота на месте он оснащается системой управления с сенсорным экраном *X-LINK*.

При установке дополнительного модуля динамического кормления (*DLM*) система управления робота получает возможность автоматически определять экономически целесообразную норму выдачи корма каждой корове исходя из результата решения компромиссной задачи «затраты-прибыль». В этом случае можно говорить не о ферме, производящей максимальное количество молока, а о предприятии, обеспечивающем максимальную экономическую выгоду. Фирма *DeLaval*, в свою очередь, актуализировала программное обеспечение и оптимизировала процесс надевания доильных аппаратов и их снятия с сосков вымени коров в роботизированной доильной установке *VMS*. Здесь также предусмотрена возможность предоставления по запросу оператора информации о текущей очереди коров, ожидающих дойки, причем эта информация и позиция каждой коровы выводится на экран сенсорного дисплея.

Быстрый и точный поиск сосков обеспечивается благодаря использованию оптической камеры и двух лазерных устройств, совместное использование которых позволяет в режиме реального времени получать точные сведения о геометрических параметрах сосков и вымени животного. Кроме того, было усовершенствовано и программное обеспечение, которое позволяет выбирать наиболее подходящую схему поиска сосков для каждого животного, что особенно важно при доении коров со сложной формой вымени. Функция *Auto-Teach VMS* позволяет определять месторасположение сосков новой коровы, сохранять полученную информацию в собственной базе данных и экономить время оператора.

Основой обеспечения здоровья вымени животных является постоянный контроль с помощью четырех оптических датчиков (по одному на каждую четверть) выдаиваемого из каждой четверти молока по следующим параметрам: уровень надоя, скорость молокоотдачи, продолжительность доения, электропроводность молока и содержание крови в нем. Дополнительно фирмой предлагается инновационная разработка – счетчик соматических клеток в потоке молока *OCC* (поставляется по заказу), который автоматически производит отбор пробы молока при каждой дойке, смешивает её с контрольным реактивом и в течение одной минуты совместно с центральным компьютером производит оценку каждой пробы. Животные с повышенным содержанием соматических клеток в молоке регистрируются в отдельном журнале. Комплексное использование предлагаемого аппаратурного оснащения для диагностики здоровья вымени животных позволяет на ранней стадии обнаружить начальные признаки мастита и принять своевременные меры. Молоко с повышенным содержанием соматических клеток, крови или при лечении коров антибиотиками направляется в одну из трех дополнительных емкостей или дренажный канал. Модуль для отделения не соответствующего нормативным параметрам молока размещается в любом удобном для обслуживающего персонала месте.

Взаимодействие всех блоков *VMS* между собой и реализация поставленных задач осуществляется системой управления, оснащенной компьютерной программой *VMS Management*. Основная рабочая панель программы «Мониторинг коров» в режиме реального времени отображает коров, на которых следует обратить внимание в первую очередь. Программа позволяет оптимизировать интервалы между доениями благодаря наличию функции автоматиче-

ской настройки разрешений на доение. При этом информационной базой для работы автоматической настройки являются сведения о прогнозируемом уровне надоя, порядковом номере и стадии лактации каждой коровы. Использование функции автоматической настройки разрешений на доение позволяет увеличить величину обслуживаемого поголовья за счет снижения частоты посещения работа животными, находящимися на начальной или заключительной стадии лактации (из-за снижения молочной продуктивности коров в этот период можно перевести с трех- на двукратное доение). Система управления *VMS* контролирует также и работу вакуумного насоса, благодаря чему его производительность строго соответствует требуемому вакууму в данный момент времени. Использование такого решения позволяет экономить до 60 % от расходуемой ранее электроэнергии без регулирования производительности вакуумного насоса.

С учетом разнообразных требований, которые предъявляет рынок к автоматизированным системам доения, DeLaval выпускает три типа доильных роботов: *VMS*<sup>TM</sup>, *VMS*<sup>TM</sup> *Supra*, *VMS*<sup>TM</sup> *Supra+*.

Доильный робот *VMS*<sup>TM</sup> оснащен системой контроля молока по интегральному показателю *MDi* и календарем каждой коровы. Система *MDi* определяет электропроводность молока и состав крови из каждой четверти вымени для установления интервалов между доениями и предупреждения о возможном риске заболевания маститом. Календарь коровы информирует о ее готовности к осеменению в соответствии с 21-дневным циклом и данными по измерению активности.

Доильный робот *VMS*<sup>TM</sup> *Supra* (рисунок 6.12) помимо системы *MDi* оснащен счётчиком соматических клеток в режиме реального времени *OCC* и системой управления *Del Pro Management System*, в которой объединены календарь коровы с дистанционными устройствами измерения активности коров. Это обеспечивает высокую точность определения половой охоты. Доильный робот *VMS*<sup>TM</sup> *Supra+* оснащен системой сопровождения стада *DeLaval Herd Navigator*<sup>TM</sup>, которая позволяет выявлять коров, находящихся в охоте с точностью до 95 %. Кроме того, она находит коров, находящихся в состоянии тихой охоты, обнаруживает выкидыши, кисты и подтверждает стельность коров. *Herd Navigator* выявляет также коров с высоким риском заболевания кетозом или маститом до появления видимых клинических признаков. Все операции выполняются ав-

томатически и представлены в виде списка системы управления *DelPro™ FarmManager*.



Рисунок 6.12 – Доильный робот *VMS™ Supra*



Рисунок 6.13 – Автоматизированная доильная карусель *DeLaval AMR™*

Учитывая повышенный спрос крупных молочных ферм на доильные залы роторного типа, фирма *DeLaval* разработала автоматизированную доильную карусель (*Automatic Milking Rotary*) *DeLaval AMR™* (рисунок 6.13). Она впервые среди доильных залов этого типа оснащена роботизированными манипуляторами для подготовки вымени животного к доению, надевания доильного аппарата и дезинфекции сосков вымени после доения (может устанавливаться до пяти манипуляторов). При этом обслуживающий персонал освобождается от тяжелой и рутинной физической работы (обеспечива-

ет снижение числа работников), а время доения коров сокращается. Благодаря увеличению времени работы эта система по сравнению с традиционными доильными каруселями позволяет достичь большей пропускной способности, что делает возможным постепенный рост предприятия, который, в свою очередь, положительно сказывается на экономических результатах производства.

Компания *GEA Farm Technologies* предлагает концепцию построения роботизированных доильных систем в виде доильного центра, который обеспечивает оператору оптимальные условия работы со всем стадом. Доильный центр – это не просто бокс, где доят коров, а рабочее место, на котором сконцентрированы все необходимые функции и оборудование. Он состоит из следующих компонентов: основного модуля – доильного робота; системы охлаждения и танка-охладителя; секций ожидания, отбора, отела; комнаты управляющего стадом; технической комнаты. Для реализации новой схемы построения доильного центра *GEA Farm Technologies* разработан многобоксовый доильный робот *Mlone* (рисунок 6.14), конструктивное исполнение которого позволяет расширить систему от одного до пяти доильных боксов.



Рисунок 6.14 – Многобоксовый доильный робот *Mlone*

Программное обеспечение системы управления доильным центром преобразовывает информацию, получаемую от доильной системы, в удобную и наглядную форму, обеспечивая ее доступность для пользователя. Изменения и их влияние можно использовать при создании текущего списка работ и рабочих планов, что значительно улучшает качество работы со стадом.

Вся работа по управлению стадом выполняется в месте размещения животных и не требует постоянного нахождения оператора

на рабочем месте. Вся важная информация передается на мобильный телефон оператора. Благодаря этому он находится в курсе всех текущих действий робота и может при необходимости принимать соответствующие решения. Для анализа информация может передаваться непосредственно в *RDM* (систему управления данными *Mlone*) или в программу *Dairy Plan C21* (поставляется как опция). Помимо последней робот опционально может оснащаться устройством *RescounterII* для контроля активности животного и распознавания периода охоты.

Программное управление в стандартной комплектации позволяет получить следующие данные: число доений в день; число доений и надой на одну корову; надой за одно доение; проводимость и цвет молока по долям вымени; время и длительность доения; прием концентрированных кормов на животное; производительность и нагрузка установки; проблемные животные; контрольная информация по оборудованию.

Фирма *Insentec* (Нидерланды) предлагает новое поколение доильного робота *Galaxy ASTREA 20.20* (рисунок 6.15). Роботизированная доильная установка, унаследовавшая конструктивные признаки робота *Galaxy Starline*, оснащена центральным блоком, в котором размещено все оборудование, промышленным манипулятором *Yaskawa*, правым/левым модулем доения с системой идентификации, блоком управления роботом *TIM 20.20 FarmController*, системой определения в молоке соматических клеток *SENCE* и его отделением *SMART COLLECT*, комплектом для отбора проб молока, системой дезинфекции вымени, комплектом программного обеспечения (ПО) управления фермой *SATURNUS 20.20 Farm Management*; ножными транспондерами *MRS*, компрессором *KaeserSX 3*; версией связи с оператором хозяйства *GSM*; спиралеобразным охладителем молока (один на систему), танком предварительного охлаждения молока на 400 л и др. Для очищения сосков до и после доения используются форсунки, расположенные под выменем животного. Дезинфекция оборудования производится паром. Благодаря такой компоновке узлов роботизированной установки потребление электроэнергии снижается на 30 %.



Рисунок 6.15 – Доильный робот *Galaxy ASTREA 20.20*

В новой версии роботизированной доильной установки оба доильных бокса расположены напротив друг друга и обслуживаются установленной посередине рукой-манипулятором доильного робота. Роботизированная установка рассчитана примерно на 120 коров (с двумя доильными боксами). Инновационные решения, использованные в конструкции этого робота, обеспечивают требуемый для каждого конкретного предприятия уровень производительности, управление процессом доения в режиме реального времени (*online*) и гибкое управление процессом производства молока. Управление работой доильного робота осуществляется с помощью программы *SATURNUS 20.20 Farm Management*, которая осуществляет сбор информации и преобразует ее в удобную для принятия решений форму. Для этого на мониторе компьютера в графической и цифровой форме отображаются все необходимые сведения о выполняемой в данный момент времени технологической операции. Управление процессом доения и определение качества молока в режиме реального времени (*online*) выполняются с помощью подсистемы и *SMART COLLECT*<sup>©</sup> (*Starline Milk Acceptation and Registration Technology*). При этом сбор исходных данных осуществляется модулем *SENSE (SEN sor Support Entry)*, который выполнен на базе современных сенсорных датчиков и является инновационным техническим решением. Для обеспечения высокой интенсивности молокоотдачи, а значит сокращения времени доения, управляющей программой робота обеспечивается эффективная подготовка к доению каждой коровы с учетом ее индивидуальных особенностей. Доильный робот имеет блочно-модульную конструкцию, что обеспечивает быстрый монтаж оборудования в доильном отделении коровни-

ка. Фирма *System Happel* представила доильный робот *Aktiv Puls Robot 20.20* (рисунок 6.16), конструктивное исполнение и функциональные возможности которого аналогичны роботу *Galaxy ASTREA 20.20* фирмы *Insentec*.



Рисунок 6.16 – Доильный робот *AktivPulsRobot 20.20*

Выпускаемый под маркой *SAC Futureline Max* доильный робот фирмы *S. A. Christensen* имеет следующие инновационные решения: для очистки сосков вымени и сдаивания первых струек молока используются специальные доильные стаканы; позиционирование руки-манипулятора осуществляется с помощью видеокамеры и лазера; контроль качества молока осуществляется по цвету, температуре, электропроводимости и содержанию гемоглобина. Управление работой робота и в целом производством молока осуществляется при помощи автоматизированной системы управления стадом *TIM Management*, обладающей большим набором функций (проверка активности животных, электропроводности, измерение температуры, контроль кормов и т. д.). *TIM* обладает логически понятным и доступным пользовательским интерфейсом, позволяя при этом создавать собственные системы отчетности с углубленными возможностями статистики и графики. Доильный робот поставляется потребителям в полной заводской готовности, что гарантирует простой и быстрый монтаж на месте установки. После продолжительных научно-исследовательских и испытательных работ фирма *Lemmer-Fullwood* (Германия) представила на рынок доработанную конструкцию своего робота *Merlin 225*. Для идентификации живот-

ных используют ножные транспондеры с расширенными функциональными возможностями (определяют еще и активность животных). Это в сочетании с программой управления позволяет своевременно выявлять животных, находящихся в состоянии половой охоты. После распознавания животного робот с помощью программы определяет, следует доить корову или нет, исходя из того, что количество молока в вымени животного для выполнения дойки должно быть не менее 7 л. Если корова подходит к роботу слишком рано, то ее не будут доить и кормить.

Определение расположения сосков осуществляется с помощью стационарной системы лазерной оптики, которая позволяет получать трехмерное изображение вымени с максимальной точностью. При этом происходит постоянное обновление записей в базе данных координат отдельных сосков, что позволяет при подключении доильных стаканов к соскам учитывать все физиологические изменения формы вымени, обусловленные нахождением животного в определенном периоде лактации. С целью обеспечения надежного подключения доильных стаканов к соскам и снижения потерь вакуума доильные шланги проходят от стаканов до коллектора молока по прямой.

Для контроля качества выдаиваемого молока робот оснащают датчиком *BloodSensor* (для определения крови в молоке) и сенсором *FullQuest* (для определения электропроводности молока), совместная работа которых позволяет направлять не соответствующее нормативам молоко в специальные емкости. По желанию заказчика фирма может оснащать *Merlin 225* своей инновационной разработкой – анализатором молока типа *Fullexpert-IMA*, который позволяет измерять во время доения содержание жира, белка и лактозы в молоке. К тому же будет производиться оценка содержания соматических клеток в молоке с указанием полученного результата в градации по классам (до 200000, 400000, 800000).

Система охлаждения *SoftStart* полностью интегрирована с доильным роботом и обеспечивает эффективное охлаждение даже небольшого объема молока без риска его примерзания к стенкам резервуара.

*Merlin 225* работает под управлением автоматизированной программы управления стадом *Crystal*. Разработанная под пользовательскую оболочку *Windows* программа обеспечивает постоянный доступ к данным с возможностью внесения изменений и програм-

мирования новых параметров. Благодаря тому, что программа уже содержит все данные, пользователю необходимо нажать лишь несколько клавиш для ввода самой последней (расширенной) информации. *Crystal* объединяет весь спектр информационных модулей (кормление, доение, взвешивание, сортировка, активность, календарь животного, графики лактации и обладает возможностью импорта-экспорта данных (записи о передвижениях коров, различные формы учета доений и качества молока и др.). Система управляется через ПК, при необходимости получения экстренной сервисной поддержки достаточно наличие доступа в Internet.

В начальной стадии находятся разработка и предложения для использования в доильных залах автоматической руки-манипулятора для надевания доильных стаканов на соски вымени, аналогично применяемой в доильных роботах. В настоящее время потребителям предлагается пока только одна такая система – автоматический модуль доильного места для разных типов доильных залов *GEA Dairy ProQ* компании *GEA Farm Technologies* (рисунок 6.17).



Рисунок 6.17 – Автоматический модуль доильного места для разных типов доильных залов *GEA Dairy ProQ*

Обладающий искусственным интеллектом модуль *GEA Dairy ProQ* в автоматическом режиме выполняет все операции процесса доения коров, начиная с подсоединения доильного аппарата к вымени, очистки сосков и сдаивания первых струек молока (*Predip*), непосредственно доения и заканчивая процессом дезинфекции сос-

ков после доения (*Postdip*) и снятием доильных стаканов с вымени животного. Также автоматически модуль выполняет очистку и дезинфекцию доильных стаканов в промежутках между доениями. Модулем доильного места *GEA DairyProQ* оснащается каждый бокс доильной установки, и поэтому на каждом доильном месте весь процесс автоматического доения осуществляется в автономном режиме с учетом индивидуальных особенностей животного. Благодаря высокой пропускной способности новый модуль доильного места рекомендуется для применения на крупных предприятиях.

