

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ,  
НАУКИ И КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ  
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

# **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ПРОЦЕССОВ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ**

*Курс лекций*

*для студентов, обучающихся по специальности  
углубленного высшего образования 7-06-0812-01 Техническое  
обеспечение производства сельскохозяйственной продукции*

Горки  
Белорусская государственная  
сельскохозяйственная академия  
2025

УДК 631.171:636(075.8)

ББК 40.7я73

П79

*Рекомендовано методической комиссией факультета  
механизации сельского хозяйства 26.02.2024 (протокол № 6)  
и Научно-методическим советом  
Белорусской государственной сельскохозяйственной академии  
28.02.2024 (протокол № 6)*

Авторы:

доктор технических наук, профессор *А. В. Китун*;  
доктор технических наук, профессор *В. И. Передня*;  
кандидат технических наук, доцент *Н. Н. Романюк*;  
старший преподаватель *Ю. А. Крупенин*;  
кандидат технических наук, доцент *П. Ю. Крупенин*

Под общей редакцией П. Ю. Крупенина

Рецензенты:

кандидат технических наук, доцент *И. В. Дубень*;  
кандидат технических наук, доцент *А. И. Филиппов*

**Проектирование перспективных механизированных про-**  
П79 **цессов в животноводстве** : курс лекций / А. В. Китун,  
В. И. Передня, Н. Н. Романюк [и др.] ; под общ. ред.  
П. Ю. Крупенина. – Горки : Белорус. гос. с.-х. акад., 2025. – 84 с.  
ISBN 978-985-882-641-3.

Рассмотрены особенности проектирования механизированных технологических процессов при производстве продукции животного происхождения. Приведены методики технологических расчетов и определения основных параметров технических средств в животноводстве.

Для студентов, обучающихся по специальности углубленного высшего образования 7-06-0812-01 Техническое обеспечение производства сельскохозяйственной продукции.

УДК 631.171:636(075.8)

ББК 40.7я73

ISBN 978-985-882-641-3

© Белорусская государственная  
сельскохозяйственная академия, 2025

## **ВВЕДЕНИЕ**

Животноводство является важнейшим звеном агропромышленного комплекса. Эта отрасль дает человеку ценные продукты питания, а также сырье для промышленности. Рост производства продукции животноводства, снижение затрат кормов и труда на единицу продукции невозможны без рационального использования кормов и машин для механизации процессов на животноводческом предприятии.

К современным производственным процессам предъявляются требования по достижению наибольшей непрерывности, безопасности, гибкости и производительности при одновременном обеспечении оптимального управления производством, повышении качества и снижении себестоимости выпускаемой продукции. Эти требования могут быть успешно выполнены при соответствующем совершенствовании производственных процессов в ходе их развития путем все более полной замены труда человека машинным трудом.

Предприятия животноводческого комплекса представляют собой сложную систему, состоящую из совокупности взаимосвязанных элементов – логистических звеньев, между которыми установлены функциональные связи и отношения.

Использование планирования поточных механизированных процессов на животноводческом предприятии дает возможность поиска и использования новых производственных и экономических резервов, связанных с сокращением срока прохождения продукции по маршруту от производителя к потребителю, уменьшением затрат на ее складирование и транспортировку, а также снижением уровня ее себестоимости и комплексным улучшением качества производства.

## **Лекция 1. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ПРОЦЕССОВ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ**

### **1.1. Производственные процессы на животноводческом предприятии**

Животноводческая ферма – это подразделение сельскохозяйственного предприятия, в основных и вспомогательных постройках которого выращивают поголовье животных того или иного вида.

Животноводческий комплекс – это предприятие, предназначенное для равномерного круглогодового производства высококачественной продукции на основе применения промышленной технологии, научной организации труда, высокого уровня концентрации и специализации производства на базе комплексной механизации, автоматизации и точной организации производственных процессов. Он состоит из зданий основного и вспомогательного назначения, расположенных на одном участке и объединенных единым процессом производства конечной или промежуточной продукции.

Животноводство – одна из самых трудоемких отраслей сельского хозяйства, имеющая свои особенности:

- цикличность логистических и производственных процессов в животноводстве, связанная с биологическим жизненным циклом развития растений, птицы и животных;
- готовая продукция скоропортящаяся и поэтому требует срочной реализации, переработки или особых условий хранения, что является источником значительных дополнительных затрат;
- выращивание птиц и животных, поддержание их высокой продуктивности требуют особого внимания к качеству и своевременности поставок корма;
- выбор эффективных каналов доведения продукции до конечного потребителя имеет очень важную роль, так как продукт скоропортящийся.

На животноводческом предприятии по ходу движения материального потока с ним осуществляются различные логистические операции, которые в совокупности представляют сложный процесс превращения корма, сырья и других предметов труда в готовую продукцию – молоко, мясо, яйца и т. д.

**Технологический процесс** производства животноводческой продукции представляет собой совокупность процессов, в результате которых происходят все необходимые изменения в предмете труда, т. е.

он превращается в готовую продукцию. Структура производственного процесса изменяется под воздействием технологии, применяемого оборудования, разделения труда, организации производства и др.

По целевому назначению выделяют процессы основные, вспомогательные и обслуживающие.

*Основные производственные процессы* – процессы превращения сырья и материалов в готовую продукцию, являющуюся основной, профильной для данного предприятия. Эти процессы определяются технологией изготовления данного вида продукции и выполняются в основных цехах (участках) предприятия, они образуют его основное производство.

В качестве первичного элемента производственного процесса следует рассматривать *технологическую операцию* – технологически однородную часть производственного процесса, выполняемую на одном рабочем месте. Обособленные в технологическом отношении частичные процессы представляют собой стадии производственного процесса.

*Вспомогательные производственные процессы* направлены на выполнение услуг для обеспечения нормального протекания основных производственных процессов. Такие производственные процессы имеют собственные предметы труда, отличные от предметов труда основных производственных процессов. Как правило, осуществляются они параллельно с основными производственными процессами (транспортировка, контроль, сортировка продукции и т. д.).

*Обслуживающие производственные процессы* обеспечивают создание нормальных условий для протекания основных и вспомогательных производственных процессов. Они не имеют собственного предмета труда и протекают, как правило, последовательно с основными и вспомогательными процессами, перемежаются с ними (хранение сырья и готовой продукции, контроль качества).

Вспомогательные и обслуживающие производственные процессы осуществляются соответственно во вспомогательных и обслуживающих цехах и образуют вспомогательное хозяйство.

Объединение основных, вспомогательных, обслуживающих и других процессов в определенной последовательности образует структуру производственного процесса.

*По характеру протекания во времени* выделяют непрерывные и периодические производственные процессы.

В непрерывных процессах нет перерывов в процессе производства. Выполнение операций по обслуживанию производства происходит одновременно или параллельно с основными операциями.

В периодических процессах выполнение основных и обслуживающих операций происходит последовательно, в силу чего основной производственный процесс оказывается прерванным во времени.

**По способу воздействия на предмет труда** выделяют механические, физические, химические, биологические и другие виды производственных процессов.

**По характеру применяемого труда** производственные процессы классифицируются на автоматизированные, механизированные и ручные.

Характеристику типа производства дополняет характеристика **производственного цикла** – это период между моментами начала и окончания производственного процесса применительно к конкретной продукции в рамках логистической системы (предприятия).

Производственный цикл состоит из *рабочего времени* и *перерывов* при изготовлении продукции. В свою очередь, рабочий период складывается из основного технологического времени, времени выполнения транспортных и контрольных операций и времени комплектации.

Длительность производственного цикла во многом зависит от характеристики движения материального потока, которое бывает последовательным, параллельным, параллельно-последовательным.

Кроме того, на длительность производственного цикла влияют также формы технологической специализации производственных подразделений, система организации самих производственных процессов, прогрессивность применяемой технологии и уровень унификации выпускаемой продукции.

Время *перерывов* подразделяется на время межоперационных, межучастковых и других перерывов.

## **1.2. Основы системного подхода к проектированию поточных механизированных процессов на животноводческом предприятии**

В производственный процесс на животноводческом предприятии вовлечены различные производственные элементы, взаимодействующие друг с другом и образующие материалопроводящие системы. Функционирование систем характеризуется наличием сложных связей внутри них.

Системный подход предполагает последовательный переход от общего к частному, когда в основе рассмотрения лежит конечная цель, ради которой создается система. Последовательность формирования системы при системном подходе включает в себя несколько этапов.

**Первый этап.** Определяются и формулируются цели функционирования системы.

*Второй этап.* На основании анализа цели функционирования системы и ограничений внешней среды определяются требования, которым должна удовлетворять система.

*Третий этап.* На базе этих требований формируются (ориентировочно) некоторые подсистемы.

*Четвертый этап.* Анализируются различные варианты и выбираются подсистемы, которые организуются в единую систему. При этом используются критерии выбора.

Таким образом, при формировании поточных механизированных процессов на животноводческом предприятии должен учитываться принцип последовательного продвижения по этапам создания системы. Соблюдение этого принципа означает, что система сначала должна исследоваться на макроуровне, а затем на микроуровне.

*Макроуровень (макрологистика)* рассматривает вопросы, связанные с анализом конъюнктуры рынка поставщиков и потребителей, выработкой общей концепции распределения, размещением производств на ферме, выбором вида транспорта и транспортных средств.

*Основные задачи макрологистики:*

- выбор схемы распределения материального потока;
- определение оптимального количества распределительных центров (складов) на обслуживаемой территории;
- определение оптимального места расположения распределительного центра (склада) на обслуживаемой территории, а также ряд других задач, связанных с управлением процессом прохождения материального потока по территории фермы, хозяйства.

На макроуровне цепь, через которую последовательно проходит некоторый материальный поток, состоит из нескольких самостоятельных предприятий. Управление каждым из этих предприятий осуществляется собственником обособленно.

При формировании макрологистической системы необходимо учитывать трудности, связанные с неодинаковыми условиями поставки машин и оборудования для механизации технологических процессов, экономическими особенностями межхозяйственных экономических отношений, а также ряд других барьеров.

На уровне макрологистики выделяют три вида логистических систем.

*Логистические системы с прямыми связями.* В этих логистических системах материальный поток проходит непосредственно от производителя продукции к ее потребителю, минуя посредников.

*Эшелонированные логистические системы.* В таких системах на пути материального потока есть хотя бы один посредник.

*Гибкие логистические системы.* Здесь движение материального потока от производителя продукции к ее потребителю может осуществляться как напрямую, так и через посредников.

Локальные вопросы в рамках отдельных производственных подразделений животноводческого предприятия решает *микроуровень (микрологистика)*.

Микрологистические системы представляют собой класс внутри-производственных логистических систем, в состав которых входят технологически связанные производства, объединенные единой инфраструктурой. К ним относят технологические линии подготовки кормов к скармливанию, транспортирования и раздачи кормов, доения и первичной обработки молока в условиях животноводческого предприятия и другие производственные подразделения.

Логистика, разрабатывая в каждом звене общей цепи методы минимизации и оптимизации, формирует конкретные задачи, решение которых обеспечивает минимальные издержки при производстве продукции в условиях животноводческого предприятия.

При этом все звенья материалопроводящей цепи, т. е. все элементы макрологистических и микрологистических систем, должны работать как единый слаженный механизм.

Для решения этой задачи необходимо с системных позиций подходить к выбору техники, проектированию взаимоувязанных технологических процессов на различных участках движения материалов, к вопросам согласования нередко противоречивых экономических интересов и к другим вопросам, касающимся организации материальных потоков.

Системный подход позволяет увидеть изучаемый объект как комплекс взаимосвязанных подсистем, объединенных общей целью, раскрыть его интегративные свойства, внутренние и внешние связи.

### **1.3. Формирование поточных технологических линий**

Получение положительного эффекта от сложной производственной цепи в животноводстве возможно при внедрении поточного производства.

*К основным требованиям поточного производства* следует отнести следующие:

- синхронность выполнения технологических процессов и различных технологических операций на всех линиях;
- разделение труда (подвоз и отвоз кормов, доение, управление технологическим процессом и т. д.);

- высокий уровень работоспособности машин;
- высокий уровень унификации оборудования.

Одним из главных факторов поточного производства является экономия времени на подготовку каждой машины, на подготовку и выполнение каждой технологической операции.

Следовательно, под поточной *механизированной технологией* следует понимать комплект машин и оборудования, расположенных в порядке последовательности выполнения технологических операций с необходимой (заданной) производительностью.

В основу всей работы по организации поточной механизированной технологии должны быть положены оптимальные варианты перспективных, текущих и оперативных взаимоувязанных планов.

*Перспективный подход* по определению материальных потоков предусматривает определение их размеров и структуры на основе оптимизированного динамического баланса в животноводческом производстве сельскохозяйственного субъекта хозяйствования. Для рационального создания производственных подразделений необходимо оптимизировать производственную структуру системы. Имеющаяся на момент оптимизации инфраструктура хозяйства является отправным пунктом при размещении и определении размеров производственных участков. В то же время она может быть преобразована в нужном направлении.

*Текущее планирование* служит научному обоснованию соотношений между производственными процессами на ферме. На уровне текущего планирования заслуживает внимания изучение технических средств, обеспечивающих выполнение технологических процессов. Полученные данные позволяют сгладить зависимость динамики машин, обеспечивающих работу всей системы. На единой основе решается задача взаимоувязанного планирования всех звеньев технологической цепи.

После решения задачи по формированию технологических звеньев системы встает задача оперативного управления в каждой подсистеме.

На этапе *оперативного управления* происходит уточнение нормы потребления ресурсов, необходимых для обеспечения непрерывности технологических процессов. К числу причин, вызывающих такие колебания, относятся: изменение поголовья животных, погодные условия, сезонность работ, случайные факторы, просчеты в планировании и т. д.

В результате всестороннего анализа материальных потоков получается гармонично согласованная материалопроводящая система с за-

данными параметрами на выходе. Эту систему отличает высокая степень согласованности входящих в нее производственных линий.

**По структуре потока** линии могут быть однопоточные, многопоточные и смешанные.

*Однопоточные линии* (рис. 1.1) обрабатывают обычно один вид сырья, и машины в них соединены последовательно друг за другом.

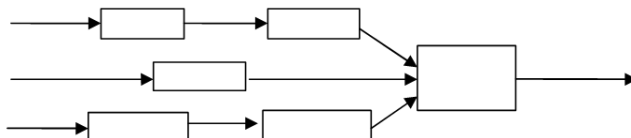


Рис. 1.1. Схема однопоточной линии

*Многопоточные линии* (рис. 1.2) могут быть со сходящимися, расходящимися и параллельными потоками.

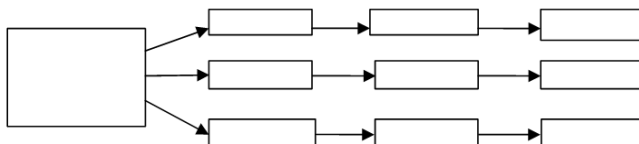


Рис. 1.2. Схема многопоточной линии

Сходящиеся потоки позволяют вырабатывать один вид изделия из нескольких видов сырья (например, готовить многокомпонентные кормовые смеси).

Расходящиеся потоки, наоборот, из одного вида сырья позволяют изготавливать разные виды изделий.

Параллельные потоки применяют в тех случаях, когда в линию включены машины, имеющие производительность значительно меньшую, чем производительность всей линии.

Наряду со структурой потока для характеристики поточной линии важное значение имеет **вид связи между машинами или участками линии**. Связь между машинами в технологических линиях комплекта оборудования может быть нескольких типов:

1. *Жесткая* (рис. 1.3), когда все машины от первой до последней должны работать с производительностью, одинаковой или кратной основной машине комплекта машин, например при приготовлении

комбикормов или при раздаче кормов, удалении навоза и т. д. При жесткой связи выход из строя любого механизма или устройства приводит к остановке сразу всей линии.



Рис. 1.3. Принципиальная схема жесткой связи соединения машин в поточных линиях

2. *Гибкая* (рис. 1.4), когда после каждой машины имеется накопительная емкость. Следовательно, работа каждой машины строго зависит от производительности впереди стоящей или последующей машины. Допускается некоторое, порой значительное, отклонение, так как наличие оперативных емкостей должно компенсировать разницу в производительности.



Рис. 1.4. Принципиальная схема гибкой связи соединения машин в поточных линиях

В такой технологической линии все машины, расположенные до первой накопительной емкости, составляют первую секцию, за ней – вторую и т. д. При таком расположении машин отказ предыдущей секции вызывает отказ последующей только в том случае, если за время его устранения исчерпывается запас кормов, находящихся в промежуточной емкости.

Линии с гибкой связью на практике громоздкие, металлоемкие и дорогостоящие. В их состав включены оперативные емкости больших объемов, вызывающие отказы линии.

3. *Смешанная* (рис. 1.5), когда комплект оборудования кормоцеха делят на отдельные линии (участки), состоящие из группы машин с жесткими связями между ними. Линии (участки) соединены между собой гибкими связями в виде накопителей-дозаторов.



Рис. 1.5. Принципиальная схема смешанной связи соединения машин в поточных линиях

В линиях со смешанной связью при возникновении неполадок в работе какой-либо машины останавливаются не все, а лишь жестко связанные с ней, остальные машины продолжают работать. Если неис-

правность быстро устраняется, линия может работать практически без остановок, т. е. простой соседних машин и участков взаимно компенсируются.

При остановке одной из машин нарушается ритм работы жестко связанных с ней машин. Остальное оборудование продолжает участвовать в рабочем процессе. Если неисправность незначительна, то комплект машин может работать практически без остановок.

Таким образом, компоновка линий должна основываться на решении ряда таких принципиальных вопросов, как:

- выбор рационального количества машин и оборудования;
- определение оптимального состава машин на каждую операцию;
- рациональная расстановка машин в комплекте оборудования.

Для синхронизации работы машин различных линий продолжительность отдельных технологических процессов должна быть одинаковой. Если машины, входящие в поточные линии подготовки компонентов, имеют одинаковую или регулируемую производительность, то можно применять однопоточные компоновки с транспортными устройствами, передающими необходимые компоненты от одной машины к другой.

При анализе работы машин и механизмов в производстве продукции животноводства видно, что каждая машина, работающая в составе технологических процессов, оказывает как прямое, непосредственное, так и косвенное влияние на работу других машин и агрегатов.

Для объективной оценки эффективности той или иной машины целесообразно рассматривать их в связи с общим технологическим процессом и общей системой машин. Часто отдельная машина может иметь достаточно высокие технико-экономические показатели вне этой системы. Однако в технологической линии она порой может давать даже отрицательный эффект.

При выборе машины следует исходить из того, что число машин, входящих в каждую линию, должно быть минимальным.

## **Лекция 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПРИГОТОВЛЕНИИ И РАЗДАЧЕ КОРМОВ**

### **2.1. Виды скармливаемых кормов и схемы подготовки их к скармливанию**

Под кормовой базой понимается объем и качество кормов, научно обоснованная система их производства, приготовления, хранения и

использования в животноводстве. Каждый вид используемых кормов характеризуется питательной ценностью. Она определяется содержанием обменной и продуктивной энергии протеина, клетчатки, жиров и других органических веществ.

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

В рационе животных и птицы используются следующие корма:

### ***1. Грубые корма:***

– сено скармливается как полноценный корм без применения подготовительных операций. В измельченном виде сено может скармливаться в составе кормовой смеси, при этом размер частиц должен находиться в пределах 30...50 мм;

– солома в зимних рационах жвачных животных занимает значительную долю. Солому измельчают и запаривают для лучшей поедаемости животными и повышения питательности рациона. При этом величина частиц измельченной соломы для крупного рогатого скота должна быть 4...5 см (КРС не дают мелкую резку), а количество частиц, расщепленных вдоль волокон, должно быть 80...90 % от общей массы. Кроме того, с целью повышения эффективности использования питательных веществ грубых кормов соломенную резку смешивают с другими видами корма (силос, сенаж и др.).

Грубостебельное сено и солому в основном готовят по таким технологическим схемам:

- 1) измельчение > дозирование > смешивание;
- 2) измельчение > запаривание > дозирование > смешивание;
- 3) измельчение > химическая или биологическая обработка > дозирование > смешивание.

### ***2. Стебельчатые корма:***

– сенаж готовят из трав, провяленных до 45...55 % и измельченных на частицы размером 60...80 мм. Измельчение провяленной зеленой массы при закладке на хранение позволяет выдавать этот вид корма в кормушки кормораздатчиками общего назначения. Сенаж, вынутый из траншеи, поступает для скармливания в этот же день. При более длительном хранении происходит разрушение витаминов, теряется аромат, масса сильно грубеет;

– силос готовят путем измельчения зеленой массы, при этом длина ее резки должна быть не менее 20 мм. С уменьшением этого показателя качество силоса не ухудшается. Измельчение зеленой массы при закладке силоса на хранение позволяет выдавать его в кормушки кормораздатчиками общего назначения;

– свежесобранная зеленая масса скармливается как полноценный корм без применения подготовительных операций.

