

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**А. В. Китун, В. И. Передня, Н. Н. Романюк**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ  
МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ПРОЦЕССОВ  
В ЖИВОТНОВОДСТВЕ**

*Допущено Министерством образования Республики Беларусь  
в качестве учебного пособия для студентов учреждений  
высшего образования второй ступени (магистратура)  
по специальностям «Техническое обеспечение производства  
сельскохозяйственной продукции», «Технический сервис  
в агропромышленном комплексе», «Техническое обеспечение  
хранения и переработки сельскохозяйственной продукции»*

Минск  
БГАТУ  
2020

УДК 631.3:636(075.8)  
ББК 40.729я73  
К45

Рецензенты:

кафедра технологии производства продукции  
и механизации животноводства УО «Витебская ордена “Знак Почета”  
государственная академия ветеринарной медицины»  
(кандидат технических наук, доцент *А. В. Гончаров*);  
кафедра технического обеспечения производства  
и переработки продукции животноводства  
УО «Гродненский государственный аграрный университет»  
(кандидат технических наук, доцент,  
заведующий кафедрой *Д. А. Григорьев*)

**Китун, А. В.**

К45 Проектирование перспективных механизированных процессов  
в животноводстве : учебное пособие / А. В. Китун, В. И. Передня,  
Н. Н. Романюк. – Минск : БГАТУ, 2020. – 124 с.  
ISBN 978-985-25-0049-4.

В учебном пособии рассмотрены вопросы оптимизации материальных и соответствующих им финансовых, информационных потоков, сопровождающих производственно-коммерческую деятельность животноводческого предприятия и обеспечивающих получение положительного эффекта от сложной производственной цепи в животноводстве на стадии проектирования перспективных поточных механизированных процессов.

Для студентов и магистрантов.

УДК 631.3:636(075.8)  
ББК 40.729я73

ISBN 978-985-25-0049-4

© БГАТУ, 2020

## 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.

Положительный эффект на животноводческих предприятиях может быть достигнут при становлении их на механизированную основу с применением прогрессивных технологий ведения животноводства.

В животноводстве последовательно внедряется комплексная механизация, характеризующаяся уровнем механизации, при котором машинами и механизмами поточно выполняются все основные и вспомогательные технологические процессы. В животноводстве применяются не отдельные машины, а комплекты оборудования, установленные в поточно-технологические линии.

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

До недавнего времени производители животноводческой продукции не придавали серьезного значения созданию специальных систем, позволяющих оптимизировать управление материальными потоками на предприятии. Системы распределения, как правило, не планировались, а система управления процессами товародвижения была слабой.

В связи с этим разработка стратегического и тактического планирования технологических процессов на животноводческом предприятии должна сочетать в себе использование современных форм организации труда, производства и управления, требований эффективного контроля за движением производственных потоков.

Необходимо отметить, что выпуск конкурентоспособной продукции во многом зависит от умения персонала аграрного предприятия увязать в единый технологический процесс материально-техническое обеспечение производства различными ресурсами, резервы производства и организацию кормовой базы.

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 их складирование и транспортировку, а также снижением уровня ее себестоимости и комплексному улучшению качества производства.

# Глава 1

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОТОЧНЫХ 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 круглогодичного производства высококачественной продукции на основе применения промышленной технологии научной организации труда, высокого уровня концентрации и специализации производства на базе комплексной механизации, автоматизации и поточной 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:

1. Цикличность логистических и производственных процессов в животноводстве, связанная с биологическим жизненным циклом развития растений, птицы и животных.

2. Готовая продукция скоропортящаяся и поэтому требует срочной реализации, переработки или длительного хранения, что является источником значительных дополнительных затрат.

3. Выращивание птиц и животных, поддержание их высокой продуктивности требуют особого внимания к качеству и своевременности поставок корма.

4. Выбор эффективных каналов доведение 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 продукцией 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 времени между моментами начала и окончания производственного процесса применительно к конкретной продукции в рамках логистической системы (предприятия).

Производственный цикл состоит из *рабочего* времени и времени *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.

Производственный цикл также включает время ожидания – интервал с момента поступления заказа до момента начала его выполнения, для минимизации которого важно изначально определить оптимальную партию.

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 этих систем.

Системный подход предполагает последовательный переход от общего к частному, когда в основе рассмотрения лежит конечная цель, ради которой создается система (рис. 1.1). Последовательность формирования системы при системном подходе включает в себя несколько этапов.

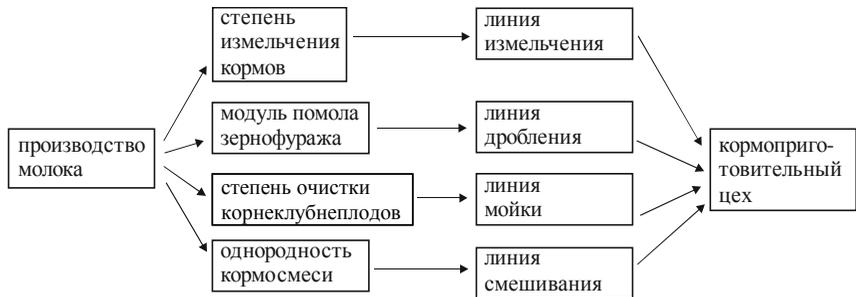


Рис. 1.1. Последовательность формирования систем при системном подходе

*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.* Анализ различных вариантов и выбор подсистем, организация их 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 (рис. 1.2, а).

*Эшелонированные логистические системы.* В таких системах на пути материального потока есть хотя бы один посредник (рис. 1.2, б).

*Гибкие логистические системы.* Здесь движение материального потока от производителя продукции к ее потребителю может осуществляться как напрямую, так и через посредников (рис. 1.2, в).

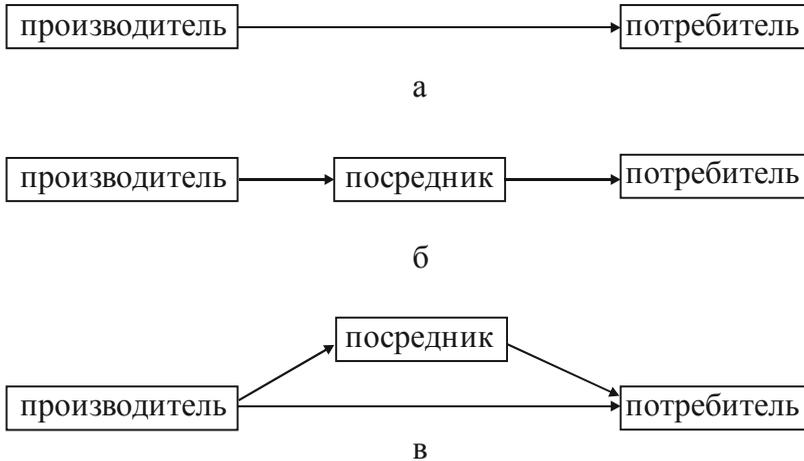


Рис. 1.2. Принципиальные схемы логистических систем различных видов

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

Микрологистические системы представляют собой класс внутривыпускных 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, то есть 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 зачастую 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 (подвозка и отвозка 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 принимать 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 тоже время она может быть преобразована в нужном направлении.

*Текущее планирование* служит научному обоснованию соотношений между производственными процессами на ферме. На уровне текущего планирования заслуживает внимание 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 заданными 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. 1.3) обрабатывают обычно один вид сырья и машины в них соединены последовательно друг за другом.

*Многопоточные линии* (рис.1.4) могут быть со сходящимися, расходящимися и параллельными потоками.

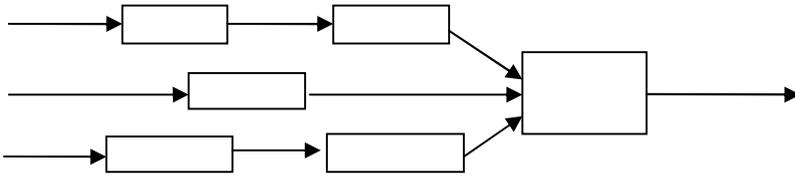


Рис. 1.3. Схема однопоточной линии

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

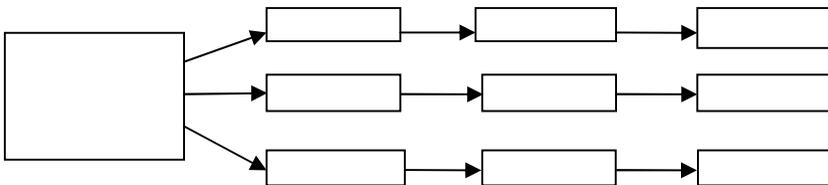


Рис. 1.4. Схема многопоточной линии

Расходящиеся потоки, наоборот, из одного вида сырья позволяют изготовлять 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. 1.5), 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.

$$Q_A = Q_1 \leq Q_2 \leq Q_3 \dots \leq Q_n. \quad (1.1)$$

При жесткой связи выход из строя любого механизма или устройства приводит к остановке сразу всей линии.



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

Технологическая линия с жесткой связью характеризуется последовательным соединением элементов. Надежность работы такой линии или комплекта машин определяется как вероятность безотказной работы машины и определяется в общем виде по формуле

$$P_c = \prod_1^k P_n, \quad (1.2)$$

где  $k$  – число машин, входящих в состав технологической линии;  $P_n$  – вероятность безотказной работы  $n$ -й машины.

Из формулы (1.2) видно, что надежность работы технологической линии с жесткой связью определяется аналогичным показателем каждой входящей в ее состав машины.

Учитывая низкую организацию технического обслуживания машин в животноводстве, малую надежность кормоприготовительных машин, а также обязательное соблюдение времени кормления, доения животных, поточные линии с жесткой связью машин не найдут широкого применения.

2. Гибкая (рис. 1.6), 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. 1.6. 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 тогда, если за время его устранения исчерпывается запас кормов, находящихся в промежуточной емкости.

Вероятность безотказной работы линии с данной связью машин:

$$P_c = 1 - \prod_1^k (1 - P_n). \quad (1.3)$$

При параллельном соединении машин полный отказ наступит в случае остановки всех участков линии. Надежность работы линий с гибкой связью выше, чем в первом случае.

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

3. Смешанная (рис. 1.7), 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.

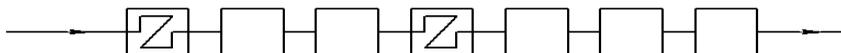


Рис. 1.7. Принципиальная схема смешанной связи соединения машин в поточных линиях

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 неисправность быстро устраняется, линия может работать практически без остановок, то есть простои соседних машин и участков взаимно компенсируются.

Безотказность работы комплектов машин со смешанным соединением машин можно определить по формуле

$$P_c = 1 - \prod_1^m \left[ 1 - \prod_1^k (1 - P_n) \right], \quad (1.4)$$

где  $m$  – число последовательных групп, соединенных параллельно.

Из выражений (1.2), (1.3), (1.4) видно, что надежность комплекта машин со смешанной связью выше, чем двух предыдущих.

При остановке одной из машин нарушается ритм работы связанных жестко 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.