Особенности модуля доильного места *GEA DairyProQ*:

- интегрируется практически во все выпускаемые в настоящее время различными фирмами типы доильных залов: «Карусель», «Ёлочка», «Параллель»;

- благодаря автономному режиму работы модуля на каждом доильном месте оператор в любое время имеет свободный доступ к вымени животного;

- непрерывный и эффективный процесс доения с доильными модулями обеспечивает высокую пропускную способность доильных установок.

В качестве опции возможно исполнение доильного модуля, работающего в полуавтоматическом режиме.

### **6.3 Электронные системы в технологии кормления животных**

В настоящее время за рубежом на молочных фермах в основном используют технологию кормления, в соответствии с которой все виды кормов раздаются животным одновременно в виде сбалансированной по питательности кормосмеси. Многолетняя практическая эксплуатация смесителей-кормораздатчиков на животноводческих фермах западноевропейских стран с развитым молочным скотоводством не только подтвердила эффективность использования такой техники для кормления животных, но и позволила выявить ряд их недостатков. Учитывая это, ведущие зарубежные производители продолжают вести активную работу по совершенствованию конструкции смесителей-кормораздатчиков, направленную, прежде всего, на максимальное удовлетворение запросов потребителей. Одним из основных требований, предъявляемых к кормосмесителям, является обеспечение высокого качества приготовления кормосмеси.

Качественные показатели приготовления кормосмеси в значительной степени зависят от строгого соблюдения предусмотренного принятым рецептом соотношения вводимых в бункер машины исходных компонентов. Одним из путей обеспечения высокой точности взвешивания является совершенствование современных весоизмерительных систем. Так, фирма *Trioliet Mullos BV* для управления процессом кормления разработала программное обеспечение на базе *Windows®TFMTracker*, которое позволяет выполнять контроль за работой операторов, отслеживать результаты кормления животных по группам, обмениваться данными с внешними консультантами по кормлению в режиме *online*, готовить отчеты по использованию кормовых компонентов и др.

Система *DairyFeederTMR* управляет процессом приготовления и раздачи кормосмесей смесителями-кормораздатчиками фирмы *BvLvanLengerich*. Вся исходная информация (рецепт кормосмеси, количество раздаваемого корма и др.), необходимая для согласованной работы отдельных блоков кормосмесителей, вводится в персональный компьютер на рабочем месте работника фермы и автоматически направляется по мобильной связи в весоизмерительный терминал машины. Для индикации количества загружаемой массы корма используется смартфон с функциями развитой логики. Все этапы (операции) раздачи корма автоматически регистрируются и направляются через сеть мобильной связи обратно на ПК.

Одним из направлений совершенствования электронных систем взвешивания является повышение удобства работы обслуживающего персонала. При этом активно используются все последние достижения в области информационных технологий. Примером может служить беспроводная система электронного взвешивания *Feed Manager*, которой оснащаются все модели смесителей-кормораздатчиков серии *FeederVM* фирмы *JF-Stoll*. Она состоит из двух терминалов – главного и портативного, которые по беспроводному каналу связи получают от кормосмесителя данные о загрузке. Кроме того, терминалы взаимодействуют между собой. Главный терминал с дисплеем может быть установлен там, где это удобно оператору. Однако обычно его располагают в кабине погрузчика, чтобы можно было постоянно контролировать процесс загрузки. При этом управление всеми функциями производится непосредственно с терминала. С дисплея главного терминала можно считывать дату, массу, время и текущее количество кормосмеси

в бункере. Также можно создавать, запускать и/или пересылать на портативный терминал планы кормления.

Портативный терминал обычно размещается в кабине погрузчика компонентов кормосмеси. При оснащении его аккумуляторной батареей он может размещаться там, где в нем возникает необходимость. Возможна поставка и дополнительных портативных терминалов, которые также будут работать совместно с главным терминалом.

Система *Feed Manager* контролирует весь процесс кормления. Программное обеспечение системы позволяет осуществлять процесс выгрузки кормосмеси по различным вариантам: порционное (раздача корма может выполняться интервалами отдельными порциями, например, по 500 кг или по принципу процентного распределения кормов, например, 25 % кормосмеси делятся на четыре равные части) или распределение по группам животных (возможна раздача до пяти порций различного количества). Процесс раздачи каждой порции можно наблюдать на дисплее. Кроме того, окончание раздачи каждой порции сопровождается звуковым сигналом.

С главного терминала можно ввести один или несколько планов кормления, после чего необходимо зарегистрировать оператора, производящего загрузку. Перед сменой плана кормления автоматически подается звуковой сигнал. Помимо звукового сигнала процесс загрузки можно отслеживать на дисплеях. Визуальное представление данных об изменении количества корма в бункере позволяет снизить количество ошибок при погрузке.

С помощью *ProFeed* оператор одновременно получает обзор данных о процессе разгрузки по плану кормления и действительные данные. Обслуживание терминала и прилагаемого программного обеспечения настолько просто, что регистрация компонентов кормосмеси становится естественной частью процесса кормления. Удобный доступ к данным позволяет легко контролировать, анализировать, оптимизировать процесс кормления, и следовательно, существенно повысить производительность.

Фирма *Mayer Maschinenbaugesellschaft mbH* для обеспечения согласованной работы погрузчика и весоизмерительной системы прицепных смесителей-кормораздатчиков *SILOKING* разработала новый беспроводной терминал *SILOKING Wireless* (устанавливается серийно на моделях *Duo 1814/2218/3022*), который состоит из двух блоков (рисунок 6.18). Первый – терминал *Premium* – устанавли-

ливается в кабине трактора со смесителем-кормораздатчиком и используется для составления программ загрузки и разгрузки, а также для управления работой кормосмесителя из кабины энергетического средства. Вся информация выводится на дисплей с высоким разрешением, предлагая оператору удобный обзор выполняемых кормосмесителем работ.



Рисунок 6.18 – Беспроводной терминал SILOKING Wireless

Второй блок – терминал *Basic* – устанавливается в кабине погрузчика и обеспечивает выполнение загрузки корма в бункер машины в согласованном с системой взвешивания режиме. Кроме того, терминал обеспечивает управление гидравлической системой изменения положения противорежущих ножей в бункере машины.

В настоящее время еще много животноводческих помещений, где для кормления животных применение смесителей-кормораздатчиков не представляется возможным (из-за несоответствия габаритных размеров технологических проездов) или неэффективно из-за низкой степени их использования. Для решения вопроса приготовления и раздачи сбалансированных по питательности кормосмесей на таких фермах разработаны и выпускаются автоматизированные системы кормления животных, которые отличаются функциональными возможностями и конструктивным исполнением входящих в них технических средств.

В соответствии с одной из них приготовление и раздача кормосмеси осуществляются разными техническими средствами. Для

приготовления кормосмесей в этом случае, как правило, используют традиционные смесители-кормораздатчики в стационарном исполнении с приводом от электродвигателя или ВОМ трактора. Причем в основном нашли применение кормосмесители с вертикальными рабочими органами в бункере машины, количество которых зависит от требуемого объема приготавливаемой кормосмеси. Загрузочные устройства выполнены в виде различных транспортеров: ленточных, скребковых, шнековых и др. Раздача приготовленной кормосмеси выполняется подвесными кормораздатчиками бункерного типа.

В другом случае приготовление кормосмеси и ее раздача выполняются подвесным кормораздатчиком бункерного типа с расширенными функциональными возможностями (благодаря наличию систем электронного взвешивания и смешивания).

Как в первом, так и во втором случае подвесные кормораздатчики совершают запрограммированные многократные перемещения по монорельсу (закреплен в верхней части помещения) вдоль боксов для содержания животных. При его движении автоматически производится выдача полнорационных кормов через выгрузной патрубок или раздаточный транспортер непосредственно в общую кормушку или на кормовой стол.

Процессом раздачи кормов в зависимости от выбранной программы кормления и введенных исходных данных управляет бортовой компьютер, который может иметь следующий набор базовых функций: выдача суточного рациона, режимы наращивания или снижения нормы выдачи кормов и режим расчетного потребления корма на конкретную корову. Помимо управления бортовой компьютер выполняет и расчетные функции: суммирует фактический расход кормов и выдает статистические данные о потреблении коровами различных кормов. С учетом расширения функций менеджмента дойного стада современные модели подвесных кормораздатчиков снабжаются новыми компьютерными системами, обеспечивающими ведение для каждого животного так называемого «календаря коровы». Им предусматриваются контроль кормления, продуктивности, периода лактации, физиологического состояния и расчет кормового рациона каждого конкретного животного.

Технические возможности выпускаемых в настоящее время кормораздатчиков позволяют реализовать на практике как индивидуальное, так и групповое кормление в зависимости от системы со-

держания животных. Следует отметить, что система содержания животных, а также наличие постоянного места для коровы или смена ее месторасположения в стойлах оказывают влияние на способы решения поставленной задачи.

Так, при привязном содержании животных и наличии постоянного месторасположения коровы в конкретном боксе подвесные кормораздатчики способны обеспечить индивидуальную выдачу кормосмеси точно в соответствии с надоем и физиологическим состоянием лактирующей особи. В этом случае остановка кормораздатчика для выдачи кормосмеси конкретной особи обеспечивается с помощью специальных меток на монорельсе или датчиков, установленных над кормушками. В последних разработках определение кормоместа производится путем введения в процессор данных о расстоянии до него.

Если же технологией содержания молочного скота не предусмотрено закрепление за животным постоянного кормоместа (как правило, при беспривязном содержании), то для обеспечения индивидуального кормления применяется автоматическая система распознавания (идентификации) животных. В этом случае животное снабжается специальным бесконтактным датчиком-ответчиком (он размещается на теле животного или имплантируется под кожу), который содержит всю необходимую информацию о данной особи. Расчетная порция кормосмеси выдается животному в том случае, когда кормораздатчик находится в зоне приема его антенной импульсов, посылаемых датчиком животного.

Энергоснабжение двигателей подвесных кормораздатчиков осуществляется от аккумуляторных батарей (подзаряжаются после каждого цикла раздачи кормов через контакты или штепсельные разъемы) или токопроводящей шины, размещаемой вдоль монорельса. Иногда применяется комбинированное энергоснабжение – аккумуляторные батареи и токопроводящая шина.

Фирма *GEA Farm Technologies* предлагает потребителям различные варианты построения автоматизированных систем кормления животных, основой которых являются подвесные бункерные кормораздатчики фирмы *Mullerup A/S* (Дания). Так, конструкция роботов-кормораздатчиков *GEA Mix Feeder* (рисунок 6.19) позволяет выполнять приготовление кормосмеси и ее раздачу в животноводческих помещениях с различными системами содержания животных в автоматическом режиме под управлением компьютера

или ручную. В зависимости от количества обслуживаемого поголовья потребителям предлагается четыре модели робота: *PLUS*, *XL*, *AC*, *AC XL*.

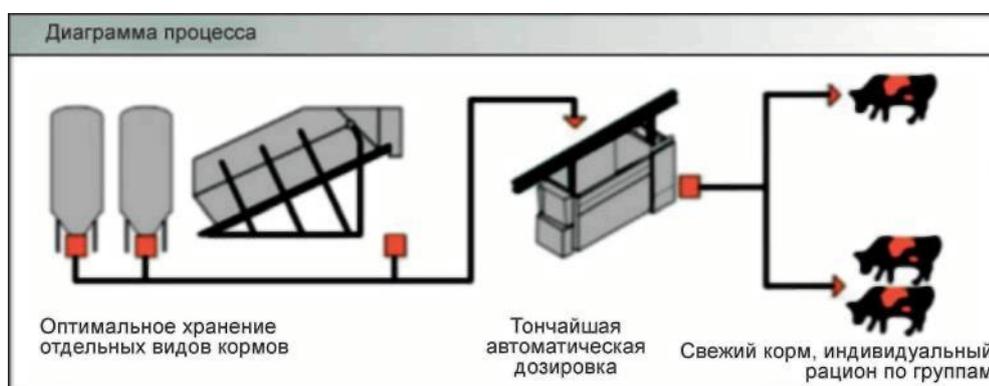


Рисунок 6.19 – Автоматизированная система кормления коров Mix Feeder

Для кормления молочного стада с большим поголовьем (до 1000 коров) при беспривязном содержании фирма *GEA Farm Technologies* предлагает систему *MIX&CARRY* (рисунок 6.20), которая состоит из наклонных бункеров для накопления, хранения и дозирования исходных компонентов кормосмеси, стационарного вертикального кормосмесителя и подвешного робота-кормораздатчика.

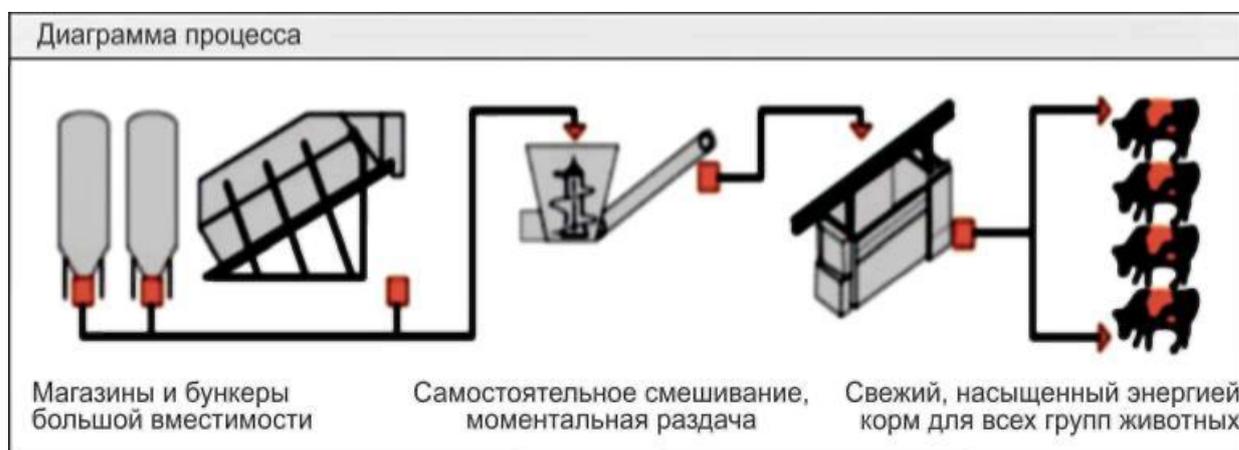


Рисунок 6.20 – Автоматизированная система кормления коров Mix&Carry

Подвесные роботы-кормораздатчики *Mix&Carryfeeder* с вместимостью бункера 2 или 3 м<sup>3</sup> могут обслуживать до 20 групп животных, выдавая им до 30 типов рационов кормосмесей, перемещаясь при этом со скоростью от 8 до 16 м/мин.

Фирма *Lemmer-Fullwood* предлагает новую разработку – *FMR*-робот (*FullMixedRation*), который представляет собой подвешной кормораздатчик бункерного типа вместимостью до 3,5 м<sup>3</sup> (рисунок

6.21). Загрузка робота в кормовом отделении всеми исходными компонентами осуществляется в строгом соответствии с выбранным рецептом при помощи весоизмерительного терминала. Система измельчения-смешивания робота состоит из двух горизонтальных шнеков. Процессы загрузки, приготовления и раздачи кормосмеси выполняются роботом в полностью автоматическом режиме. Кормораздаточный робот фирмы *Wasserbauer* (Германия) предназначен для обслуживания молочного стада до 150 коров.