### **3. Сочные корма:**

– корнеклубнеплоды занимают в кормовом балансе животных важное место. Наиболее часто в рационы включаются кормовая и сахарная свекла, морковь, брюква, картофель. Корнеклубнеплоды отличаются большим содержанием воды (70...90 %) и низким содержанием протеина, жира и клетчатки, они бедны фосфором и кальцием. Это обуславливает их скармливание в составе кормосмеси.

Перед скармливанием животным корнеклубнеплоды подлежат предварительной очистке от почвы. Для выполнения этой операции применяются специальные машины. Если корнеплоды скармливают в резаном виде, то их режут столько, сколько полагается на дачу. Если они нарезаны заранее, то быстро портятся, чернеют и выпускают сок.

Корнеклубнеплоды обрабатывают и готовят по следующим технологическим схемам:

- 1) мойка > резка;
- 2) мойка > резка > дозирование > смешивание;
- 3) мойка > запаривание > разминание > смешивание;
- 4) мойка > измельчение > дозирование > дрожжевание > смешивание.

### **4. Высокоэнергетические корма:**

– зерновые корма, из которых наибольший удельный вес занимают ячмень, овес и рожь, являются важным источником пополнения кормового белка в рационе животных.

Для приведения зернофуража в стойкое для хранения состояние известны три технологии. Одна из них предусматривает сушку влажного зерна до 14 % и закладку его на хранение в специализированные помещения, где необходимо поддерживать режим влажности воздуха. Для скармливания этих кормов в измельченном виде используются дробилки.

Известна технология консервирования плющеного зерна в начале восковой спелости при влажности его от 14 до 40 %. Зерно в этом случае не высушивается, а закладывается на хранение сразу после плющения.

Комбинированные концентрированные корма в основном готовят по схемам:

- 1) очистка > дробление > дозирование > смешивание;
- 2) очистка > дробление > дозирование > дрожжевание > смешивание;
- 3) очистка > измельчение и дозирование > смешивание > брикетирование (гранулирование);
- 4) очистка > проращивание.

Различают механические, тепловые, химические и биологические способы обработки кормов.

*К механическим способам* обработки кормов относятся очистка, мойка, просеивание, резание, дробление, раскалывание, истирание, плющение, прессование, гранулирование, брикетирование, смешивание, дозирование и др. Такие способы обработки кормов наиболее широко применяются как на мелких, так и на крупных комплексах, в кормоцехах и на комбикормовых заводах.

*Тепловые способы* обработки (запаривание, заваривание, сушка, выпаривание, пастеризация и др.) применяют для приготовления всех видов кормов.

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

*Биологические способы* (силосование, заквашивание, осолаживание, дрожжевание и др.) основаны на воздействии на корм молочнокислых бактерий, дрожжевых клеток и других микроорганизмов и ферментов. Эти способы позволяют улучшить питательную ценность, поедаемость и сохранность кормов.

На животноводческих фермах и комплексах применяют комбинированные способы обработки кормов, сочетающие механические операции с тепловой, химической и биологической обработкой.

## **2.2. Расчет потребности в кормах**

Планирование производства кормов подразделяют на три этапа:

- 1) определяют потребность в них отдельных видов скота, птицы и хозяйства в целом;
  - 2) разрабатывают кормовой план (план производства);
  - 3) составляют баланс кормов по их объему и протеину.
- Потребность в кормах рассчитывают на два периода:
- 1) от урожая планируемого года до урожая будущего года;

2) с первого января планируемого года до первого января следующего года.

С учетом потребности в кормах обосновывают план посева кормовых культур на предстоящий год. При этом определяют плановую урожайность и валовые сборы кормовых культур.

Продуктивность коров на 60...65 % определяется их кормлением, в связи с чем эта технологическая линия едва ли не самая важная. На нее приходится около 40 % всех трудозатрат на ферме, а затраты на корма составляют около 60 % себестоимости продукции.

На молочных фермах и комплексах используется многокомпонентный тип кормления коров, причем наиболее перспективным считается кормление крупного рогатого скота полнорационными кормовыми смесями, что позволяет полнее и эффективнее использовать корма в хозяйстве и значительно упростить их раздачу.

*Кормовым рационом* называют суточный набор кормов и кормовых добавок, составленный с учетом потребности животных в питательных веществах.

Оценку качества и сбалансированности кормового рациона специалисты проводят с использованием системы показателей: поедаемость сухого вещества за сутки; концентрация энергии в 1 кг сухого вещества; содержание структурной клетчатки; используемый протеин; баланс азота в рубце; содержание кальция, фосфора и натрия; поступление с кормом легкоферментируемых углеводов (крахмал, сахар, пектин).

*Питательность рациона* – это энергия, получаемая животным при сьедании суточного набора кормов и кормовых добавок. Питательность измеряют в овсяных кормовых единицах (к. ед.).

*Структура рациона* выражается в процентах и показывает долю отдельных кормов в общей питательности рациона. Например, если в структуре рациона указано «силос – 25 %», то это означает, что при сьедании животным суточного набора кормов 25 % энергии (кормовых единиц) оно получит непосредственно из силоса.

Питательность рациона  $E_p$  рассчитывается по формуле

$$E_p = \frac{Y_r}{365} e_y, \quad (2.1)$$

где  $Y_r$  – удой молока на одну корову в год, кг;

$e_y$  – удельный расход кормов на 1 кг молока, к. ед/кг.

При расчете питательности рациона значения удоя молока на одну корову в год и удельного расхода кормов следует принимать из задания на проектирование.

Масса отдельных кормов в рационе  $q_i$  определяется по зависимости

$$q_i = \frac{E_p c_i}{100 e_i}, \quad (2.2)$$

где  $c_i$  – доля  $i$ -го корма в рационе по питательности, %;

$e_i$  – кормовая ценность  $i$ -го корма, к. ед/кг.

При расчете значений суточной дачи кормов животным следует учитывать различия в структуре рационов зимнего и летнего периодов.

### **2.3. Нормирование запасов кормов на животноводческом предприятии**

Наличие запасов – это расходы. Однако отсутствие запасов – это тоже расходы, только выраженные в форме разнообразных потерь.

Основные причины создания запасов кормов на животноводческом предприятии:

- возможность колебания спроса;
- сезонные колебания производства (например, урожай картофеля убирается в начале осени, потребление же этого клубнеплода идет круглый год);
- сведение к минимуму простоев производства;
- упрощение процесса управления производством.

Наличие запасов позволяет снизить требования к степени согласованности производственных процессов на различных участках, а следовательно, и соответствующие издержки на организацию управления этими процессами.

Перечисленные причины свидетельствуют о том, что на животноводческом предприятии вынуждены создавать запасы, так как в противном случае увеличиваются издержки обращения, т. е. уменьшается прибыль. В то же время запас не должен превышать некоторой оптимальной величины.

*Нормой запаса* называется расчетное количество продукции (кормов), которое должно находиться на животноводческой ферме для обеспечения бесперебойного технологического процесса (снабжения животных кормами).

При определении норм запаса используют три группы методов: эвристические, методы технико-экономических расчетов и экономико-математические методы.

*Эвристические методы* предполагают использование опыта специалистов, которые изучают отчетность за предыдущий период и при-

нимают решения о минимально необходимых запасах, основанные, в значительной степени, на субъективном понимании тенденций развития спроса.

*Метод технико-экономических расчетов.* Сущность метода заключается в разделении совокупного запаса в зависимости от целевого назначения на отдельные группы, например корнеклубнеплоды, комбикорма и т. д.

Далее для выделенных групп отдельно рассчитывается текущий, страховой и сезонный запасы:

- текущие запасы обеспечивают непрерывность производственного процесса между очередными поставками;

- страховые запасы предназначены для непрерывного обеспечения материалами производственного процесса в случае различных непредвиденных обстоятельств, например непредвиденного возрастания спроса;

- сезонные запасы образуются при сезонном характере производства и потребления. Примером сезонного характера производства может служить производство сельскохозяйственной продукции.

Метод технико-экономических расчетов позволяет достаточно точно определять необходимый размер запасов, однако трудоемкость его велика.

Для создания запасов кормов на животноводческом предприятии создаются склады.

Склады – это здания, сооружения и разнообразные устройства, предназначенные для приемки, размещения, хранения поступивших на них кормов и отпуска их потребителю. Склады могут иметь разные конструкции – размещаться в отдельных помещениях (*закрытые*), иметь только крышу или крышу и одну, две или три стены (*полузакрытые*). Некоторые корма хранятся вообще вне помещений на специально оборудованных площадках на так называемых открытых складах.

На складе может создаваться и поддерживаться специальный режим, например температура, влажность.

Любой склад обрабатывает по меньшей мере три вида материальных потоков: *входной, выходной и внутренний*.

Наличие *входного* потока означает необходимость разгрузки транспорта, проверки количества и качества прибывшего груза. *Выходной* поток обуславливает необходимость погрузки транспорта, *внутренний* – необходимость перемещения груза внутри склада.

Технология выполнения погрузочно-разгрузочных работ на складе зависит от характера груза и вида используемых средств механизации.

В качестве критерия оптимальности количества складов для кормов выбирают минимум совокупных расходов по доставке и хранению.

*Зависимость величины затрат на транспортировку от количества складов в системе распределения.* При увеличении количества складов в системе распределения стоимость доставки товаров на склады возрастает, так как увеличивается количество ездов, а также совокупная величина пробега транспорта.

Стоимость доставки товаров со складов потребителям с увеличением количества складов снижается. Это происходит в результате резкого сокращения пробега транспорта. Суммарные транспортные расходы при увеличении количества складов в системе распределения, как правило, убывают.

*Зависимость затрат на содержание запасов от количества складов в системе распределения.* Увеличивая число складов, тем самым сокращаем зону обслуживания каждого из них. Сокращение зоны обслуживания влечет за собой и сокращение запасов на складе.

Однако увеличение складской сети влечет за собой тиражирование страхового запаса, т. е. создавая шесть складов, необходимо в каждом из них создать страховой запас. В результате суммарный запас во всех складах возрастет (по сравнению с одним центральным складом).

*Зависимость затрат, связанных с эксплуатацией складского хозяйства, от количества складов.* При увеличении количества складов затраты, связанные с эксплуатацией одного склада, снижаются. Однако совокупные затраты на содержание всего складского хозяйства возрастают. Происходит это в связи с так называемым эффектом масштаба: при уменьшении площади склада эксплуатационные затраты, приходящиеся на один квадратный метр, увеличиваются.

*Зависимость затрат, связанных с управлением, от количества складов.* При увеличении количества складов расходы на системы управления возрастают.

Потребность животноводческого предприятия в кормах и хранилищах определяют исходя из структуры стада и рационов кормления.

Суточную потребность  $Q_{Ci}$  молочно-товарной фермы или комплекса в отдельных видах кормов рассчитывают по формуле

$$Q_{Ci} = \frac{q_i \Pi_{\text{кн}}}{1000}, \quad (2.3)$$

где  $q_i$  – масса  $i$ -го корма в суточном рационе, кг;

$\Pi_{\text{кн}}$  – общее поголовье коров и нетелей на ферме, гол.

Значения массы  $q_i$  отдельного корма в суточном рационе и поголовье  $P_{\text{кн}}$  животных на ферме принимают по результатам расчета рационов кормления и поголовья технологических групп.

Годовую потребность  $Q_{Gi}$  животноводческого предприятия в кормах определяют по зависимости

$$Q_{Gi} = Q_{Ci} D_i, \quad (2.4)$$

где  $D_i$  – продолжительность периода использования  $i$ -го корма, дн.

Продолжительность периода использования зимнего кормового рациона  $D_z = 230$  дней, летнего –  $D_{\text{л}} = 135$  дней.

Кормовая база животноводческого предприятия должна обеспечивать сбалансированное и бесперебойное кормление животных, в связи с чем запас кормов  $Q_{zi}$ , хранящийся непосредственно на территории фермы, рассчитывается по нормам с учетом возможных потерь кормов за время хранения или задержек по их доставке на ферму:

$$Q_{zi} = \frac{Q_{Gi} N_{zi}}{100}, \quad (2.5)$$

где  $N_{zi}$  – норма запаса  $i$ -го корма на ферме в процентах от его годовой потребности, %.

В качестве хранилищ *силоса и сенажа* наибольшее распространение получили наземные траншеи. Траншейные хранилища сооружают длиной 30...60 м, высотой 2,5...3,5 м и шириной 9...24 м. Боковые стены должны иметь наклон наружу около  $6^\circ$ , что обеспечивает хорошую трамбовку, самоуплотнение и хорошую выемку корма при использовании средств механизации. Для отвода жидкости, выделяющейся при силосовании корма, дно траншеи должно иметь поперечный (3 %) и продольный (1 %) уклоны в сторону специального колодца-сокосборника. При проектировании широких (более 10 м) траншей следует обеспечить двухсторонний поперечный уклон дна.

*Корнеклубнеплоды* хранят как в простейших, так и в капитальных механизированных хранилищах. К простейшим хранилищам относятся бурты и полузаглубленные траншеи. Ширина буртов по размерам котлована может быть 2,0...2,5 м, а высота зависит от вида корнеплодов и при величине угла естественного откоса  $30...40^\circ$  составляет 1,5...1,9 м. Ширина основания траншей находится в пределах 3...4 м, высота – 1,5...2,0 м. Максимальная длина простейших хранилищ корнеклубнеплодов – 60 м. Хранение корнеклубнеплодов в капитальных хранилищах позволяет получить нужный режим хранения. Температуру возду-

ха в них поддерживают в пределах 1...3 °С, а относительную влажность – около 80 %.

Прессованные *грубые корма*, например сено, хранят в сенохранилищах, представляющих собой открытые навесы с твердым покрытием пола. Влажность закладываемого на хранение корма должна быть не выше 16...17 %. Для активного досушивания излишне влажного корма сенохранилища могут оснащаться вентиляционными установками с напольными воздушными каналами. Загрузка и выгрузка рулонов или тюков осуществляются мобильными погрузчиками. Ширина сенохранилищ может быть 15, 18 или 21 м, длина – 30...50 м. Высота штабеля корма в сенохранилище обычно составляет 4...6 м.

Хранение на ферме оперативного запаса *концентрированных кормов* осуществляется в капитальных хранилищах. По организации хранения склады концентрированных кормов подразделяются на напольный (корм хранится в закромах) и бункерный типы. Выгрузка корма из складов напольного типа осуществляется мобильными погрузчиками, из бункеров – стационарным оборудованием, например шнековыми транспортерами.

Потребную вместимость хранилищ  $V_{\Sigma i}$  для хранения запасов отдельных кормов на ферме рассчитывают по формуле

$$V_{\Sigma i} = \frac{Q_{3i}}{\gamma_i \varepsilon_i}, \quad (2.6)$$

где  $\gamma_i$  – объемная масса  $i$ -го корма в хранилище, т/м<sup>3</sup>;

$\varepsilon_i$  – коэффициент использования объема хранилища  $i$ -го корма.

Объем одного хранилища корма  $V_{Xi}$  определяют по зависимости

$$V_{Xi} = \frac{V_{\Sigma i}}{n_{Xi}}, \quad (2.7)$$

где  $n_{Xi}$  – количество хранилищ  $i$ -го корма на ферме.

При расчете формулы (2.7) количество хранилищ  $n_{Xi}$  принимают таким, чтобы вычисленное значение объема  $V_{Xi}$  попадало в диапазон рекомендуемых значений для этого вида хранилищ (табл. 2.1).

Длину одного хранилища  $l_{Xi}$  вычисляют по формуле

$$l_{Xi} = \frac{V_{Xi}}{b_{Xi} h_{Xi}}, \quad (2.8)$$

где  $b_{Xi}$ ,  $h_{Xi}$  – ширина и высота хранилища  $i$ -го корма, м (табл. 2.1).

Таблица 2.1. Параметры хранилищ кормов

| Вид хранилища                       | Рекомендуемый объем, м <sup>3</sup> | Коэффициент $\epsilon$ | Размеры хранилищ, м |              |             |
|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------|---------------------|--------------|-------------|
|                                     |                                     |                        | Ширина $b_x$        | Высота $h_x$ | Длина $l_x$ |
| Траншеи для силоса и сенажа         | 750...5000                          | 0,95...0,98            | 9...24              | 2,5...3,5    | 30...60     |
| Хранилища корнеклубнеплодов:        |                                     |                        |                     |              |             |
| бурты                               | 100...300                           | 0,85...0,90            | 2,0...2,5           | 1,5...1,9    | До 60       |
| траншеи                             | 300...500                           | 0,85...0,90            | 3...4               | 1,5...2,0    | До 60       |
| Сенохранилища                       | 2000...6000                         | 0,60...0,70            | 15, 18, 21          | 4...6        | 30...50     |
| Хранилища концентрированных кормов: |                                     |                        |                     |              |             |
| склады                              | 200...1000                          | 0,65...0,75            | 15, 18, 21          | 1,0...1,5    | 30...60     |
| бункеры                             | 4...20                              | 1,00                   | 2...3               | 3,8...5,1    | 2...3       |

Рассчитанные по формуле (2.8) значения длины  $l_x$  хранилищ должны соответствовать аналогичным диапазонам в табл. 2.1. В случае, если это не обеспечивается, следует изменить (увеличить или уменьшить) используемые в расчете значения ширины  $b_x$  и высоты  $h_x$ .

## 2.4. Организация процесса приготовления и раздачи кормов

Технологический процесс подготовки кормов к скармливанию является сложным многостадийным механизмом. Он включает в себя выполнение следующих операций: выемку, погрузку, транспортировку, приготовление и раздачу кормов. Для выполнения перечисленных операций привлекают машины и оборудование, образующие в зависимости от группы производственные подразделения, целью которых является решение единой задачи – обеспечение оговоренного зоотехническими требованиями режима кормления животных при минимальных затратах. Это условие может быть выполнено только при наличии достаточного числа современных машин и оборудования, взаимосвязанных между собой в единые технологические линии по производительности.

В зависимости от размеров комплексов (ферм), видов обрабатываемых кормов используют кормоприготовительные предприятия (кормоцехи, кормовые дворы и отдельные кормоприготовительные линии). Они предназначены для приема, накопления, подготовки и обработки кормового сырья (соломы, сена, корнеклубнеплодов и др.), приема и накопления отдельных компонентов в готовом виде (комбикорм, меласса и т. д.), приготовления смесей и выдачи их в мобильные

или стационарные кормораздатчики. В их состав входят линии (рис. 2.1): грубых кормов, силоса, корнеклубнеплодов, концентрированных кормов, приготовления и дозированной подачи обогатительных растворов, смешивания, измельчения и выдачи готовой кормосмеси.



Рис. 2.1. Примерная технологическая схема кормоцеха

Из схемы на рис. 2.1 видно, что технологический процесс подготовки кормов к скармливанию зависит от эффективности работы отдельных технологических линий. Эти линии представляют собой группу машин, согласованных по производительности и синхронности выполнения технологического процесса. В результате воздействия рабочих органов машин, входящих в состав технологических линий, изменяется либо состояние и форма корма, либо его положение в пространстве.

Кормоцехи могут обеспечивать кормосмесями одну или несколько ферм и подразделяются на группы в зависимости от типа кормления и суточного объема производства кормосмеси.

Работа технологических линий кормоцехов *первой группы* не согласовывается с распорядком дня животноводческой фермы или ком-

плекса. Кормосмеси, приготовленные в таких кормоцехах, должны иметь все ингредиенты, предусмотренные рецептом. Отклонения от принятой технологии не допускаются.

Первый тип кормоцехов отличается более сложным конструктивным исполнением: в комплекте машин и оборудования имеются агрегаты или установки для термохимической обработки соломы. Технология подготовки кормов в таких кормоцехах позволяет полнее использовать возможности механизации для увеличения производства животноводческой продукции.

Работа технологических линий кормоцехов *второй группы* согласовывается с распорядком дня животноводческой фермы или комплекса. Кормосмеси в своем составе могут иметь разное количество ингредиентов в соответствии с зоотехническими нормами кормления животных, поэтому отказ одной из технологических линий не всегда приводит к прекращению выпуска готовой продукции.

Кормоприготовительные предприятия (кормоцехи) располагают в отдельном здании или сблокировав их со складами концентрированных кормов. Это уменьшает затраты на транспортировку кормов со склада на кормоприготовительное предприятие.