Вероятность безотказной работы комплекта машин, агрегатов в течение времени  $t$  (то есть вероятность получения отказа после истечения времени работы  $t$ ) можно определить по формуле

$$P(t) = \int_{\tau}^{\infty} f(t) dt. \quad (1.5)$$

Тогда среднее число хорошо работающих машин в комплекте

$$k(t) = k_0 P(t), \quad (1.6)$$

где  $k_0$  – число машин в комплекте.

Через произвольно малый промежуток времени  $\Delta t$  от момента  $t$  до  $t + \Delta t$  число отказов  $\Delta k$  машин запишется в виде

$$\Delta k = k_0 f(t) \Delta t. \quad (1.7)$$

Из формулы видно, что чем меньше машин  $k_0$  в комплекте, тем ниже процент отказов. Поэтому необходимо, по возможности, упрощать комплект.

Количество отказов в единицу времени в среднем составит

$$\frac{\Delta k}{\Delta t} = k_0 f(t). \quad (1.8)$$

Следовательно, в качестве параметра оптимизации количества машин целесообразно принять минимум машин, способных выполнить технологический процесс. Основанием для определения такого минимума может служить подробная пооперационная технологическая схема.

При наличии подробной характеристики каждой операции (зоотехнические требования, объем работ, их трудоемкость, продолжительность и т. п.) и анализа их совместно с технологической схемой можно часть операций объединить в одной машине.

#### **1.4. Определение условия непрерывности работы поточной линии**

При поточной организации производственного процесса продукт, полученный в результате работы предыдущей машины, является исходным материалом для последующей. В этом случае операции на всех рабочих местах выполняются в промежутки времени, равные или кратные ритму потока при непрерывном движении обрабатываемого продукта.

**Ритмом  $r$** , или шагом, потока поточной линии называется интервал времени, через который поточная технологическая линия (ПТЛ) или отдельная машина выпускает единицу готовой продукции, то есть  $r_{ш} = t_{оп} / N_{оп}$  (здесь  $N_{оп}$  – наработка за установленное операционное время  $t_{оп}$ ).

**Тактом**, или темпом потока, называется величина, обратная ритму. Такт характеризует интенсивность работы ПТЛ, показывая,

сколько единиц готовой продукции линия выпускает за установленную единицу времени.

При *непрерывном потоке* величина такта и ритма единая для всех операций процесса, при *прерывном* такт и ритм различны для отдельных звеньев, поэтому для каждого звена процесса необходимо произвести самостоятельный их расчет. Размер такта и ритма, установленный для звена, тождествен для всех операций, входящих в него.

При оценке работы машин и технологического оборудования *производительность* рассматривается в качестве основного технико-экономического показателя, позволяющего судить об эффективности использования технических средств в данном технологическом процессе.

Производительность машин в процессе эксплуатации не остается постоянной величиной. Она зависит от организации производства, качества исходного сырья, освоения техники, условий ее эксплуатации и ряда других факторов. В связи с этим в расчетах различают следующие *виды производительности*.

*Теоретическая производительность*  $Q_t$ . Представляет собой расчетное или плановое количество продукции, получаемое за единицу времени. Для машин, обеспечивающих технологические процессы, не связанные с непосредственными воздействиями на животных, теоретическую производительность определяют с помощью конструктивных параметров и установленного кинематического режима, поэтому ее иногда называют *расчетной*, или *номинальной*.

Для машин, непосредственно контактирующих с животными, теоретическая производительность часто не поддается строгому аналитическому расчету. В этих случаях за основу принимают производственную программу и плановую продуктивность животных, установленные с учетом ранее достигнутых производственных показателей (надоя молока).

*Технологическая производительность*  $Q_{\text{тех}}$  обусловлена количеством продукции, получаемой за единицу времени, то есть за час чистой работы машины. При этом не учитываются затраты времени на остановки и холостой ход.

Технологическая производительность за час чистой работы *является действительной*, а не расчетной, так как ее определяют

экспериментально по результатам государственных испытаний на МИС и обычно указывают в технических характеристиках машин.

*Цикловая производительность*  $Q_{ц}$  машины характеризуется количеством продукции, полученной за единицу времени цикла.

*Техническую производительность*  $Q_{тех}$  находят с учетом затрат времени на остановки, обусловленные необходимостью проведения технического обслуживания и подготовительно-заключительных операций при исправном, работоспособном состоянии машины.

*Операционную производительность*  $Q_{оп}$  определяют с учетом всех потерь времени: на подготовительно-заключительные операции, техническое обслуживание и простои по организационно-техническим и другим причинам. Ее часто называют *фактической*  $Q_{ф}$ , или *эксплуатационной*  $Q_{э}$ .

Производительность поточной линии можно представить в виде, удовлетворяющем условию потока:

$$Q_{пр} = \sum_{j=1}^{n_i} q_{ij} \eta_{ij} \leq \sum_{j=1}^{n_{i+1}} q_{(i+1)j} \eta_{(i+1)j}, \quad (1.9)$$

в приведенном виде для расчета каждого звена потока получаем

$$Q_{пр} = \kappa_M q \eta, \quad (1.10)$$

где  $\kappa_M$  – число машин, шт.;  $q$  – производительность машин, т/ч;  $\eta$  – коэффициент использования рабочего времени машины.

Ритм поточной линии определяем из отношения

$$r = \frac{1}{Q_{пр}}. \quad (1.11)$$

Зная производительность поточной линии и машин звена потока, определяем потребность в них:

$$\kappa_M = \frac{Q_{пр}}{q \eta}. \quad (1.12)$$

Для вновь проектируемых поточных линий производительность машин находим из уравнения

$$q = \frac{Q_{пр}}{\kappa_M \eta}. \quad (1.13)$$

Так как производительность машин в звеньях потока не всегда удается уравнивать, то следует придерживаться ее кратности производительности основного базового звена.

Наивыгоднейшее использование производительности машин в звене потока получаем в том случае, когда *коэффициент потока* равен 1:

$$K_{\text{п}} = \frac{Q_{\text{пр}}}{k_{ij} q_{ij} \eta_{ij}} \approx 1. \quad (1.14)$$

Используются также показатели, характеризующие надежность машин и технологического процесса – *коэффициенты готовности и технического использования машин и оборудования*.

Вероятность того, что объект окажется работоспособным в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых использование объекта по назначению не предусматривается, называется *коэффициентом готовности*:

$$K_{\text{г}} = \frac{t}{t + t_{\text{в}}}, \quad (1.15)$$

где  $t$  – наработка на отказ, ч;  $t_{\text{в}}$  – среднее время вынужденных простоев на ремонт отказов, ч.

Так как коэффициент готовности является величиной случайной, зависящей от фактического времени работы производственных звеньев, то для его определения, можно воспользоваться понятием геометрической вероятности. Интегральный закон распределения этой случайной величины можно определить из следующего выражения:

$$F(K_{\text{г}}) = P(K_{\text{г}} \leq K_{\text{г}'}') = \begin{cases} 0, T_{\phi} < 0 \\ \frac{T_{\phi}^2}{T_{\text{п}}^2}, 0 \leq T_{\phi} < T_{\text{п}} \\ 0, T_{\phi} > T_{\text{п}} \end{cases} \quad (1.16)$$

где  $P$  – вероятность разрыва технологического цикла;  $K_{\text{г}}$  – коэффициент готовности совокупности машин технологического цикла;

$K_{rj}$  – коэффициент готовности машин производственного звена;  
 $T_{\phi}$  – фактическое время работы совокупности машин технологического цикла;  $T_p$  – расчетное время работы совокупности машин технологического цикла.

Плотность распределения коэффициента готовности:

$$f(K_r) = \begin{cases} 0, T_{\phi} < 0 \\ \frac{2T_{\phi}}{T_p^2}, 0 \leq T_{\phi} < T_p \\ 0, T_{\phi} > T_p \end{cases} \quad (1.17)$$

Тогда вероятность разрыва технологического процесса можно определить по формуле

$$P_{Г.ц.} = 1 - \left\{ C_{kj}^{K_{jp}} (K_r \leq K_{rj})^{K_j} [1 - P(K_r \leq K_{rj})]^{K_j - K'_j} \right\}, \quad (1.18)$$

где  $C_{kj}$  – стоимость простоя машин;  $k_j$  – число машин, каждого производственного звена;  $K'_j$  – минимальное допустимое число машин в производственном звене, обеспечивающее непрерывность технологического цикла, шт.

Анализ формулы (1.18) показывает, что вероятность разрыва технологического процесса кормления животных зависит от числа машин в каждом производственном звене и коэффициента их готовности.

Тогда производительность производительного потока, обеспечивающего непрерывность процесса кормления животных, определим по формуле

$$Q = \frac{q}{T_p d 1 - \left\{ C_{kj}^{K_{jp}} (K_r \leq K_{rj})^{K_j} [1 - P(K_r < K_{rj})]^{K_j - K'_j} \right\}}. \quad (1.19)$$

Отношение математического ожидания времени пребывания объекта в работоспособном состоянии за некоторый период эксплуатации к сумме математического ожидания времени пребывания

объекта в работоспособном состоянии, времени простоев, обусловленных техническим обслуживанием, и времени ремонтов за тот же период эксплуатации есть коэффициент технического использования. Он определяется для отдельной машины по формуле

$$\eta_t = \frac{\sum t_z}{\sum t_z + t_p + t_{об}}, \quad (1.20)$$

где  $\sum t_z$  – суммарная наработка рассматриваемого промежутка времени, ч;  $t_p$ ,  $t_{об}$  – соответственно время на устранение простоев, связанных с ремонтом и техобслуживанием, ч.

Коэффициент технического использования всего комплекта оборудования может быть определен через коэффициенты технического использования каждой машины, входящей в комплект. Определить время простоев каждой машины комплекта оборудования на стадии его проектирования затруднительно. Решать эту задачу целесообразнее методами теории вероятностей. Для такого решения необходимо иметь большой набор статистических данных о частоте простоев, законе их распределения.

Формула (1.20) с учетом средних простоев примет вид

$$\eta_{т.и} = \frac{\sum t_z}{\sum t_z + K_M(t_{ср.пр} + t_{ср.об})}, \quad (1.21)$$

где  $t_{ср.пр}$ ,  $t_{ср.об}$  – соответственно среднее время на устранение простоев по техническим причинам и техобслуживание машин, входящих в комплект оборудования, ч;  $K_M$  – количество машин в комплекте, шт.

Поскольку в комплекте оборудования для механизации технологических процессов в потоке будут (в основном) применяться смешанные связи между машинами и линиями, коэффициент технического использования будет несколько выше. В этом случае комплект оборудования будет простаивать только тогда, когда выйдут из строя машины, соединенные жесткой связью. Это машины линии смешивания, раздачи кормов и те, которые жестко соединены с линией смешивания.

Коэффициент технического использования комплекта оборудования со смешанными связями примет вид

$$\eta_{т.и} = \frac{\sum t_z}{\sum t_z + K_{м.ж} t_{ср.пр} + K_M t_{ср.об}}, \quad (1.22)$$

где  $K_{м.ж}$  – количество машин с жесткой связью, шт.

Учитывая вышеизложенное, фактическую производительность любого комплекта оборудования на стадии проектирования можно определить по формуле

$$Q = \frac{B_\phi}{t} \eta_{т.и}, \quad (1.23)$$

где  $B_\phi$  – продукция, полученная за смену, кг;  $t$  – сменное время, ч.