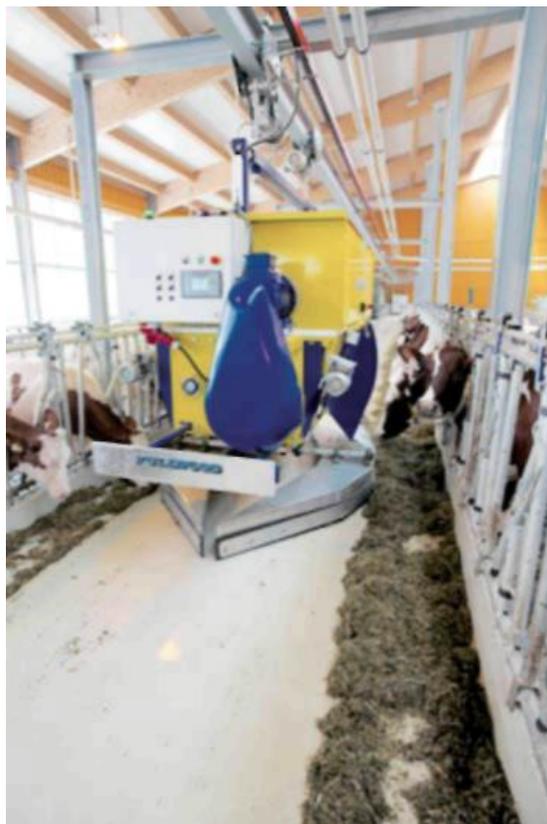


Рисунок 6.21 – Подвесной бункерный *FMR*-робот

Представляет собой бункерный кормораздатчик с комбинированной системой перемещения: внизу вся конструкция опирается на два колеса, а привод размещен в верхней части и взаимодействует с рельсовыми направляющими. Вместимость бункера робота составляет 3 м<sup>3</sup>. Робот в автоматическом режиме способен раздавать шесть различных рационов до 6 раз в сутки. Предусмотрен режим перемещения робота только для сдвигания корма на кормовом столе в зону досягаемости его животными. Фирмой *Pellonpaja OY* (Финляндия) разработаны и предлагаются потребителям несколько вариантов исполнения автоматизированных систем кормления для различных технологий содержания животных (рисунок 6.22).



Рисунок 6.22 – Варианты исполнения автоматизированных систем кормления животных фирмы *PellonpajaOY*:  
 а – загрузчик + смеситель *TMR* + ленточный конвейер *PellonBeltFeeder* – для беспривязного содержания животных; б – загрузчик кормораздатчик *PellonCombi* – для привязного содержания животных; в – загрузчик кормораздатчик *PellonTMR* – для беспривязного содержания животных; г – загрузчик+ ленточный конвейер *PellonBeltFeeder* – для беспривязного содержания животных; д – смеситель *CutMix* + ленточный конвейер кормораздатчик *PellonSilage* – для беспривязного содержания животных

Для беспривязного содержания животных фирма предлагает несколько вариантов исполнения автоматизированной системы кормления животных со следующими основными элементами: робот-кормораздатчик *PellonTMR* с загрузчиком измельченных грубых кормов (БВМД и концорма загружаются из силосного бункера, дополнительно могут загружаться и жидкие корма рисунок 6.22, в); загрузчик, смеситель *TMR* и ленточный конвейер *PellonBeltFeeder* (рисунок 6.22, а); загрузчик и ленточный конвейер *PellonBeltFeeder* (рисунок 6.22, г); смеситель *CutMix*, ленточный конвейер и робот-кормораздатчик *PellonSilage* (рисунок 6.22, д). Для кормления животных при привязном содержании животных фирма предлагает

линию в составе загрузчика и робота-кормораздатчика *PellonCombi* (рисунок 6.22, б).

Для реализации предложенных выше вариантов построения автоматизированных систем кормления животных фирмой разработаны подвесные роботы-кормораздатчики с различными функциональными возможностями. Так, конструктивное исполнение робота-кормораздатчика *PellonTMR* позволяет приготавливать полностью сбалансированные по питательным веществам кормосмеси. Он оборудован электронной системой взвешивания, которая обеспечивает заполнение бункера кормораздатчика исходными компонентами кормосмеси с использованием весового дозирования каждого из них.

### **Контрольные вопросы**

1. Электронные системы идентификации в животноводстве.
2. Информационный менеджмент в молочном скотоводстве.
3. Электронные системы в технологии кормления животных.

## 7 НЕКОТОРЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОРМЛЕНИЯ ПТИЦЫ ОТ КОМПАНИИ *BIG DUTCHMAN*

### 7.1 Технологические особенности линии для кормления птицы *AugerMatic*

В зависимости от методики кормления (досыта или нормируемое) оборудование для откорма птицы должно всесторонне удовлетворять потребности этой птицы с учетом ее возраста, кросса и прочих специфических факторов. Оно должно быть приемлемо как для однодневных цыплят, так и для уже взрослой, тяжелой птицы.

Важным при этом является обеспечение легкого доступа к корму и предотвращение его потерь. С этой целью разработаны различные типы кормушек, подача корма к которым осуществляется при помощи, отлично зарекомендовавшей себя кормораздаточной системы *AugerMatic* (рисунок 7.1).



Рисунок 7.1 – Кормораздаточная система *AugerMatic*

Система *AugerMatic* состоит из следующих узлов (рисунок 7.2):

- кормораздатчика с бункером для корма;
- дополнительной насадки-бортика для бункера для корма;
- труб со спиралью для транспортировки корма;
- кормушек;

- привода с датчиком для автоматического включения и выключения спиральной подачи корма;
- системы подвески с лебедкой;
- противонаседочного устройства.

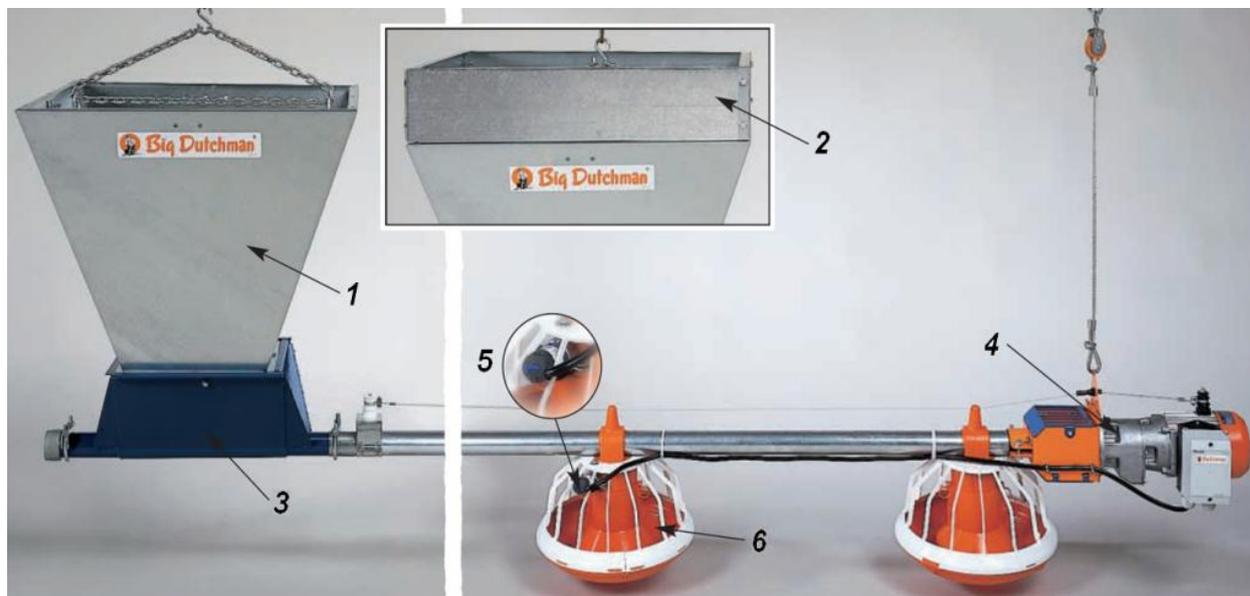


Рисунок 7.2 – Система кормления *AugerMatic*

Устройство системы *AugerMatic* для кормления, бункер для корма 1 с дополнительной насадкой 2 или без нее легко снимается с кормораздатчика 3. Вся кормолиния полностью поднимается лебедкой на максимальную высоту под потолок и тем самым гарантирует беспрепятственное проведение работ по очистке помещения от помета. Мощный привод 4 и прочная спираль гарантируют возможность кормораздачи на расстояние до 150 м. Датчик 5 с контрольной кормушкой 6 автоматически отключает подачу, как только все кормушки заполнятся кормом.

*Техническая характеристика системы кормления AugerMatic:*

- кормораздатчик с емкостью вместимостью ~ 115 л / 75 кг;
- насадка для кормоемкости вместимостью 38 л / 25 кг;
- максимальная длина кормолинии 150 м;
- труба кормления с 2 – 4 отверстиями диаметром 45 мм;
- длина трубы 3000 мм + муфта;
- центральная подвесная лебедка, привод с мотором 3 фазы, 0,37/0,55 кВт, 230/400 В, 50 Гц, 325 мин<sup>-1</sup>;
- производительность ~ 450 кг/ч;
- размер гранул до 4 мм.

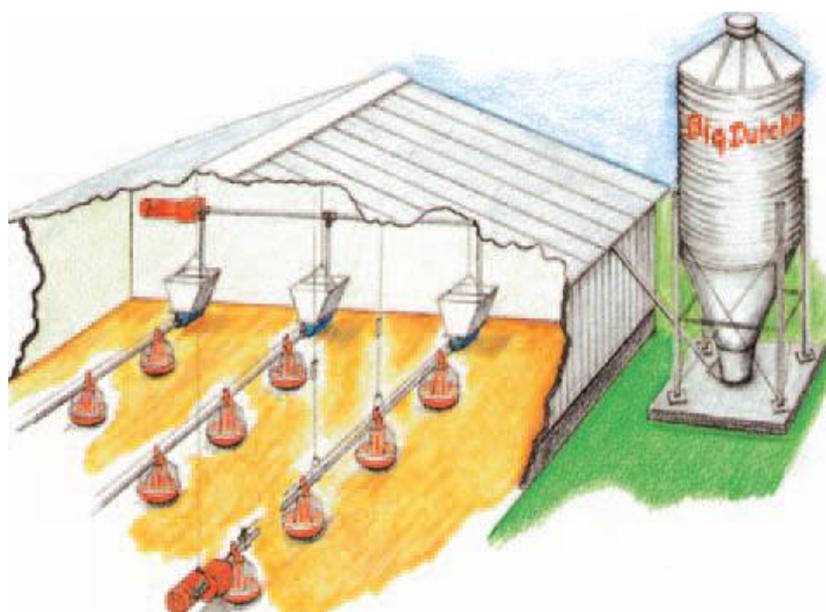


Рисунок 7.3 – Схематическое изображение птичника с линиями *AugerMatic*

## 7.2 Линия автоматического взвешивания корма *AugerMatic*

Автоматическая система управления производством *Viper* предоставляет возможность использования весов различного типа для регистрации потребления корма, а именно:

- механических саморазгружающихся весов (рисунок 7.4);
- электронных весов для бункера с весовым модулем (рисунок 7.5).



Рисунок 7.4 – Механические саморазгружающиеся весы

Через весовой модуль может быть подключено до двух бункерных весов, с использованием до 8 тензодатчиков на каждые.

Это позволяет контролировать заполненность бункера кормом, а также регистрировать и протоколировать поставки корма.



Рисунок 7.5 – Взвешивание бункера электронными тензодатчиками

Добавка в комбикорм отдельных компонентов при откорме бройлеров технически осуществляется при помощи дополнительного бункера (рисунок 7.6) для хранения корма, весов для взвешивания корма типа FW 99B, спирального транспортера подачи корма (*Flex Vey*) от бункера к весам и к кормораздатчику и менеджмент-компьютера MC 95.



Рисунок 7.6 – Дополнительный бункер с весами *FW 99B*

Компьютер МС95 позволяет выдерживать оптимальное содержание зерновой пшеничной добавки в общем рационе комбикорма в зависимости от развития птицы и стадий откорма. Смешивание комбикорма с пшеницей осуществляется при помощи смесителя барабанного типа, а также улавливающей емкости.

### 7.3 Кормушки для откорма бройлеров *AugerMatic*

*FLUXX* – одна из разработанных компанией *Big Dutchman* кормушек для откорма бройлеров (рисунок 7.7). Она одинаково полно отвечает требованиям, как однодневных цыплят, так и бройлерной птицы. Многочисленные преимущества делают ее незаменимой составляющей в любом хозяйстве, профессионально занимающемся откормом петушков: предельное наполнение *FLUXX-330* (до краев) возможно только при стоящей на полу кормушке; она идеальна для кормления однодневных цыплят; система крепления без болтов обеспечивает легкий и быстрый монтаж. Кормушка может либо свободно качаться, либо быть стационарно закрепленной на трубе.

Инновационный 360-градусный механизм предельного наполнения кормом ( $360^\circ$ ) обеспечивает высокий уровень заполнения кормушки без дополнительных трудовых затрат.



Рисунок 7.7 – Кормушка *FLUXX* фирмы *Big Dutchman*

В зависимости от возраста и размера птицы вся линия подачи корма поднимается, механизм предельного наполнения кормом автоматически закрывается и уровень корма понижается. Это позволяет снизить потери корма до абсолютного минимума.

Закрепленные на внешнем цилиндре кормушки лопасти служат дополнительной мерой предотвращения потерь корма, поскольку позволяют значительно сократить количество корма, разбрасываемого птицей в стороны.

Кормушка *FLUXX* представлена в различных вариантах: диаметром 330 (рисунок 7.8) или 360 мм (рисунок 7.9).

Комплектация кормушки *FLUXX* –330:

- 1) решетка с пятью ребрами и глубоким днищем;
- 2) решетка с пятью ребрами и мелким днищем;
- 3) решетка с 14 ребрами и глубоким днищем;
- 4) решетка с 14 ребрами и мелким днищем.

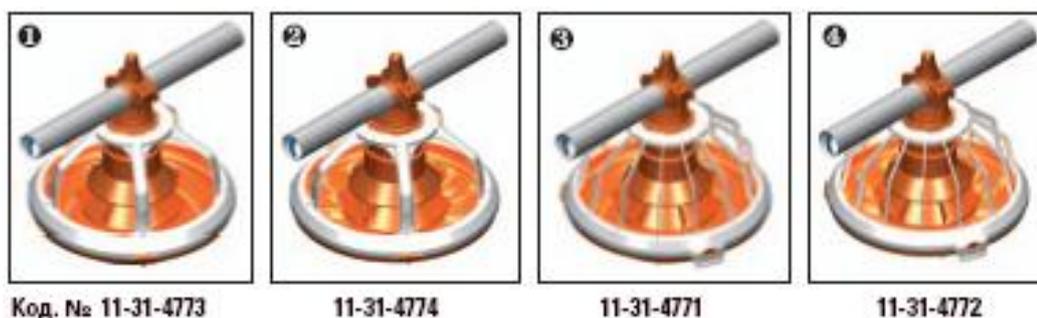


Рисунок 7.8 – Кормушка *FLUXX*–330

Комплектация кормушки *FLUXX*–360:

- 1) решетка восемью ребрами и глубоким днищем;
- 2) решетка восемью ребрами, мелким днищем и заслонкой;
- 3) решетка с 16 ребрами и глубоким днищем;
- 4) решетка с 16 ребрами, мелким днищем и заслонкой.