### **Лекция 3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ПРОЦЕССОВ УБОРКИ, УДАЛЕНИЯ, ПЕРЕРАБОТКИ И УТИЛИЗАЦИИ НАВОЗА**

#### **3.1. Определение суточного выхода навоза на ферме**

В скотоводстве наибольшее применение находят два способа содержания животных – на подстилке и без подстилки.

На крупных фермах распространен *бесподстилочный способ* содержания животных. Он менее трудоемкий, так как допускает применение комплексной механизации и автоматизации работ, связанных с уборкой навоза из производственных помещений. При таком содержании животных получают жидкий (полужидкий) навоз. Бесподстилочный (чистый) навоз весьма однороден по своему составу. Средний размер частиц чистого навоза крупного рогатого скота составляет 2,6 мм, частиц длиной свыше 10 мм содержится не более 1 %.

На небольших фермах крупного рогатого скота распространено содержание животных *на подстилке*. В этом случае получают твердый (густой) навоз.

Подстилка поглощает жидкие выделения животных и образующийся азот, улучшает физико-химические и биологические свойства навоза, который становится менее влажным, более рыхлым, легче разлагается при хранении. При наличии подстилки пол стойла более ровный, теплый и чистый, облегчаются перевозка навоза, внесение и заделывание его в почву.

Разные виды подстилки поглощают неодинаковое количество жидкости. Солома, опилки и измельченные стружки поглощают воду в количестве, превышающем их массу в 2...3 раза (при влажности 10...14 %), а сухой верховой торф – в 5...7 раз.

Своевременное удаление навоза и использование его – важная народно-хозяйственная проблема, значение которой еще более возрастает в связи с укрупнением животноводческих ферм, совершенствованием их технической оснащенности, повышением требований к санитарно-гигиеническим условиям содержания животных и к качеству производимых продуктов.

Суточный выход навоза  $Q_{\text{сут}}$  можно определить по формуле

$$Q_{\text{сут}} = q_{\text{сут}} m_{\text{ж}}, \quad (3.1)$$

где  $q_{\text{сут}}$  – суточный выход навоза от одного животного, кг;

$m_{\text{ж}}$  – поголовье животных, гол.

Суточный выход навоза от одного животного  $q_{\text{сут}}$  вычисляют по формуле

$$q_{\text{сут}} = q_{\text{э}} + B + B_{\text{см}} + П, \quad (3.2)$$

где  $q_{\text{э}}$  – суточный выход экскрементов от одного животного, кг;

$B$  – количество технологической воды в расчете на одно животное в сутки, кг ( $B = 2...5$  кг);

$B_{\text{см}}$  – количество смывной воды в расчете на одно животное в сутки, кг (в смывных системах  $B_{\text{см}} = 5...15$  кг);

$П$  – суточная норма подстилки в расчете на голову, кг.

Навоз из животноводческих помещений удаляют периодически или непрерывно.

*Периодическое* удаление предполагает применение механических средств (транспортёров, скреперов и др.) или отстойно-лотковой (шиберной), рециркуляционной и лотково-смывной системы.

*Непрерывная* уборка навоза основана на использовании самотечной системы удаления навоза под действием гравитационных сил.

### 3.2. Определение параметров систем удаления и утилизации навоза

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

**Гидравлическое удаление** навоза следует проектировать на комплексах и фермах промышленного типа.

*Самотечную систему* проектируют в виде отдельных продольных каналов (лотков), перекрытых щелевыми полами, и общего поперечного канала (коллектора) для ряда животноводческих зданий, по которому жидкий навоз стекает в приемный резервуар, заблокированный, как правило, с насосной станцией.

*Самосплавная система* состоит из продольных (самотечных) и поперечных каналов. Поперечные каналы примыкают к навозосборнику. В месте примыкания продольных каналов к поперечным делают порожки высотой 100...150 мм, которые предназначены для образования в продольном канале водяной подушки. При пуске системы навозоудаления в самотечный режим продольный канал заполняют из трубопроводов водой на высоту порожка.

*Количество навозоуборочных средств  $n$*  рассчитывают по формуле

$$n = \frac{W_n}{W_i}, \quad (3.3)$$

где  $W_n$  – требуемая производительность линии навозоудаления, т/ч;

$W_i$  – производительность выбранной машины, т/ч. Принимается по характеристике.

При уборке навоза скребковыми транспортерами определяют количество навоза, которое необходимо убрать за сутки из помещения одним транспортером:

$$G_{\text{тр}} = m q_{\text{сут}}, \quad (3.4)$$

где  $m$  – количество животных, обслуживаемых одним транспортером.

Необходимая производительность транспортера

$$W_{\text{тр}} = G_{\text{тр}} / T_{\text{ц}} K, \quad (3.5)$$

где  $T_{\text{ц}}$  – продолжительность одного цикла уборки навоза. Рекомендуется  $T_{\text{ц}} = 0,3 \dots 0,5$  ч;

$K$  – кратность уборки навоза в сутки.

Теоретическая подача транспортера

$$Q_{\text{тр}} = 3,6bh\gamma v\varphi, \quad (3.6)$$

где  $b$  – ширина канала, м;

$h$  – высота скребка, м;

$\gamma$  – объемная масса навоза, кг/м<sup>3</sup>;

$v$  – скорость движения транспортера, м/с. Рекомендуется принимать  $v = 0,15 \dots 2$  м/с;

$\varphi$  – коэффициент подачи ( $\varphi = 0,45 \dots 0,65$ ).

*Расчет скребковых транспортеров непрерывного кругового движения* сводится к определению подачи и тягового сопротивления, необходимого для подбора мощности электродвигателя.

Фактическая подача транспортера  $Q_{\text{фак}}$  определяется по формуле

$$Q_{\text{фак}} = \frac{G_{\text{сут}}}{T}, \quad (3.7)$$

где  $T$  – общее время работы транспортера, ч.

Общее время работы транспортера  $T$  зависит от числа включений и времени цикла уборки:

$$T = K_{\text{уб}} T_{\text{ц}}, \quad (3.8)$$

где  $K_{\text{уб}}$  – число включений в сутки, равное  $2 \dots 6$  раз.

Общее сопротивление  $P$ , возникающее при перемещении навоза в канале, равно:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4, \quad (3.9)$$

где  $P_1$  – сопротивление от трения навоза о дно канала, Н;

$P_2$  – сопротивление от трения навоза о боковые стенки канала, Н;

$P_3$  – сопротивление перемещению транспортера на холостом ходу, Н;

$P_4$  – сопротивление движению транспортера от заклинивания навоза между скребком и стенкой канала, Н.

Сопротивление от трения навоза о дно канала

$$P_1 = G_{\text{max}} g f, \quad (3.10)$$

где  $G_{\text{max}}$  – максимальное количество навоза в каналах транспортера, кг;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$f$  – коэффициент трения.  
Максимальное количество навоза

$$G_{\max} = Lbh\gamma\varphi, \quad (3.11)$$

где  $L$  – длина канала, м;

$\varphi$  – коэффициент заполнения канала ( $\varphi = 0,45 \dots 0,65$ ).

Боковое сопротивление от трения навоза о боковые стенки канала

$$P_2 = N_{\text{бок}}f, \quad (3.12)$$

где  $N_{\text{бок}}$  – нормальное давление на боковую стенку канавки, которое равно  $(0,3 \dots 0,4)G_{\max}g$ .

Сопротивление перемещению транспортера на холостом ходу

$$P_3 = q_t L f_{\text{пр}} q, \quad (3.13)$$

где  $q_t$  – масса 1 пог. м транспортера, кг;

$f_{\text{пр}}$  – приведенный коэффициент трения ( $f_{\text{пр}} = 0,4 \dots 0,5$ ).

Сопротивление движению от заклинивания навоза между скребком и стенкой канала

$$P_4 = \frac{L}{a} W, \quad (3.14)$$

где  $a$  – шаг скребка, м;

$W$  – сопротивление одного скребка, Н. Для твердого навоза

$W = 15$  Н, для экскрементов и торфяного навоза  $W = 30$  Н.

Решая последовательно, получаем

$$P = (1,3 \dots 1,4)G_{\max}fg + \left( Lq_t f_{\text{пр}} q + \frac{W}{a} \right). \quad (3.15)$$

Мощность электродвигателя на привод транспортера

$$N_{\text{дв}} = \frac{KPv}{102\eta}, \quad (3.16)$$

где  $K$  – коэффициент, учитывающий сопротивление от натяжения на приводной звездочке,  $K = 1,1$ ;

$v$  – скорость движения транспортера, м/с;

$\eta$  – КПД привода,  $\eta = 0,75 \dots 0,85$ .

*Расчет скреперных установок* сводится к определению подачи, общего тягового сопротивления и обоснованному выбору типа и мощности электродвигателя.

Подача скреперной установки

$$Q_c = \frac{G_n}{T_{ц}} = \frac{V_c \gamma \varphi}{T_{ц}}, \quad (3.17)$$

где  $G_n$  – масса порции навоза, кг;

$T_{ц}$  – время одного цикла, с;

$V_c$  – расчетная емкость скрепера, м<sup>3</sup>;

$\varphi$  – коэффициент заполнения скрепера ( $\varphi = 0,9 \dots 1,2$ ).

Время одного цикла

$$T_{ц} = \frac{2l}{v_{ср}} + T_{упр}, \quad (3.18)$$

где  $l$  – длина навозного канала, м;

$v_{ср}$  – средняя скорость движения скрепера, м/с ( $v_{ср} = 0,04 \dots 1$  м/с);

$T_{упр}$  – время на управление и изменение направления хода, с.

Общее сопротивление движению дельта-скреперной установки, работающей в двух каналах,

$$P_c = P_1 + P_2 + P_3 + P_4, \quad (3.19)$$

где  $P_1$  – сопротивление движению рабочей ветви, Н;

$P_2$  – сопротивление перемещению холостой ветви, Н;

$P_3$  – сопротивление на преодоление инерции при реверсировании, Н;

$P_4$  – сопротивление от натяжения набегающей ветви каната, Н.

Сопротивление движению рабочей ветви

$$P_1 = [(G_c + G_n)f_{пр} + qL_{рf_n}]g, \quad (3.20)$$

где  $G_c, G_n$  – масса соответственно скрепера и порции навоза, кг;

$f_{пр}$  – приведенный коэффициент трения ( $f_{пр} = 1,8 \dots 2,0$ );

$q$  – масса 1 пог. м каната, кг ( $q = 0,4 \dots 0,5$  кг);

$L_{р}$  – длина цепи (каната) рабочей ветви, м;

$f_n$  – коэффициент трения каната о навоз ( $f_n = 0,5 \dots 0,6$ ).

Сопротивление перемещению холостой ветви

$$P_2 = (G_c f_{пр} + qL_x f_n)g, \quad (3.21)$$

где  $L_x$  – длина цепи каната холостой ветви, м.

Сопротивление на преодоление инерции при реверсировании

$$P_3 = (2G_c + qL) \frac{v_{cp}}{t}, \quad (3.22)$$

где  $L$  – длина цепи установки, м;

$v_{cp}$  – средняя скорость движения скрепера, м/с ( $v_{cp} = 0,3 \dots 0,4$  м/с).

Сопротивление от натяжения набегающей ветви каната

$$P_4 = \frac{P_1 + P_2 + P_3}{e^{\mu\alpha} - 1}, \quad (3.23)$$

где  $\mu$  – коэффициент трения каната о ролик,  $\mu = 0,1 \dots 0,2$ ;

$\alpha$  – угол охвата,  $\alpha \geq 120 \dots 150^\circ$ .

Требуемая мощность двигателя  $N$  определяется по зависимости

$$N = \frac{P_c v_{cp}}{\eta}, \quad (3.24)$$

где  $\eta$  – КПД привода.

Производительность *мобильных средств* уборки навоза определяется машинным временем  $t_6$ , затрачиваемым на удаление 1000 кг навоза:

$$t_6 = \frac{1000 l_6}{q_6 v_6}, \quad (3.25)$$

где  $l_6$  – средняя длина пути перемещения навоза, м;

$q_6$  – количество навоза, убираемого за 1 рабочий ход бульдозера, кг;

$v_6$  – средняя рабочая скорость трактора с бульдозером, м/с.

Сопротивление движению навоза  $P$ , перемещаемого трактором,

$$P = M f_{ст} g K, \quad (3.26)$$

где  $M$  – масса тела волочения, кг. Она зависит от длины пути волочения, ширины захвата агрегата и толщины слоя навоза;

$f_{ст}$  – коэффициент трения;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$K$  – коэффициент, учитывающий угол постановки скребка.

При  $\alpha = 0^\circ$   $K = 1$ ; при  $\alpha = 45^\circ$   $K = 0,65 \dots 0,80$ .

### 3.3. Выбор типа и расчет навозохранилищ

Получаемый на фермах навоз не всегда возможно и целесообразно вывозить на поля из-за их занятости, погодных условий и потерь питательных веществ.

Практика показывает, что при хранении полужидкого навоза в поле потери азота доходят до 50...60 % и органического вещества до 25...30 %. Поэтому навоз многие хозяйства предпочитают хранить в специальных навозохранилищах.

По расположению и по отношению к ферме эти навозохранилища подразделяются на *прифермские* и *полевые*. Прифермские открытые навозохранилища по зоотехническим требованиям должны располагаться на расстоянии не менее 60 м от помещений для скота. Вместимость этих навозохранилищ должна быть равной 25...40 % зимнего выхода навоза, а вместимость каждого в отдельности такого навозохранилища не должна превышать 5 тыс. м<sup>3</sup>.

Полевые навозохранилища целесообразно строить открытого котлованного типа на удобряемых полях и рассчитывать их на вместимость 60...70 % зимнего выхода навоза. Такие навозохранилища чаще всего предназначаются для жидкого навоза.

Строительство навозохранилищ ведется только по типовым проектам и с соблюдением требований охраны окружающей среды.

Для хранения твердого навоза применяют открытые и закрытые навозохранилища. Открытые подразделяются на наземные, полузаглубленные и заглубленные в виде котлована или траншеи.

Наземные навозохранилища строят при высоком стоянии грунтовых вод на выровненной площадке с твердым покрытием и небольшими бортами. С двух сторон навозохранилища располагают жижеборники, а дно площадки делают с уклоном в сторону жижеборников.

Углубленные навозохранилища выполняют в виде котлована глубиной 1,5...2 м с насыпным валом вокруг хранилища и пандусами для въезда и выезда транспорта. Стенки и дно покрывают бетоном или утрамбованной глиной со щебнем слоем 20 см.

Объем навозохранилища

$$V_n = \frac{G_{\text{сут}} D \Phi}{\gamma_n}, \quad (3.27)$$

где  $G_{\text{сут}}$  – суточный выход навоза, кг/сут;

$D$  – продолжительность накопления навоза, сут;

$\varphi$  – коэффициент заполнения навозохранилища ( $\varphi = 0,7 \dots 1,0$ );

$\gamma_n$  – объемная масса навоза,  $\text{кг/м}^3$ .

*Площадь открытого навозохранилища  $F$  определяют исходя из поголовья фермы, норм выхода навоза и срока его хранения по формуле*

$$F = \frac{q_{\text{сут}} m D}{H \gamma_n}, \quad (3.28)$$

где  $q_{\text{сут}}$  – суточный вывоз навоза,  $\text{кг/гол.}$ ;

$m$  – число животных, гол.;

$D$  – число дней накопления навоза;

$H$  – высота укладки навоза, м. Рекомендуется принимать  $1,5 \dots 2$  м.

Для приготовления и погрузки органических удобрений в транспортные средства в открытых наземных и полуглубленных навозохранилищах применяют мобильные средства механизации.

## **Лекция 4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ И АВТОПОЕНИЯ ЖИВОТНЫХ**

### **4.1. Расчет потребления воды**

На фермах воду используют:

- для производственно-технических нужд (поения животных или птицы, приготовления кормов, обработки молока, мойки оборудования, уборки помещений, мытья животных и профилактического их купания и т. д.);

- для нужд обслуживающего персонала (в душевых, умывальниках, туалетах и т. д.);

- для отопления и противопожарных мероприятий.

*Расчет водопотребления производится в целях определения численных значений среднесуточного расхода  $Q_{\text{ср.сут}}$ , максимального суточного расхода  $Q_{\text{max сут}}$  и максимального часового расхода  $Q_{\text{max ч}}$  с учетом затрат воды на поение животных и на производственно-технические нужды.*

К основным исходным данным относятся: наименование и производственное направление фермы, ее мощность и продуктивность животных; система и способ их содержания; количество основных и вспомогательных построек; рацион кормления; источники водоснабжения и их удаленность от фермы.

В расчетах также необходимо учесть расход воды на создание в системе минимально необходимого запаса (на случай отключения электроэнергии, наложения карантина при эпизоотии и т. п.). Для расчета необходимо знать среднесуточные нормы водопотребления, состав и количество водопотребителей каждого вида.

Потребность фермы в воде на поение животных определяется наличием половозрастных групп животных и среднесуточными нормами водопотребления по формуле

$$Q_{\text{ср.сут}} = \sum_{i=1}^n m_i q_i, \quad (4.1)$$

где  $n$  – количество видов животных;

$m_i$  – количество животных  $i$ -го вида;

$q_i$  – среднесуточная норма расхода воды на животное  $i$ -го вида, л.

Животные потребляют воду в течение суток неравномерно, поэтому необходимо знать максимальное потребление, т. е. максимальный суточный, часовой и секундный расходы, которые определяют по формулам

$$Q_{\text{max сут}} = Q_{\text{ср.сут}} \alpha_1; \quad (4.2)$$

$$Q_{\text{max ч}} = \frac{Q_{\text{max сут}} \alpha_2}{24}; \quad (4.3)$$

$$Q_{\text{max с}} = \frac{Q_{\text{max сут}}}{3600}, \quad (4.4)$$

где  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  – коэффициенты суточной и часовой неравномерности водопотребления ( $\alpha_1 = 1,3$ ;  $\alpha_2 = 2,5$ ).

Эти расходы нужны для расчетов водопроводных сооружений и выбора средств механизации.

Для мойки корнеклубнеплодов расход воды

$$Q_{\text{МК}} = \sum_{i=1}^n m_i k_i q_{\text{к}}, \quad (4.5)$$

где  $n$  – количество видов животных;

$m_i$  – поголовье животных  $i$ -го вида;

$k_i$  – суточная норма корнеклубнеплодов на одно животное  $i$ -го вида, кг;

$q_k$  – норма расхода воды на 1 кг корма, л.

Для увлажнения соломенной резки перед запариванием расход воды

$$Q_{\text{ср}} = \sum_{i=1}^n m_i q_{\text{в}} k_{\text{ср}}, \quad (4.6)$$

где  $q_{\text{в}}$  – норма расхода воды на 1 кг соломенной резки, л;

$k_{\text{ср}}$  – норма соломенной резки на одно животное в сутки, кг.

При приготовлении влажных мешанок количество воды, которое необходимо добавить в смесь для получения требуемой влажности,

$$Q_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{см}}(W_{\text{т}} - W_{\text{см}})}{100 - W_{\text{т}}}, \quad (4.7)$$

где  $Q_{\text{см}}$  – количество смеси исходной влажности, т;

$W_{\text{т}}$  – требуемая влажность смеси, % (принять для свиней  $W_{\text{т}} = 75$  %, для КРС  $W_{\text{т}} = 60 \dots 65$  %);

$W_{\text{см}}$  – влажность смеси без добавления воды, %.

Количество смеси исходной влажности

$$Q_{\text{см}} = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n, \quad (4.8)$$

где  $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$  – масса компонентов корма, входящих в смесь, т.

Влажность кормовой смеси без добавления воды  $W_{\text{см}}$

$$W_{\text{см}} = \frac{Q_1 W_1 + Q_2 W_2 + \dots + Q_n W_n}{Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n}, \quad (4.9)$$

где  $W_1, W_2, \dots, W_n$  – влажность компонентов корма, входящих в смесь, %.

Для питания парового котла потребное количество воды

$$Q_{\text{пк}} = n F G_n t_n, \quad (4.10)$$

где  $n$  – количество паровых котлов;

$F$  – поверхность нагрева одного котла,  $\text{м}^2$  (можно принять в пределах  $14 \dots 17 \text{ м}^2$ );

$G_n$  – расход воды на  $1 \text{ м}^2$  поверхности нагрева за час, л;

$t_n$  – время работы котла в сутки, ч (определяется по общему количеству соломы и производительности запарника).

Для первичной обработки молока потребное количество воды

$$Q_{\text{м}} = q_{\text{м}} k_{\text{м}}, \quad (4.11)$$

где  $q_m$  – суточное количество надоенного молока, л;

$k_m$  – норма расхода воды на 1 л молока, л.