Тогда *условие непрерывности* поточной линии можно записать в следующем виде:

$$\frac{B_{\phi i}}{\sum_{j=1}^{K_i} q_{ij} \eta_{ij}} \geq \frac{B_{\phi(i+1)}}{\sum_{j=1}^{K_{i+1}} q(i+1) j \eta(i+1) j}, \quad (i = 1, 2, 3). \quad (1.24)$$

Из формулы видно, что время пребывания продукта, тормозящего процесс внутри машины каждого последующего звена, должно быть меньше или равно времени предыдущего звена потока. Для оценки технологических линий необходимо знать фактическую производительность. Особенно важно знать фактическую производительность при концентрации отрасли, что объясняется большими ущербами в случае отказов оборудования, сложностью его эксплуатации и т. п.

Анализ трудового процесса позволяет определить наиболее рациональное его построение. Анализируя характер выполнения движений следует найти наиболее оптимальное движение с точки зрения затрат времени и усилий, приложенных к их выполнению. В результате такого анализа может возникнуть необходимость исключения отдельных трудовых приемов и движений из трудового процесса, внести изменения в отдельные движения, сократить траекторию.

## Глава 2

# МЕХАНИЗИРОВАННЫЕ ПРОЦЕССЫ ПОДГОТОВКИ КОРМОВ К СКАРМЛИВАНИЮ

### 2.1. Номенклатура продукции животноводческого предприятия

Строительство или реконструкция животноводческого комплекса или фермы представляет собой процесс, направленный на внедрение прогрессивных технологий, коренное техническое перевооружение производства и связанные с этим переоборудование и перепланировку зданий основного и вспомогательного назначения, проведение работ по благоустройству и инженерному оборудованию объекта, которые позволяют:

- увеличить выпуск и повысить качество продукции за счет создания более благоприятных зоогигиенических условий содержания животных;

- повысить технический уровень для снижения затрат труда и средств на производство единицы продукции;

- улучшить условия труда. При принятии решения о строительстве или реконструкции животноводческой фермы необходимо обосновать технико-экономическую целесообразность проведения намеченной работы;

- определить номенклатуру продукции, состав и мощность предприятия. Номенклатура продукции (мясо, молоко, яйца и др.) выбирается исходя из производственной базы хозяйства и возможности реализации получаемой продукции. При решении вопроса о мощности предприятия можно руководствоваться принятыми размерами предприятия (табл. 2.1);

- структура стада определяется с учетом перспективы развития животноводческой отрасли в хозяйстве и увеличения выпуска продукции.

*Таблица 2.1*

Номенклатура животноводческих предприятий

Наименование предприятия	Единица измерения	Размер предприятия
Крупный рогатый скот		
По производству молока	Коров	200...600
	То же	601...1200
	->-	Более 1200

Наименование предприятия	Единица измерения	Размер предприятия
Мясные и мясные репродукторные	-»-	200...800
	-»-	Более 800
По выращиванию нетелей	Скотомест	450...1200
	То же	1201...6000
	-»-	Более 6000
По выращиванию телят, дорастиванию и откорму молодняка	-»-	1000...3000
	-»-	3001...6000
	-»-	Более 6000
Откормочные площадки	-»-	1000...5000
	-»-	Более 5000
<b>СВИНЬИ</b>		
По выращиванию и откорму молодняка	Тыс. гол. в год	До 6
	То же	6...12
	-»-	12...54
	-»-	Более 54

На структуру стада воздействуют следующие факторы:

– специализация животноводства, которая влияет на состав и соотношение отдельных групп молодняка, возраст их реализации и т. д.;

– характер воспроизводства стада (простое или расширенное). В стабильном стаде удельный вес ремонтного молодняка ниже, чем при расширенном воспроизводстве, и зависит от темпов воспроизводства;

– возраст реализуемого молодняка, сроки его реализации. В мясомолочном и мясном скотоводстве молодняк реализуют в возрасте 16...18 месяцев. В молочном же скотоводстве молодняк реализуют в более раннем возрасте;

– сроки производственного использования животных и размеры их выбраковки. С уменьшением срока производственной службы животных основного стада возрастает их выбраковка и увеличивается потребность в ремонтном молодняке;

– возраст животных к моменту первого осеменения. Чем животные более скороспелые, меньше их возраст к моменту первого

осеменения, тем удельный вес ремонтного молодняка в стаде ниже, а следовательно, повышается количество свехремонтного молодняка, тем самым увеличивается выход товарной продукции (мяса, молока и т. д.);

– сезонность расплода – распределение расплодов по периодам года. При равномерных отелах в течение года колебания удельного веса тех или иных групп скота будут незначительными, что важно для интенсивного использования производственного потенциала, обеспечения равномерного, поточного производства продукции и т. д.;

– система содержания животных может быть круглогодовая стойловая, стойлово-пастбищная или стойлово-лагерная. Наиболее перспективной в промышленном молочном скотоводстве является стойлово-пастбищная система, а при высоком уровне интенсификации производства – стойловая система с однотипным кормлением в течение года;

– метод обслуживания – индивидуальный или групповой;

– способ содержания – привязной и беспривязной, комбинированный (комбибоксовый).

– оборот и структура стада – две стороны процесса воспроизводства. Под оборотом стада понимается движение (изменение) половых и возрастных групп животных в стаде за определенный период – месяц, квартал, год и т. д. Оборот стада служит основой для обоснования объемов производства продукции, потребности в кормах, производственных построек, оборудования и т. д.

Для комплекса и фермы по производству свинины примерную структуру стада можно принять по рекомендации, приведенной в табл. 2.2, для комплексов и ферм по производству молока и говядины согласно табл. 2.3, для птицеводческих – табл. 2.4.

Таблица 2.2

Структура стада (%) комплекса (фермы) по производству свинины

Группа животных	Репродукторное направление	Откормочное направление
Основные свиноматки	60	–
– из них старше двух лет с поросятами	30	–

Окончание таблицы 2.2

Группа животных	Репродукторное направление	Откормочное направление
Ремонтные свиноматки	40	–
– из них до двух лет с восьмью поросятами	20	–
в возрасте 2...3 мес.	–	20
в возрасте 3...4 мес.	–	20
в возрасте 4...6 мес.	–	20
в возрасте 7...8 мес.	–	20
в возрасте 8...10 мес.	–	20

Таблица 2.3

Структура стада (%) комплекса (фермы) крупного рогатого скота

Группа животных	Молочного направления с содержанием сверхремонтного молодняка до 20 дней	Молочного направления с содержанием сверхремонтного молодняка до 6 месяцев	Молочно-мясного направления с законченным оборотом стада	Специализированного на выращивании и откорме молодняка
Коровы	60...65	50	35...37	–
Нетели	9...10	8...10	6	–
Телки старше 1 года	11...12	9...10	–	–
Телки от 6 мес. до 1 года	7...8	6...7	–	–
Телки до 6 мес.	8...10	–	–	–
Телята до 6 мес.	–	26...27	18	–
Молодняк старше 1 года	–	–	22...24	–
Молодняк от 6 мес. до 1 года	–	–	17	–
Молодняк на доращивании от 6 до 14 мес.	–	–	–	70
Молодняк на откорме от 14 до 18 мес.	–	–	–	30

Таблица 2.4

## Структура стада (%) птицеводческого предприятия

Группа птицы	Куры		Утки	Гуси	Индейки
	Племенные фермы	Товарные фермы			
Несушки	90	92	85	80	90
Самцы	10	8	15	20	10

*Беспривязный способ* характеризуется групповым содержанием животных, использованием высокопроизводительных доильных установок типа «Карусель», «Елочка», «Тандем», наиболее эффективных способов навозоудаления и раздачи кормов. Беспривязное содержание коров повышает производительность труда в 1,2...2,0 раза, снижает энергозатраты, упрощает уборку навоза.

*Однако* этот способ требует хорошей обеспеченности кормами, высокого уровня квалификации кадров для ведения зоотехнической, селекционной, ветеринарнопрофилактической работы. При беспривязном способе продуктивность коров на 9...22 % ниже, а удельный расход кормов на 6...10 % больше.

*Привязное содержание.* Главное преимущество – обеспечение хороших условий для индивидуального нормированного кормления и раздоя животных, что способствует повышению их продуктивности.

При этой системе каждая корова находится на привязи в стойле с отдельной кормушкой и автопоилкой. Животных кормят в стойлах или доильном зале. Корма раздают с помощью транспортера или мобильных кормораздатчиков. Над стойлом каждого животного висит табличка, где указаны номер коровы, кличка, возраст и продуктивность за последнюю лактацию.

В случае привязного содержания, коров необходимо выпускать на выгульные площадки или организовать активный моцион на прогонных дорожках.

Привязное содержание животных создает больше возможностей для индивидуального учета их особенностей, нормативного кормления, ухода и т. д.

Следовательно, беспривязную систему следует совершенствовать для повышения продуктивности животных, а привязную – для увеличения производительности труда.

Кроме того, животных могут содержать на подстилке или без нее.

Для каждого конкретного комплекса эти элементы выбираются с учетом его размеров, специализации, уровня продуктивности, физиологического состояния животных, обеспеченности кормами и подстилкой, а также планируемого уровня производительности труда.

## **2.2. 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, ККП и др.).

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

измельчение > дозирование > смешивание;

измельчение > запаривание > дозирование > смешивание;

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 приготавливают по следующим технологическим схемам:

мойка > резка;

мойка > резка > дозирование > смешивание;

мойка > запаривание > разминание > смешивание;

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.

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.

Известна технология консервирования измельченного зерна в начале восковой спелости, при влажности его от 14 до 40 %;

– комбинированные концентрированные корма для крупного рогатого скота должны иметь частицы размером от 1,5 до 4,0 мм (крупный помол). Жмых дробят до 4...8 мм. Загрязненность зерновых кормов при этом не должна превышать: песком 0,5...1,7 %, горчаком, вязелем и спорыньей – 0,04 %, головней, плевелом – 0,25 %. Содержание металломагнитных примесей размером до 2 мм с неострыми краями допускается не более 30 мг/кг корма.

Комбинированные концентрированные корма в основном приготавливают по схемам:

очистка > дробление > дозирование > смешивание;

очистка > дробление > дозирование > дрожжевание > смешивание;

очистка > измельчение и дозирование > смешивание > брикетирование (гранулирование);

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, осоложивание, 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.

### **2.3. Расчет потребности в кормах**

Планирование производства кормов подразделяют на три этапа:  
– определяют потребность в них отдельных видов скота, птицы и хозяйства в целом;

- разрабатывают кормовой план (план производства);
- составляют баланс кормов по их объему и протеину.

Потребность в кормах рассчитывают на два периода:

- от урожая планируемого года до урожая будущего года;
- 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.

Годовую потребность в кормах для комплекса или фермы подсчитывают, зная поголовье животных или птицы и кормовые рационы. Последние выбирают в зависимости от вида животных или птицы, их продуктивности, а также с учетом зоны расположения хозяйства.