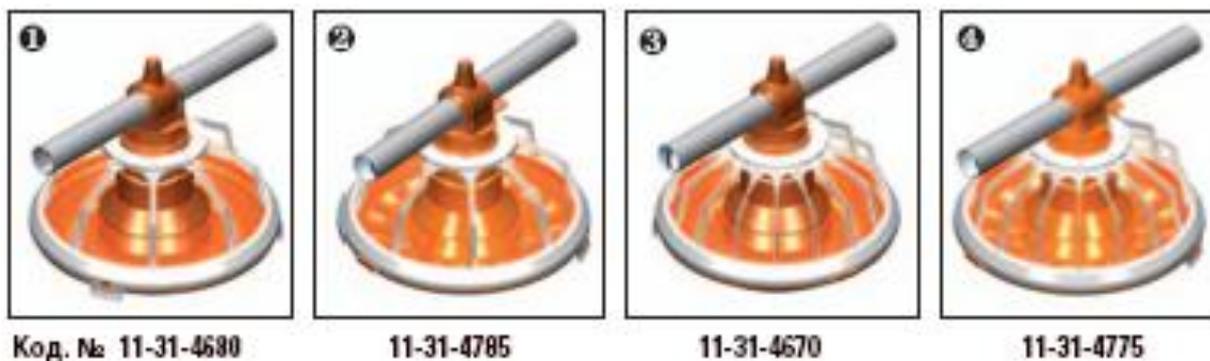


Рисунок 7.9 – Кормушка *FLUXX*–360

Общая схема расчета при проектировании системы кормления с использованием кормушек FLUXX выглядит следующим образом:

- птичник шириной 4–5 м – 1 кормовая линия;
- птичник шириной 9–12 м – 2 кормовых линии;
- птичник шириной 12–15 м – 3 кормовых линии;
- птичник шириной 15–18 м – 4 кормовых линии.

Технические данные кормушек *FLUXX* приведены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Технические характеристики кормушек *FLUXX 330/FLUXX 360*

Масса	Голов	
	<i>FLUXX 330</i>	<i>FLUXX 360</i>
До 1,5 кг	100	117
До 2,0 кг	85	94
До 2,5 кг	70	79
До 3,0 кг	66	70
До 3,5 кг	55	63

Цифры, приведенные в таблице, являются средними величинами и могут меняться в зависимости от кросса, плотности посадки птицы и условий микроклимата. Необходимо дополнительно учитывать ориентировочные показатели отдельных стран.

При нормированном кормлении следует сократить на 25–30 % количество голов в расчете на кормушку.

*BIG PAN-330* – кормушка для откорма бройлеров (рисунок 7.10).

В настоящее время откорм тяжелой птицы (живым весом свыше 2 кг) ведется, как правило, контролируемым методом с ограничением рационов. Тем самым происходит согласованное развитие сердечно-сосудистой системы и скелета в соответствии с привесами. Условием этого является быстрое распределение корма по всему птичнику при каждом кормлении.

Высока эффективность применения кормушки *BIG PAN PLUS*:

- минимум повреждений скелета и лап;
- лучшая конверсия корма благодаря меньшему применению жировых добавок и снижение падежа;
- гарантия максимального соответствия убойного веса заданным параметрам на день убоя.

При нормированном кормлении в кормушку *BIG PAN PLUS* монтируется ограничительный колодец, который в комбинации с ячеистым днищем чашки сокращает объем корма примерно на две трети (рисунок 7.11). При этом гарантируется быстрое и равномерное заполнение всех кормушек одной линии практически сразу после начала процесса кормления.

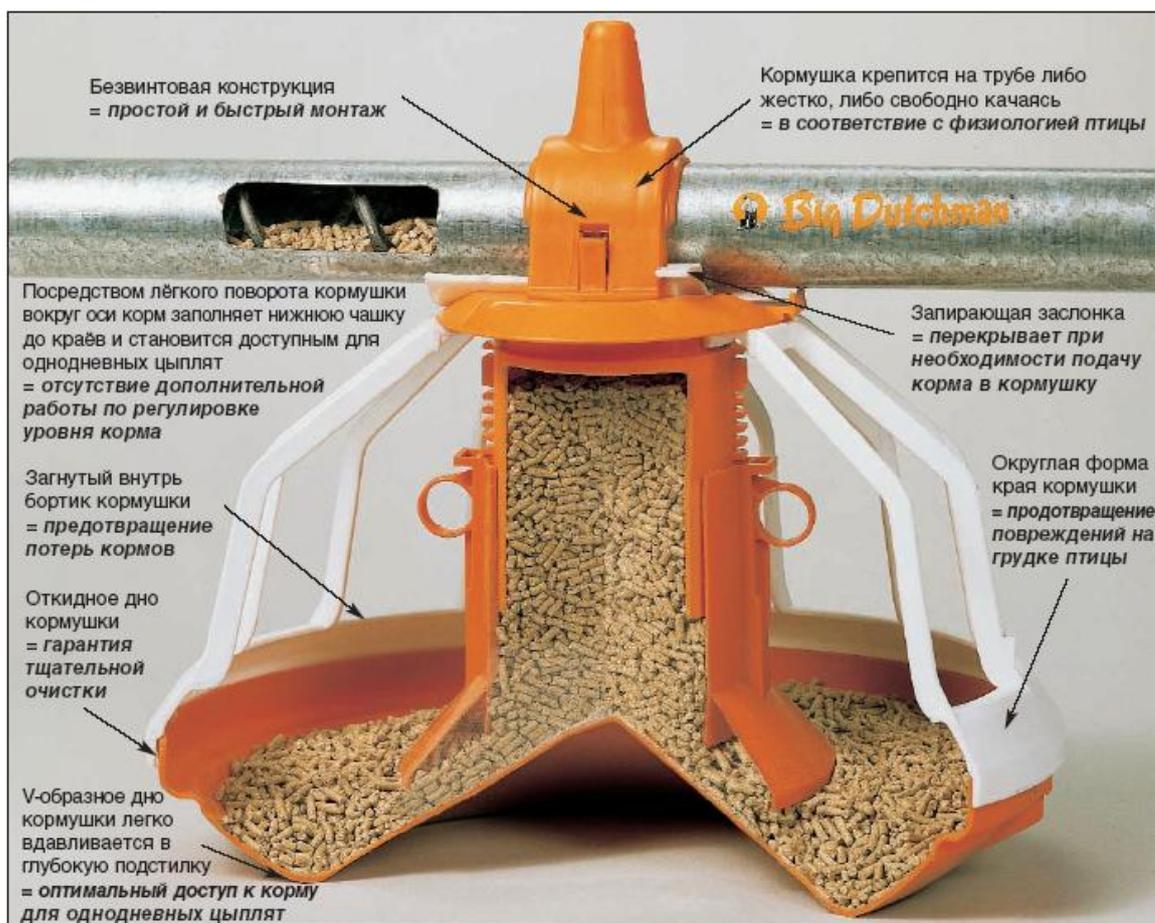


Рисунок 7.10 – Кормушка *BIG PAN-330* для откорма бройлеров

*BIG PAN PLUS* с успехом можно использовать и при выращивании уток живым весом до 2,5 кг. Плоское с ячейками дно кормушки идеально подходит для маленьких утят, требует минимальной толщины слоя глубокой подстилки и предотвращает потери корма. Кроме того, с ячеистого дна кормушки уткам очень удобно поедать корм. Так называемая ограждающая решетка не позволяет птице залезать в кормушку, что предотвращает загрязнение корма.

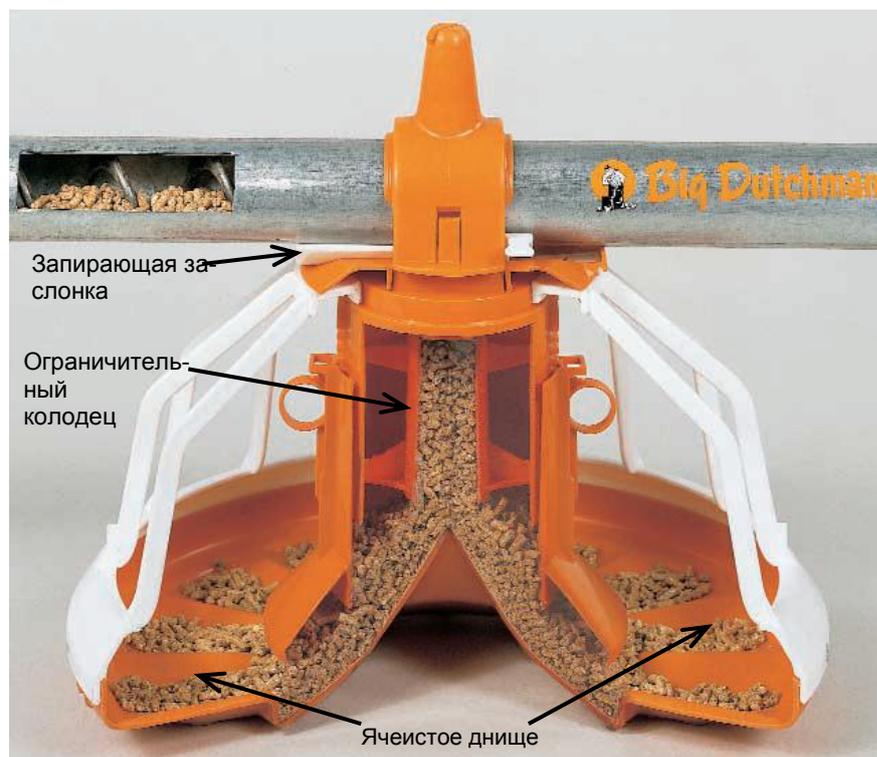


Рисунок 7.11 – Кормушка *BIG PAN PLUS*

Эти кормушки разработаны специально для меняющихся условий откорма бройлеров, индеек, уток и прочей птицы (цесарок, фазанов, гусей) до 12 кг живого веса (рисунок 7.12).



Рисунок 7.12 – Кормление уток и индеек

Диаграмма по фронту кормления в зависимости от убойного веса представлена на рисунке 7.13.

При нормируемом или контролируемом кормлении с использованием кормушек *BIG PAN* для расчетов необходимо брать на 25–30 % голов на одну кормушку меньше.

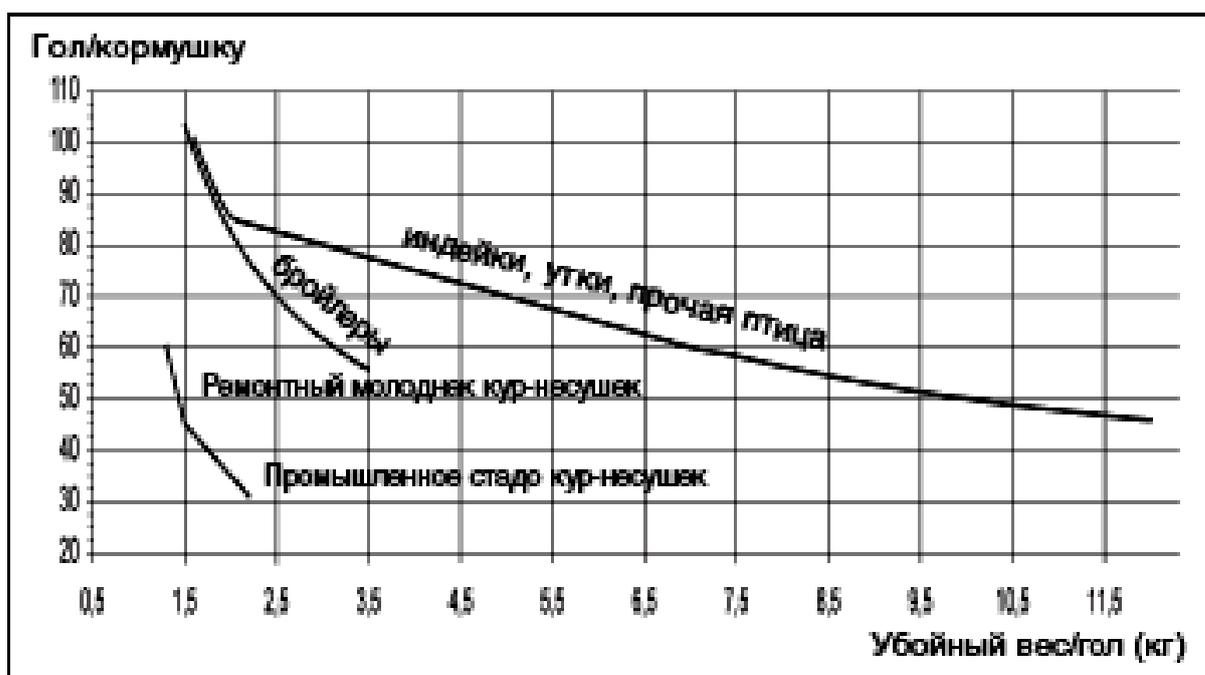


Рисунок 7.13 – Диаграмма зависимости количества голов в расчете на кормушку от убойного веса

Приведенные в диаграмме данные по количеству птицы – это усредненные значения они могут меняться в зависимости от кросса, плотности посадки и климатических условий.

Общая схема расчета при проектировании с использованием кормушек *BIG PAN 1* линия кормления на каждые 4–5 м ширины птичника выглядит следующим образом:

- ширина птичника 9–12 м => две линии кормления;
- ширина птичника 12–15 м => три линии кормления;
- ширина птичника 15–18 м => четыре линии кормления.

Выращивание ремонтного молодняка кур-несушек до живой массы 1,3–1,5 кг фронт кормления: 60–45 гол/кормушку.

Содержание промышленного стада кур-несушек до кг живой массы 1,8–2,2 фронт кормления: 45–30 гол/кормушку.

Важным аспектом здорового содержания птицы является гигиена. Вращающуюся чашку можно тщательно промыть, направив струю воды на кормушку. Под давлением струи она начнет вращаться, благодаря чему обеспечивается ее эффективная и основательная чистка. Открыв нижнее доньшко, чашку легко высушить (рисунок 7.14).



Рисунок 7.14 – Уход за кормушками

#### 7.4 Кормушки для индеек *TRU PAN*

Универсальная чашечная кормушка *TRU PAN* для индеек (от суточных цыплят до птиц весом 23 кг, рисунок 7.15).

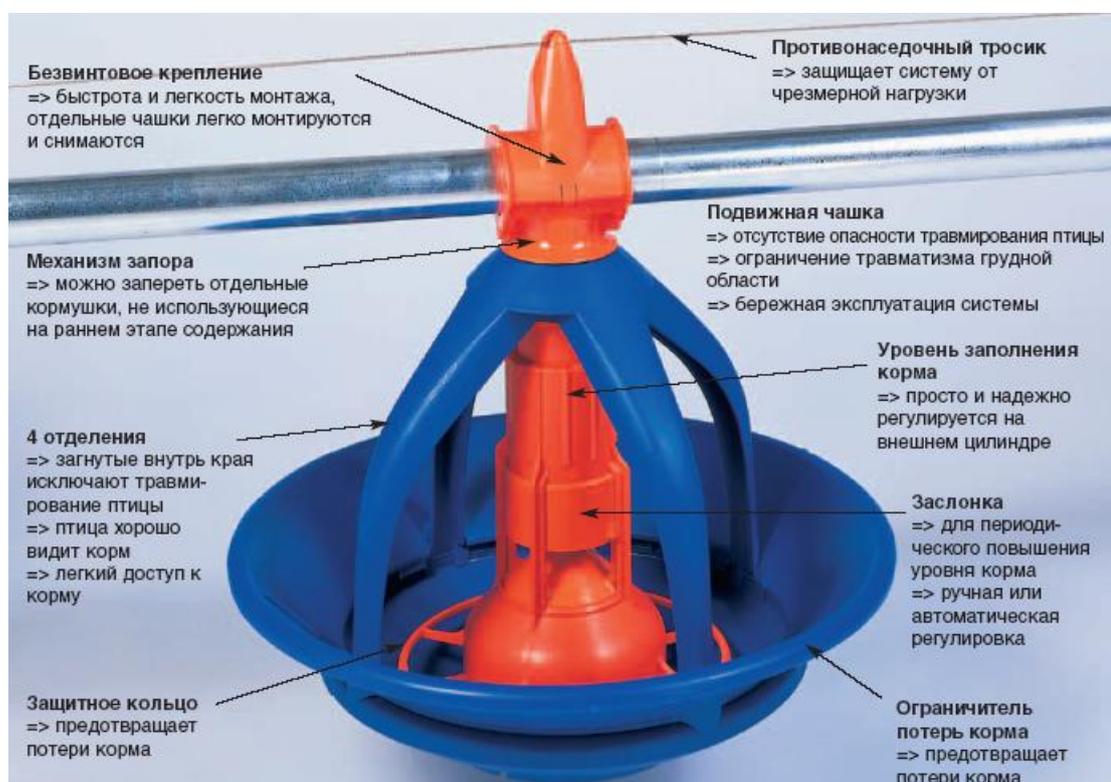


Рисунок 7.15 – Кормушки *TRU PAN* для индеек с ограничителем потерь корма

Кормушка *TRU PAN* подходит как для одноэтапного, так и для двухэтапного способа содержания (рисунок 7.16).