На бытовые нужды (душ, санузел и др.) потребность в воде

$$Q_6 = n_p q_p, \quad (4.12)$$

где  $n_p$  – количество работников фермы;

$q_p$  – норма расхода воды на одного работника в сутки, л.

Общую потребность фермы в воде необходимо определять с учетом противопожарного запаса  $Q_{пж}$ , который рассчитывают по формуле

$$Q_{пж} = q_n t_n, \quad (4.13)$$

где  $q_n$  – норма расхода воды на тушение пожара, л/с;

$t_n$  – продолжительность пожара, с.

Расход воды на тушение пожара определяется с учетом продолжительности пожара в течение 2...3 ч и мощности фермы. При поголовье фермы до 300 гол. расход воды должен составлять 2,5 л/с, при 300...5000 гол. – 5 л/с, при мощности фермы более 5000 гол. – 7 л/с.

Суточную потребность в горячей воде можно определить, пользуясь уравнением теплового баланса:

$$G_r(t_r - t_x) = G_1(t_1 - t_x) + G_2(t_2 - t_x) + \dots + G_n(t_n - t_x), \quad (4.14)$$

где  $G_r$  – суточная масса горячей воды, л;

$G_1, G_2, \dots, G_n$  – суточные массы смешанной воды соответствующей температуры, необходимые для отдельных операций, л;

$t_r$  – температура горячей воды, °C ( $t_r = 90$  °C);

$t_x$  – температура холодной воды ( $t_x = 10$  °C);

$t_1, t_2, \dots, t_n$  – температура воды для отдельных операций, °C.

Тогда

$$G_r = \frac{G_1(t_1 - t_x) + G_2(t_2 - t_x) + \dots + G_n(t_n - t_x)}{t_r - t_x}. \quad (4.15)$$

Нормы расхода воды на отдельные операции принимаются из справочной литературы.

## 4.2. Организация водоснабжения

Тип водоподъемной установки зависит от расчетного расхода воды и напора. При равномерной подаче насосной станции расход воды  $Q_{н.с}$  (дм<sup>3</sup>/с) рассчитывают по формуле

$$Q_{н.с} = \frac{\alpha Q_{сут \max}}{3,6T}, \quad (4.16)$$

где  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий расход воды на промывку фильтров ( $\alpha = 1,08 \dots 1,10$ );

$Q_{сут \max}$  – суточное потребление воды на ферме, м<sup>3</sup>;

$T$  – продолжительность работы насосной станции в сутки, ч.

Полный напор  $H$  насоса определяют по формуле

$$H = H_{в.г} + H_{н.г} + \sum h_b + \sum h_n, \quad (4.17)$$

где  $H_{в.г}$  – геодезическая высота всасывания, м;

$H_{н.г}$  – геодезическая высота нагнетания, м;

$\sum h_b, \sum h_n$  – сумма потерь напора соответственно во всасывающей и напорной трубах, м.

Динамический напор  $h$  приближенно находят по формуле

$$h = \sum h_b + \sum h_n + \frac{v_b^2}{2g} \alpha_1 \frac{L}{d} + \sum \beta, \quad (4.18)$$

где  $v_b$  – скорость движения воды, м/с;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$\alpha_1$  – коэффициент сопротивления, зависящий от скорости движения воды и материала труб (для чугунных и стальных труб  $\alpha_1 = 0,02$ , для бетонных труб  $\alpha_1 = 0,022$ , для асбестоцементных труб  $\alpha_1 = 0,025$ );

$L$  – длина трубопровода, м;

$d$  – диаметр трубопровода, м;

$\beta$  – коэффициент местных сопротивлений, учитывающий потери напора в коленах, задвижках, клапанах и др.

По полному расчетному напору и подаче выбирают тип и марку насоса.

Мощность электродвигателя для привода насоса

$$N_{\text{дв}} = \frac{Q_{\text{сек}} k \rho_{\text{в}}}{\eta_{\text{н}} \eta_{\text{п}} 10^3}, \quad (4.19)$$

где  $Q_{\text{сек}}$  – секундный расход воды, м<sup>3</sup>/с;

$k$  – коэффициент, учитывающий возможные перегрузки (при мощности двигателя до 50 кВт  $k = 1,2$ );

$\rho_{\text{в}}$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;

$\eta_{\text{н}}$  – КПД насоса (для центробежных насосов  $\eta_{\text{н}} = 0,5...0,7$ , для вихревых насосов  $\eta_{\text{н}} = 0,25...0,5$ );

$\eta_{\text{п}}$  – КПД передачи ( $\eta_{\text{п}} = 0,95...0,97$ ).

Тип автопоилок выбирают в зависимости от способа содержания, вида животных или птицы.

Необходимое количество поилок  $N$  вычисляется следующим образом:

$$N = m_{\text{ж}} / K_i, \quad (4.20)$$

где  $m_{\text{ж}}$  – поголовье животных  $i$ -й группы, гол.;

$K_i$  – норма обслуживания животных  $i$ -го вида одной автопоилкой.

## Лекция 5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ МИКРОКЛИМАТА ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

### 5.1. Микроклимат животноводческих помещений и его влияние на здоровье и продуктивность животных

Микроклиматом животноводческих помещений называется совокупность физических и химических факторов сформировавшейся внутри воздушной среды.

К *важнейшим параметрам* микроклимата относятся температура и относительная влажность воздуха, скорость его движения, химический состав, наличие взвешенных частиц пыли и микроорганизмов и др.

Параметры микроклимата устанавливаются для каждого вида и каждой возрастной группы животных с учетом их физиологических и продуктивных особенностей, экономической целесообразности и технических возможностей.

Максимальная допустимая температура в помещениях *для крупного рогатого скота всех возрастных групп* не должна превышать 30 °С, минимальная относительная влажность воздуха – 50 %, уровень шума в этих помещениях не должен превышать 70 дБ.

Максимальная допустимая температура воздуха *в свиноводческих помещениях для всех возрастных групп* (кроме поросят-сосунов) в лет-

ний период года не должна превышать 25 °С, минимальная влажность воздуха – 50 %, уровень шума не должен быть более 70 дБ.

Кроме температуры и влажности на состояние здоровья животных и птицы большое влияние оказывает скорость движения воздуха в помещении. Поток окружающего воздуха должен быть равномерным, чтобы в помещении не было сквозняков.

Воздухообмен в животноводческих помещениях в зимний период должен быть для взрослого скота и молодняка не менее 17 м<sup>3</sup>/ч, для телят и свиней – 20 м<sup>3</sup>/ч (из расчета на 100 кг массы животного).

Формирование микроклимата животноводческих помещений зависит от температуры поверхности стен и пристенной зоны, особенно в холодный период года, когда температура ограждающих конструкций значительно ниже температуры кожи животного. В таких случаях теплотери животных достигают 50 % и более от общего количества энергии, вырабатываемой организмом, что может служить причиной местного или общего переохлаждения организма животного. Это, в свою очередь, приводит к снижению привесов, продуктивности и увеличению числа больных животных.

Отклонение параметров микроклимата от установленных пределов приводит к сокращению удоев молока на 10...20 %, прироста живой массы на 20...33 %, увеличению отхода молодняка до 5...40 %, уменьшению яйценоскости кур на 30...35 %, расходу дополнительного количества кормов, сокращению срока службы оборудования, машин и самих зданий, снижению устойчивости животных к заболеваниям.

Неблагоприятный микроклимат также отрицательно влияет на здоровье и производительность труда обслуживающего персонала. Расходы на ремонт помещений, вызванные конденсацией влаги, иногда достигают четверти общего объема прибыли.

В поддержании параметров микроклимата на уровне зоотехнических и санитарно-гигиенических требований большую роль играет вентиляция помещений.

По *принципу действия* вентиляция помещений подразделяется:

- на естественную (гравитационную);
- принудительную с механическим побудителем потока;
- комбинированную.

При *естественной вентиляции* воздухообмен происходит вследствие разности плотностей воздуха внутри и вне помещений, а также под влиянием ветра. Необходимый воздухообмен в помещении осуществляется с помощью приточных и вытяжных каналов. В этом слу-

чае воздухообмен происходит сам собой – теплый воздух выходит через шахты в крыше здания, а холодный поступает в здание через специальные отверстия в стенах коровника.

Для регуляции воздушного потока входные отверстия снабжают заслонками, а выходные – дефлектором вытяжной вентиляции.

Более совершенной является **искусственная вентиляция**, установки которой принудительно создают воздушный поток и позволяют удалять из помещения строго определенное зоотехническими нормативами количество воздуха, заменять его свежим и повторять такой воздухообмен заданное число раз.

*Принудительная вентиляция* с механическим побудителем подразделяется: на приточную (нагнетательную); вытяжную; приточно-вытяжную с рециркуляцией.

Приточный воздух нагнетается вентилятором, после чего распределяется через перфорированные воздуховоды в верхней части стойлового помещения.

При работе вытяжной системы чистый воздух поступает в помещение через неплотности в ограждающих конструкциях. Вытяжная система принудительно с помощью осевых вентиляторов удаляет загрязненный воздух из помещения. При этом давление воздуха в помещении снижается и наружный воздух устремляется внутрь через вентиляционные отверстия и щели.

В *приточно-вытяжной вентиляции* воздух подается в помещение приточной вентиляцией, а удаляется вытяжной вентиляцией, работающими одновременно.

## **5.2. Основы расчета воздухообмена на животноводческом предприятии**

Воздухообмен  $V_{CO_2}$ , необходимый для поддержания допустимой концентрации углекислого газа, определяют по формуле

$$V_{CO_2} = m_{\text{ж}} C_{\text{ж}} / (C_1 - C_2), \quad (5.1)$$

где  $m_{\text{ж}}$  – число животных;

$C_{\text{ж}}$  – количество углекислого газа, выделяемое одним животным, л/ч;

$C_1$  – предельно допустимая концентрация углекислого газа в стойловом помещении коровника, л/м<sup>3</sup> ( $C_1 = 2,5$  л/м<sup>3</sup>);

$C_2$  – концентрация углекислого газа в атмосферном воздухе, л/м<sup>3</sup> ( $C_2 = 0,3$  л/м<sup>3</sup>).

Воздухообмен  $V_w$ , обеспечивающий допустимое содержание в воздухе водяных паров, определяется по формуле

$$V_w = W / \rho_v (d_v - d_n), \quad (5.2)$$

где  $W$  – общее количество влаги, выделяемое в помещении (учитывается количество влаги, выделяемое животными при дыхании и суммарное влаговыделение с открытой и смоченной поверхностей в помещении), г/ч;

$\rho_v$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;

$d_v, d_n$  – влагосодержание внутреннего и наружного воздуха соответственно, г/кг.

Влаговыделения в животноводческих помещениях

$$W = W_{\text{ж}} + W_{\text{исп}}, \quad (5.3)$$

где  $W_{\text{ж}}$  – расход водяных паров, выделяемых животными, г/ч;

$W_{\text{исп}}$  – расход испаряющейся с поверхности влаги, равный сумме расходов со свободной поверхности  $W_{\text{с.п}}$  и со смоченной поверхности  $W_{\text{м.п}}$ .

Влаговыделения со свободной поверхности

$$W_{\text{с.п}} = \omega_{\text{с.п}} S_{\text{с.п}}, \quad (5.4)$$

где  $\omega_{\text{с.п}}$  – удельное влаговыделение, г/(ч · м<sup>2</sup>);

$S_{\text{с.п}}$  – площадь свободной поверхности, м<sup>2</sup>.

Количество влаги, испаряющейся со смоченной поверхности пола и стен,

$$W_{\text{м.п}} = \omega_{\text{м.п}} S_{\text{м.п}}, \quad (5.5)$$

где  $\omega_{\text{м.п}}$  – удельное влаговыделение, г/(ч · м<sup>2</sup>);

$S_{\text{м.п}}$  – площадь смоченной поверхности, м<sup>2</sup>.

Из двух расчетных значений расходов вентиляционного воздуха  $V_{\text{CO}_2}$  и  $V_w$  принимают наибольшее.

Для характеристики воздухообмена пользуются понятием кратности воздухообмена, которая указывает на число смен воздуха в помещении в течение часа:

$$n = V_v / V_c, \quad (5.6)$$

где  $V_v$  – расход вентиляционного воздуха, м<sup>3</sup>/ч;

$V_c$  – строительный объем помещения, м<sup>3</sup>.

Для взрослого поголовья при кратности воздухообмена  $n < 3$  выбирают естественную вентиляцию, при  $n = 3...5$  – принудительную вентиляцию без подогрева подаваемого воздуха и при  $n > 5$  – принудительную вентиляцию с подогревом подаваемого воздуха.

Площадь сечения вытяжных и приточных каналов  $F$  определяют по формуле

$$F = V_B / 3600 v_B, \quad (5.7)$$

где  $v_B$  – скорость воздуха в вентиляционном канале, м/с.

Скорость воздуха в вентиляционном канале  $v_B$  зависит от разности температур внутри помещения и снаружи, а также длины шахты:

$$v_B = 2,3(h(\tau_1 - \tau_2) / 273)^{1/2}, \quad (5.8)$$

где  $h$  – высота канала, м;

$\tau_1, \tau_2$  – температуры внутреннего и наружного воздуха, °С.

Число вытяжных каналов определяют из выражения

$$k_K = F / f, \quad (5.9)$$

где  $f$  – площадь сечения одного канала, м<sup>2</sup>.

Исходными данными для *выбора вентилятора* служат требуемая подача и развиваемое давление (напор). Требуемая подача вентилятора

$$V = K_{\text{потерь}} V_B, \quad (5.10)$$

где  $K_{\text{потерь}}$  – коэффициент, учитывающий потери или подсос воздуха в воздуховоде ( $K_{\text{потерь}} = 1,1...1,5$ ).

Общие потери напора  $\Delta H$  складываются из потерь на трение воздуха о стенки воздуховода  $H_T$  и потерь от местных сопротивлений  $H_M$ :

$$\Delta H = H_T + H_M. \quad (5.11)$$

Трение воздуха о стенки воздуховода определяется по формуле

$$H_T = \sum \zeta_M \frac{v_B^2}{2} \rho_B, \quad (5.12)$$

где  $\sum \zeta_M$  – суммарный коэффициент сопротивления движению воздуха;

$v_B$  – скорость движения воздуха, м/с.

Давление вентилятора должно быть больше или равно  $\Delta H$ .

Мощность электрического двигателя на привод вентилятора

$$N_{\text{дв}} = \frac{V \Delta H K_3}{\eta_n \eta_v}, \quad (5.13)$$

где  $K_3$  – коэффициент запаса мощности двигателя (для осевых вентиляторов  $K_3 = 1,1$ , для центробежных  $K_3 = 1,2 \dots 1,5$ );

$\eta_n$  – КПД передачи ( $\eta_n = 1$ , если рабочий орган вентилятора насажен на вал двигателя;  $\eta_n = 0,98$ , если валы соединены муфтой,  $\eta_n = 0,95$  – клиноременной передачей);

$\eta_v$  – КПД вентилятора.

Полученные показатели позволяют по каталогу подобрать вентилятор.

*Методика расчета выбора калорифера* строится следующим образом. Тепловой поток  $Q_v$ , необходимый для нагрева воздуха, определяют по формуле

$$Q_v = V_v \rho_v c_v (t_k - t_n), \quad (5.14)$$

где  $V_v$  – объемный расход воздуха,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$\rho_v$  – плотность воздуха при средней температуре,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$c_v$  – средняя удельная теплоемкость воздуха при средней температуре, принимаемая равной  $1 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ ;

$t_k$  – температура воздуха после калорифера,  $^\circ\text{C}$ ;

$t_n$  – температура наружного воздуха до входа в калорифер,  $^\circ\text{C}$ .

Расчетная площадь живого сечения калорифера для прохода воздуха

$$F = \frac{V_v \rho_v}{3600 v_p}, \quad (5.15)$$

где  $v_p$  – расчетная скорость воздуха,  $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ . Для пластинчатых калориферов принимают  $v_p = 7 \dots 10 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ , для оребренных –  $v_p = 3 \dots 5 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ .

По таблицам конструктивных характеристик подбирают модель и номер калорифера с площадью живого сечения по воздуху, близкой к расчетной.

## Лекция 6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ПРОЦЕССОВ МАШИННОГО ДОЕНИЯ КОРОВ

### 6.1. Состав технологических линий машинного доения коров

При производстве молока доение коров является одним из наиболее трудоемких процессов.

Технологический процесс доения коров может выполняться по двум схемам:

- в стойлах коровников со сбором молока в молокопроводы или в переносные ведра линейных установок;
- в станках молочно-доильных блоков и площадок со сбором молока в молокопроводы.

*При привязном содержании* доение проводят аппаратами в доильные ведра или молокопровод.

Более прогрессивный метод – доение коров в специальных помещениях – применяют на фермах с беспривязным содержанием коров. При этом используют доильные установки типа «Елочка», «Тандем», «Карусель» или установки с параллельным размещением коров.

На современной доильной установке «Елочка» один оператор может обслуживать 16 доильных аппаратов и доить за час 60...80 коров.

При использовании автоматизированной установки «Карусель» количество обслуживаемых одним оператором аппаратов возрастает до 20, производительность составляет 80...100 коров в час.

Установку «Тандем» можно рекомендовать в первую очередь для тех хозяйств, где нет еще подобранного по времени доения и скорости молокоотдачи стада. В то же время для достижения максимальной производительности на установке «Елочка» коровы должны быть подобраны по скорости молокоотдачи и продуктивности. На установках типа «Елочка» достигается более высокая производительность труда, чем на установке «Тандем».

При машинном доении следует выполнять ряд важных требований, определяющих успешное применение его и создающих благоприятные условия для деятельности молочных желез коров:

- необходимо у животного выработать полный рефлекс молокоотдачи, т. е. активную ответную реакцию коровы на доение;
- обеспечить быстрое доение и устранение ручного дооя;
- учитывать индивидуальные особенности коров и их повадки.

Обычно коров доят 2...3 раза в день, высокопродуктивных и новотельных – 3...4 раза. При трехкратном доении в ряде случаев получают на 10 % больше молока, чем при двукратном, но при сокращении количества доений с трех до двух затраты труда снижаются на 25...30 %.

Обработка и реализация молока осуществляются одним из трех способов:

- первичная обработка с фильтрацией, неглубоким охлаждением, кратковременным хранением и транспортировкой молока на заводы;

- обработка с фильтрацией, глубоким охлаждением, кратковременным или длительным хранением и транспортировкой на заводы;
- обработка с улучшенной очисткой, пастеризацией, глубоким охлаждением, кратковременным или длительным хранением разливного или фасованного молока и доставкой его непосредственно потребителям.

При машинном способе доения и первичной обработке молока все последовательные операции объединяют в неразрывный технологический поток, т. е. создаются поточные производственные механизированные и автоматизированные линии.

Поточно-технологические линии должны:

- осуществлять технологический процесс с наименьшими затратами труда, энергии, средств и времени;
- отвечать зоотехническим требованиям по качеству работы и быть максимально надежными;
- обслуживать все поголовье животных на ферме.

Построение технологического процесса начинают с определения состава и последовательности операций, которые включаются в ту или иную линию, изображаемую в виде схемы.

**Технологические (или операционные) схемы** представляют собой краткое описание порядка и последовательности выполнения отдельных операций поточно-технологических линий (ПТЛ) без указания типа и марки машины, осуществляющей ту или иную операцию. Схема представляет собой перечень операций, соединенных одна с другой стрелками, указывающими направление технологического (материального) потока (рис. 6.1). Состав и последовательность операций выбирают с учетом зоотехнических требований к качеству конечных продуктов, новейших достижений науки и техники.

**Конструктивно-технологические схемы** отражают конкретный состав машин, включенных в ПТЛ, и представляются в проектной технической документации, отображающей типы машин и технологические процессы (рис. 6.2).

**Структурные схемы ПТЛ** отражают внутреннюю структуру производственных потоков, соподчиненность отдельных элементов, участков или секций, показывают направления движения материальных потоков, управляющих воздействий и команд (рис. 6.3).