Суточный расход каждого вида корма:

$$P_c = q_1 m_{ж1} + q_2 m_{ж2} + \dots + q_n m_{жn} = \sum_1^q q_n m_{жn}, \quad (2.1)$$

где  $q_1, q_2, \dots, q_n$  – суточная норма выдачи корма в расчете на одно животное для различных групп, кг;  $m_{ж1}, m_{ж2}, \dots, m_{жn}$  – поголовье животных в группах.

Годовая потребность в кормах:

$$P_{\Gamma} = P_{с.з} t_{л} k + P_{с.л} t_{з} k, \quad (2.2)$$

где  $P_{с.л}$  и  $P_{с.з}$  – суточный расход кормов в летний и зимний периоды года, кг;  $t_{л}$  и  $t_{з}$  – продолжительность летнего и зимнего периодов использования данного вида корма, сут;  $k$  – коэффициент, учитывающий потери кормов во время хранения и транспортировки (для концентрированных кормов  $k = 1,01$ ; для корнеплодов  $k = 1,03$ ; для силоса  $k = 1,1$ ; для зеленой массы  $k = 1,05$ ).

Продолжительность летнего и зимнего периодов использования кормов зависит от зоны расположения хозяйства (табл. 2.5).

Таблица 2.5

Продолжительность летнего и зимнего периодов использования кормов в различных районах страны

Период года	Продолжительность периода (сутки) в районах с расчетной зимней температурой самой холодной пятидневки (°С)				
	ниже –40	–30...–40	–25...–30	–20...–25	до –20
Летний	125	155	185	215	245
Зимний	240	210	180	150	120

### 2.3.1. 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. Потоки же этого клубнеплода идут круглый год. Следовательно, должен накапливаться запас;
- 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, то есть 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 принимают 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 возроста́ния 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 отпуску 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 в так называемых открытых складах.

В 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.

1. *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.

2. *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, то есть создавая шесть складов, необходимо в каждом из них создать страховой запас. В результате суммарный запас во всех складах возрастет (по сравнению с запасом с одним центральным складом).

3. *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.

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

Общая вместимость хранилища для хранения годовых запасов корма определяется по формуле

$$V = P_{\Gamma} / \rho, \quad (2.3)$$

где  $P_{\Gamma}$  – годовая потребность в кормах, кг;  $\rho$  – насыпная плотность корма, кг/м<sup>3</sup>.

Необходимое число хранилищ

$$N = V / (V_x \epsilon), \quad (2.4)$$

где  $V_x$  – вместимость хранилища, м<sup>3</sup>;  $\epsilon$  – коэффициент использования вместимости хранилища (табл. 2.6).

Таблица 2.6

Примерная вместимость и коэффициент использования  
вместимости хранилищ

Вид хранилища	$V_x, \text{м}^3$	$\epsilon$
Траншея для хранения силоса и сенажа	500; 750; 1000; 1500; 2000; 3000; 4000; 5000; 6000	0,95...0,98
Хранилище (скирда)	1000; 1500; 2000; 2500; 3000; 4000	1,0
Траншея или бурт для корнеплодов	150; 200; 250; 300; 350; 400; 450; 500	0,85...0,90
Склад концентрированных кормов	500; 1000; 1500; 2000; 2500; 3000; 3500; 4000; 5000; 6000	0,65...0,75

Выбрав вместимость хранилища, ширину и высоту, определяют его длину:

$$L = V_x / (B_x h_x), \quad (2.5)$$

где  $B_x$  – ширина хранилища, м;  $h_x$  – высота хранилища, м (табл. 2.7).

Таблица 2.7

Рекомендуемые размеры хранилищ

Хранилище	Ширина, м	Высота, м
Силоса	12...18	2...3
Сенажа	6; 9; 12; 16	2,5...3,0
Сена	5...6	2...4
Соломы	5...6	4

Запас концентрированных кормов на комплексе (ферме) должен составлять 16 % потребного количества.

Концентрированные корма хранят в закрытых складах, которые целесообразно размещать рядом с кормоцехом. Корнеплоды сохраняют в буртах. Силос и сенаж закладывают в углубленные траншеи. Грубые корма в россыпном или прессованном состоянии сохраняют в скирдах или сенохранилищах.

Для того чтобы выбрать оптимальный вариант склада необходимо определить величину затрат  $Z_{п}$ . Этот показатель определяют по формуле

$$Z_{п} = C_{э} + C_{т} + K / T, \quad (2.6)$$

где  $C_{э}$  – годовые эксплуатационные расходы;  $C_{т}$  – годовые транспортные расходы;  $K$  – капитальные вложения в строительство распределительных центров;  $T$  – срок окупаемости варианта.

Для реализации принимается тот вариант, который обеспечивает минимальное значение приведенных (годовых) затрат.

#### **2.4. Организация процесса подготовки кормов к скармливанию**

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, которые, в зависимости от группы, образуют 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 пода-

чи обогатительных растворов, смешивания, измельчения и выдачи готовой кормосмеси.

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 входящих в их состав машин изменяется либо состояние и форма корма, либо его положение в пространстве.

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

Работа технологических линий кормоцехов *первой группы* не согласовывается с распорядком дня животноводческой фермы или комплекса. Кормосмеси, приготовленные в таких кормоцехах должны иметь все ингредиенты, предусмотренные рецептом. Отклонения от принятой технологии не допускаются.



Рис. 2.1. Примерная технологическая схема кормоцеха

Первый тип кормоцехов отличается более сложным схемно-конструктивным исполнением: в комплекте машин и оборудования имеются агрегаты или установки для термохимической обработки соломы. Технология подготовки 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 из склада на кормоприготовительное предприятие.

## **2.5. Определение оптимального состава машин технологической линии подготовки кормов к скармливанию**

Так как в состав рациона животных включены различные по массе виды кормов, то важным показателем при выборе соответствующих машин является определение требуемой производительности. Этот параметр рассчитывается для каждой технологической линии и позволяет обеспечить устойчивый ритм работы как комплекта машин, так и других производственных подразделений.

Исходными данными для расчета производительности технологических линий являются число животных и норма скармливаемых кормов. Эти данные позволяют определить требуемый показатель для каждой технологической линии:

$$Q_i = \sum_{j=1}^{n_{\text{ж}}} q_i m_{\text{жи}} , \quad (2.7)$$

где  $q_i$  – количество корма  $i$ -го вида, расходуемое по максимальному суточному рациону на одно животное, кг;  $m_{\text{жи}}$  – число животных  $i$ -й группы;  $n_{\text{ж}}$  – число групп животных.

Данные по суточной потребности кормов позволяют определить производительность технологической линии:

$$W = \frac{P_{\kappa}}{T_{\text{кормл}} \kappa_{\text{кормл}}}, \quad (2.8)$$

где  $P_{\kappa}$  – масса корма, которую нужно выдать животным за один цикл работы, т;  $T_{\text{кормл}}$  – время, затрачиваемое на подготовку корма к скармливанию, ч;  $\kappa_{\text{кормл}}$  – кратность кормления животных.

Время, затрачиваемое на подготовку корма к скармливанию, определяется по формуле

$$T = T_{\text{раб}} + \sum_{i=1}^n t_{\text{пр}}, \quad (2.9)$$

где  $T_{\text{раб}}$  – рабочее время линии, ч;  $\sum_{i=1}^n t_{\text{пр}}$  – простои машин по различным причинам (техническим, организационным и технологическим), ч.

Время, затрачиваемое на подготовку корма к скармливанию  $T$ , не должно превышать установленное зоотехническими требованиями, т. е.  $T \leq T_3$ .

Подставив в формулу (2.8) значение баланса времени (2.9), можно определить производительность любого элемента подготовки кормов к скармливанию:

$$W = \frac{P_{\kappa}}{\left( T_{\text{раб}} + \sum_{i=1}^{n_{\text{л}}} t_{\text{пр}} \right) \kappa_{\text{кормл}}}. \quad (2.10)$$

В технологическом процессе приготовления кормовой смеси основной операцией является смешивание кормов. Объем работы для данной линии определяется по формуле

$$W_{\text{см}} = \sum_{i=1}^{\kappa_{\text{л}}} W_i, \quad (2.11)$$

где  $\kappa_{\text{л}}$  – число технологических линий.

Возможные простои машин по различным причинам отражают готовность системы к выполнению технологического процесса в течение рабочего времени. Основным элементом, влияющим на выполнение данного условия, является надежность системы. Этот показатель системы отражает безотказность работы машин на протяжении выполнения технологического процесса и позволяет экономичнее подобрать оборудование поточных линий системы, поэтому при определении производительности технологических линий системы можно использовать коэффициент готовности.

На основании рассчитанной производительности подбирают конкретные машины. Некоторые из них значительно отличаются по производственным показателям и в поточных линиях не согласуются. Если малопроизводительная машина установлена в конце поточной линии, то она является лимитирующим элементом системы. По этой причине производительность снижается до 30 % от номинальной. В результате повышается металлоемкость системы и затраты энергии на выработку единицы продукции. Чтобы технико-экономические показатели системы не ухудшались и соблюдалось условие поточности в технологических линиях, производительность каждой последующей машины должна быть больше или равна производительности предыдущей машины.

### 2.5.1. Определение вместимости оперативной емкости

В условиях эксплуатации оборудование часто делает непредвиденные остановки, вызванные забиванием рабочих органов, поломкой отдельных деталей, отсутствием какого-либо компонента и т. д. Поэтому с целью обеспечения непрерывного потока в ряде случаев экономически необходимо устанавливать накопительно-регулирующие емкости, сглаживающие разницу в работе последовательных элементов линии.

В этом случае возможны несколько вариантов работы линии или участков:

а) производительность линии (участка), загружающей емкость, выше расхода выгрузки (рис. 2.2, а).

Для случая  $Q_{\text{заг}} > Q_{\text{выг}}$  минимальную вместимость емкости выбирают исходя из рис. 2.2, а и определяют из уравнения

$$V_{\min} = Q_{\text{выг}}(t_{\text{выг}} - t_{\text{заг}}), \quad (2.12)$$

где  $t_{\text{выг}}$  – время выдачи компонента, ч;  $t_{\text{заг}}$  – время загрузки компонента, ч;

б) производительность линии загрузки равна расходу, т. е.  $Q_{\text{заг}} = Q_{\text{выг}}$ ;

в) производительность линии загрузки меньше расхода, т. е.  $Q_{\text{заг}} < Q_{\text{выг}}$  (рис. 2.2, б).

Для случая  $Q_{\text{заг}} < Q_{\text{выг}}$

$$V_{\text{min}} = Q_{\text{заг}}(t_{\text{выг}} - t_{\text{заг}}). \quad (2.13)$$

Очень важным фактором, влияющим на вместимость оперативной емкости, является допустимая продолжительность периода хранения того или иного компонента. Этот показатель определяется стабильностью сохранения его свойств.

Для случая, когда  $Q_{\text{заг}} > Q_{\text{выг}}$  (рис. 2.2, а) с равной единице надежностью машин в линии (участке), назначение оперативной емкости сводится только к поддержанию необходимой производительности, установленной рационом кормления. Вместимость такой емкости ограничивается допустимым количеством включений машин в единицу времени, то есть надежностью пусковой и другой аппаратуры.