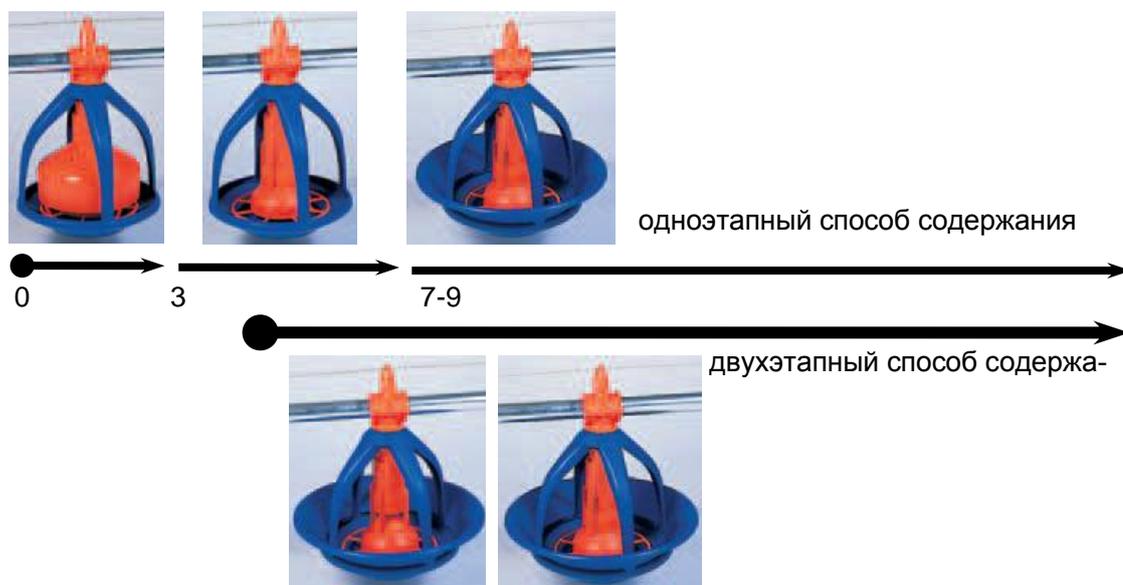


Рисунок 7.16 – Способы содержания и виды кормушек

При выращивании молодняка индеек хорошо зарекомендовал себя в первые дни метод содержания в «кольце для цыплят» (рисунок 7.17).

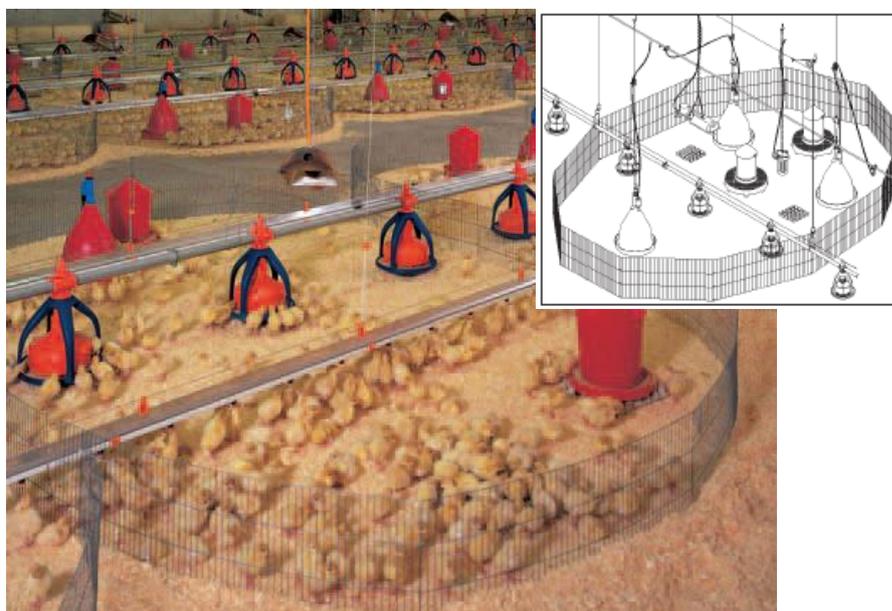


Рисунок 7.17 – Метод содержания цыплят

При использовании линии ТРУ ПЭН с конусом для цыплят корм не загрязняется, снижается риск заболевания кокцидиозом «Кольцо» состоит из отдельных, легко монтируемых решетчатых сегментов

(рисунок 7.18). Чашечные кормушки, находящиеся за его пределами отключаются при помощи запирающего механизма.

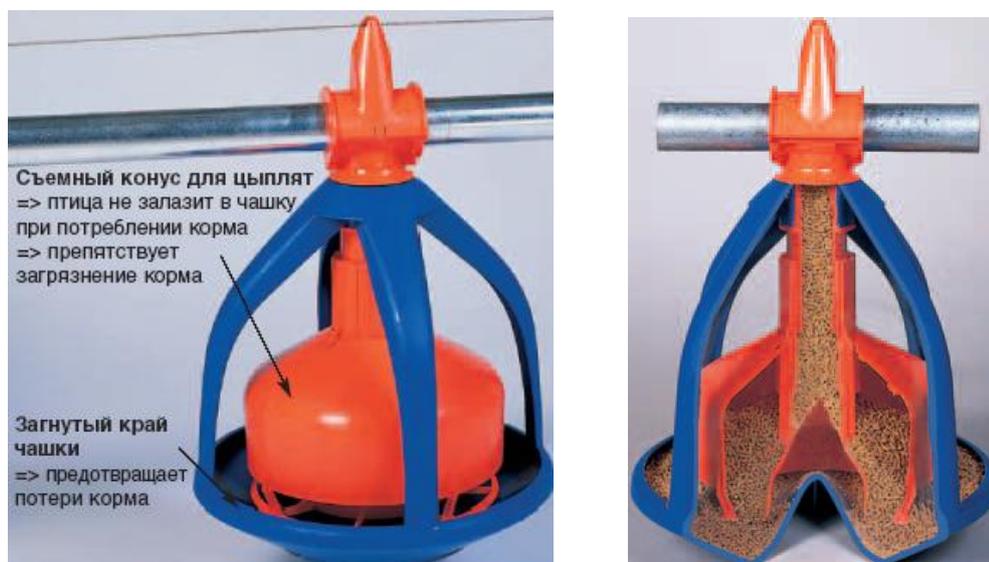


Рисунок 7.18 – Кормушки *TRU PAN* с конусом для индеек

С 3-й недели конус для цыплят убирают, а заслонку задвигают (рисунок 7.19). Уровень корма снижается, что предотвращает его потери. При раздельном способе выращивания молодняка и откорма индюки в возрасте 4–6 нед переводятся в отдельное помещение. Индейки остаются до конца откорма в помещении для молодняка.

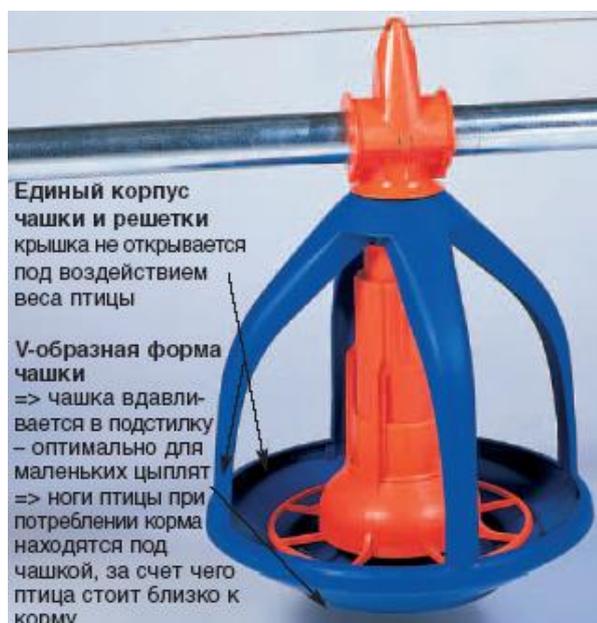


Рисунок 7.19 – Кормушки *TRU PAN* без конуса для индеек

На 7–9-й неделе на чашку устанавливают ограничитель потерь корма защитное кольцо (рисунок 7.20), которое также предотвращает потери.

В помещении для откорма индеек ограничитель потерь корма устанавливается с первого дня. Чтобы птица могла легко найти корм, на короткий период времени можно открыть заслонку. Уровень корма в чашке поднимается, и птица сразу же находит корм. Заслонку следует опустить не позднее 1-й недели.

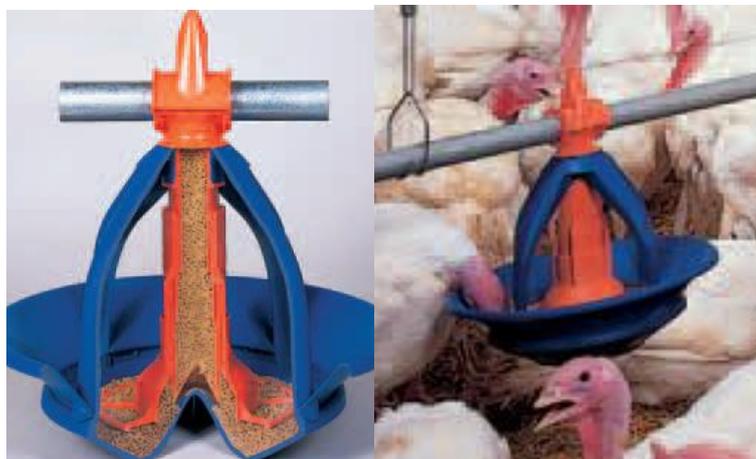


Рисунок 7.20 – Кормушки *TRU PAN* с защитным кольцом

При двухэтапном способе содержания в помещении для индюков на кормушках сразу же устанавливается ограничитель потерь корма. В первые дни происходит максимальное заполнение чашек, т. е. поддерживается высокий уровень корма, что обеспечивает равный доступ всех цыплят к корму. Вся птица, в том числе и маленькие индейки, может легко потреблять корм. Конус для цыплят предотвращает загрязнение корма птицей. С 3-й недели конус для цыплят убирают, а заслонку опускают.

#### *Автоматическое регулирование уровня корма в кормушке TRU PAN*

Регулирование уровня корма в кормушке *TRU PAN* может осуществляться вручную или автоматически (рисунок 7.21), при этом уровень корма на каждой линии устанавливается централизованно. Особенно удобна система автоматического регулирования уровня заполнения при двухэтапной системе откорма, поскольку уже в возрасте 4-6 недель индюки переводятся в отдельное помещение, где с первого дня устанавливается ограничитель потерь корма.

Поэтому в первые дни может возникнуть необходимость максимального заполнения всех кормушек и обеспечения свободного доступа птицы к корму.



Рисунок 7.21 – Блок автоматического регулирования уровня корма

При расчете количества голов птицы на одну кормушку можно пользоваться диаграммой (рисунок 7.22).

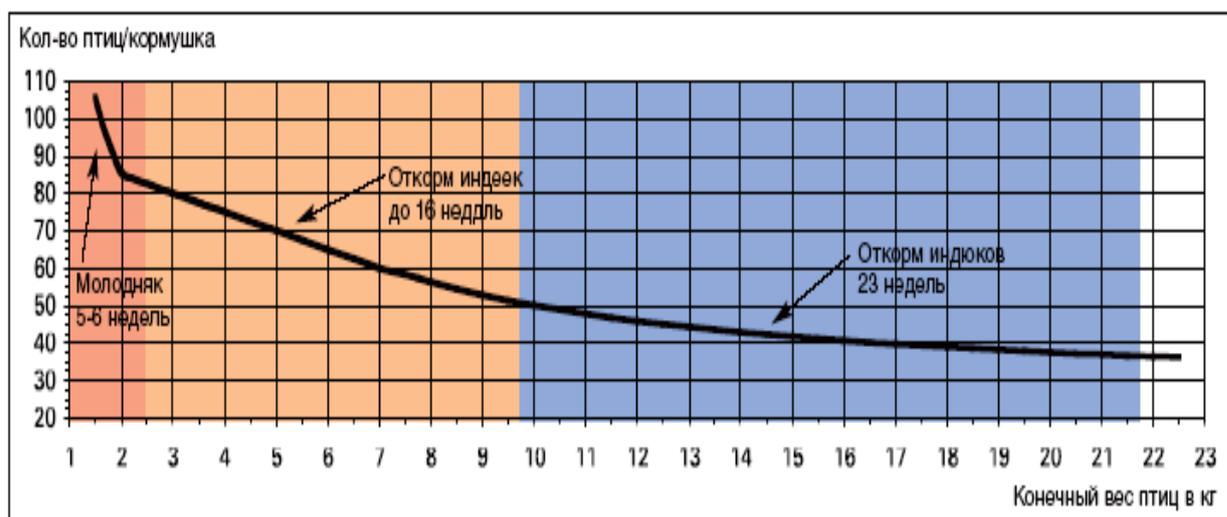


Рисунок 7.22 – Расчетная диаграмма количества голов птицы на одну кормушку

Указанные в диаграмме данные о количестве птицы в расчете на одну кормушку являются ориентировочными и могут отличаться в зависимости от кросса, плотности посадки и системы микроклимата.

### Контрольные вопросы

1. Технологические особенности линии для кормления птицы *AugerMatic*?
2. Линия автоматического взвешивания корма *AugerMatic*?
3. Кормушки для откорма бройлеров *AugerMatic*?
4. Кормушки для индеек *TRU PAN*?

## 8 МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ НЕКОТОРЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СВИНОВОДСТВЕ И ПТИЦЕВОДСТВЕ

### 8.1 Электронные системы в свиноводстве

Современное развитие свиноводства идет в направлении укрупнения предприятий и оптимизации всех затрат, связанных с производством и реализацией свиноводческой продукции. Вместе с тем возрастают требования к содержанию животных и качеству производимой продукции. В таких условиях сложно производить конкурентоспособную продукцию без эффективного менеджмента предприятия, основанного на применении информационных технологий. Их внедрение невозможно без создания современной базы автоматизации, основанной на широком внедрении ПЭВМ с развитым программным обеспечением.

На первоначальном этапе применение информационных технологий в свиноводстве было направлено на внедрение компьютеризации процессов кормления, создания и поддержания микроклимата. Это позволило исключить влияние человеческого фактора, результатом чего стало повышение технологической дисциплины на предприятиях при одновременном обеспечении получения достоверной информации для принятия оптимальных управленческих решений.

В условиях крупногруппового содержания животных (свиноматок и откармливаемого поголовья) на первый план выходит проблема контроля состояния животных и наблюдения за отдельными животными. Современный уровень компьютеризации позволяет минимизировать участие человека при выполнении этих функций.

Так, немецкая фирма *Hölscher+Leuschner Agrartechnik* представляет собой ручной прибор со встроенной 3D-камерой *optiScan* для бесконтактного взвешивания свиней на откорме (рисунок 8.1). В течение 3 с камера, направленная на животное, измеряет расстояние до него и пространственные контуры его тела. На основе пространственных координат, полученных в результате трехмерной съемки, моментально вычисляется масса животного.

Прибор *OptiScan* позволяет избежать требующего больших затрат труда и времени взвешивания свиней, избавляя их от дополнительного стресса. Прибор обеспечивает быстрое и бережное по отношению к животным взвешивание и более точную, учитывающую

массу, продажу. Кроме того, отпадают принятые при традиционном взвешивании подготовительные и заключительные работы (очистка подгоночных коридоров и весовых платформ), что позволяет сэкономить еще и на воде и дезинфицирующих средствах.