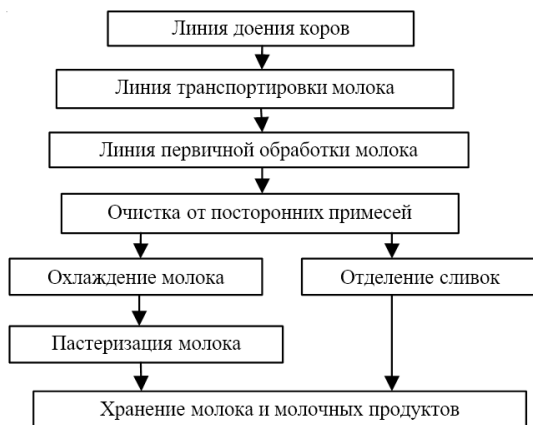


Рис. 6.1. Технологическая схема процесса доения коров и первичной обработки молока на молочной ферме

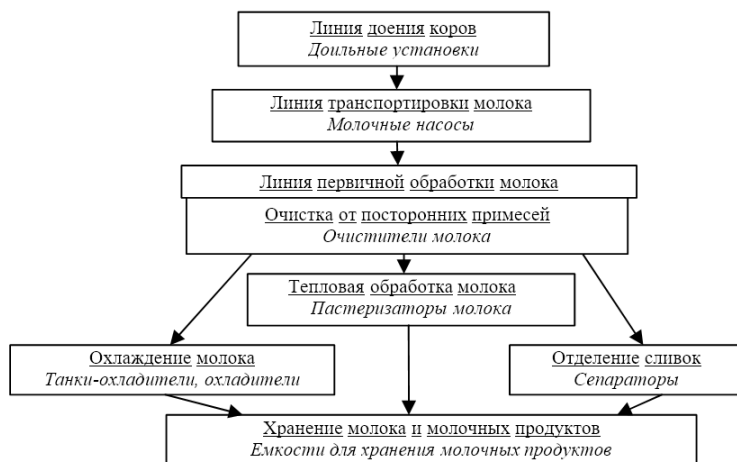


Рис. 6.2. Конструктивно-технологическая схема процесса производства молока и первичной обработки молока на молочной ферме

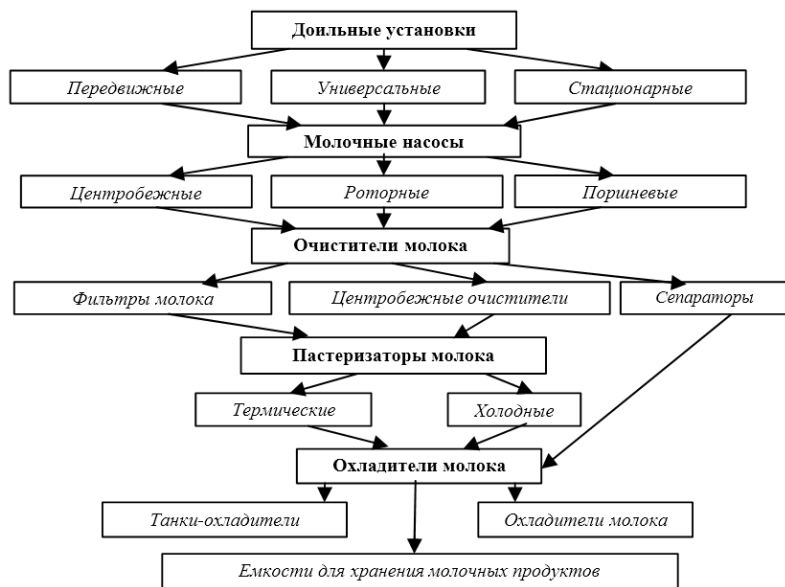


Рис. 6.3. Структурная схема поточной линии доения коров и первичной обработки молока

От правильности выбора структуры ПТЛ зависит прежде всего надежность работы всей линии и ее технико-экономические показатели.

## 6.2. Определение числа доильных аппаратов линии машинного доения коров

Соблюдение правил техники доения коров способствует получению максимального удоя. Весь процесс доения коровы условно делится на три группы:

- подготовительные операции;
- собственно машинное доение;
- заключительные операции.

Кроме указанных операций, проводимых оператором с коровой, крайне необходимо начинать процесс с оценки состояния рабочего вакуума, исправности доильных аппаратов или других устройств доения.

В *подготовительные операции* входят обмывание вымени, вытирание его, сдаивание первых струек, массаж. При этом обмывание, обти-

вание и массаж вымени должны длиться не более 35...40 с. Сдаивание первых струек молока из каждого соска проводится в течение 8...12 с.

Все подготовительные операции, во взаимосвязи с индивидуальными особенностями коровы, длятся не более 30...60 с.

*Длительность доения* коров бывает разной, так как обуславливается квалификацией доярок, конфигурацией помещения, в котором происходит доение, и другими причинами, не дающими возможности организовать доение в соответствии с инструкцией. Но, как правило, продолжительность дойки одной коровы должна быть не более 7 мин. Передержка доильных трехтактных аппаратов не должна превышать 2 мин, а двухтактных – 1 мин. Более длительное доение вызывает раздражение цистерн сосков и вымени, их воспаление.

*Заключительные операции* включают заключительный массаж и машинный додой, отключение аппарата. Заключительный массаж и додой (в течение 15...20 с) производят с целью извлечения последних, наиболее жирных доз молока из верхних отделов вымени.

При проектировании технологического процесса доения коров необходимо определить тип доильной установки и общее количество доильных аппаратов, необходимых для доения животных, а также загрузку доильной установки и показатели производительности операторов.

Подбор доильной установки для конкретных условий состоит в выборе *типа доильного аппарата* (двухтактного, трехтактного или специального), применяемого для стада и самой установки, соответствующей условиям содержания.

Доильные агрегаты выбирают в зависимости от системы содержания коров:

- при привязном применяют преимущественно линейные доильные установки;
- при боксовом, комбибоксовом и беспривязном – «Елочка», «Карусель» и др.;
- на пастбищах используют передвижные установки. В стационарных лагерях могут быть использованы и доильные установки, предназначенные для доильных залов;
- на малых фермах используют установки АИД-1, АИД-2.

Количество надаиваемого в сутки молока  $W_c$  определяется по формуле

$$W_c = W m_{ж} \beta, \quad (6.1)$$

где  $W$  – разовое количество молока, получаемое от животных, кг;

$m_{\text{ж}}$  – количество животных, шт.;

$\beta$  – коэффициент неравномерности поступления молока в течение суток.

Суточный удой на ферме поступает неравномерно – при двухразовом доении утром поступает примерно 60 % суточного удоя, а в вечернюю дойку – 40 % суточного удоя, следовательно,  $\beta_1 = 0,6$  и  $\beta_2 = 0,4$  (при двухразовой дойке).

Производительность поточной линии  $Q_p$  в данном случае должна быть такой, чтобы обработать определенное количество молока в единицу времени:

$$Q_p = \frac{W_c}{T_{\text{ср}}}, \quad (6.2)$$

где  $T_{\text{ср}}$  – среднее время доения одной коровы, мин.

$$T_{\text{ср}} = \frac{t_{\text{маш}} + t_{\text{рр}}}{m_{\text{ж}}}, \quad (6.3)$$

где  $t_{\text{маш}}$  – среднее машинное время доения одной коровы, мин (паспортные данные аппарата,  $t_{\text{маш}} = 240...300$  с);

$t_{\text{рр}}$  – суммарное время ручных операций, мин. Зависит от типа доильной установки, от принятой на ферме организации труда, от квалификации операторов.

Суммарное время ручных операций

$$t_{\text{рр}} = t_{\text{пк}} + t_{\text{п.ст}} + t_{\text{п}} + t_{\text{п}}' + t_{\text{зо}} + \frac{t_{\text{сл}} + t_{\text{от}}}{2}, \quad (6.4)$$

где  $t_{\text{пк}}$  – время подготовки, мин;

$t_{\text{п.ст}}$  – время постановки доильных стаканов, мин;

$t_{\text{п}}$  – время короткого перехода, мин;

$t_{\text{п}}'$  – время большого перехода, мин;

$t_{\text{зо}}$  – время заключительных операций, мин;

$t_{\text{сл}}, t_{\text{от}}$  – время слива и отнosa молока, мин.

В целом время на выполнение ручных операций зависит от типа доильной установки. При доении в ведра  $t_{\text{рр}} = 180...240$  с, в молокопровод  $t_{\text{рр}} = 120...180$  с, при использовании установки «Елочка»  $t_{\text{рр}} = 50...60$  с.

Определим ритм потока:

$$R = \frac{1}{Q_p}. \quad (6.5)$$

Этому ритму должны удовлетворять все звенья поточной линии машинного доения коров.

Число доильных аппаратов

$$Z_{\text{ап}} = \frac{Q_p}{Q_d \eta}, \quad (6.6)$$

где  $Q_d$  – производительность доильной установки, т/ч;

$\eta$  – коэффициент использования рабочего времени машины.

Количество доильных аппаратов  $Z_{\text{ап}}$ , необходимое для обслуживания всего стада,

$$Z_{\text{ап}} = m_{\text{ж}} t_{\text{маш}} / T_d, \quad (6.7)$$

где  $m_{\text{ж}}$  – число коров на ферме, гол.;

$t_{\text{маш}}$  – среднее время доения одной коровы, мин (паспортные данные аппарата);

$T_d$  – продолжительность доения всего стада, мин.

При получении дробного числа доильных аппаратов полученное значение округляем в меньшую сторону.

Расчетная производительность доильной установки  $Q_d$  определяется по формуле

$$Q_d = m_{\text{ж}} / T_d. \quad (6.8)$$

Определив требуемую производительность линии доения, выбираем тип доильной установки и определяем количество.

$$Q_{\text{ду}} = Q_d / W_{\text{д.у.ч}}, \quad (6.9)$$

где  $W_{\text{д.у.ч}}$  – часовая производительность доильной установки.

Чтобы правильно организовать машинное доение коров, определяют количество обслуживающего персонала:

$$m_{\text{обс}} = \frac{m_{\text{ж}}^0 t_{\text{рр}}}{60 T_3}, \quad (6.10)$$

где  $m_{\text{ж}}^0$  – поголовье коров на ферме с учетом планового развития;

$t_{\text{рр}}$  – время ручного труда на одну корову (1...4 мин);

$T_3$  – допустимое время доения и обработки молока, ч.

Продолжительность доения стада дояркой  $T_d$  определяют по формуле

$$T_d = \frac{60}{t_{pp}}. \quad (6.11)$$

Число аппаратов, обслуживаемых одной дояркой при доении в стойлах  $Z_{ад}$ , рассчитывают по формуле

$$Z_{ад} = \frac{T_3 + t_x}{t_{pp} + t_x}, \quad (6.12)$$

где  $t_x$  – длительность перехода доярки к соседней корове, мин.

Число постов доения  $Z_{сд}$ , которое должна обслужить каждая доярка при доении коров в доильном зале, определяют по формуле

$$Z_{сд} = \frac{T_3}{t_{pp} + t_x}. \quad (6.13)$$

Определив тип и выбрав марку доильной установки, необходимо выбрать оборудование для технологической линии первичной обработки молока.

Нельзя допускать попеременного доения коров то трехтактным, то двухтактным аппаратами, применять несовершенные или неправильно работающие и имеющие большой износ доильные машины, скомплектованные из разных типов доильных установок, переделывать трехтактные аппараты на двухтактные в условиях молочных комплексов и ферм. Это ведет к увеличению числа коров, которые подвергаются заболеванию маститом.

## **Лекция 7. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ МОЛОКА**

### **7.1. Расчет технологической линии первичной обработки молока**

Получение в условиях хозяйства молока наивысшего сорта является одним из наиболее важных условий рентабельности его производства. Отсюда очевидно, насколько важна первичная обработка и охлаждение молока в условиях хозяйств.

Первичная обработка молока включает в себя следующие технологические операции: *очистку молока от механических примесей, охлаждение, хранение, в отдельных случаях сепарирование и пастеризацию.*

После первичной обработки молоко должно отвечать следующим условиям:

- содержание механических примесей не должно превышать нормы для конкретного сорта молока: степень чистоты по эталону I – для первого сорта и II, III – для второго сорта и несортowego молока;

- охлаждение молока сразу после дойки до 4...6 °С.

Общее количество молока, подлежащее первичной обработке в течение года  $M_{\text{год}}$ , определяется по формуле

$$M_{\text{год}} = Y_{\text{год}} \cdot P_{\text{к}}, \quad (7.1)$$

где  $Y_{\text{год}}$  – среднегодовой удой молока на одну корову, кг;

$P_{\text{к}}$  – поголовье коров на ферме.

Максимальный суточный удой молока

$$M_{\text{сут}} = \frac{M_{\text{год}} \cdot K_{\text{г}} \cdot K_{\text{ск}}}{365}, \quad (7.2)$$

где  $K_{\text{г}}$  – коэффициент, учитывающий годовую неравномерность производства молока;

$K_{\text{ск}}$  – коэффициент, учитывающий сухостойность коров.

Максимальный разовый удой (за одну дойку)

$$M_{\text{раз}} = \frac{M_{\text{сут}} \cdot K_{\text{с}}}{i_{\text{д}}}, \quad (7.3)$$

где  $K_{\text{с}}$  – коэффициент суточной неравномерности производства молока;

$i_{\text{д}}$  – число доек за день.

Минимальная пропускная способность линии первичной обработки молока, используемая в дальнейшем для подбора ее оборудования по производительности, определяется из соотношения

$$Q_{\text{л}} = \frac{M_{\text{раз}}}{T_{\text{д}}}, \quad (7.4)$$

где  $T_{\text{д}}$  – допустимое время на обработку разового удоя, с.

Первая операция после дойки – очистка молока. Для наиболее тонкой очистки молока после доения применяют центробежные молоко-

очистители, в которых в поле центробежных сил плотные включения смещаются к периферии вращающегося барабана (частота вращения – порядка 8000 об/мин), а более легкие – вытесняются к оси вращения. Очищенное молоко, за счет поступления в барабан свежего молока, поднимается к напорному диску, через который выводится из барабана.

Пропускную способность центробежного молокоочистителя  $Q_{м.о}$  определяют по зависимости

$$Q_{м.о} = \rho_m z_T R_{\min}^2 \omega_{\text{рот}}^2 B_0^2 d_{\text{гр}} \frac{\rho_{\text{гр}} - \rho_{\text{пл}}}{\mu} \cos \alpha, \quad (7.5)$$

где  $\rho_m$  – плотность цельного молока, кг/м<sup>3</sup>;

$z_T$  – число тарелок очистительного барабана, шт.;

$R_{\min}$  – минимальный радиус тарелки, м;

$\omega_{\text{рот}}$  – угловая скорость вращения барабана, рад/с;

$B_0$  – расстояние между тарелками барабана, м;

$d_{\text{гр}}$  – средний эквивалентный диаметр грязевых частиц, м;

$\rho_{\text{гр}}$  – плотность грязевых частиц, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_{\text{пл}}$  – плотность плазмы молока, кг/м<sup>3</sup>;

$\mu$  – коэффициент динамической вязкости молока, Па · с;

$\alpha$  – угол наклона образующей тарелки, рад.

Количество центробежных молокоочистителей  $n_{м.о}$  выбирают в зависимости от часовой производительности поточной линии:

$$n_{м.о} = \frac{Q_{л}}{Q_{м.о}}. \quad (7.6)$$

Длительность непрерывной работы сепаратора-очистителя  $T_{м.о}$  должна обеспечить обработку молока в течение времени доения  $T_{д}$  без разбора сепаратора:

$$T_{м.о} = \frac{V_{\text{гр}} \rho_{\text{гр}}}{C_{\text{гр}} \rho_{м.о}}, \quad (7.7)$$

где  $V_{\text{гр}}$  – объем грязевого пространства барабана, м<sup>3</sup>;

$C_{\text{гр}}$  – массовая доля грязевых частиц (сепараторной слизи) в молоке,  $C_{\text{гр}} = (0,3...0,6) \cdot 10^{-3}$ .

В случае если  $T_{м.о} > T_{д}$ , то в технологическую линию устанавливают дополнительные магистральные фильтры, уменьшающие загрязненность молока, поступающего в центробежный очиститель.

На некоторых молочно-товарных фермах, а также на предприятиях молочной промышленности осуществляют переработку молока, предусматривающую разделение молока на сливки и обрат сепарированием на механических центрифугах в поле центробежных сил. При этом более плотные составляющие смеси – обезжиренное молоко (обрат) – перемещаются к периферии вращающегося ротора, более легкие – сливки – вытесняются к его центру (рис. 7.1).

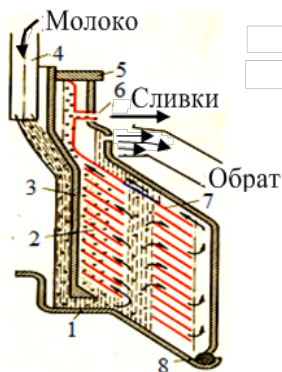


Рис. 7.1. Схема работы барабана сепаратора-сливкоотделителя:

- 1 – дно; 2 – пакет тарелок;  
3 – тарелкодержатель; 4 – трубка поплавковой камеры; 5 – гайка; 6 – винт регулировки жирности сливок; 7 – разделительная тарелка; 8 – уплотнитель

Разделение молока на сливки и обрат осуществляется в сливкоотделительном барабане, состоящем из пакета разделительных тарелок. Тарелки имеют соосные отверстия, в результате чего в пакете образуется три вертикальных канала для прохода молока. Зазор между соседними тарелками в пакете составляет порядка 0,35...0,5 мм.

Производительность тарельчатого сепаратора  $Q_{\text{сеп}}$  для выделения сливок из молока определяется по формуле

$$Q_{\text{сеп}} = \rho_m z_T \operatorname{tg} \alpha (R_{\text{max}}^2 - R_{\text{min}}^2) \omega_{\text{рот}}^2 d_{\text{ш}}^2 \frac{\rho_{\text{пл}} - \rho_{\text{ш}}}{\mu} \eta_{\text{сеп}}, \quad (7.8)$$

где  $R_{\text{max}}$ ,  $R_{\text{min}}$  – больший и меньший радиусы тарелки, м;

$d_{\text{ш}}$  – диаметр жирового шарика, м;

$\rho_{\text{ш}}$  – плотность жирового шарика, м;

$\eta_{\text{сеп}}$  – КПД сепаратора,  $\eta_{\text{сеп}} = 0,5 \dots 0,7$ .

В интервале температур  $t = 40 \dots 50$  °С, используемых при сепарировании молока, действует зависимость  $\frac{\rho_{\text{пл}} - \rho_{\text{ш}}}{\mu} = 2900t$ , с учетом

которой производительность тарельчатого сепаратора может быть записана в виде

$$Q_{\text{сеп}} = 2900 \rho_{\text{м}} z_{\text{т}} \operatorname{tg} \alpha (R_{\text{max}}^2 - R_{\text{min}}^2) \omega_{\text{рот}}^2 d_{\text{ш}}^2 t \eta_{\text{сеп}}. \quad (7.9)$$

Пренебрегая потерями при сепарировании, количество сливок  $G_{\text{с}}$ , получаемых из цельного молока, определяют по формуле

$$G_{\text{с}} = M_{\text{раз}} (Ж_{\text{м}} - Ж_{\text{о}}) / (Ж_{\text{с}} - Ж_{\text{о}}), \quad (7.10)$$

где  $Ж_{\text{м}}$ ,  $Ж_{\text{о}}$ ,  $Ж_{\text{с}}$  – содержание жира в молоке, обрате и сливках, %.

Время непрерывной работы сепаратора  $T_{\text{сеп}}$  между разборами его барабана с целью удаления грязевых отложений рассчитывается по формуле

$$T_{\text{сеп}} = \frac{V_{\text{гр}} \rho_{\text{гр}}}{C_{\text{гр}} Q_{\text{сеп}}}. \quad (7.11)$$

Для исключения ситуаций, способствующих возникновению эпизоотий, молоко подвергают пастеризации. Процесс пастеризации характеризуется двумя параметрами: температурой молока и продолжительностью его обработки. Выделяют три режима пастеризации молока:

1) длительный (LTLT – Low Temperature Long Time) – нагрев молока до температуры 63 °С с последующей выдержкой при этой температуре в течение 30 мин;

2) кратковременный (HTST – High Temperature Short Time) – нагрев молока до температуры 72...75 °С и выдержка в течение 15...20 с;

3) мгновенный – нагрев молока до температуры 85...90 °С с выдержкой до 2 с.

На молокоперерабатывающих предприятиях используют оборудование, работающее в режимах длительной или кратковременной пастеризации. Режим мгновенной пастеризации вытеснен с производства более эффективной ультрапастеризацией или ультравысокотемпературной обработкой (УВТ-обработка), предусматривающей нагрев молока до температуры 135...140 °С и выдержкой в течение 2...4 с.