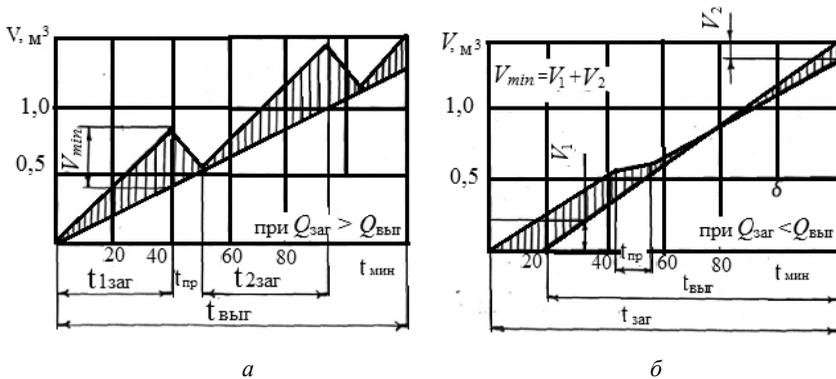


Рис. 2.2. График определения оптимальной вместимости бункера-дозатора

Поскольку надежность машин всегда меньше единицы, вместимость оперативной емкости целесообразно рассчитывать через

среднее время простоев находящейся впереди (загружаемой) линии (участка). Если на таком участке линии суммарное время простоев составляет  $\Sigma t_{1пр}$  с соответственным числом простоев  $\kappa_{1пр}$ , то среднее время

$$t_{1ср} = \frac{\Sigma t_{1пр}}{\kappa_{1пр}}. \quad (2.14)$$

Если остановился первый участок линии, то запас в бункере должен обеспечить работу второго участка в течение времени  $t_{2ср}$ . Для этого случая в бункере должен быть корм в количестве  $G = Q_{выг} t_{2ср}$ , или с учетом среднего времени простоев

$$V_g = \frac{Q_{выг} [t_{пр} + (t_{выг} - t_{заг})]}{\rho_k \kappa_3}, \quad (2.15)$$

где  $\kappa_3$  – коэффициент загрузки бункера емкости.

При  $Q_{заг} < Q_{выг}$  вместимость емкости с учетом среднего времени простоев равна

$$V_g = \frac{Q_{выг} (t_{заг} - t_{выг}) + t_{пр}}{\rho_k \kappa_3}. \quad (2.16)$$

Формулы позволяют определить более рациональные значения вместимости бункеров, так как они учитывают и средние простои соответствующих линий. Последний показатель является существенным фактором в обеспечении непрерывности технологического процесса при возможной остановке одной из линий комплекса машин. В этом случае вместимость бункера покрывает простой линии за счет увеличения доли одного из кормовых компонентов в смеси до момента устранения неисправности. Учитывать данный важный фактор необходимо с условием продолжительности хранения кормов. Этот показатель зависит от способности кормов сохранять свои свойства. Измельченные корнеплоды хранят не более 2 ч, а силос и сенаж в пределах 2...4 ч. Зерновые корма можно накапливать с учетом 3...5 суточного запаса.

## 2.6. Способы скармливания кормов животным

Известны следующие *способы скармливания кормов животным.*

*Один из них* заключается в раздельной, последовательной выдаче животным кормов. Данный производственный процесс весьма энерго- и металлоемок, так как для выдачи кормов необходимо различное оборудование – от механизированных транспортных средств до ручных тележек.

Существенным недостатком данного способа является и увеличение периода процесса кормления, что ухудшает аппетит животных.

*Другой способ* кормления заключается в одновременной раздаче всех видов кормов в виде кормосмеси. Он позволяет повысить продуктивность животных за счет взаимодополняющего действия компонентов смеси и увеличения поедаемости кормов на 5...9 % у молочных коров и на 10...15 % у молодняка на откорме, а также на 10...15 % снизить потери кормов.

Скармливание кормов в виде кормосмеси значительно упрощает организацию процесса кормления. В этом случае разные по физико-механическим свойствам корма превращают в однородную смесь, что позволяет механизировать ее раздачу одним типом кормораздатчиков.

Перечисленные преимущества скармливания кормов животным в виде кормосмеси способствовали широкому внедрению следующих типов кормления: сенажно-концентратного; силосо-концентратного; силосо-корнеплодо-концентратного; сено-сенажно-концентратного и др.

Готовят кормосмесь *двумя способами.*

*Один из них* предусматривает загрузку скармливаемых кормовых компонентов в машину, измельчение и смешивание их механическими рабочими органами и последующую раздачу кормосмеси животным.

Однако приготовление таких кормосмесей не обеспечивает индивидуальное скармливание отдельных видов кормов в процессе раздачи их животным. В этом случае установленная одному животному энергетическая норма скармливания кормов не учитывает продуктивность животных, расположенных в одном кормовом ряду. Особенно это ощутимо при скармливании дорогих

высокоэнергетических кормов – комбикорма, зернофуража, микродобавок. Такой способ раздачи кормов снижает их энергетическую отдачу, а следовательно, и рентабельность отрасли.

При данном способе приготовления кормосмеси повторному измельчению подвергаются готовые к скармливанию сенаж и силос, составляющие в рационе около 60...70 % по массе в рационе. Следствием этого является возрастание энергозатрат и металлоемкости машин и оборудования на приготовление кормосмеси.

Известен *малозатратный* способ кормления животных, при котором организована одновременная выдача животным двух групп кормов:

- объемных компонентов – грубые и силосованные корма.
- многокомпонентной высокоэнергетической добавки. Предварительно подготовленные и измельченные корнеклубнеплоды, высокоэнергетические сыпучие корма (комбикорм) и различные кормовые добавки (скармливаются в виде отдельно приготовленной смеси).

*Малозатратный* способ позволяет дозировать каждую группу кормов в процессе раздачи их животным с учетом их продуктивности. В этом случае обеспечивается индивидуальное кормление животных, особенно высокоэнергетическими кормами, исключается повторная подготовка силосованных стебельчатых кормов.

Рассмотренный способ позволяет сократить энергетические, материальные, трудовые и финансовые затраты на подготовку кормов к скармливанию и приготовление кормосмеси, повысить энергетическую отдачу кормов.

Потребность в механизированной малозатратной технологии приготовления и раздачи кормов неизмеримо возрастает при переводе стада на круглосуточное однотипное кормление заготовленными впрок кормами и комплектовании стада в однородные группы животных со сходными потребностями в питательных веществах.

В соответствии со схемой подготовки кормов и способом их скармливания выбирают технологическое оборудование. При выборе оборудования желательно выбирать энерго-ресурсосберегающие технические средства.

### Глава 3

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОТОЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

### 3.1. Проектирование мобильных транспортных потоков на животноводческом предприятии

Транспорт – это отрасль материального производства, осуществляющая перевозки людей и грузов. Транспортная логистика на животноводческом предприятии представляет собой комплекс мероприятий по организации перемещения (доставки) грузов (кормов и др.) из одной точки в другую по оптимальному маршруту. Она обеспечивает учет, контроль и управление грузотранспортными потоками. Оптимальным считается маршрут, по которому можно доставить груз в кратчайшие (или предусмотренные) сроки с минимальными затратами.

Методы организации оптимальных транспортных потоков применяются при организации любых перевозок. Однако приоритетным объектом изучения и управления транспортной логистики на животноводческом предприятии является материальный поток, имеющий место в процессе перевозок транспортом общего пользования.

Материальный поток имеет размерность в виде объема, количества, массы и характеризуется ритмичностью, детерминированностью и интенсивностью.

При выборе транспорта принимают во внимание следующие факторы:

- объем спроса (оборота);
- надежность соблюдения графика доставки;
- время доставки;
- стоимость перевозки.

Эффективность транспортной логистики в условиях животноводческого предприятия существенно возрастает в результате ее осуществления на основе использования интеллектуальных систем, которые функционируют в режиме реального времени. С их помощью можно отслеживать маршрут транспортных средств, время нахождения в пути, тоннаж грузов.

Для осуществления мониторинга, транспортные средства оснащаются бортовым навигационно-связным оборудованием, подключенным к глобальной системе позиционирования GPS. Посредством этого вся навигационная и телеметрическая информация поступает на компьютер диспетчерской предприятия.

При реализации мониторинга транспортной логистики в условиях животноводческого предприятия необходимо определить:

- оптимальное число транспортных средств для транспортировки кормов от мест хранения до мест подготовки их к скармливанию;
- оптимальное число транспортных средств для раздачи кормов животным.

В этом случае достигается непрерывность работы машин и высокая степень их использования. Правильность сделанного выбора должна быть подтверждена технико-экономическими расчетами.

### **3.1.1. Организация транспортировки кормов в места подготовки к скармливанию**

Оптимальный размер партии поставляемых кормов и, соответственно, оптимальная частота завоза зависят от следующих факторов:

- объема спроса кормов;
- расходов по доставке кормов в места потребления;
- расходов по хранению кормов в месте потребления.

В качестве критерия оптимальности выбирают минимум совокупных расходов по доставке и хранению.

Расходы по доставке кормов при увеличении размера заказа уменьшаются, так как перевозки осуществляются более крупными партиями и, следовательно, реже. Себестоимость грузоперевозок можно существенно уменьшить, если правильно и обоснованно определить требуемый вид транспорта и маршруты поставок кормовых средств и средств труда, грамотно организовав логистическую модель на предприятии.

Необходимое число транспортных средств для перевозки кормов с мест хранения на кормоприготовительные площадки можно определить по формуле

$$n_{\Gamma} = \frac{Q_{\Gamma} T_{\Gamma}}{W_{\Gamma} \eta_{\Gamma}}, \quad (3.1)$$

где  $Q_{\text{л}}$  – часовая производительность технологической линии подготовки кормов к скармливанию, т/ч;  $T_{\text{ц}}$  – длительность транспортного цикла, ч;  $W_{\text{T}}$  – грузоподъемность транспортного средства, т;  $\eta_{\text{T}}$  – коэффициент использования времени смены.

Транспортный цикл состоит из следующих основных частей:

$$T_{\text{ц}} = T_1 + T_2 + T_3, \quad (3.2)$$

где  $T_1$  – время пробега транспортного средства, ч;  $T_2$  и  $T_3$  – время, затраченное на загрузку и выгрузку кормов из транспортного средства соответственно, ч.

Время пробега транспортного средства можно определить по формуле

$$T_1 = \frac{2L}{v_{\text{ср}}}, \quad (3.3)$$

где  $L$  – длина пути, км;  $v_{\text{ср}}$  – средняя скорость движения транспортного средства, км/ч.

Максимум производительности транспортного средства будет достигнут, когда

$$L = \frac{W_{\text{T}} v_{\text{ср}}}{Q_{3-в}}. \quad (3.4)$$

Из формулы (3.4) можно получить значение грузоподъемности транспортного средства, когда комплексный показатель производительности имеет максимум:

$$W_{\text{T}} = \frac{L Q_{3-в}}{v_{\text{ср}}}. \quad (3.5)$$

Для минимизации транспортных издержек могут быть применены различные варианты организации маршрутов движения автотранспорта. Наиболее простым из них является *маятниковый маршрут* движения с обратным не груженым пробегом транспортного средства. При данном варианте организации транспортировки кормов транспортное средство загружено наполовину. График работы для данного варианта организации транспортировки кормов представлен на рис. 3.1.