Рисунок 8.1 – Система *OptiScan* бесконтактного взвешивания свиней на откорме немецкой фирмы *Hölscher+Leuschner Agrartechnik*

При групповом содержании свиноматок и применении станций кормления по требованию важно отслеживать состояние здоровья свиноматок, так как от него зависят расходы на их содержание.

Специально для группового содержания свиноматок со станциями кормления по требованию, а также для свободного содержания разработана оригинальная система обнаружения половой охоты у свиноматок. Новая система *SowCheck* компании *Big Dutchman* (рисунок 8.2) анализирует и автоматически распознает по множеству признаков рефлекс охоты свиноматок, не вызывая стресса.

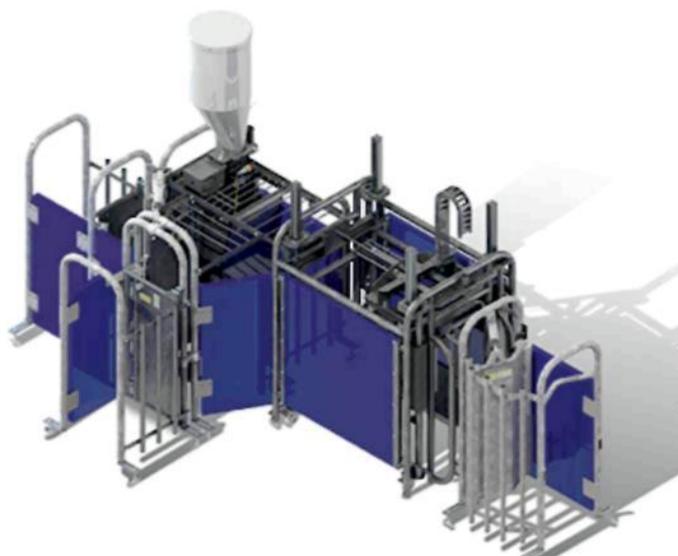


Рисунок 8.2 – Система *SowCheck* фирмы *Big Dutchman* (Германия)

Анализ и автоматическая селекция осуществляются с помощью технических и естественных средств почти «между делом», когда животные находятся на станции кормления.

При индивидуальном содержании свиноматок предлагается система PigWac (рисунок 8.3), представляющая инновационную технологию менеджмента при искусственном осеменении.

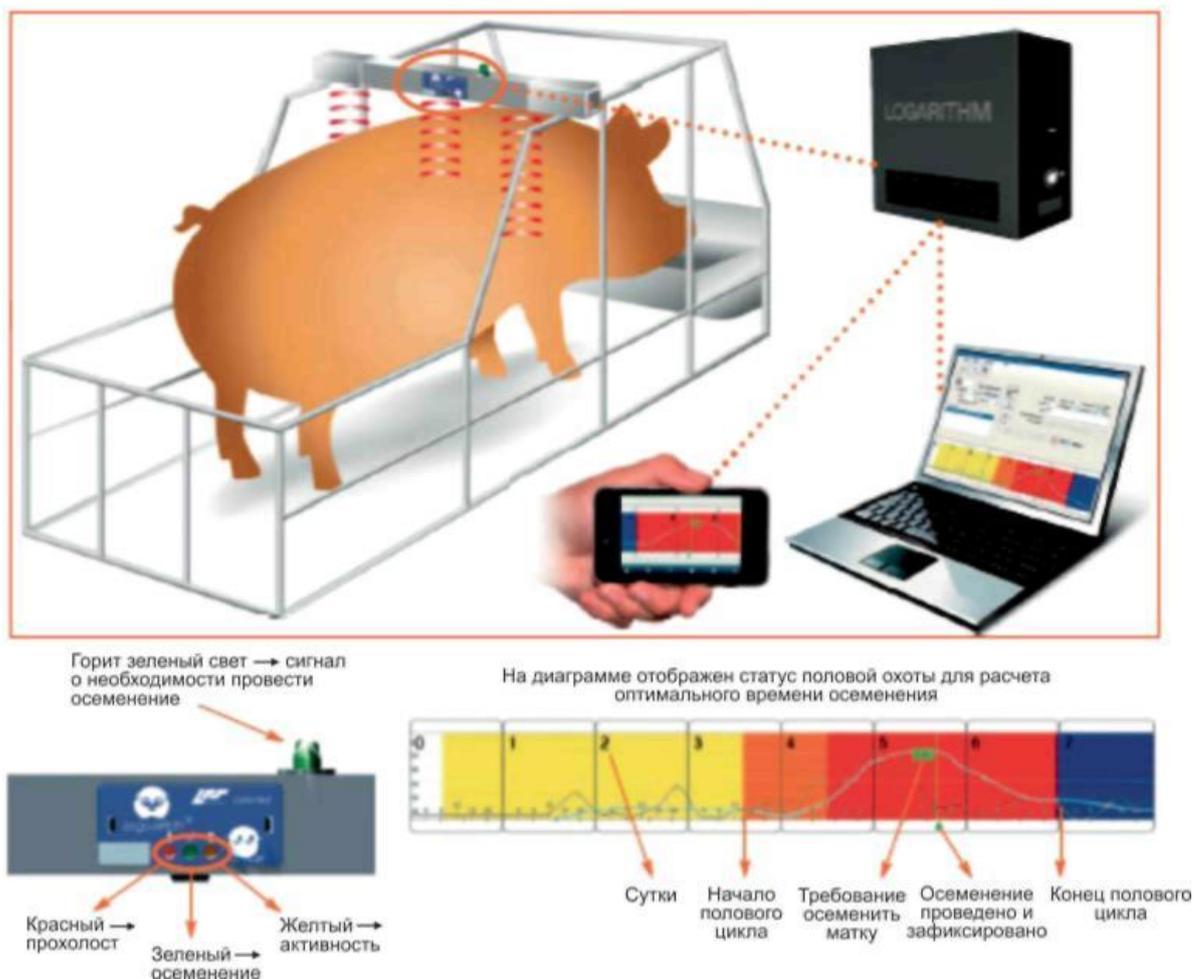


Рисунок 8.3 – Технология искусственного осеменения

Три инфракрасных датчика отслеживают поведение свиноматки 24 ч в сутки все семь дней недели. Прибор для наблюдения устанавливается непосредственно над свиноматкой в индивидуальном станке. На светодиодном дисплее в любое время можно считать всю важную информацию, например, относительно прохолоста, статуса осеменения либо необходимости его проведения. Ядром системы является мощный компьютер, в режиме реального времени непрерывно анализирующий поступающую информацию о поведении животных, сравнивая при этом полученные результаты с исходными данными. На основе данных расчетов и определяется

точное время искусственного осеменения каждой свиноматки в отдельности. Вся информация по протеканию половой охоты выводится на подключенный ПК либо ноутбук в виде доступных диаграмм.

Эта технология успешно используется в различных странах мира и внедряется в России. В апреле 2011 г. на ферме в пос. Ульяново Калужской области смонтирована система *PigWatch*. Хозяйство рассчитано на 320 продуктивных свиноматок. Первые результаты работы подтверждают высокую эффективность оборудования. Важно отметить, что его можно использовать в уже существующих свинарниках.

Расширение программного обеспечения компании *Big Dutchman* программным продуктом *BigFarmNet* для дополнительного контроля состояния здоровья свиноматки при групповом содержании с кормлением по требованию позволяет распознать состояние свиноматки в зависимости от последовательности посещения кормовой станции. В основе данной разработки лежат научные исследования, показывающие, что сильные отклонения в ежедневных периодах кормления и в последовательности посещений во многих случаях указывают на ухудшение здоровья или наступление повторного эструса (течки).

Дальнейшее совершенствование систем на основе электронной идентификации свиней идет в направлении расширения их аналитических функций.

Фирма *NEDAP* предложила систему тестирования продуктивности свиней – *PigPerformanceTesting* (рисунок 8.4). Система регистрирует показатели роста и потребления корма при каждом кормлении гибридного животного. Анализ данных позволяет определить оптимальное сочетание линий.

Система представляет собой установку для кормления свиней по требованию, оснащенную модулем для взвешивания животных. Одна установка рассчитана на обслуживание не более 15 гол.

Внутренние размеры установки могут быть изменены в соответствии с размерами животных, обеспечив им удобный доступ к кормушке. Дозирование корма производится с точностью 98 %, максимальное отклонение при регистрации массы свиньи составляет 1 кг. По объему корма система определяет его наличие или отсутствие в бункере. Если в бункере корма нет, то система останавливается и подает сигнал.



Рисунок 8.4 – Система тестирования продуктивности свиней *PigPerformanceTesting* фирмы *NEDAP* (Нидерланды):

1 – бункер для корма; 2 – контрольный узел; 3 – модуль взвешивания животных; 4 – кормушка со взвешивающим модулем; 5 – съемные панели; 6 – дисплей с текущими значениями массы отдельного животного; 7 – дисплей с текущими значениями потребления корма отдельным животным

Автоматическая регистрация данных исключает влияние человеческого фактора. Зарегистрированная информация сохраняется и обрабатывается как на месте, так и централизованно. Системой можно управлять с помощью смартфона, планшета или компьютера. Собранные данные через интернет могут передаваться партнерам: в научно-исследовательские институты, ветеринарам, в селекционные центры или поставщикам корма. Сохранение данных в виде резервной копии на сервере обеспечивает их защиту в случае форс-мажорных обстоятельств.

Первые 100 установок уже проданы в Китай компаниям, занимающимся селекцией, крупным хозяйствам, научно-исследовательским и образовательным учреждениям. Приобретение этих систем субсидируется китайским правительством. С помощью этих установок в стране пытаются решить вопросы селекции животных, ограничив зависимость от импорта племенных животных из США и Европы.

О возрастающем интересе к системам на основе электронной идентификации животных, их перспективности свидетельствует и то, что растет число фирм, предлагающих подобное оборудование. Так, фирма *Schauer Agrotronic GmbH* представила ряд станций группового содержания свиноматок (рисунок 8.5, а):

– *CompidentSimultan* – рассчитана на индивидуальное кормление 10-20 свиноматок;

– *CompidentPig* – разработана для контрольно-испытательных учреждений, по требованию заказчика может быть оснащена взвешивающим устройством;

– *Compident* – предназначена для кормления по требованию при групповом содержании 80 свиноматок. Может применяться в новых и реконструированных помещениях со сплошными, щелевыми полами и соломенной подстилкой;

– *Compident SMART* – система транспондерного кормления для стабильных групп в отделении супоросных свиноматок.

Опознавание животных производится с помощью транспондеров *TIRIS*. Благодаря использованию компьютера с программами *CompidentVistaSenso* и *CompidentTopo* можно организовать оптимальное управление стадом свиноматок и дистанционно через интернет. Фирма *Big Dutchman* (Германия) для индивидуального (по требованию) кормления свиноматок сухим кормом при групповом содержании предложила установки *Cal-Inn* и *CallMaticpro* (рисунок 8.5, б, в). В сочетании с программным продуктом *BigFarmNet* эти установки удовлетворяют современные требования менеджмента и благополучия животных.

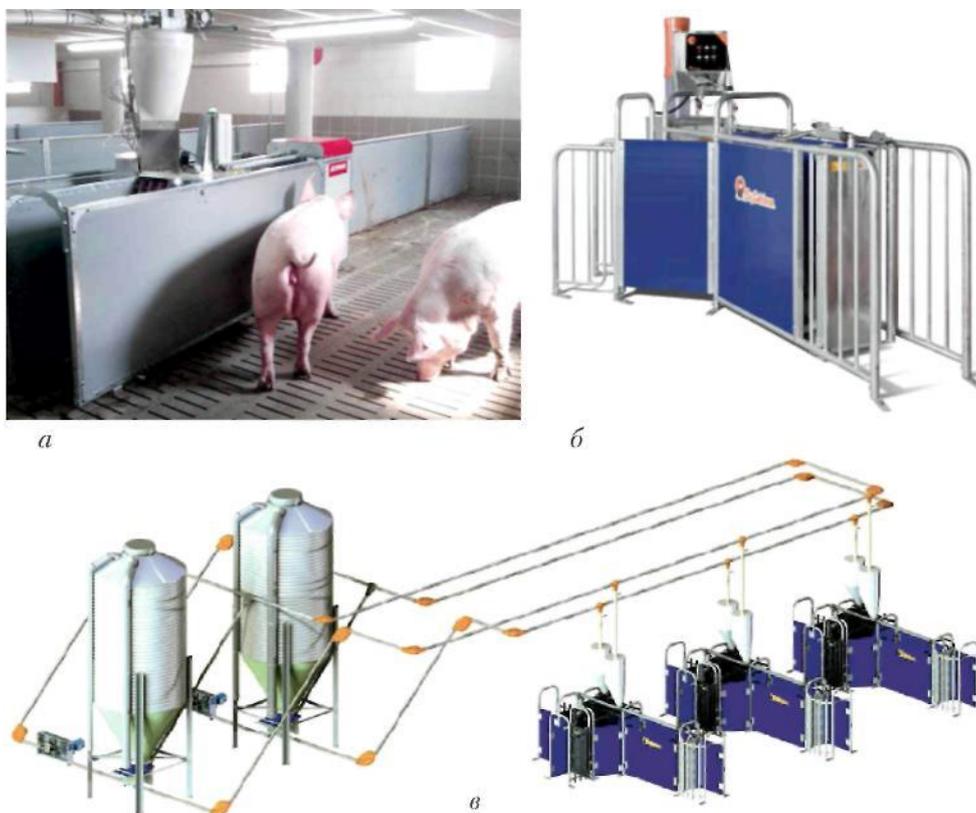


Рисунок 8.5 – Станции индивидуального кормления свиноматок при их групповом содержании фирмы *Schauer Agrotronic GmbH*:  
а – *Compident*, б – *Call-Inn*, в – *CallMaticpro* (сухое кормление)

Дальнейшее развитие информационных технологий, применяемых в свиноводстве, идет в направлении системных решений, которые обеспечивают эффективность управления предприятием за счет сбора, накопления и анализа параметров выполнения как отдельных технологических процессов, так и производственно-экономических показателей производства.

Примером этого является система менеджмента и мониторинга для животноводческих комплексов *FarmManager 1.0* от компании *Schauer Agrotech GmbH* (Австрия). Интерактивная программа осуществляет мониторинг всех необходимых систем, включая расход кормов и воды, микроклимат, движение животных, состояние и работу оборудования. В случае чрезвычайной ситуации управляющий извещается о проблеме посредством *E-Mail* или *SMS*. Данные о кормлении, вентиляции и тому подобное постоянно хранятся в центральной базе данных, что очень удобно для последующего анализа и принятия решений. Благодаря базе данных, в том числе записям видеокамер, причины поломок быстро выявляются и устраняются.

Аналогичная разработка немецкой фирмы *Big Dutchman* – система *BigFarmNet* (рисунок 8.6). Она позволяет управлять микроклиматом, автоматической системой кормления и всеми производственно-экономическими процессами – содержанием свиноматок, дорастиванием поросят и откормом, выращиванием птицы.