Пастеризаторы молока для телят, используемые в настоящее время на животноводческих фермах и комплексах, работают преимущественно в режиме длительной пастеризации. По конструктивному исполнению такие пастеризаторы могут быть стационарными и пере-

движными. Передвижные пастеризаторы, также называемые «молочные такси», представляют собой емкость, смонтированную на трех- или четырехколесном шасси. Молочное такси обеспечивает пастеризацию и последующее охлаждение молока, транспортирование его в животноводческое помещение и дозированную порционную раздачу телятам при помощи насоса с питанием от аккумуляторной батареи.

Емкость установки для длительной пастеризации молока представляет собой ванну с двойными стенками из нержавеющей стали, образующими водяную рубашку нагрева или охлаждения. В процессе выполнения технологического процесса ванна заполняется молоком. Затем межстенное пространство заполняется водой до уровня переливной трубы. Вода, подогреваемая трубчатыми электронагревательными элементами, за счет теплообмена через стенки внутреннего корпуса нагревает молоко. Для обеспечения равномерного нагрева молоко в ванне перемешивается мешалкой.

Тепловая мощность пастеризатора  $\Theta_{\text{паст}}$  зависит от величины поверхности его нагрева  $F$ , коэффициента теплопередачи  $K_t$  и средней логарифмической разности температур  $\Delta t_{\text{ср}}$  между водой в рубашке нагрева и молоком в ванне пастеризации:

$$\Theta_{\text{паст}} = FK_t \Delta t_{\text{ср}}, \quad (7.12)$$

где  $F$  – площадь поверхности теплопередачи между рубашкой нагрева и ванной пастеризации,  $\text{м}^2$ ;

$K_t$  – коэффициент теплопередачи,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ;

$\Delta t_{\text{ср}}$  – средняя логарифмическая разность температур между водой в рубашке нагрева и молоком в ванне пастеризации,  $^\circ\text{C}$ .

Для одного и того же пастеризатора величина тепловой мощности  $\Theta_{\text{паст}}$  может варьироваться в широких пределах в зависимости от температурного режима обработки молока.

Расход электрической энергии на пастеризацию определяют по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{паст}} = \frac{M_d c_m (t_{\text{паст}} - t_{\text{нач}})}{3,6 \cdot 10^6 \eta_{\text{паст}}}, \quad (7.13)$$

где  $M_d$  – количество молока, подлежащего пастеризации,  $\text{кг}$ ;

$c_m$  – удельная теплоемкость молока,  $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ ;

$t_{\text{паст}}$  – температура пастеризации молока,  $^\circ\text{C}$ ;

$t_{\text{нач}}$  – начальная температура молока, °С;

$\eta_{\text{паст}}$  – тепловой КПД пастеризатора.

Наибольшее распространение в сельскохозяйственном производстве получили закрытые пластинчатые проточные теплообменники с противоточным движением нагреваемой и охлаждаемой сред.

Рабочую поверхность регенеративного теплообменного аппарата  $F_{\text{рег}}$  определяют по формуле

$$F_{\text{рег}} = \frac{M_{\text{д}} c_{\text{м}} E_{\text{рег}}}{t_{\text{рег}} (1 - E_{\text{рег}})}, \quad (7.14)$$

где  $E_{\text{рег}}$  – коэффициент регенерации;

$t_{\text{рег}}$  – температура регенерированного молока, °С.

Значение коэффициента регенерации определяется соотношением

$$E_{\text{рег}} = \frac{t_{\text{рег}} - t_{\text{нач}}}{t_{\text{паст}} - t_{\text{нач}}}. \quad (7.15)$$

В первом приближении температура регенерированного молока рассчитывается по формуле

$$t_{\text{рег}} = (1 - E_{\text{рег}})(t_{\text{паст}} - t_{\text{нач}}). \quad (7.16)$$

Выбрав оборудование для поточной технологической линии первичной обработки молока, проводят энергетический расчет молочной.

Общая установленная мощность оборудования и освещения в молочной определяется следующим образом:

$$N_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^n N_{\text{об}_i} + N_{\text{осв}}, \quad (7.17)$$

где  $N_{\text{об}_i}$  – установленная мощность  $i$ -го оборудования в молочной, кВт;

$N_{\text{осв}}$  – установленная мощность освещения, кВт.

Установленная мощность освещения

$$N_{\text{осв}} = q_{\text{осв}} S. \quad (7.18)$$

где  $q_{\text{осв}}$  – удельная величина освещения помещения, Вт/м<sup>2</sup>;

$S$  – площадь молочной, м<sup>2</sup>. Определяется произведением площади  $S_{\text{об}}$ , занимаемой оборудованием, и коэффициента запаса  $K_S = 3 \dots 5$ .

Общий расход электроэнергии за сутки  $W_{\text{общ}}$  рассчитывается по формуле

$$W_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^n N_{\text{об}_i} T_{\text{об}_i} + N_{\text{осв}} T_{\text{осв}}, \quad (7.19)$$

где  $T_{\text{об}_i}$  – продолжительность работы  $i$ -го оборудования молочной, ч;

$T_{\text{осв}}$  – продолжительность использования освещения, ч.

При рассмотрении нескольких вариантов комплектации технологической линии первичной обработки молока суточный расход электрической энергии  $W_{\text{общ}}$  используется в качестве вспомогательного показателя, характеризующего энергозатраты по соответствующему варианту.

## 7.2. Расчет параметров оборудования для первичной обработки молока

Чтобы осуществить поточность технологических линий доения и первичной обработки молока, необходимо согласовать их часовую производительность. Расчеты, связанные с подбором оборудования, ведут по максимальному значению часовой производительности в наиболее продуктивный месяц лактации коров, чтобы иметь гарантийный запас производственной мощности молочной линии в остальное время.

Максимальная часовая производительность ПТЛ первичной обработки молока

$$Q = \frac{DmY_{\text{г}}\alpha\text{Ж}(1-K_{\text{с}})}{D_{\text{л}}D_{\text{мн}}D_{\text{м}}T_{\text{з}}}, \quad (7.20)$$

где  $D$ ,  $D_{\text{л}}$ ,  $D_{\text{мн}}$ ,  $D_{\text{м}}$  – соответственно число дней в году, число суток лактации коров в году, число дней максимального по надоя месяца и число месяцев в году ( $D = 365$  дн.,  $D_{\text{л}} = 300 \dots 305$  дн.,  $D_{\text{м}} = 12$  мес);

$m$  – число коров на ферме или комплексе;

$Y_{\text{г}}$  – среднегодовой удой на корову, кг;

$\alpha = 1, 2 \dots 1, 5$  – коэффициент неравномерности (сезонности) поступления молока;

$\text{Ж}$  – часть суточного надоя молока, приходящаяся на максимальный разовый надой (при трехкратной дойке  $\text{Ж}$  принимается 0,4; при двукратной – 0,6);

$K_c$  – коэффициент сухостойных коров ( $K_c = 0,15 \dots 0,25$ );

$T_3$  – зоотехническое время доения, ч ( $T_3 = 2 \dots 2,5$  ч).

Зная часовую производительность линии первичной обработки молока, определяют количество выбранного оборудования линии. Для этого необходимо произвести расчет оборудования ПТЛ первичной обработки молока в его технологической последовательности.

#### 1. Очистка молока пассивная.

Пропускная способность фильтра

$$W_\phi = Fv\rho, \quad (7.21)$$

где  $F$  – общая площадь фильтра,  $\text{м}^2$ ;

$v$  – скорость протекания через фильтр,  $\text{м/ч}$ ;

$\rho$  – плотность молока,  $\text{кг/м}^3$  ( $\rho = 1027 \dots 1029 \text{ кг/м}^3$ ).

Общая площадь фильтра

$$F = F_0 n, \quad (7.22)$$

где  $F_0$  – площадь сечения одного отверстия фильтра,  $\text{м}^2$ ;

$n$  – число отверстий.

Скорость протекания молока через фильтр ( $\text{м/ч}$ )

$$v = \mu \sqrt{2gh}, \quad (7.23)$$

где  $\mu$  – коэффициент истечения молока ( $\mu = 0,8$ );

$g$  – ускорение силы тяжести,  $\text{м/с}^2$ ;

$h$  – высота столба продукта над фильтром,  $\text{м}$ .

Площадь фильтрующей ткани, необходимой для фильтрации молока,

$$F_\tau = \frac{M_\phi}{q}, \quad (7.24)$$

где  $M_\phi$  – количество молока, подлежащего фильтрации,  $\text{л}$ ;

$q$  – количество молока, проходящего через  $1 \text{ м}^2$  фильтрующей ткани,  $\text{л/м}^2$ .

2. Очистка молока активная осуществляется на сепараторах-очистителях и центрифугах очистителей-охладителей. При очистке молока с использованием сепаратора-очистителя определяют время непрерывной работы  $t$  по формуле

$$t = \frac{100V_{\text{гр}}}{PQ}, \quad (7.25)$$

где  $V_{гр}$  – объем грязевого пространства барабана, л;

$P$  – процент отложения сепараторной слизи от общего объема пропускаемого молока, % ( $P = 0,03 \dots 0,06$  %);

$Q$  – производительность очистителя, л/ч.

Вместимость грязевого пространства барабана сепаратора-очистителя

$$V_{гр} = \frac{\pi(R_{\max}^2 - R_{\min}^2)H}{1000}, \quad (7.26)$$

где  $R_{\max}$ ,  $R_{\min}$  – максимальный и минимальный радиусы грязевого пространства, см;

$H$  – высота пакета тарелок барабана, см.

3. *Охлаждение молока.* В условиях различных хозяйств оборудуют холодильные камеры, предназначенные для кратковременного хранения как молочных, так и других продуктов. В этих камерах холод расходуется:

– на теплопередачу  $Q_1$  через внешние ограждения камеры (стены, пол, потолок);

– охлаждение продукта с тарой  $Q_2$ ;

– охлаждение приточного воздуха при использовании вентиляции для камеры  $Q_3$ ;

– потери холода при открывании дверей и нахождении в камере людей  $Q_4$ .

Расход холода в камере за сутки  $Q_{сут}$  определяется по формуле

$$Q_{сут} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4, \quad (7.27)$$

где  $Q_1$  – расход холода на теплопередачу через внешние ограждения камеры, Дж;

$Q_2$  – расход холода на охлаждение продукта и тары в камере, Дж;

$Q_3$  – расход холода на охлаждение приточного воздуха при использовании вентиляции в камере, Дж;

$Q_4$  – расход холода при открывании дверей, на пребывание людей в камере и другие потери, Дж.

Расход холода на теплопередачу через внешние ограждения камеры

$$Q_1 = \Sigma Fk(t_n - t_b)24, \quad (7.28)$$

где  $F$  – площадь поверхности стен, пола и потолка камеры, м<sup>2</sup>;

$k$  – коэффициент теплопередачи стен, пола, потолка, Вт/(м<sup>2</sup> · °С);

$t_n$  – наружная температура воздуха, °С;

$t_{\text{в}}$  – внутренняя температура воздуха камеры, °C ( $t_{\text{в}} = 2 \dots 4$  °C).  
Наружная температура воздуха

$$t_{\text{н}} = 0,4t_{\text{см}} + 0,6t_{\text{мах}}, \quad (7.29)$$

где  $t_{\text{см}}$  и  $t_{\text{мах}}$  – среднемесячная и максимальная суточная температура самого жаркого месяца, °C.

Расход холода на охлаждение продукта и тары в камере

$$Q_2 = \Sigma(G_{\text{с}} + G_{\text{т}}c_{\text{т}})(t_1 - t_2), \quad (7.30)$$

где  $G$  и  $G_{\text{т}}$  – масса продуктов и тары, поступающих на охлаждение, кг;

$c$  и  $c_{\text{т}}$  – теплоемкость продукта и тары, Дж/(кг · °C);

$t_1$  и  $t_2$  – начальная и конечная температуры продукта и тары, °C.

Расход холода на охлаждение приточного воздуха при использовании вентиляции в камере

$$Q_3 = \alpha V \gamma_{\text{в}} (\lambda_{\text{н}} - \lambda_{\text{к}}), \quad (7.31)$$

где  $\alpha$  – кратность смены воздуха в сутки ( $\alpha = 2$ );

$V$  – вместимость камеры, м<sup>3</sup>;

$\gamma_{\text{в}}$  – плотность воздуха камеры, кг/м<sup>3</sup>;

$\lambda_{\text{н}}$  и  $\lambda_{\text{к}}$  – теплосодержание наружного воздуха и воздуха камеры при его соответствующей влажности, Дж/кг.

Расход холода при открывании дверей, на пребывание людей в камере и другие потери

$$Q_4 = (0,2 \dots 0,4) Q_1. \quad (7.32)$$

В практике общее суточное количество холода  $Q_{\text{сут}}$  при кратковременном хранении продуктов в камере подают от холодильной установки периодически, но с перерывами, не превышающими 3...5 ч. Для выбора холодильного агрегата, предназначенного только для охлаждения камеры, задаются числом часов его работы в сутки и определяют необходимую часовую холодильную мощность по формуле

$$Q = \frac{Q_{\text{сут}}}{t}, \quad (7.33)$$

где  $t$  – принятое число часов работы установки в сутки, ч.

В том случае, если одну и ту же холодильную установку используют для охлаждения молочных продуктов в охладителе и камере, то холодильная мощность установки определяется следующим образом:

$$Q_y = Q_{\text{охл}} + \frac{Q_{\text{сут}}}{t}. \quad (7.34)$$

При кратковременной работе охладителя (3...4 раза в сутки по 1...1,5 ч) подбирают установку по наибольшему часовому потреблению холода и используют ее поочередно.

Обычно в холодильных камерах для их охлаждения устанавливают рассольные батареи и батареи непосредственного испарения. Для таких агрегатов батареи выполняют из стальных гладких труб в виде змеевиков диаметром 56 мм. Концы труб соединяют двойными чугунными отводами или сваркой. Хладоновые батареи непосредственного испарения изготавливают из медных труб диаметром 16...18 мм, а для увеличения площади теплопередачи трубы оборудуют ребрами. По расположению в батареях труб они бывают горизонтальные и вертикальные, а по устройству – одно- и двухрядные.

Общая площадь батареи для заданных условий определяется отношением

$$F = \frac{Q}{k\Delta t}, \quad (7.35)$$

где  $Q$  – тепловая нагрузка батарей, установленных в камере, Дж/ч;

$k$  – коэффициент теплопередачи, Дж/(м<sup>2</sup> · °С);

$\Delta t$  – разность температур воздуха камеры и циркулирующего рас-  
сола или испаряющегося хладона, °С.

Зная общую площадь поверхности батареи, задаются диаметром труб, определяют их длину и с учетом размеров камеры подбирают длину батареи и число труб в ряду.

## **Лекция 8. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОДУКЦИИ СВИНОВОДСТВА**

### **8.1. Технология производства свинины**

Увеличение производства свинины в большой степени зависит от правильной организации и проведения откорма. Откорм – заключительная стадия всего производственного процесса в свиноводстве. Главная цель откорма – получить максимальные приросты живой массы при минимальных затратах труда, кормов и финансовых средств.

На откорм поступают молодняк в возрасте 3...4 мес, проверяемые матки после отъема от них поросят и выбракованные животные.

Основное условие успешного проведения откорма – создание прочной кормовой базы и полноценное кормление. Следует всегда иметь в виду, что расходы на корма составляют до 70 % себестоимости свинины. Успех откорма также зависит от породных особенностей и типа свиней, их возраста и развития, правильности подбора групп, продолжительности откорма и условий содержания. При комплектовании групп животных подбирают одного пола и возраста. Разница в живой массе молодняка должна быть не более 3...5 кг.

На практике в хозяйствах применяется откорм мясной, беконный и до жирных кондиций.

*Поточная система производства свинины* – обязательное условие интенсивной технологии. При этом производственный процесс должен быть непрерывным в течение года с ритмом 1...4 дня на комплексах с 24, 54, 108 тыс. свиней в год и с ритмом, кратным 7 дням (7, 14 и т. д.), на остальных фермах и комплексах, что обеспечивает выпуск продукции партиями определенной величины и хорошего качества как за установленный период, так и в целом за год.

При поточной технологии объемы производства должны быть постоянными в течение всего периода эксплуатации предприятия. Поточная система производства свинины позволяет повысить эффективность использования маточного стада, помещений, оборудования, средств механизации, рабочей силы.

В зависимости от мощности предприятия различают четыре этапа (участка) технологического процесса:

- 1) воспроизводство – осеменение маток, супоросный период, подготовка к осеменению ремонтных свинок;
- 2) репродукция – получение поросят и лактация;
- 3) дорашивание – выращивание молодняка после отъема;
- 4) откорм – откорм свиней.

В основу поточной системы производства свинины заложены получение, выращивание и реализация крупных одновозрастных групп молодняка свиней через определенные промежутки времени. Это обеспечивается:

– непрерывным ритмичным подбором однородных по числу и срокам осеменения групп свиноматок и получением одновозрастных партий молодняка. Группы свиноматок сохраняют в том же составе в течение супоросного и подсосного периодов до отъема поросят. Молод-

няк формируют в соответствии с принятой технологией в производственные группы, которые остаются постоянными в течение этих этапов выращивания и откорма;

- формированием необходимого числа групп маток и свиней других возрастных групп;

- осеменением маток каждой группы в короткий, четко определенный промежуток времени (ритм) без паузы;

- наличием специализированных помещений для каждого этапа производственного процесса, разделенных на секции и используемых по принципу «свободно – занято».

Профилактический перерыв между заполнениями секций животными должен быть не менее 5 сут.

Для выращивания и откорма молодняка применяют одно-, двух- и трехфазную системы. При однофазном содержании маток переводят в цех осеменения, а молодняк оставляют в этих же станках, дорастивают и откармливают. Преимущества этого способа – исключаются стрессы, связанные с перемещением поросят, улучшается рост молодняка, уменьшаются затраты корма на 1 кг прироста. Однако при однофазном содержании сложно проводить дезинфекцию – она возможна лишь после сдачи молодняка на мясо. Для содержания животных по однофазной системе необходимы реконструируемые станки. При двухфазной системе поросят оставляют до передачи на откорм (до 3 мес) в тех же станках, где происходит опорос. Отъем поросят проводят в 30 дней. В возрасте 3 мес их переводят в цех откорма. При такой системе содержания поросят перемещают только один раз, вследствие чего не требуется специальных помещений для дорастивания.

Для свиней каждой возрастной группы предусматривают отдельные секции, вместимость которых определяют в зависимости от численности поголовья в технологических группах. Число секций должно соответствовать продолжительности производственного цикла с учетом подготовительных ветеринарно-санитарных работ, проводимых до постановки стада животных.

Чтобы обеспечить непрерывность технологического процесса, помещения делят на участки на всех фермах с двух- и трехфазной системами выращивания и откорма молодняка независимо от их вместимости.

При трехфазном содержании поросят в возрасте 26, 30 и 42 дней переводят в цех дорастивания, а затем в возрасте 105...120 дней – в цех откорма.

Технологией воспроизводства, выращивания и откорма на промышленной основе предусмотрены в среднем 2,15 опороса в год и 9,5 поросенка за один опорос от каждой свиноматки. Среднесуточный прирост массы поросят составляет 0,2 кг, молодняка – 0,4 кг, откормочного поголовья – 0,6 кг.

Содержание свиноматок с поросятами, холостых свиноматок, молодняка на дорастивании и откормочного поголовья – станковое, безвыгульное, супоросных свиноматок и хряков – станковое, выгульное. Поросят совместно с матками выращивают в течение 30 дней. После отъема молодняка свиноматок переводят в свиарник для холостых маток, где они находятся 35 дней, и после проверки на супоросность передают в помещение для супоросных маток и содержат там для перевода в свиарник для опороса. Поросят-отъемышей содержат в тех же станках еще 60 дней и затем переводят в помещение для откорма на 130 дней, после чего в 220-дневном возрасте поросят массой 110 кг сдают на мясо.

В свиноводстве применяют две системы содержания: выгульную и безвыгульную. В свою очередь, выгульная система подразделяется на станково-выгульную и свободно-выгульную. Известны также клеточный (Япония) и привязный (Венгрия) способы содержания свиней. Выгульную систему применяют для хряков-производителей, ремонтного молодняка, племенных холостых маток и маток первой половины супоросности. Она рекомендуется и для откормочного поголовья.

Подсосные и холостые матки, супоросные матки, переведенные для опороса в свиарник-маточник, матки в первые 36 дней после покрытия содержатся в индивидуальных станках. Хряки-производители находятся как в индивидуальных, так и групповых станках. Для хряков-производителей площадь индивидуального станка составляет 7 м<sup>2</sup>/гол., а фронт кормления – 50 см. Ограждение станков решетчатое, высотой 1,2...1,4 м. При групповом содержании хряков их размещают по 5 гол. в станке из расчета 3,0...3,5 м<sup>2</sup> площади на 1 гол.