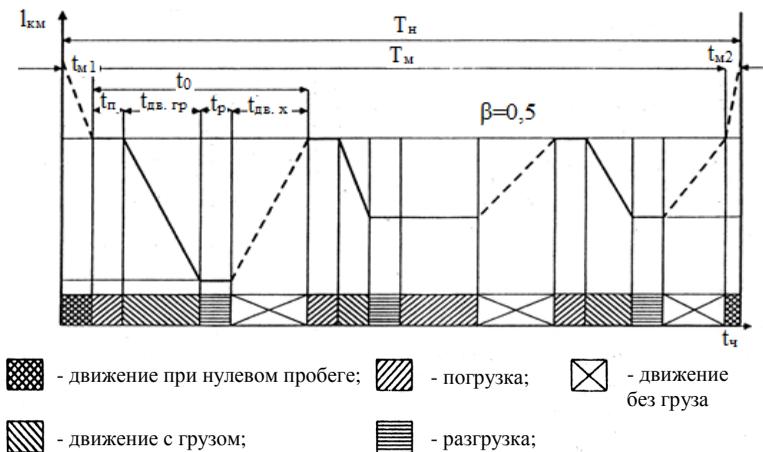


Рис. 3.1. График работы транспортных средств с обратным не груженым пробегом

Эффективность использования транспортного средства возрастает при его *частично груженом обратном пробеге*. Для этого случая склады хранения кормов должны быть расположены на незначительном расстоянии от других сельскохозяйственных объектов, а график работы будет иметь вид, представленный на рис. 3.2.



Рис. 3.2. График работы транспортных средств на маятниковом маршруте с неполным груженым пробегом

Из графика видно, что при расчете числа транспортных средств необходимо учитывать затраты времени на выполнение дополнительной транспортной работы.

Наиболее эффективно организовывать транспортный процесс с обратным полностью груженым транспортным средством (рис. 3.3).

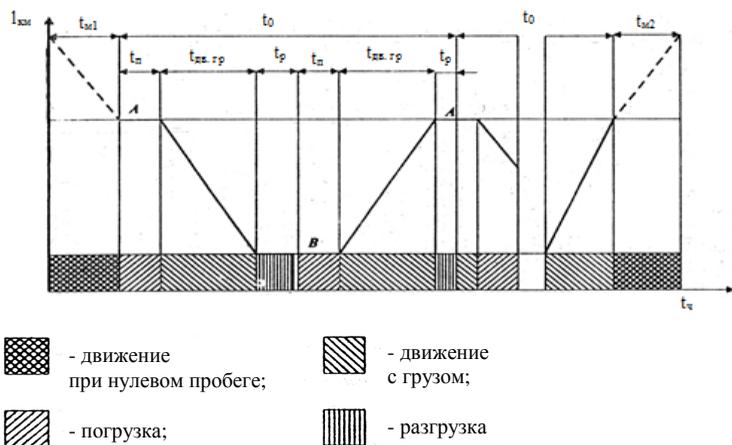


Рис. 3.3. График работы транспортных средств на маятниковом маршруте с груженым обратным пробегом

В этом случае коэффициент использования пробега равен единице. Холостой пробег транспортное средство совершает только перед началом и в конце рабочего процесса.

*Маршрут движения транспортных средств, доставляющих одновременно несколько видов кормов, отличается наличием нескольких мест погрузки груза. Практически, транспортное средство в данном случае движется по кольцевому маршруту (рис. 3.4).*

Таким образом, для транспортировки кормов могут быть составлены различные варианты маршрутов. Проблема планирования перевозок включает определение маршрута с минимумом холостого пробега транспортного средства, распределение подвижного состава и погрузочных средств по маршрутам работы, которые должны быть тесно увязаны с производительностью стационарных машин и оборудования.

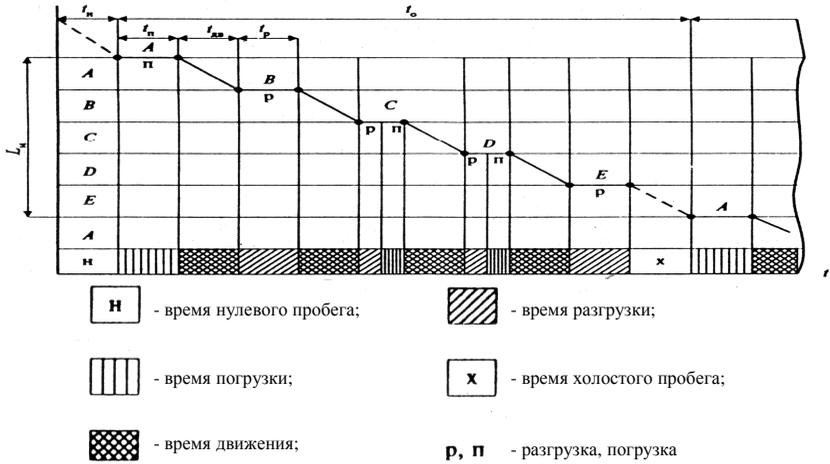


Рис. 3.4. График работы транспортного средства на кольцевом маршруте

При организации движения транспортного средства необходимо сократить формулу

$$L_x = \sum_{i=1}^{n_i} (L_x^1 - L_{гр}) K_T, \quad (3.6)$$

где  $L_x^1$  – расстояние, преодолеваемое транспортным средством без груза, км;  $K_T$  – число маршрутов.

При решении задачи нумеруются маршруты в порядке возрастания разностей  $(L_x^1 - L_{гр})$ . В этом случае справедлива формула

$$(L_{x_1}^1 - L_{гр_1}) \leq (L_{x_2}^1 - L_{гр_2}) \leq \dots \leq (L_{x_{n_i}}^1 - L_{гр_{n_i}}). \quad (3.7)$$

Тогда оптимальное решение будет иметь следующий вид:

$$\begin{aligned}
 x_1 &= \min(m_{к1}, K_T), \\
 x_2 &= \min(m_{к2}, K_T - x_1), \\
 x_3 &= \min(m_{к3}, K_T - x_1 - x_2), \\
 x_n &= \min(m_{км}, K_T - \sum_{i=1}^{k-1} x_i).
 \end{aligned} \quad (3.8)$$

Для решения задачи исходные данные заносятся в табл. 3.1.

Решая задачу, получим данные, позволяющие определить наиболее рациональный маршрут движения транспортного средства. Наилучшее значение будет при минимальной разности  $L_{xn} - L_{грn}$ .

Таблица 3.1

Исходные данные для определения рационального маятникового маршрута

Склад хранения кормов	Количество груженных ездов	Столбец разностей
Б <sub>1</sub>	$L_{x1}$ $m_{r1}$ $L_{гр1}$	$L_{x1} - L_{гр1}$
Б <sub>2</sub>	$L_{x2}$ $m_{r2}$ $L_{гр2}$	$L_{x2} - L_{гр2}$
Б <sub>3</sub>	$L_{x3}$ $m_{r3}$ $L_{гр3}$	$L_{x3} - L_{гр3}$
Б <sub>n</sub>	$L_{xn}$ $m_{r n}$ $L_{грn}$	$L_{xn} - L_{грn}$

Среднее значение скорости движения агрегата при транспортировке кормов Тищенко М. А. рекомендует выбирать в зависимости от расстояния между местами их складирования. При  $l_k < 200$  м скорость движения агрегата должна быть не более 7,2 км/ч. С увеличением расстояния транспортировки кормов ( $l_k > 1000$  м) этот показатель целесообразно увеличить до 22 км/ч. Выбирая скорость движения необходимо учитывать характер дорожного покрытия – на дорогах с твердым покрытием среднее значение скорости агрегата увеличивается. Рекомендуемая скорость движения агрегата при раздаче кормов – до 5 км/ч.

### 3.1.2. Организация транспортировки и раздачи кормов животным

Механизация раздачи кормов на фермах и промышленных комплексах осуществляется кормораздатчиками, отличающимися по принципу действия и конструкции. Кормораздающие устройства, конструктивно выполненные с учетом зоотехнических требований, должны обеспечивать равномерность и точность раздачи корма, его

дозировку отдельно каждому животному или группе животных, исключать загрязнение корма, расслаивание по фракциям, не допускать травмирования животных.

Несовершенство обслуживающей системы процесса раздачи кормов приводит к потерям (убыткам), которые включают потери от несовершенства применяемой системы машин, формирования технологических линий и функционирования машин.

Чтобы исключить потери от системы машин технологического процесса раздачи кормов, необходимо правильно укомплектовать технологические линии машинами и обеспечить их оптимальное функционирование.

Число мобильных кормораздатчиков, необходимых для обслуживания фермы, определяют исходя из времени раздачи корма в одном помещении, режима работы кормоцеха и наличия или отсутствия накопительной емкости готовой кормосмеси. Правильный выбор способа раздачи и взаимодействие кормоцеха с транспортными средствами или кормораздатчиками является сложной задачей.

Для успешного решения этой задачи необходимо просчитать несколько вариантов и выбрать из них наиболее оптимальный.

При определении числа машин для транспортировки кормов от мест хранения или подготовки их к скармливанию до кормушки животных, используют нормы технологического проектирования животноводческих предприятий и зоотехнические требования.

Число кормораздатчиков, необходимых для обслуживания поголовья животных, определяется как

$$k_{\text{разд}} = \frac{m_{\text{ж}} q}{Q_{\text{с}}}, \quad (3.9)$$

где  $m_{\text{ж}}$  – число животных на ферме;  $Q_{\text{с}}$  – производительность кормораздатчика за 1 ч сменного времени, кг/ч.

Производительность кормораздатчика за 1 ч сменного времени, кг/ч:

$$Q_{\text{с}} = Q k_{\text{разд}}, \quad (3.10)$$

где  $Q$  – производительность кормораздатчика за 1 ч чистого времени, кг/ч:

$$Q = q v_a K_v,$$

где  $k_p$  – коэффициент использования рабочего времени:

$$k_p = \frac{t}{t + t_0}, \quad (3.11)$$

где  $t$  – время, затрачиваемое на непосредственную раздачу корма, ч;  
 $t_0$  – время, затрачиваемое на непроизводительные (вспомогательные) операции, ч.

Тогда

$$t_0 = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7, \quad (3.12)$$

где  $t_1$  – время доставки пустого кормораздатчика от места содержания животных к месту загрузки и обратно, ч;  $t_2$  – время загрузки, ч;  $t_3$  – время на раздачу кормов, ч;  $t_4$  – время, затрачиваемое на простой по технологическим причинам, ч;  $t_5$  – время, затрачиваемое на техническое обслуживание, ч;  $t_6$  – время, затрачиваемое на ремонт машины, ч;  $t_7$  – время переезда от одной линии раздачи к другой, если вместимость кузова (бункера) обеспечивает раздачу корма в нескольких линиях, ч.

Время пробега транспортного средства можно определить по формуле

$$t_1 = \frac{2L}{v_{cp}}, \quad (3.13)$$

где  $L$  – длина пути, км;  $v_{cp}$  – средняя скорость движения транспортного средства, км/ч.