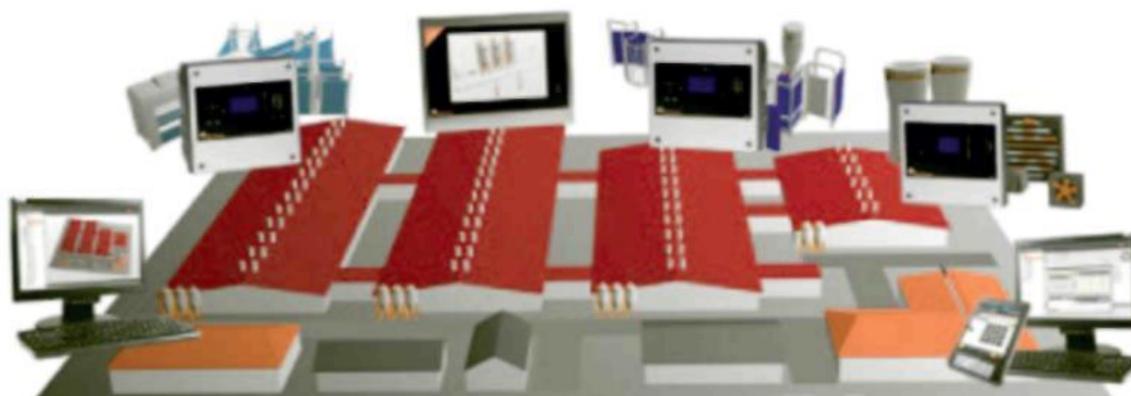


Рисунок 8.6 – Система *BigFarmNet* немецкой фирмы *Big Dutchman*

Все компьютеры системы объединены в одну сеть. Благодаря этому обеспечивается одновременный доступ ко всем данным, независимо от того с какого компьютера ведется работа – ПК в офисе или в животноводческом помещении.

Компьютерная программа *Big Farm Net-Manager* позволяет графически и в виде таблиц отображать, подготавливать и управ-

лять данными по микроклимату, а также всеми производственными данными с одного ПК в офисе. Настройки по корму, воде и освещению могут быть внесены и затем автоматически перенесены на остальные помещения, работающие в идентичном производственном режиме. Это служит наилучшей предпосылкой для наиболее полного использования потенциала продуктивности поголовья, экономии расходов и, как следствие, достижения хороших результатов. Программное обеспечение не только ведет учет расхода электроэнергии, но и увязывает его с такими данными, как порода, количество и возраст животных. Таким образом, можно сравнить данные по расходу на каждое животное, каждое здание или каждую установку, собрать и учесть данные о погоде от служб Интернета, данные датчиков микроклимата или данные об энергии, производимой ветровыми, солнечными или биогазовыми энергетическими установками с помощью дополнительно устанавливаемого счетчика электроэнергии, установить граничное значение расхода, при превышении которого генератор вырабатывает дополнительную энергию. Анализ рентабельности на основе расходов даёт возможность лучшего планирования будущих инвестиций.

## **8.2 Системы контроля и управления в птицеводстве**

В современных условиях высокий уровень менеджмента является обязательным для получения высоких производственных показателей работы птицефабрик. Высокая степень автоматизации и механизации процессов на предприятии служит основой для внедрения современных технических решений в области информационных технологий. Технические решения в области компьютерных технологий позволяют организовать управление как отдельными технологическими процессами, так и производством в целом, охватывая технологические и экономические показатели.

Фирма Big Dutchman представила новую разработку – компьютерную программу управления фермой *Farm Power Manager* (рисунок 8.7), которая является новым программным обеспечением для контроля всего расхода энергии (зависящий от тарифов анализ затрат и прогноз будущего расхода). Сбор и представление информации о детальном энергопотреблении в производстве – это первое исходное условие экономии энергии. Только тот, кто знает расходы на отдельные технологические процессы (например, кормления, поения, сбора яиц, удаления помета, создания и поддержания мик-

роклимата) может оценить возможный потенциал экономии энергии и избежать дорогих максимальных нагрузок.

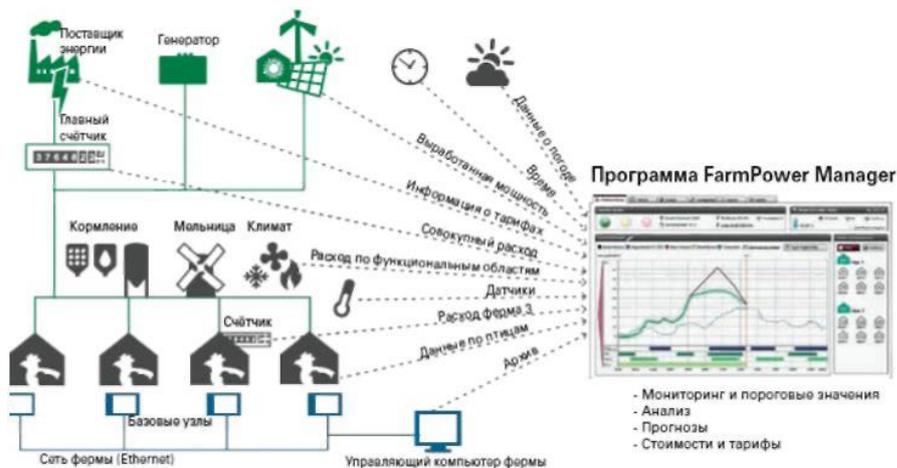


Рисунок 8.8 – Компьютерная программа управления фермой *FarmPowerManager* фирмы *Big Dutchman* (Германия)

Система *EggCam* компании *Big Dutchman International GmbH* – это совершенно новая система для подсчета яиц с интегрированным опознаванием их массы и регистрацией параметров качества яиц (загрязненность скорлупы) с помощью видеодатчика. У прежних систем яйца подсчитывались при сборе механическим и электронным способами, а контроль массы и качества не производился. Грязные яйца учитывались недостаточно хорошо и отсортировывались вручную. Между тем быстрая и объективная регистрация этой информации сегодня необходима для оптимального менеджмента хозяйства. Благодаря регистрации массы яиц система *EggCam* позволяет определить массу произведенной продукции уже при сборе яиц. При отклонении от целевых параметров можно быстро внести соответствующие коррективы. Опознавание грязных яиц и яиц с поврежденной скорлупой позволяет определять проблемные зоны в отдельных участках птичника и предварительно сортировать яйца. Подобной системы в области содержания кур-несушек до сих пор не существовало. Она представляет собой интересный и важный инструмент менеджмента для средних и крупных комплексов по содержанию кур-несушек (в том числе и для напольного и мелкогруппового содержания). Компьютерная система учета раздачи кормов, разработанная научно-производственной фирмой «Севекс», предназначена для нормированной раздачи кормов по времени, учета расхода корма в птичнике и беспроводной передачи

данных в компьютер. Она обеспечивает ввод и хранение сведений о массе порции комбикорма от 1 до 50 кг, норм раздачи комбикорма от 1 до 1000 кг, времени его раздачи, а также нормированную раздачу комбикорма по времени, индикацию массы дозируемого комбикорма, учет его расхода за сутки, неделю, месяц, год; передачу данных о выданной норме комбикорма в компьютер по радиомодему. Система диспетчеризации птицефабрик НПФ «Севекс» предназначена для круглосуточного беспроводного централизованного сбора информации в технологических помещениях (птичники, котельная и др.). Оборудование состоит из трех узлов: традиционного компьютера, расположенного в диспетчерской, микропроцессорного блока и датчиков, размещаемых в птичнике (рисунок 8.9). Важнейшим отличием от аналогов является отсутствие проводов и кабельных коммуникаций, соединяющих диспетчерскую и птичники: вся информация передается и принимается с помощью радиомодемов (разрешения на использование радиочастот не требуется).



Рисунок 8.9 – Система диспетчеризации птицефабрик НПФ «Севекс»

Диспетчерская может располагаться далеко, так как каждый блок, установленный в птичнике, имеет возможность транзитно передавать информацию дальше. Как следствие – повышение надежности и резкое снижение затрат на монтаж и обслуживание оборудования. В птичнике сбор и передача данных со всех измерительных приборов осуществляются по единой цифровой трехпроводной линии. Применяемые датчики передают сведения в едином цифровом стандарте, что повышает точность и надежность системы. Монтаж, настройка и обслуживание оборудования производятся легко и быстро, не требуется высокой квалификации электриков или связистов, что позволяет в дальнейшем без проблем наращивать систему контроля. В каждом птичнике устанавливается ком-

плект оборудования; контролируемые параметры выбираются заказчиком индивидуально для каждого случая. Просмотр параметров производится с помощью дисплея, а управление контроллером, с помощью клавиатуры или дистанционного инфракрасного пульта. Программное обеспечение позволяет контролировать до 64 птичников, на экране отображаются значения, графики, расчеты, сообщения и др. Параллельно происходит информирование, построенное по голосовому принципу. Сообщения озвучиваются компьютером в помещении диспетчерской службы, а также могут передаваться на переносное приемное устройство дежурному электрику голосом в следующем виде: «В птичнике номер пять температура низкая», «В птичнике номер восемь несанкционированное отключение освещения», «В птичнике номер семь сработала пожарная сигнализация».

Отслеживаемые специалистами птицефабрики данные позволяют корректировать все технологические процессы, что повышает эффективность всего производства.

Технические разработки, обеспечивающие организацию автоматизированного контроля отгрузки продукции с весовым и аналитическим контролем, а также с видеофиксацией отгрузки каждой упаковки и тары как собственного, так и клиентского транспорта, въезд/выезд транспорта с готовой продукцией, комбикормом и со всеми его компонентами (при наличии кормоцеха) на территорию, с контролем собственного (в том числе включая GPS наблюдение) и транспорта поставщика, индивидуального контроля расхода комбикорма по каждому птичнику, контроля и управления процессами всего инкубатория и каждого инкубатора в отдельности, приготовления, весового дозирования, аналитического контроля приготовления комбикормов реализованы в технических разработках как зарубежных фирм (*Big Dutchman* и др.), так и ряда отечественных (НПФ «Севекс», «Микроэл», ГНУ ВИЭСХ и др.). Дальнейшее развитие и внедрение информационных технологий на птицеводческих предприятиях ведутся в направлении разработки и реализации системных решений, которые выполняют не только классическую функцию сбора и регистрации данных, но и интегрируют всю информацию по производству. При этом гарантируется полное и быстрое отслеживание данных.

Также предлагаются системы менеджмента на основе сетевых технологий, обеспечивающих системное управление производ-

ством. Примером является система *Amacs* фирмы *Big Dutchman*, предназначенная для управления производством яиц (рисунок 8.10). Сетевые технологии позволяют осуществлять мониторинг и управление всеми процессами в птичниках независимо от места нахождения последних посредством интернет-технологий, смартфона или планшетного компьютера. Система может использоваться как в малых, так и больших птичниках. Модульный принцип построения позволяет оптимально адаптировать ее к ситуации на конкретном предприятии.

Система позволяет непрерывно вести процесс сбора данных, осуществлять управление и наблюдение за производственными процессами в птичниках традиционного и альтернативного типов содержания несушек либо на всем птицеводческом комплексе.

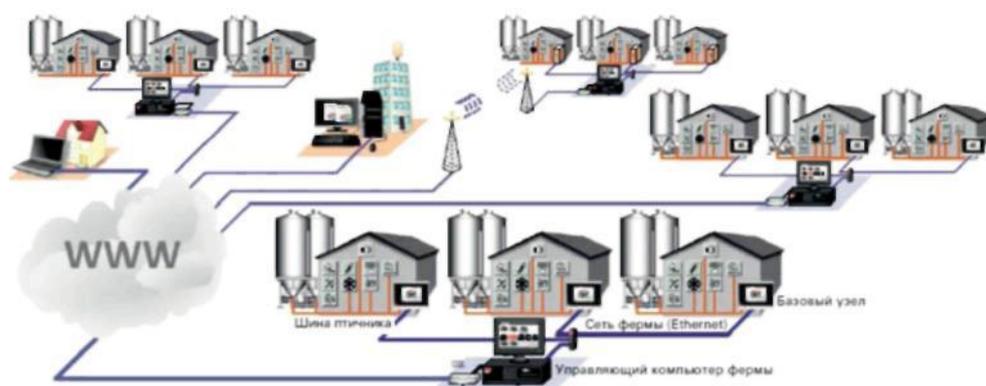


Рисунок 8.10 – Схема сетевого оснащения *Amacs*

Дополнительными преимуществами данной системы являются визуализация всех данных и результатов посредством графического отображения наряду с воспроизведением текущего изображения непосредственно из птичника посредством пригодной к эксплуатации в условиях птичника камеры. Таким образом, обеспечивается непосредственная трансляция видеоизображения из птичника через локальную сеть на центральный компьютер фермы либо посредством браузера – на персональный компьютер в офисе.

В комплекс функциональных возможностей системы входит также и система оповещения о срабатывании сигнала тревоги посредством передачи сообщений на средства мобильной связи (телефон, смартфон, планшетный компьютер).

В зависимости от требований к типу информации мониторинг и управление могут проводиться по четырем функциональным группам каждого птичника: микроклимат, производство, сбор яйца и

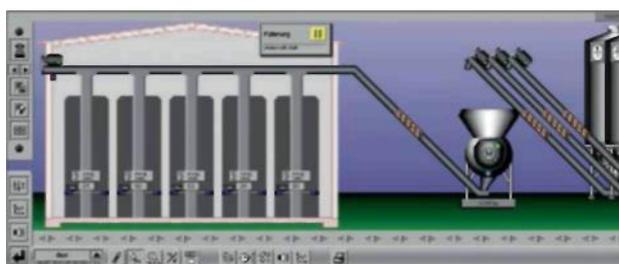
сушка помета. Посредством удаленного доступа обеспечивается центральное отслеживание данных ферм, расположенных в разных точках. Благодаря чрезвычайной гибкости система *Amacs* устанавливает новые стандарты в области менеджмента.

В качестве стартового окна на основном компьютере фермы отображаются все управляемые птичники. Каждый птичник располагает активированными функциональными кнопками, которые позволяют напрямую производить настройку и контроль различных параметров функциональных групп.

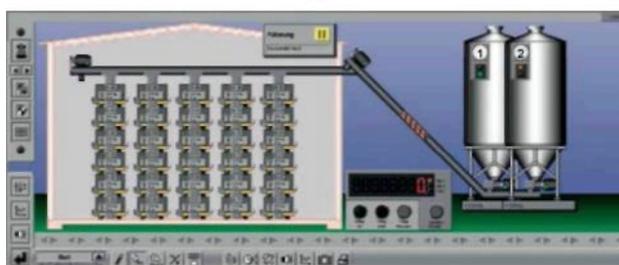
Функциональная группа «Микроклимат» позволяет установить в птичнике необходимые параметры микроклимата. Предусмотрено управление всеми системами вентиляции (от поперечной до тоннельной), охлаждения и отопления.

Функциональная группа «Производство» включает в себя комплексный менеджмент, в который входит управление кормлением, освещением, расходом воды и сигналом тревоги.

Обеспечение птиц кормом в соответствии с их возрастом и яйценоскостью является решающим фактором в вопросе экономии корма. Система позволяет в любое время рассчитать его расход на ярус и голову в день. Свободно программируемая система менеджмента кормления дает возможность регулировать процесс потребления корма автоматически или вручную. Расход корма рассчитывается с помощью взвешивания бункера или корма, выгружаемого из него (рисунок 8.11).



*a*



*б*

Рисунок 8.11 – Схема расчета расхода корма посредством взвешивания выгружаемого из бункера корма (*a*) и взвешивания бункеров (*б*)

Данные передаются поставщику корма, который в зависимости от ситуации принимает решение о необходимости поставки кормов. Система ведет автоматический учет количества поставок корма.

Функциональная группа «Производство» управляет также и водоснабжением, освещением, гнездами и выгулом.

Оптимальное обеспечение птицы водой – залог высокой яйценоскости. На основе показаний 12 электронных счетчиков учитывается общий расход воды в литрах либо суточный расход воды в миллилитрах на одну несушку.

Потребление воды регулируется таймером, а расход воды может рассчитываться как поярусно, так и на каждый ряд – в зависимости от типа системы поения.

Правильно отрегулированное освещение оказывает большое влияние на поведение птицы, яйценоскость, качество яйца и конверсию корма. Свободно программируемые таймеры, функция симуляции рассвета и наступления сумерек позволяют реализовать в птичнике любой режим освещения. Посредством датчика освещения осуществляется активное (фактическое) управление режимом освещения. Еще одним плюсом является так называемое контрольное освещение. Это значит, что вовремя обхода освещение увеличивается на определенное время, после чего снова автоматически приглушается. При альтернативном содержании несушек система Amacs осуществляет и управление открытием/закрытием гнезд для кладки, выгулов и откидных решеток.