Для свиноматок до 36 дней супоросности размер станка – 220×650 см<sup>2</sup>, фронт кормления – 40...45 см, ограждение решетчатое (высота – 90 см) с верхними ограничителями. После 36-дневной супоросности матки содержатся в групповых станках по 10...20 гол. (численность группы должна быть кратной количеству свиноматок, размещенных для опороса в одной изолированной секции).

Для подсосных свиноматок с приплодом применяют станки с фиксирующим устройством площадью 5,0...7,5 м<sup>2</sup> (в зависимости от типа

станка), с зоной кормления и отдыха для поросят (исключается доступ свиноматки к кормушкам поросят). Ограждение станков высотой 1,1 м, в том числе 0,7 м – сплошное и 0,4 м – решетчатое.

Поросят-отъемышей содержат в групповых станках до 15...20 гол.; площадь пола на одну голову составляет 0,35...0,40 м<sup>2</sup> и фронт кормления – 20 см. Ремонтный молодняк также содержат группами по 20...25 гол.; площадь пола – 1,2 м<sup>2</sup>/гол., фронт кормления – 30 см. Размер групп откармливаемого молодняка – 25...30 гол.; площадь логова – 0,5...0,7 м<sup>2</sup>/гол.; фронт кормления – 30 см. В последнее время все большее признание находит погнездное содержание молодняка. Взрослым свиньям, поставленным на откорм, выделяется 1,5 м<sup>2</sup> площади станка и 40 см фронта кормления.

## **8.2. Расчет ритма производства и выхода продукции**

Поточный метод производства свинины основан на разделении свиней внутри половозрастных групп на однородные технологические группы. Группа свиноматок представляет собой основную производственную единицу комплекса. Каждая группа свиней размещается при этом в отдельных специализированных секциях.

Общее число секций должно обеспечивать беспрепятственное перемещение технологических групп в процессе поточного производства в строго установленные промежутки времени, называемые ритмом или шагом ритма. Ритм производства – это оптимальный промежуток времени, в течение которого осуществляется формирование производственных групп свиней и обеспечивается получение единицы продукции.

Ритмичное производство свинины в течение года позволяет рационально планировать и эффективно использовать помещения, равномерно загружать оборудование, правильно организовывать производственный процесс и труд работника комплекса.

При ритмичном и поточном процессах всего производства свинины для расчета поголовья различных технологических групп необходимы следующие исходные данные: производственная программа (мощность комплекса); выход поросят на один опорос основной и проверяемой свиноматок; срок службы маток и хряков (в среднем); продолжительность подсосного периода, дн.; возраст поросят при переводе на откорм, дн.; возраст свиней при снятии с откорма, дн.; процент сохранности поголовья за период выращивания и откорма; число опорос-

сов в год от одной матки; среднесуточные привесы поросят-сосунов, поросят-отъемышей и свиней на откорме; размер группы маток в подсосный период.

Расчеты поголовья и ското-мест на комплексах промышленного типа могут быть выполнены согласно нормам проектирования, которые исходят из заранее заданной величины группы подсосных маток (как правило, 30 гол.). При этом ритм производств различен для комплексов разных мощностей.

При втором методе, рекомендуемом рядом научно-исследовательских институтов, ритм производства назначается заранее, а величина группы подсосных маток зависит от мощности комплекса. Расчет ритма по первому методу производят по формуле

$$P = \frac{365\Pi_M\Pi_\Gamma K_C}{M_K}, \quad (8.1)$$

где  $P$  – ритм производства, дн.;

$\Pi_M$  – размер группы подсосных маток (оптимальной по численности считают группу из 30–60 маток с поросятами);

$\Pi_\Gamma$  – число поросят от одной свиноматки за один опорос;

$M_K$  – мощность комплекса (поголовье откармливаемых свиней в год), гол.;

$K_C$  – коэффициент сохранности поросят за весь цикл производства:

$$K_C = \frac{\text{Процент сохранности}}{100}. \quad (8.2)$$

Число резервных мест определяют путем деления числа дней, отведенных на дезинфекцию и ремонт станков и помещений, на ритм производства и последующего умножения частного от деления на поголовье животных в группе.

### **8.3. Технология приготовления и раздачи кормов на свиноводческих предприятиях**

Структура кормовых рационов различных половозрастных групп свиней определяется зональными почвенно-климатическими условиями хозяйств. В Беларуси и других зонах достаточного увлажнения основными кормами для свиней на колхозных и совхозных фермах являются концентраты, картофель, зеленая масса, травяная мука, мине-

ральные и белково-витаминные добавки. Крупные государственные свиноводческие комплексы обеспечиваются комбикормами промышленного производства.

Технологическое оборудование кормоцехов должно обеспечивать измельчение концентрированных кормов до размеров частиц 0,2...1,0 мм. При любой степени дробления качество концентрированного корма считается тем выше, чем меньше в нем содержится пылевидных частиц, которые вызывают большие потери вследствие распыла, налипания на рабочие органы кормораздатчиков, кормушек, плохого смачивания водой и образования комочков. При измельчении сена в муку для свиней размеры частиц должны быть в пределах 0,2...2,0 мм. Не рекомендуется хранить сенную муку в открытых бункерах более трех суток.

Выбор основного оборудования для кормоцеха следует начинать с разработки технологических схем переработки всех видов кормов, входящих в рационы различных половозрастных групп свиней, и определения суточной, разовой и часовой производительности отдельных линий и кормоцеха в целом.

Технологические схемы обработки, приготовления и раздачи кормов проектируют с учетом экономической эффективности, определяемой конкретными условиями хозяйств, типом кормления и составом рационов, взаимным расположением основных и вспомогательных помещений на ферме, их количеством, местом и порядком кормления животных, системой их содержания, конструкцией технологического оборудования, принятого для обработки кормов, внутренней планировкой помещений и другими факторами.

После определения марочного и количественного состава основного оборудования разрабатываются диаграммы технологического процесса приготовления кормов и выбирается вспомогательное оборудование для всех технологических линий кормоцеха.

Приготовление концентрированных кормов следует проектировать по следующим схемам:

- 1) очистка – измельчение – дозирование – смешивание;
- 2) очистка – измельчение – дрожжевание – дозирование – смешивание;
- 3) очистка – дозирование – смешивание;
- 4) очистка – измельчение – дозирование – смешивание – гранулирование.

Первую и вторую схемы рекомендуется использовать при переработке фуражного зерна в комбикорм, а четвертую – при производстве в хозяйстве гранулированных комбикормов.

## **Лекция 9. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОДУКЦИИ ПТИЦЕВОДСТВА**

### **9.1. Технологии производства продукции птицеводства**

Птицеводство – одна из важнейших отраслей, обеспечивающих население высококачественными диетическими продуктами питания: яйцами и мясом птицы, а также пухом и пером. Сельскохозяйственная птица характеризуется скороспелостью, интенсивным ростом, высокими воспроизводительностью, продуктивностью и жизнеспособностью. Все это в сочетании со сравнительно небольшими затратами кормов на единицу продукции способствует высокой доходности отрасли.

Для современного птицеводства характерны узкая специализация, концентрация, повсеместное внедрение новейших достижений науки и передовой практики, применение прогрессивной технологии, полная механизация трудоемких процессов. Современные птицефабрики – это крупные специализированные предприятия промышленного типа с законченным циклом производства, высоким уровнем организации и культуры труда. Они рассчитаны на содержание 250, 500 и 1000 тыс. и более кур-несушек или на производство 1, 3, 6 млн. и более цыплят-бройлеров в год.

Птицефабрики и птицефермы подразделяют по видам птицы (куры, утки, индейки и др.); по направлениям – яичные и мясные; по назначению – товарные и племенные; по возрасту птицы – инкубаторные цыплята, бройлеры, взрослая птица. Кроме того, их подразделяют по способу содержания птицы – напольное и клеточное. При напольном выращивании птица может содержаться: на ежедневно сменяемой подстилке; на глубокой несменяемой подстилке; на планчатых или сетчатых полах без применения подстилки.

Основная продукция товарных предприятий яичного направления – яйца, сопутствующая – мясо; для предприятий мясного направления основная продукция – мясо, сопутствующая – яйца. На предприятиях по выращиванию ремонтного молодняка основная продукция – ре-

монтный молодняк кур и суточные цыплята. В племенных хозяйствах основная продукция – племенные яйца и племенная птица, сопутствующая – пищевые яйца и мясо. Побочная продукция всех птицеводческих предприятий: пух, перо и другие утилизированные отходы основного производства.

*Яичная продуктивность.* Половая зрелость птицы наступает ко времени снесения первого яйца. Куры начинают нестись в возрасте 120...180 дней (17...26 нед), индейки – 200...250, утки – 210...240, гусыни – 270...300, перепелки – 24...35 дней. Яйценоскость зависит от наследственности птицы (вида и породы), ее возраста и факторов внешней среды.

От кур получают за год в среднем 250...290 яиц, индеек – 100...150, уток – 120...180, гусынь – 60...100, перепелок – 200...250, цесарок – 100...120 яиц.

Половая функция кур, индеек и уток с возрастом, как правило, снижается. Так, яйценоскость ежегодно падает на 10...15 %. В связи с этим в племенных хозяйствах указанную птицу используют не более 2...3 лет, а в промышленных хозяйствах родительское стадо птицы обновляют ежегодно. Яичная продуктивность гусынь увеличивается до 3...4-летнего возраста, поэтому их содержат обычно 5...6 лет.

*Мясная продуктивность.* Мясо птицы характеризуется хорошими пищевыми и вкусовыми качествами, что обусловлено, с одной стороны, высоким содержанием в нем экстрактивных веществ (1,5...2 % в сыром мясе), а с другой – нежностью и сочностью. Так, в мясе кур содержится (%): воды – 65, жира – 13,7, белка – 19, золы – 1. С целью производства мяса используют кур специализированных мясных пород и линий, а также гусей, уток и индеек. Основные показатели мясной скороспелости – масса и интенсивность роста молодняка. Живая масса птицы зависит от вида, пола, породы и возраста. Большой живой массой отличаются гуси и индейки. Масса взрослых индюков составляет 16...18 кг, гусей – 6...8, уток мясных пород – 3...4, кур – 2, цесарок – 1,5...2, перепелов – 0,12...0,15 кг.

Высокой интенсивностью роста характеризуются гусята, индюшата и утята. Так, гусята достигают живой массы 4 кг в возрасте 70...75 дней, индюшата – 4,5 кг в 120 дней, утята – 2 кг в 55...60 дней. Быстро растут и цыплята-бройлеры: в 7...8 нед их живая масса составляет 1,5...1,7 кг. Благодаря высокой плодовитости от одной птицы можно получать в год мяса (кг): от курицы – 150...170, индейки – 400, утки – 250...300, гусыни – 250...300.

## 9.2. Структура стада птицеводческих предприятий

Основой производства продукции птицеводства в промышленных объемах является принцип цикличности. Проектирование начинают с основного звена производства, определяющего производственную мощность предприятия.

*Птицеводческие предприятия яичного направления.*

С учетом цикличности производства количество посадочных мест для промышленного стада кур-несушек определяется при помощи посадочного коэффициента:

$$K = \frac{2T \cdot 100}{\left(2 - \frac{a}{100}\right) \Pi_{\text{я}}}, \quad (9.1)$$

где  $T$  – продолжительность технологического периода, нед;

$a$  – выбраковка птицы с учетом падежа, % ( $a = 4,5$  %);

$\Pi_{\text{я}}$  – продолжительность продуктивного использования птицы, нед ( $\Pi_{\text{я}} = 52$  нед).

Продолжительность технологического периода определяется продолжительностью использования птичника партией кур-несушек с учетом необходимых профилактических периодов:

$$T = \Pi_{\text{я}} + \Pi_{\text{т}} + \Pi_{\text{дор}}, \quad (9.2)$$

где  $\Pi_{\text{т}}$  – продолжительность профилактического периода, нед ( $\Pi_{\text{т}} = 4$  нед);

$\Pi_{\text{дор}}$  – продолжительность периода дорашивания молодняка кур, нед ( $\Pi_{\text{дор}} = 5$  нед).

Количество посадочных мест для промышленного стада кур-несушек

$$N_{\text{п}} = \frac{N_{\text{ср}} K}{100}, \quad (9.3)$$

где  $N_{\text{ср}}$  – среднегодовое поголовье кур-несушек (заданная мощность птицеводческого предприятия), гол.

Количество посадочных мест для ремонтного молодняка промышленного стада

$$N_{p.п} = \frac{N_{п}}{k_{к}} k_{в}, \quad (9.4)$$

где  $k_{к}$  – кратность комплектования промышленного стада ( $k_{к} = 5$ );

$k_{в}$  – коэффициент выбраковки и падежа молодняка ( $k_{в} = 1,3$ ).

Размер родительского стада обычно составляет 8...15 % от среднегодового поголовья промышленного стада кур-несушек.

Количество посадочных мест для родительского стада

$$N_{р} = (8...15) N_{ср} / 100. \quad (9.5)$$

Количество посадочных мест для ремонтного молодняка родительского стада:

– для курочек

$$N_{p.p}^{к} = \frac{0,9 N_{р} k_{в}^{к}}{k_{к}}; \quad (9.6)$$

– для петушков

$$N_{p.p}^{п} = \frac{0,1 N_{р} k_{в}^{п}}{k_{к}}, \quad (9.7)$$

где 0,9; 0,1 – коэффициенты, учитывающие соотношение кур и петухов в родительском стаде;

$k_{в}^{к}$  – коэффициент выбраковки курочек ( $k_{в}^{к} = 1,4$ );

$k_{в}^{п}$  – коэффициент выбраковки петушков ( $k_{в}^{п} = 3,0$ );

$k_{к}$  – кратность комплектования родительского стада ( $k_{к} = 3...4$ ).

Общее количество посадочных мест для ремонтного молодняка родительского стада

$$N_{p.p} = N_{p.p}^{к} + N_{p.p}^{п}. \quad (9.8)$$

*Птицеводческие предприятия мясного направления.* Расчет количества посадочных мест для промышленного стада цыплят-бройлеров базируется на оборачиваемости птичников (количестве производственных циклов) за один год с учетом продолжительности необходимых профилакторных периодов между сменами поголовья в помещении.

Количество посадочных мест  $N_{\text{п}}$  для промышленного стада на предприятии мясного направления определяют по формуле

$$N_{\text{п}} = \frac{N_{\text{год}}}{k_{\text{об}}} \left( 1 + \frac{\Pi}{100} \right), \quad (9.9)$$

где  $N_{\text{год}}$  – заданная мощность предприятия (количество выращиваемых бройлеров в год), гол.;

$k_{\text{об}}$  – коэффициент оборачиваемости птичника (для клеточного содержания цыплят-бройлеров  $k_{\text{об}} = 4,8$ ; для напольного –  $k_{\text{об}} = 4,4$ );

$\Pi$  – процент падежа птицы, % ( $\Pi = 5$  %).

Количество посадочных мест для родительского стада  $N_{\text{р}}$  составляет порядка 10 % от промышленного поголовья цыплят-бройлеров:

$$N_{\text{р}} = 0,1N_{\text{п}}. \quad (9.10)$$

Количество посадочных мест для ремонтного молодняка родительского стада рассчитывают по формулам (9.6)–(9.8).

### 9.3. Проектирование помещений для содержания птицы

*Клеточный способ содержания птицы.* Клеточные батареи занимают основную часть производственной площади птичника (рис. 9.1), поэтому для проектирования здания необходимо знать параметры клеточного оборудования.

Рассчитывают количество клеточных батарей  $N_{\text{б}}$  в птичнике:

$$N_{\text{б}} = \frac{B_{\text{п}} - 2b_{\text{с}} + b_{\text{б}}}{0,001B + b_{\text{б}}}, \quad (9.11)$$

где  $B_{\text{п}}$  – заданная ширина птичника, м;

$b_{\text{с}}$  – минимальная ширина прохода между стенами и клеточной батареей, м ( $b_{\text{с}} = 1$  м);

$b_{\text{б}}$  – минимальная ширина прохода между двумя клеточными батареями, м ( $b_{\text{б}} = 0,7$  м);

$B$  – ширина клеточной батареи, мм.

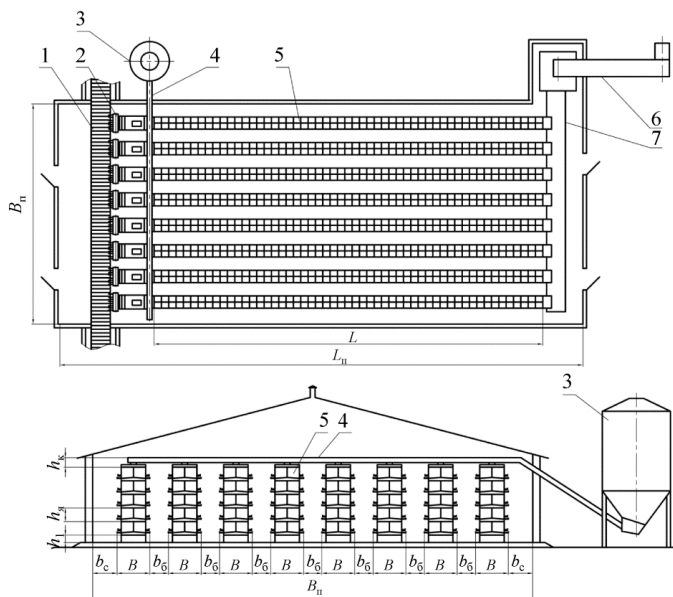


Рис. 9.1. Схема расстановки оборудования в птичнике клеточного содержания промышленного стада кур-несушек:  
 1 – поперечный транспортер яиц Eggo; 2 – элеватор EggCellent; 3 – бункер сыпучих кормов БСК-10; 4 – спиральный транспортер комбикормов Flex-Auger; 5 – клеточная батарея Univent UV 500; 6 – наклонный конвейер для помета КПН-500; 7 – горизонтальный конвейер для помета КПГ-500

Количество ярусов клеточных батарей

$$i_{\text{я}} = \frac{1000H_{\text{п}} - h_1 - h_{\text{к}}}{h_{\text{я}}}, \quad (9.12)$$

где  $H_{\text{п}}$  – минимальная высота потолка птичника, м ( $H_{\text{п}} = 3,2$  м);

$h_1$  – расстояние от пола птичника до первого яруса клеточной батареи, мм;

$h_{\text{к}}$  – возвышение кормовой колонки над верхним ярусом батареи, мм;

$h_{\text{я}}$  – расстояние между ярусами в клеточной батарее, мм.

Определяют допустимое количество птицы в клетке по плотности посадки:

$$q_k^S = \frac{S_k}{S_{\text{гол}}} = \frac{0,01b_k a_k}{S_{\text{гол}}}, \quad (9.13)$$

где  $S_k$  – площадь пола клетки, см<sup>2</sup>;

$S_{\text{гол}}$  – минимальная площадь пола клеточной батареи на одну голову, см<sup>2</sup> (для промышленного стада кур-несушек  $S_{\text{гол}} = 400 \dots 450$  см<sup>2</sup>; промышленного стада цыплят-бройлеров  $S_{\text{гол}} = 320$  см<sup>2</sup>; родительского стада  $S_{\text{гол}} = 600 \dots 870$  см<sup>2</sup>; ремонтного молодняка  $S_{\text{гол}} = 300 \dots 545$  см<sup>2</sup>);

$a_k, b_k$  – глубина и ширина клетки, мм.

Определяют допустимое количество птицы в клетке по фронту кормления:

$$q_k^{\text{корм}} = \frac{2b_k}{10i_p L_{\text{гол}}}, \quad (9.14)$$

где  $i_p$  – число рядов клеток в клеточной батарее;

$L_{\text{гол}}$  – норма фронта кормления на одну голову, см (для промышленного стада кур-несушек  $L_{\text{гол}} = 7$  см; промышленного стада цыплят-бройлеров  $L_{\text{гол}} = 2,5$  см; родительского стада  $L_{\text{гол}} = 7$  см; ремонтного молодняка  $L_{\text{гол}} = 3,5$  см).

Определяют допустимое количество птицы в клетке по фронту поения:

$$q_k^{\text{поен}} = n_{\text{нип}} n_{\text{гол}}, \quad (9.15)$$

где  $n_{\text{нип}}$  – количество ниппельных поилок в клетке, шт.;

$n_{\text{гол}}$  – количество голов, обслуживаемое одним ниппелем по норме ( $n_{\text{гол}} = 12 \dots 15$  гол.).