Время на выполнение погрузочно-разгрузочных работ определяется по формуле

$$t_2 = \frac{W_T k_T}{Q_{3-в}}, \quad (3.14)$$

где  $W_T$  – грузоподъемность транспортного средства;  $k_T$  – коэффициент использования грузоподъемности транспортного средства;  $Q_{3-в}$  – средняя гармоническая производительность погрузочно-разгрузочного процесса, т/ч,  $Q_{3-в} = \frac{2Q_{загр}Q_{выгр}}{Q_{загр} + Q_{выгр}}$ .

Полезная грузоподъемность транспортного средства:

$$W_T = \frac{V_{\text{раз}} - V_{\text{шнека}}}{\rho}, \quad (3.15)$$

где  $V_{\text{раз}}$  – объем кузова раздатчика,  $\text{м}^3$ ;  $V_{\text{шнека}}$  – объем шнека, установленного в кузове раздатчика,  $\text{м}^3$ ;  $\rho$  – плотность кормосмеси,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Объем шнека, установленного в кузове раздатчика:

$$V_{\text{шнека}} = \frac{\pi(D_{\text{ш}}^2 - d_{\text{в}}^2)}{4} L_{\text{ш}}, \quad (3.16)$$

где  $D_{\text{ш}}$  – диаметр шнека, м;  $d_{\text{в}}$  – диаметр вала шнека,  $d_{\text{в}} = (0,25 \dots 0,35) D$ , м;  $L_{\text{ш}}$  – длина шнека, м. Задавшись величиной диаметра  $D_{\text{ш}}$  определим  $L_{\text{ш}}$  из соотношения

$$L_{\text{ш}} = D_{\text{ш}} (0,25 \dots 0,35). \quad (3.17)$$

Правильный выбор машин для погрузки кормов в значительной мере определяет эффективность работы животноводческой фермы. Производительность погрузчика можно определить по формуле

$$Q_{\text{загр}} = m_{\text{п}} \kappa_{\text{ц}}, \quad (3.18)$$

где  $m_{\text{п}}$  – масса груза при подъеме, т;  $\kappa_{\text{ц}}$  – число циклов машины за 1 ч непрерывной работы, зависит от продолжительности одного цикла:

$$\kappa_{\text{ц}} = \frac{3600}{T'_{\text{ц}}},$$

где  $T'_{\text{ц}}$  – время цикла работы,  $T'_{\text{ц}} = \sum_{i=1}^{k_n} t_{\text{оп}i}$ , ч;  $t_{\text{оп}i}$  – время, затрачиваемое на выполнение отдельных операций при погрузке, ч;  $k_n$  – число элементов работы погрузчика.

Время, затрачиваемое на раздачу кормов животным, можно определить по формуле

$$t_3 = \frac{m_{\text{ж}} L_{\text{разд}}}{v_{\text{разд}}}, \quad (3.19)$$

где  $m_{ж}$  – количество животных, обслуживаемых за один цикл, шт.;  $L_{разд}$  – длина фронта раздачи кормов на одно животное,  $L_{разд} = 1$  м;  $v_{разд}$  – скорость движения агрегата при раздаче кормов  $v_{разд} = 5,2$  км/ч = 5200 м/ч.

*Число кормораздатчиков*, необходимых для обслуживания поголовья животных:

$$m_p = \frac{m_{ж} q t_{раз}}{W_T (t_{движ} + t_{погр})}, \quad (3.20)$$

где  $m_{ж}$  – число животных на ферме, гол;  $q$  – норма кормосмеси на одно животное, кг;  $t_{погр}$  – время на погрузку раздатчика,  $t_{погр} = 0,5...2,0$  ч.

Согласно приведенной методике произведен технико-экономический расчет самоходных смесителей-раздатчиков (табл. 3.2) для различных размеров ферм.

Таблица 3.2

Значения технико-экономических характеристик самоходных смесителей-раздатчиков кормов при годовом удое коров 6000 литров

Показатель	Вместимость бункера смесителя-раздатчика, м <sup>3</sup>				
	6	10	12	14	20
<b>Ферма 200 коров</b>					
Удельные капитальные вложения, дол./т	1,46	2,23	3,86	4,36	8,62
Прямые затраты, дол./т	3,38	4,36	7,33	8,42	15,51
Приведенные затраты, дол./т	3,67	4,92	7,80	9,07	17,23
<b>Ферма 400 коров</b>					
Удельные капитальные вложения, дол./т	0,73	1,11	1,92	2,16	4,28
Прямые затраты, дол./т	2,33	2,74	4,14	4,43	7,22
Приведенные затраты, дол./т	2,47	2,96	4,52	4,86	8,08

Показатель	Вместимость бункера смесителя-раздатчика, м <sup>3</sup>				
	6	10	12	14	20
<b>Ферма 600 коров</b>					
<b>Удельные капитальные вложения, дол./т</b>	<b>0,97*</b>	<b>0,74</b>	<b>1,28</b>	<b>1,44</b>	<b>2,85</b>
Прямые затраты, дол./т	4,52*	2,26	3,21	3,54	5,92
Приведенные затраты, дол./т	4,71*	2,41	3,47	3,83	6,49
<b>Ферма 800 коров</b>					
Удельные капитальные вложения, дол./т	–	1,11*	1,98*	2,30*	2,14
Прямые затраты, дол./т	–	2,94*	4,00*	4,74*	4,84
Приведенные затраты, дол./т	–	3,16*	4,40*	5,10*	5,27

\* Показатели с применением двух смесителей-раздатчиков.

На основании данных табл. 3.9 можно сделать выводы:

- для молочно-товарных ферм до 200 и до 1000 гол. откормочного поголовья вместимость бункера смесителя-раздатчика должна быть не более 6 м<sup>3</sup>;
- для ферм с большим поголовьем целесообразно выпускать смесители-раздатчики с вместимостью бункера около 11 м<sup>3</sup>;
- сочетание двух смесителей-раздатчиков с бункерами 6 и 11 м<sup>3</sup> позволит обслужить любые молочно-товарные фермы, имеющиеся в республике, с наименьшими эксплуатационными затратами.

## **3.2. Водоснабжение животноводческих предприятий**

### **3.2.1. 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.

Среднесуточный расход воды на ферме,  $\text{м}^3/\text{сут}$ , определяется по формуле

$$Q_{\text{ср.сут}} = 0,001 \sum_1^K k_i q_i, \quad (3.21)$$

где  $k_i$  – число потребителей  $i$ -го вида;  $q_i$  – среднесуточная норма потребления воды  $i$ -м потребителем,  $\text{дм}^3/\text{сут}$ ;  $K$  – общее число потребителей.

В нормы потребления включены расходы на мойку помещения, клеток, молочной посуды, приготовление кормов, охлаждение молока. На удаление навоза предусматривают дополнительный расход воды в размере от 4 до 10  $\text{дм}^3$  на одно животное. Для молодняка птицы указанные нормы уменьшают вдвое. Норма расхода на одного работающего – 25  $\text{дм}^3$  за смену.

Максимальный суточный расход воды определяется из формулы

$$Q_{\text{max сут}} = Q_{\text{ср.сут}} k_{\text{сут}}, \quad (3.22)$$

где  $k_{\text{сут}}$  – коэффициент суточной неравномерности,  $k_{\text{сут}} = 1,3$ .

В сутки максимального водопотребления среднечасовой расход составит

$$Q_{\text{ср.ч}} = \frac{Q_{\text{макс сут}}}{24}. \quad (3.23)$$

Секундный расход рассчитывается по формуле

$$Q_{\text{макс сек}} = \frac{Q_{\text{макс ч}}}{3600}. \quad (3.24)$$

Принимают следующие нормы расхода воды (дм<sup>3</sup>/кг) в кормоцехе: на запаривание концентрированного корма – 1,0...1,5; приготовление смесей для свиней – 0,5...1,0; увлажнение соломенной резки – 1,0...1,5; дрожжевание корма – 1,5...2,0; мойку корнеклубнеплодов – 0,1...0,8.

Потребность в воде на бытовые нужды (душ, санузел и др.):

$$Q_{\text{б}} = k_p q_p, \quad (3.25)$$

где  $k_p$  – 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, который рассчитывают по формуле

$$Q_{\text{пж}} = q_n t_n, \quad (3.26)$$

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

Расходы воды на тушение пожара определяются с учетом продолжительности пожара в течение 2...3 часов. При поголовье фермы до 300 голов расход воды составляет 2,5 л/с, при 300...5000 голов – 5, при мощности фермы более 5000 голов – 7 л/с.

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

$$G_r (t_r - t_x) = G_1 (t_1 - t_x) + G_2 (t_2 - t_x) + \dots + G_n (t_n - t_x), \quad (3.27)$$

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

( $t_f = 90 \text{ }^\circ\text{C}$ );  $t_x$  – температура холодной воды ( $t_x = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ );  $t_1, t_2, \dots, t_n$  – температура смешанной воды для отдельных операций,  $^\circ\text{C}$ .

Рассчитав потребность в воде и выбрав источник водоснабжения, определим параметры водопроводной сети.

### 3.2.2. Организация водоснабжения

Тип водоподъемной установки зависит от расчетного расхода воды и напора. При равномерной подаче насосной станции расход воды ( $\text{дм}^3/\text{с}$ ) рассчитывают по формуле

$$Q_{\text{н.с}} = \frac{\alpha Q_{\text{сут.макс}}}{3,6T}, \quad (3.28)$$

где  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий расход воды на промывку фильтров ( $\alpha = 1,08 \dots 1,10$ );  $Q_{\text{сут.макс}}$  – суточное потребление воды на животноводческой ферме,  $\text{м}^3$ ;  $T$  – продолжительность работы насосной станции в сутки, ч.

Полный напор (м) насоса определяют по формуле

$$H = H_{\text{в.г}} + H_{\text{н.г}} + \sum h_{\text{в}} + \sum h_{\text{н}}, \quad (3.29)$$

где  $H_{\text{в.г}}$  – геодезическая высота всасывания, м;  $H_{\text{н.г}}$  – геодезическая высота нагнетания, м;  $\sum h_{\text{в}}$  и  $\sum h_{\text{н}}$  – сумма потерь напора соответственно во всасывающей и напорной трубах, м.

Динамический напор (м) приближенно находят по формуле

$$h = \sum h_{\text{н}} + \sum h_{\text{в}} = \frac{v_{\text{в}}^2}{2g} a_1 \frac{L}{d} + \sum \beta, \quad (3.30)$$

где  $v_{\text{в}}$  – скорость движения воды, м/с;  $g$  – ускорение свободного падения,  $\text{м}/\text{с}^2$ ;  $a_1$  – коэффициент сопротивления, зависящий от скорости движения воды и материала труб (для чугунных и стальных труб  $a_1 = 0,02$ , для бетонных труб  $a_1 = 0,022$ , для асбестоцементных труб  $a_1 = 0,025$ );  $L$  – 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, необходимая для привода насоса, равна

$$N_{\text{дв}} = \frac{Q_{\text{сек}} k \rho_{\text{в}}}{\eta_{\text{н}} \eta_{\text{п}} 10^3}, \quad (3.31)$$

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  $\eta_{\text{н}} = 0,5 \dots 0,7$ , для вихревых  $\eta_{\text{н}} = 0,25 \dots 0,5$ );  $\eta_{\text{п}}$  – КПД передачи ( $\eta_{\text{п}} = 0,95 \dots 0,97$ ).