Функциональная группа «Сбор яйца» управляет работой систем сбора и учета яиц. Счетчик яиц ведет автоматический учет количества снесенных несушками яиц, сохраняя данную информацию в базе данных для составления протоколов и графиков.

Сравнение с заданными в системе (с учетом кросса и возраста птицы) значениями позволяет установить оптимален ли уровень яйценоскости. Стандартная программа оптимизирует сбор яйца с продольного транспортера.

Скорость движения лент может устанавливаться вручную, автоматически (функция «Яиц/ч») либо в сочетании с системой *Digital EggFlow*. Дополнительные датчики позволяют проследить за ходом процесса сбора яйца продольными транспортерами. Сразу можно увидеть, где и сколько яиц снесено. При этом прямо отслеживается и отмечается цветом, достигнуто ли ожидаемое количество яиц.

Функциональная группа «Сушка помета» управляет работой подмешивающего вентилятора, теплообменника либо центробежного вентилятора. При необходимости предусмотрена возможность управления и автоматическими фильтрами.

В одном корпусе могут работать до восьми подмешивающих вентиляторов. Прямое ручное управление через интерфейс ПК также возможно, как и почти для всех приводов, управляемых системой *Amacs*. Кроме того, с помощью группы «Сушка помета» можно управлять обеими ленточными сушилками *OptiSec* или *OptiPlate*. Для этого поставляется отдельный базовый узел в отдельном распределительном шкафу. Производственные данные выводятся напрямую на сенсорный дисплей. В качестве опции все данные можно передавать через сеть на управляющий компьютер фермы, на котором установлено программное обеспечение, и таким образом осуществлять управление.

Система *Amacs* позволяет осуществлять контроль посредством вывода всех данных на компьютер фермы в сервисном помещении.

Сбой в подаче питания, отклонения от нормы в температурном режиме, в параметрах расхода воды и корма наряду с уменьшением объема корма в бункере ниже минимальной отметки являются серьезными причинами для срабатывания сигнала тревоги. Система *Amacs* передает всю информацию о нарушениях в работе оборудования посредством электронной почты на мобильную связь. Параллельно с возможностью передачи аварийного сигнала предусмотрена автономно работающая система аварийной сигнализации. Хронологическая статистика событий, выступающая одновременно в роли производственного журнала, позволяет выявить и отследить часто повторяющиеся сбои в работе оборудования. Фильтры событий позволяют сузить поиск до целенаправленной выборки, например, проблем производственного характера либо сбоев в работе системы микроклимата.

Аналогичная система создана для откорма бройлеров и родительского стада.

### **8.3 Роботизированные установки для уборки навоза**

Регулярная и полная уборка навоза из животноводческих помещений является необходимым условием получения высококачественной продукции животноводства, обеспечения требуемого микроклимата и санитарного состояния ферм, сохранения здоровья

животных и обслуживающего персонала. Кроме того, это один из наиболее трудоемких процессов на ферме. В связи с этим для снижения затрат труда и обеспечения качественной и своевременной уборки навоза в животноводческих помещениях за рубежом были разработаны роботизированные системы навозоудаления, которые явились одним из этапов эффективного внедрения информационных технологий в животноводство.

От того, каким образом осуществляется уборка навоза, зависят объем получаемой на ферме навозной массы, ее физико-механическая характеристика и эффективность использования в растениеводстве как органического удобрения, обеспечение охраны окружающей среды от загрязнений, суммарные затраты, связанные с его обработкой, хранением, транспортированием и внесением в почву. С учетом этого большое распространение на фермах в России и за рубежом получили механические технические средства для удаления навоза, использование которых помимо обеспечения высокого качества уборки не приводит к увеличению объема получаемой на ферме навозной массы.

Разработанные роботизированные системы удаления навоза выполнены в виде механических технических средств. При уборке навоза с поверхности навозных проходов, оборудованных щелевыми полами, основными задачами используемых технических средств являются сбор и проталкивание навозной массы через щели в подпольное пространство, где она накапливается или удаляется с помощью механических или гидравлических систем. Это обстоятельство и обусловило разработку для очистки щелевых полов мобильных роботов, работающих в автономном режиме. Эти машины имеют компактную конструкцию и оснащены электроприводом с энергоснабжением от аккумуляторных батарей, программируемой системой управления и рабочим органом, в качестве которого чаще всего используется фронтальный поперечный скрепер. Навозоуборочный робот *Srone* такой конструкции разработан компанией *GEA Farm Technologies* (рисунок 8.12). Все основные элементы конструкции робота размещены на шасси с двумя большими приводными колесами и одним маленьким направляющим колесом. Энергоснабжение электропривода *Srone* осуществляется от аккумуляторных батарей, емкость которых обеспечивает работу робота в течение 19,5 ч в сутки. При такой продолжительности работы и рабочей скорости передвижения 4 м/мин *Srone* способен очищать от

навоза поверхность решетчатых полов в животноводческих помещениях до 8 раз в сутки на площади 6000–8600 м<sup>2</sup>. Зарядная станция, входящая в комплект оборудования, за счет наличия функции быстрой зарядки позволяет всего за 4,5 ч (в основном в ночное время) производить полную зарядку аккумуляторных батарей.



Рисунок 8.12 – Навозоуборочный робот *Srone*

Высокое качество очистки даже угловых зон проходов достигается благодаря оснащению скрепера боковыми створками с роликами и сменным резиновым скребкам скрепера, а также очень высокой маневренности робота (для полного разворота робота требуется расстояние всего в 2 м). Надежное перемещение по поверхности решетчатых полов и создание необходимого усилия для сдвигания навозной массы скрепером (до 100 кг) обеспечиваются путем увеличения массы робота до 400 кг и оснащения приводных колес шинами с глубоким протектором.

Взаимодействие боковых створок скрепера с кромкой навозного канала (комплект кромок на все помещение входит в стандартную поставку) в сочетании с сенсорами обеспечивают следование робота по заданному маршруту. Поэтому первыми мероприятиями, которые необходимо выполнить при переходе на автоматическую уборку навоза, являются оснащение всех навозных проходов специальными кромками и установка зарядной станции, которая является отправной точкой для следования по всем запрограммированным маршрутам. Программное обеспечение системы управления робота позволяет осуществлять все его перемещения по заданному

маршруту полностью в автоматическом режиме. При потере контакта боковых створок скрепера с кромкой навозного канала (например, при движении по криволинейной траектории, отклонении от маршрута, начале работы и т. д.) система управления робота выдает сигнал на направляющее колесо для обеспечения движения робота в сторону кромки канала вплоть до соприкосновения с ней.

Имеется возможность запрограммировать два режима зарядки аккумуляторов робота: один раз в сутки на 6 ч или 2 раза в сутки по 4 ч. Через каждые 28 дн аккумуляторы робота заряжают в непрерывном режиме в течение 10 ч (в системе управления эта функция запрограммирована и выполняется автоматически). Безопасная эксплуатация *Srone* обеспечивается за счет наличия функции остановки робота при превышении усилия сталкивания (на скрепере) выше допустимого значения с последующим возобновлением движения по обходному маршруту (при необходимости).

Навозоуборочный робот *RS250* аналогичной конструкции разработала фирма *DeLaval* (рисунок 8.13). На его шасси, также как и у *Srone*, размещены электропривод с энергоснабжением от аккумуляторных батарей, фронтальный скрепер и автоматическая система управления с интегрированной функцией безопасной эксплуатации робота. Программирование маршрута передвижения *RS250* осуществляется вручную с использованием портативного контроллера.



Рисунок 8.13 – Навозоуборочный робот RS250 фирмы DeLaval

Емкость батарей аккумуляторов робота *RS250* позволяет производить очистку щелевых полов от навоза 5 раз в сутки без подзарядки в помещении с содержанием до 250 коров. Фирма *JOZ* (Нидерланды) разработала робот для удаления навоза с щелевых полов *JOZ-Tech*. Он, как и предыдущие его аналоги, состоит из шасси,

электропривода, аккумуляторных батарей, автоматической системы управления и скрепера.

Долговечность работы машины обеспечивается благодаря использованию для изготовления основных узлов и деталей машины высококачественных износостойких материалов. Аккумуляторы большой емкости заряжаются автоматически специальным зарядным устройством, размещаемым в любом месте помещения. Программное обеспечение системы управления робота позволяет выполнять в автоматическом режиме перемещения по установленному маршруту (за счет установленных в полу проходов датчиков), установленную периодичность уборки (в том числе и запрограммированные специальные уборки), аварийный останов и др. Система безопасной эксплуатации позволяет при необходимости самостоятельно находить альтернативные пути движения робота, если какие-либо препятствия делают невозможным его следование по запрограммированному маршруту. Для перемещений робота по маршруту, на пути следования, по которому не установлены датчики направления движения, можно воспользоваться портативным электронным прибором для дистанционного управления работой *JOZ-Tech*. Система управления также оснащена модемом для беспроводной связи через интернет с центральным пультом управления фермы, благодаря чему информация о всех сбоях и аварийных ситуациях сразу поступает в диспетчерскую.

При перемещении со скоростью 4 м/мин, длительности работы в течение 18 ч и максимальной ширине захвата скрепера (изменяется в пределах 130–190 см) робот способен за сутки очистить 8 тыс. м<sup>2</sup> поверхности решетчатых полов в проходах животноводческого помещения.

Робот для удаления навоза со щелевого пола *Enro* компании *Schauer* имеет высоту менее 45 см (рисунок 8.14), благодаря чему без проблем может проезжать под разделительными решетками. Круглая форма его конструкции предотвращает его застревание в углах животноводческого помещения и способствует оптимальной очистке труднодоступных участков. В систему управления роботом внесены дополнения. Теперь маршруты движения робота можно устанавливать с помощью компьютера, благодаря чему отпадает необходимость обучать робот соответствующим перемещениям в животноводческом помещении.



Рисунок 8.14 – Робот для удаления навоза с щелевого пола *Enro*

Используя свои многочисленные наработки в области создания роботизированных систем для животноводства, фирма *Lely* для уборки навоза с щелевых (возможно и со сплошных – длиной до 5 м) полов коровников разработала мобильный робот *Discovery* (рисунок 8.15).



Рисунок 8.15 – Навозоуборочный робот *Discovery*

Как и все предыдущие аналоги, *Discovery* работает от аккумуляторной батареи, а в качестве рабочего органа также используется скрепер. Маршрут движения робота программируется с помощью дистанционного пульта управления по электронным каналам связи *E-link* (рисунок 8.16). С целью более интенсивной очистки наиболее загрязненных участков оператор может внести соответствующие изменения в уже введенное задание. Заранее программируется и расстояние робота от внешних конструктивных ограждений коровника, которое поддерживается при всех его перемещениях с помощью ультразвукового датчика.



Рисунок 8.16 – Один из вариантов маршрута движения навозоуборочного робота *Discovery*

Отправным пунктом для выполнения каждого запрограммированного маршрута уборки является зарядная станция (рисунок 8.17).



Рисунок 8.17 – Зарядная станция навозоуборочного робота *Discovery*

Оригинальным элементом конструкции является размещенная во фронтальной части корпуса *Discovery* дуга безопасности, которая служит для предотвращения блокирования движения робота при его столкновении с препятствиями.

Для уборки сухого навоза с поверхности щелевого пола компания Lely разработала робот *Discovery-90S*, отличительной особенностью которого от базовой версии является наличие бака для воды (емкость 30 л) и водопроводной арматуры с форсункой (расход воды 0,5 л/мин). Для заполнения водой бака *Discovery-90S* в по-

мещении коровника устанавливается специальная станция, оснащенная автоматическим клапаном долива воды. Робот автоматически подсоединяется к станции дозирования воды и открывает клапан, придвигая чашу вперед. После этого бак *Discovery-90S* заполняется водой в объеме, достаточном как минимум для перемещения по одному маршруту.

Рабочий процесс робота *Discovery-90S* начинается с разбрызгивания из форсунки воды по поверхности пола с высохшим навозом, а затем осуществляется уборка увлажненного навоза в обычном режиме.

Управление технологическими процессами на автоматизированной животноводческой ферме не является сложным процессом так как автоматизация должна снижать нагрузку на человека, однако требует высокого уровня подготовки персонала от оператора до управляющего.

### **Контрольные вопросы**

1. Электронные системы в свиноводстве.
2. Системы контроля и управления в птицеводстве.
3. Роботизированные установки для уборки навоза.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никитина А. Современные методы идентификации животных / А. Никитина // Животноводство России. – 2011. – № 5. – С. 25–26.
2. Сандип Л. RFID. Руководство по внедрению / Л. Сандип ; пер. с англ. А. Казакова – М. : Кудиц-Пресс, 2007. – 312 с.
3. Федоренко В. Ф. Информационные технологии в сельскохозяйственном производстве: науч. анализ. Обзор / В. Ф. Федоренко. – М. : Росинформагротех, 2014. – 217 с.
4. Электронные системы идентификации в животноводстве: анализ. Справочник / Т. Н. Кузьмина. – М. : Росинформагротех, 2011. – 29 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	4
1.1 Автоматизированные системы управления.....	4
1.2 Системы автоматического регулирования.....	15
1.3 Системы автоматического контроля.....	18
2 ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....	25
2.1 Датчик («орган чувств»).....	25
2.2 Усилительные элементы.....	38
2.3 Исполнительные элементы.....	40
3 ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ.....	48
3.1 Процесс электрификации животноводческих ферм.....	48
3.2 Энергосберегающие технологии в животноводстве.....	58
3.3 Технологические и технические аспекты снижения ресурсозатрат.....	63
4 МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОЕНИЯ ЖИВОТНЫХ И ПТИЦЫ.....	69
4.1 Зоотехнические требования к воде для поения животных.....	69
4.2 Классификация автопоилок.....	70
4.3 Назначение, устройство и принцип работы автопоилок.....	71
5 ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ МЕХАНИЗАЦИИ И АВ- ТОМАТИЗАЦИИ МОЛОЧНЫХ ФЕРМ.....	83
5.1 Реализация программы по автоматизированию технологических процессов в животноводстве с использованием уже созданного производственно- технического потенциал.....	83
5.2 Электронная система управления стадом.....	87
5.3 Некоторые результаты аудиторской проверки группой специалистов компании Afimilk после модернизации ферм.....	96

6 АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ.....	109
6.1 Электронные системы идентификации в животноводстве.....	109
6.2 Информационный менеджмент в молочном скотоводстве.....	116
6.3 Электронные системы в технологии кормления животных.....	140
7 НЕКОТОРЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОРМЛЕНИЯ ПТИЦЫ ОТ КОМПАНИИ BIG DUTCHMAN.....	150
7.1 Технологические особенности линии для кормления птицы <i>AugerMatic</i> .....	150
7.2 Линия автоматического взвешивания корма <i>AugerMatic</i>	152
7.3 Кормушки для откорма бройлеров <i>AugerMatic</i> .....	154
7.4 Кормушки для индеек <i>TRU PAN</i> .....	160
8 МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ НЕКОТОРЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СВИНОВОДСТВЕ И ПТИЦЕВОДСТВЕ.....	165
8.1 Электронные системы в свиноводстве.....	165
8.2 Системы контроля и управления в птицеводстве.....	172
8.3 Роботизированные установки для уборки навоза.....	179
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	187
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	188

Учебное издание

**Фролов** Владимир Юрьевич, **Бычков** Александр Владимирович,  
**Брусенцов** Анатолий Сергеевич и др.

**МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ  
В ЖИВОТНОВОДСТВЕ**

*Учебное пособие*

В авторской редакции

Компьютерная верстка – В. А. Дробот  
Макет обложки – Н. П. Лиханская

Подписано в печать 00.00.2020. Формат 60 × 84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.

Усл. печ. л. – 11,1. Уч.-изд. л. – 8,6.

Тираж 50 экз. Заказ №

Типография Кубанского государственного аграрного университета.  
350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13