Количество птицы в одной клетке принимается равным минимальному значению из рассчитанных  $q_k^S, q_k^{\text{корм}}, q_k^{\text{поен}}$ :

$$q_k = \min(q_k^S; q_k^{\text{корм}}; q_k^{\text{поен}}). \quad (9.16)$$

Количество клеток в ряду батареи

$$z_{\text{к.р}} = \frac{L_{\text{п}} - l_1 - l_2 - l_3}{0,001b_k}, \quad (9.17)$$

где  $L_{\text{п}}$  – длина птичника, м;

$l_1$  – длина секции клеточной батареи с технологическим оборудованием – кормовые и пометоуборочные колонки, узел водоподготовки и т. п., м (принимаем  $l_1 = 10$  м);

$l_2, l_3$  – проходы между торцами клеточных батарей и стенами птичника, м ( $l_1 = 1,5$  м,  $l_2 = 1,0$  м).

Полезная длина клеточной батареи

$$L = \frac{z_{к.р} b_k}{1000}. \quad (9.18)$$

Суммарное количество клеток в батарее

$$z_{к.б} = z_{к.р} i_p i_y. \quad (9.19)$$

Поголовье птицы в ряду клеточной батареи

$$q_p = q_k z_{к.р}. \quad (9.20)$$

Поголовье птицы в ярусе клеточной батареи

$$q_y = q_p i_p. \quad (9.21)$$

Поголовье птицы в клеточной батарее

$$q_б = q_y i_y. \quad (9.22)$$

Поголовье птицы в птичнике

$$q_n = q_б N_б. \quad (9.23)$$

*Напольный способ содержания птицы.* При напольном способе содержания число посадочных мест для птицы определяется исходя из размеров птичника (рис. 9.2) и нормы площади на одну голову.

Рассчитывают число посадочных мест для птицы в птичнике:

$$q_n = (L_n - l_1) B_n \sigma, \quad (9.24)$$

где  $L_n$  – длина птичника, м;

$l_1$  – длина участка птичника, занятая вспомогательными помещениями и оборудованием, м ( $l_1 = 6$  м);

$B_n$  – заданная ширина птичника, м;

$\sigma$  – норма плотности посадки птицы, гол/м<sup>2</sup> (при содержании цыплят-бройлеров на подстилке  $\sigma = 19$  гол/м<sup>2</sup>, на сетчатом полу –  $\sigma = 22$  гол/м<sup>2</sup>).

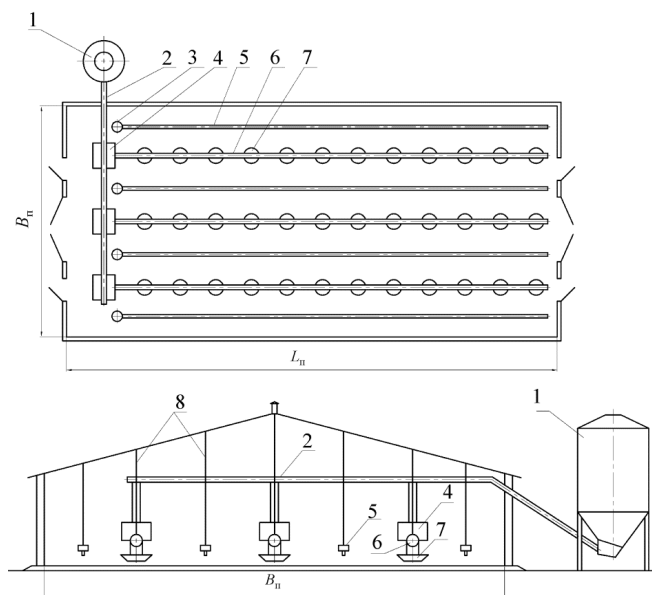


Рис. 9.2. Схема расстановки оборудования в птичнике напольного содержания промышленного стада цыплят-бройлеров:

- 1 – бункер сыпучих кормов БСК-10; 2 – спиральный транспортер комбикормов Flex-Auger; 3 – регулятор давления воды в линии поения; 4 – бункер кормораздатчика; 5 – линия поения птицы с ниппельными автопоилками; 6 – спиральный транспортер-кормораздатчик AugerMatic; 7 – бункерная автокормушка Fluxx; 8 – подвесная система линий кормления и поения

Длина технологического стенда – части птичника, в которой содержится птица,

$$L_T = L_n - l_1. \quad (9.25)$$

Технологический стенд птичника разделяется ограждениями на отдельные секции, количество которых рассчитывают по формуле

$$z_c = \frac{q_n}{q_c^{\text{доп}}}, \quad (9.26)$$

где  $q_c^{\text{доп}}$  – допустимая вместимость секции птичника, гол. (для цыплят-бройлеров  $q_c^{\text{доп}} = 5000$  гол.).

Полученное значение  $q_c^{\text{доп}}$  округляют в большую сторону до целого числа.

Длина секции

$$L_c = \frac{L_T}{z_c}. \quad (9.27)$$

Поголовье птицы в одной секции

$$q_c = \frac{q_{\text{п}}}{z_c}. \quad (9.28)$$

Потребное количество групповых кормушек в секции

$$z_{\text{к.с}} = \frac{q_c}{n_{\text{гол}}^{\text{к}}}, \quad (9.29)$$

где  $n_{\text{гол}}^{\text{к}}$  – количество голов птицы, обслуживаемое одной кормушкой, гол. ( $n_{\text{гол}}^{\text{к}} = 50 \dots 80$  гол.).

Общее количество групповых кормушек в птичнике

$$z_{\text{к}} = z_{\text{к.с}} z_c. \quad (9.30)$$

Групповые кормушки в птичнике с напольным содержанием птицы объединяются в ряды посредством спиральных транспортеров-кормораздатчиков. Количество рядов принимается в зависимости от ширины здания. Для птичников шириной 12 м используется 2 ряда кормушек, для 18 м – 3 ряда.

Количество кормушек в ряду

$$z_{\text{к.р}} = \frac{z_{\text{к}}}{i_{\text{р.к}}}, \quad (9.31)$$

где  $i_{\text{р.к}}$  – число рядов кормушек в птичнике.

Расстояние между соседними кормушками в ряду

$$l_{\text{к}} = \frac{L_T}{z_{\text{к.р}}}. \quad (9.32)$$

Требуемое количество автопоилок в секции

$$z_{п.с} = \frac{q_c}{n_{гол}^п}, \quad (9.33)$$

где  $n_{гол}^п$  – количество голов, обслуживаемых одной поилкой (для nipple-автопоилок  $n_{гол}^п = 20...25$  гол.).

Общее количество поилок в птичнике

$$z_{п} = z_{п.с} z_{с}. \quad (9.34)$$

Поилки объединяются в ряды линий поения. Количество линий поения  $i_{р.п}$  принимается на одну больше, чем линий кормления.

Количество поилок в одном ряду

$$z_{п.р} = \frac{z_{п}}{i_{р.п}}. \quad (9.35)$$

Расстояние между соседними поилками в линии автопоения

$$l_{п} = \frac{L_{г}}{z_{п.р}}. \quad (9.36)$$

#### 9.4. Проектирование технологических линий птицеводческих предприятий

*Линия раздачи кормов.*

Годовой расход кормов по одному птичнику

$$Q_{год\ i}^п = \frac{q_{ц\ i} q_i k_{об\ i}}{1000}, \quad (9.37)$$

где  $q_{ц\ i}$  – расход кормов на одну голову  $i$ -й группы птицы за технологический цикл, кг;

$q_i$  – вместимость птичника для  $i$ -й группы птицы, гол.;

$k_{об\ i}$  – коэффициент оборачиваемости  $i$ -го птичника.

Суточный расход кормов по одному птичнику

$$Q_{\text{сут } i}^{\text{п}} = \frac{q_{\text{ц } i} q_i}{1000 T_{\text{ц } i}}, \quad (9.38)$$

где  $T_{\text{ц } i}$  – продолжительность технологического цикла для  $i$ -го птичника, дн.

Годовой и суточный расходы кормов на  $i$ -ю группу птицы (т):

$$Q_{\text{год } i} = Q_{\text{год } i}^{\text{п}} n_i; \quad (9.39)$$

$$Q_{\text{сут } i} = Q_{\text{сут } i}^{\text{п}} n_i, \quad (9.40)$$

где  $n_i$  – количество птичников для  $i$ -й группы птицы.

Годовой и суточный расходы кормов по птицефабрике в целом:

$$Q_{\text{год}} = \sum_{i=1}^n Q_{\text{год } i}; \quad (9.41)$$

$$Q_{\text{сут}} = \sum_{i=1}^n Q_{\text{сут } i}. \quad (9.42)$$

*Линия водоснабжения и автопоения.*

Среднесуточный расход воды по птичнику

$$V_{\text{сут } i}^{\text{п}} = \frac{(V_{\text{п } i} + V_{\text{м } i} + V_{\text{р}} + V_{\text{и}}) q_i}{1000}, \quad (9.43)$$

где  $V_{\text{п } i}$  – норма расхода воды на поение одной головы  $i$ -й группы птицы, л;

$V_{\text{м } i}$  – норма расхода воды на мойку оборудования и помещений, приходящаяся на одну голову, л;

$V_{\text{р}}$  – расход воды на разбрызгивание птицей при поении, л ( $V_{\text{р}} = 0,014 \dots 0,017$  л);

$V_{\text{и}}$  – расход воды на испарение, л ( $V_{\text{и}} = 0,014 \dots 0,017$  л);

$q_i$  – вместимость птичника  $i$ -й группы птицы, гол.

Среднесуточный расход воды по группе птицы

$$V_{\text{сут } i} = V_{\text{сут } i}^{\text{п}} n_i, \quad (9.44)$$

где  $n_i$  – количество птичников для  $i$ -й группы птицы.

Среднесуточный расход воды на птицефабрике

$$V_{\text{сут}} = \sum_{i=1}^n V_{\text{сут } i}. \quad (9.45)$$

*Линия удаления помета.*

Среднесуточный выход помета по птичнику

$$Q_{\text{сут } i}^{\text{п}} = \frac{q_{\text{гол } i} q_i}{10^6}, \quad (9.46)$$

где  $q_{\text{гол } i}$  – суточный выход помета от одной головы птицы  $i$ -й группы, г;  
 $q_i$  – вместимость птичника  $i$ -й группы птицы, гол.

Среднесуточный выход помета по группе птицы

$$Q_{\text{сут } i} = Q_{\text{сут } i}^{\text{п}} n_i, \quad (9.47)$$

где  $n_i$  – количество птичников для  $i$ -й группы птицы.

Среднесуточный выход помета на птицефабрике

$$Q_{\text{сут}} = \sum_{i=1}^n Q_{\text{сут } i}. \quad (9.48)$$

*Линия сбора, сортировки и упаковки яиц.*

Определяют количество яиц, получаемых от поголовья кур-несушек в птичнике за сутки:

$$Q_{\text{п.сут}} = \frac{q_{\text{п}} Y}{365}, \quad (9.49)$$

где  $q_{\text{п}}$  – поголовье кур-несушек в птичнике, гол.;  
 $Y$  – яйценоскость, шт/год ( $Y = 260 \dots 280$  шт/год).

Количество яиц, получаемых с одной клеточной батареи за сутки,

$$Q_{\text{б.сут}} = \frac{Q_{\text{п.сут}}}{n_{\text{б}}}, \quad (9.50)$$

где  $n_{\text{б}}$  – количество клеточных батарей в птичнике.

Количество яиц, поступающих в цех сортировки и упаковки за сутки (тыс. шт.),

$$Q_{\text{сут}} = \frac{Q_{\text{п.сут}} n_{\text{п}}}{1000}, \quad (9.51)$$

где  $n_{\text{п}}$  – количество птичников для кур-несушек.

Годовой объем производства товарных яиц птицеводческим предприятием (млн. шт.)

$$Q_{\text{год}} = \frac{N_{\text{ср}} \text{Я} (1 - Б / 100)}{1000}, \quad (9.52)$$

где  $N_{\text{ср}}$  – среднегодовое поголовье кур-несушек, тыс. гол.;

$Б$  – выбраковка яиц из-за боя и насечки, % ( $Б = 5 \%$ ).

*Линия инкубации яйца.* Птицеводческие предприятия содержат свои инкубационные цехи (станции), которые комплектуют в зависимости от потребностей производства инкубационно-выводными инкубаторами ИКП-60 и ИКП-90, а также инкубационными ИУП-Ф-45 и выводными ИУВ-Ф-15. Инкубатор ИКП-90 вмещает 91728 яиц, из которых в блоке инкубационных камер – 78624 и в выводной – 13104 яйца. Яйца для инкубации должны иметь массу 50...65 г и оплодотворенность не ниже 90 %. Для отбора яиц по массе используют яйцесортировочные машины ЯС-1 или МСЯ-1М, по качеству – овоскоп И-11А и стол-овоскоп СМУ-А.

Перед инкубацией яйца и камеры, в которые их закладывают, дезинфицируют. После вывода цыплят сортируют на курочек и петушков на столах СЦП-2 и СЦП-2А, оборудованных счетчиками.

Производительность инкубатора  $Q_{\text{и}}$  определяют по формуле

$$Q_{\text{и}} = \frac{K_{\text{я}}}{t_{\text{ц}} k_{\text{и}}}, \quad (9.53)$$

где  $K_{\text{я}}$  – число закладываемых в инкубатор яиц, шт.;

$t_{\text{ц}}$  – время цикла, сут;

$k_{\text{и}}$  – коэффициент неравномерности вывода цыплят.

Число закладываемых в инкубатор яиц  $K_{\text{я}}$  определяют по формуле

$$K_{\text{я}} = K_{\text{и}} + K_{\text{в}}, \quad (9.54)$$

где  $K_{\text{и}}$ ,  $K_{\text{в}}$  – число яиц в инкубационной и выводной секциях, шт.

Время цикла  $t_{\text{ц}}$  определяют по формуле

$$t_{\text{ц}} = t_3 + t_{\text{и}} + t_{\text{в}} + t_{\text{п}}, \quad (9.55)$$

где  $t_3$  – время загрузки инкубатора, сут;

$t_{\text{и}}$  – время нахождения яиц в инкубационной секции, сут;

$t_{\text{в}}$  – время нахождения яиц в выводной секции, сут;

$t_{\text{п}}$  – время подготовки инкубатора к закладке новой партии яиц, сут.

Годовую производительность инкубатора  $Q_{\text{г}}$  определяют по формуле

$$Q_{\text{г}} = D Q_{\text{и}}, \quad (9.56)$$

где  $D$  – число дней в году.

Число инкубаторов  $n$  для птицеводческого предприятия определяют по формуле

$$n = \frac{K_{\text{г}}}{Q_{\text{г}} \eta_{\text{ц}} k_{\text{п}}}, \quad (9.57)$$

где  $K_{\text{г}}$  – годовая потребность птицефабрики в цыплятах, гол.;

$\eta_{\text{ц}}$  – коэффициент, учитывающий цикличность посадки птицы;

$k_{\text{п}}$  – коэффициент, учитывающий выход цыплят.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Китун, А. В. Проектирование перспективных механизированных процессов в животноводстве : учеб. пособие / А. В. Китун, В. И. Передня, Н. Н. Романюк. – Минск : БГАТУ, 2020. – 124 с.
2. Передня, В. И. Технологии и оборудование для доения коров и первичной обработки молока : пособие / В. И. Передня, В. А. Шаршунов, А. В. Китун. – Минск : Мисанта, 2016. – 975 с.
3. Китун, А. В. Технологии и техническое обеспечение производства молока : учеб. пособие / А. В. Китун, В. И. Передня. – Минск : ИВЦ Минфина, 2015. – 254 с.
4. Кузьмина, Т. Н. Технологии и оборудование для свиноводства : справ. / Т. Н. Кузьмина, Н. П. Мишунов. – М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2013. – 172 с.
5. Техническое обеспечение животноводства : учеб. / под ред. А. И. Завражнова. – СПб. : Лань, 2018. – 516 с.
6. Комплексные нормы технологического проектирования новых, реконструкции и технического перевооружения существующих животноводческих объектов по производству молока, говядины и свинины : КНТП-1-2020 / НАН Беларуси, М-во сел. хоз-ва и прод. Респ. Беларусь. – Минск : РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству», 2021. – 120 с.
7. Организационно-технологические требования при производстве молока на молочных комплексах промышленного типа : постановление М-ва сел. хоз-ва и прод. Респ. Беларусь от 4 июня 2018 г. № 16 // М-во сел. хоз-ва и прод. Респ. Беларусь. – URL: [https://mshp.gov.by/documents/animal/trebovaniya\\_moloko.pdf](https://mshp.gov.by/documents/animal/trebovaniya_moloko.pdf) (дата обращения: 10.11.2024).
8. Республиканские нормы технологического проектирования новых, реконструкции и технического перевооружения животноводческих объектов : РНТП-1-2004 : утв. Приказом М-ва сел. хоз-ва и прод. Респ. Беларусь от 15 окт. 2004 г. № 446 / М-во сел. хоз-ва и прод. Респ. Беларусь. – Минск, 2004. – 93 с.
9. Хазанов, Е. Е. Технология и механизация молочного животноводства : учеб. пособие / Е. Е. Хазанов, В. В. Гордеев, В. Е. Хазанов. – 2-е изд. – СПб. : Изд-во «Лань», 2016. – 352 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВВЕДЕНИЕ.....                                                                                                            | 3  |
| Лекция 1. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ПРОЦЕССОВ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ .....                                        | 4  |
| 1.1. Производственные процессы на животноводческом предприятии .....                                                     | 4  |
| 1.2. Основы системного подхода к проектированию поточных механизированных процессов на животноводческом предприятии..... | 6  |
| 1.3. Формирование поточных технологических линий .....                                                                   | 8  |
| Лекция 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПРИГОТОВЛЕНИИ И РАЗДАЧЕ КОРМОВ.....                              | 12 |
| 2.1. Виды скармливаемых кормов и схемы подготовки их к скармливанию .....                                                | 12 |
| 2.2. Расчет потребности в кормах .....                                                                                   | 15 |
| 2.3. Нормирование запасов кормов на животноводческом предприятии .....                                                   | 17 |
| 2.4. Организация процесса приготовления и раздачи кормов.....                                                            | 22 |
| Лекция 3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ПРОЦЕССОВ УБОРКИ, УДАЛЕНИЯ, ПЕРЕРАБОТКИ И УТИЛИЗАЦИИ НАВОЗА .....              | 24 |
| 3.1. Определение суточного выхода навоза на ферме .....                                                                  | 24 |
| 3.2. Определение параметров систем удаления и утилизации навоза .....                                                    | 26 |
| 3.3. Выбор типа и расчет навозохранилищ.....                                                                             | 31 |
| Лекция 4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ И АВТОПОЕНИЯ ЖИВОТНЫХ .....                | 32 |
| 4.1. Расчет потребления воды.....                                                                                        | 32 |
| 4.2. Организация водоснабжения.....                                                                                      | 36 |
| Лекция 5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ МИКРОКЛИМАТА ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ.....                                             | 37 |
| 5.1. Микроклимат животноводческих помещений и его влияние на здоровье и продуктивность животных .....                    | 37 |
| 5.2. Основы расчета воздухообмена на животноводческом предприятии.....                                                   | 39 |
| Лекция 6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ПРОЦЕССОВ МАШИННОГО ДОЕНИЯ КОРОВ.....                                          | 42 |
| 6.1. Состав технологических линий машинного доения коров.....                                                            | 42 |
| 6.2. Определение числа доильных аппаратов линии машинного доения коров.....                                              | 46 |
| Лекция 7. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ МОЛОКА.....                                                       | 50 |
| 7.1. Расчет технологической линии первичной обработки молока .....                                                       | 50 |
| 7.2. Расчет параметров оборудования для первичной обработки молока.....                                                  | 57 |
| Лекция 8. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОДУКЦИИ СВИНОВОДСТВА .....                        | 61 |
| 8.1. Технология производства свинины.....                                                                                | 61 |
| 8.2. Расчет ритма производства и выхода продукции .....                                                                  | 65 |
| 8.3. Технология приготовления и раздачи кормов на свиноводческих предприятиях .....                                      | 66 |
| Лекция 9. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОДУКЦИИ ПТИЦЕВОДСТВА .....                        | 68 |
| 9.1. Технологии производства продукции птицеводства .....                                                                | 68 |
| 9.2. Структура стада птицеводческих предприятий .....                                                                    | 70 |
| 9.3. Проектирование помещений для содержания птицы .....                                                                 | 72 |
| 9.4. Проектирование технологических линий птицеводческих предприятий .....                                               | 78 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....                                                                                            | 83 |