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

Выбор того или иного типа автопоилок зависит от вида животных системы и способа их содержания.

Необходимое количество поилок вычисляется как

$$N = m_{\text{ж}} / K_i, \quad (3.32)$$

где  $m_{\text{ж}}$  – поголовье животных  $i$ -й группы, гол.;  $K_i$  – норма обслуживания животных  $i$ -го вида одной автопоилкой.

### **3.3. Удаление, обработка, хранение и утилизация навоза и помета**

#### **3.3.1. 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.

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

Своевременное удаление навоза и использование – 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

$$Q_{\text{сут}} = q_{\text{сут}} m_{\text{ж}}, \quad (3.33)$$

где  $q_{\text{сут}}$  – суточный выход навоза от одного животного, кг;  $m_{\text{ж}}$  – поголовье животных, гол.

Суточный выход навоза от одного животного вычисляют по формуле

$$q_{\text{сут}} = q_3 + B + B_{\text{см}} + П, \quad (3.34)$$

где  $q_3$  – суточный выход экскрементов (кал, моча) 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 навозоудаления  $B_{\text{см}} = 5...15$  кг);  $П$  – суточная норма подстилки в расчете на голову, кг.

Проблема механизации удаления и использования навоза включает в себя три больших вопроса:

- удаление навоза из животноводческих помещений и транспортировка его в хранилища;
- складирование, обеззараживание и хранение навоза;
- использование навоза.

Навоз из животноводческих помещений удаляют периодически или непрерывно.

*Периодическое* удаление предполагает применение механических средств (транспортеров, 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.

### **3.3.2. 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.

Глубина навозных каналов зависит от высоты слоя навоза, при которых он начинает течь. Минимальную (начальную) глубину потока навоза, при которой возможно движение вязкопластической массы по каналу единичной ширины, можно определить по формуле

$$h_0 = \sqrt{\frac{2\tau_0 L_k}{\rho_n g}}, \quad (3.35)$$

где  $\tau_0$  – предельное напряжение сдвига, Па;  $L_k$  – длина канала, м;  $\rho_n$  – плотность навозной массы, кг/м<sup>3</sup>;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Предельное напряжение сдвига жидкого навоза возрастает с уменьшением его влажности. При снижении влажности навоза с 94 до 82 % предельное напряжение сдвига соответственно увеличивается с 1,5 до 100 Па для крупного рогатого скота и с 1,2 до 90 Па для свиней.

Начальную глубину, м, самотечного канала определяют по формуле

$$H_{\text{н.к.}} = \Delta h + h_0 + h_{\text{сл}} + h_{\text{рез}}. \quad (3.36)$$

Конечную глубину самотечного канала определяют по формуле

$$H_{\text{к.к.}} = h_{\text{пор}} + h_{\text{сл}} + h_{\text{рез}} + h_0, \quad (3.37)$$

где  $\Delta h$  – превышение высоты порожка над дном канала в начальной его части,  $\Delta h = h_{\text{пор}} - z$ , м, здесь  $h_{\text{пор}}$  – высота порожка, м. Обычно принимают  $\Delta h = 0,05 \dots 0,10$  м;  $z$  – разность отметок начала и конца канала, м;  $h_{\text{сл}}$  – толщина жидкого слоя над порожком,  $h_{\text{сл}} = 0,05 \dots 0,10$  м;  $h_{\text{рез}}$  – резервная глубина канала, м, т. е. минимально допустимое расстояние от наивысшего уровня массы в начале канала до решетчатого пола ( $h_{\text{рез}} = 0,30 \dots 0,35$  м).

*Самотечная система периодического действия* (лотково-отстойная) отличается от самотечной непрерывного действия тем, что в ней предусмотрено накопление навоза в навозоприемных каналах, выход которых перекрыт шиберами. Навозная масса накапливается в продольных каналах в течение нескольких суток.

Для периодического спуска навозной массы (через 7...14 дней) шиберы открывают. Для ее разжижения добавляют воду.

Высоту шибера можно определить по формуле

$$h_{\text{ш}} = \frac{2B_k \tau_k}{q_n B_k i - 2\tau_k}, \quad (3.38)$$

где  $B_k$  – ширина канала, м;  $\tau_k$  – касательное напряжение, Па/м;  $i$  – уклон канала ( $i = 0,02^\circ$ ).

Минимальную ширину продольного канала для привязного (боксового) содержания крупного рогатого скота определяют по формуле

$$B_k = 2[l_k(1 - \kappa_c) + 0,2], \quad (3.39)$$

где  $l_k$  – длина туловища животного, м;  $\kappa_c$  – коэффициент ( $\kappa_c = 0,91$  для стада животных с одинаковыми размерами и  $\kappa_c = 0,88$  – с разными размерами).

Минимальную ширину продольного канала для свиней при их содержании в групповых станках определяют по формуле

$$B_k \geq l_{\text{ж}} - (A + Д), \quad (3.40)$$

где  $l_{\text{ж}}$  – длина животного, м;  $A$  – ширина сплошной бетонной полосы, м ( $A = 0,2 \dots 0,3$  м);  $Д$  – часть ширины кормушки, занимаемая головой животного при кормлении, м;  $Д = 2 / 3B_k$ , где  $B_k$  – ширина кормушки,  $B_k = 0,30 \dots 0,45$  м).

Ширину продольных каналов в свинарниках с содержанием животных в индивидуальных станках и боксах определяют по формуле

$$B_k \geq L_c - l_{\text{ж}} + l_{\text{п}}, \quad (3.41)$$

где  $L_c$  – длина станка или бокса, м;  $l_{\text{п}}$  – длина части щелевого пола, на котором животное находится в зафиксированном положении, м ( $l_{\text{п}} = 0,35 \dots 0,5$  м).

Высоту порожка можно определить по формуле

$$h_{\text{п}} = \frac{a_{\text{в}} \rho_{\text{н}}}{a_{\text{п}} \rho_{\text{в}}} h_{\text{ш}}, \quad (3.42)$$

где  $a_{\text{в}}$  – коэффициент, учитывающий количество воды, которое добавляется в навозную массу ( $a_{\text{в}} = 0,19 \dots 0,20$ );  $a_{\text{п}}$  – коэффициент, учитывающий содержание навоза ( $a_{\text{п}} = 0,8 \dots 0,9$ );  $\rho_{\text{в}}$  – плотность воды,  $\text{кг/м}^3$ , ( $\rho_{\text{в}} = 998,23 \text{кг/м}^3$ ).

*Система прямого гидросмыва навоза* заключается в следующем. Продольные каналы устраивают с уклоном  $0,007^\circ \dots 0,01^\circ$ , а поперечные – с уклоном  $0,02^\circ \dots 0,03^\circ$ . Для удаления и транспортировки навозной массы техническая вода подается под давлением  $0,2 \dots 0,3$  МПа. На один объем экскрементов расходуется  $6 \dots 10$  объемов воды.

*Бесканальный гидросмыв* навоза с напольных мест дефекации проводят с помощью гидросмывных установок, значительно сокращающих, по сравнению с прямым гидросмывом, количество расходуемой воды, эксплуатационные расходы и капитальные вложения на строительство. При таком способе не требуется устройство каналов и решетчатых полов, а гидросмывные установки монтируют в проемах разделительных перегородок.

**Механическое удаление** навоза следует проектировать:

– на фермах крупного рогатого скота при стойлово-пастбищном с применением подстилки;

– в родильных отделениях, профилакториях, при хранении навоза под полом помещения;

– на открытых откормочных площадках (в обоснованных случаях допускается установка скреперных механизмов в каналах, перекрытых решетками).

К стационарным механизированным средствам удаления навоза относятся скреперные установки.

Подача (т/ч) скребкового транспортера:

$$Q_{\text{тр}} = 3600 b_c h_c v_c \rho_n k_{\text{ц}}, \quad (3.43)$$

где  $b_c$  – длина скребка, м;  $h_c$  – высота скребка, м;  $v_c$  – средняя скорость скребка, м/с;  $\rho_n$  – плотность навоза,  $\text{кг/м}^3$ . Объемная масса навоза колеблется в довольно широких пределах:  $400 \dots 1010$   $\text{кг/м}^3$ . При беспривязной системе содержания скота на глубокой несменяемой подстилке объемная масса ненарушенного навоза находится в пределах  $880 \dots 980$   $\text{кг/м}^3$ ;  $k_{\text{ц}}$  – коэффициент заполнения межскребкового пространства ( $k_{\text{ц}} = 0,5 \dots 0,6$ ).

Продолжительность (ч) работы транспортера в течение суток:

$$T_{\text{сут}} = Q_{\text{сут}} / (1000 Q_{\text{тр}}). \quad (3.44)$$

Вместимость навозного канала определяют по формуле

$$W_{н.к} = h_k b_k L_k k_{ц} \rho_n, \quad (3.45)$$

где  $L_k$  – длина навозного канала, м.

Число включений транспортера в сутки:

$$K_{вк} = Q_{сут} / (1000W_{н.к}). \quad (3.46)$$

Если навоз сдвинут скотниками в навозный канал до включения транспортера, то цепь транспортера должна совершить один оборот на полную свою длину  $L$ , чтобы освободить навозный канал. При этом продолжительность одного цикла удаления

$$T_{ц} = L / (3600V). \quad (3.47)$$

Время сдвигания навоза в канал скотниками:

$$T_{ск} = m_{ж} t_{сд} / (60K_{ск}), \quad (3.48)$$

где  $m_{ж}$  – поголовье животных;  $t_{сд}$  – продолжительность сдвигания навоза со стойла в навозный канал, мин;  $K_{ск}$  – число скотников.

Общее время цикла удаления навоза:

$$T_{ц.общ} = T_{ц} + T_{ск}. \quad (3.49)$$

Производительность (т/ч) поточной линии (участка) удаления навоза за один цикл включения механических транспортных средств:

$$Q_{л} = Q_{сут} / (1000T_{ц} K_{вк}). \quad (3.50)$$

Площадь хранилища для твердого навоза определяется по формуле

$$S = Q_{сут} T / h_n \rho_n, \quad (3.51)$$

где  $Q_{сут}$  – суточный выход навоза, т;  $T$  – продолжительность хранения, сут ( $T = 150 \dots 180$ );  $h_n$  – высота укладки навоза, м (обычно  $h_n = 1,5 \dots 2,5$  м).

Твердую фракцию навоза доставляют в навозохранилище, а жижу собирают в жижесборники.

На ферме рекомендуется строить одно навозохранилище для всех животноводческих помещений.

Вместимость навозоприемника вычисляют по формуле

$$W_{\text{нп}} = Q_{\text{сут}} t_{\text{р.н}} / (24 \rho_{\text{н}}), \quad (3.52)$$

где  $t_{\text{р.н}}$  – время ремонта или замены насоса, равное 2...3 ч.

Навоз от помещения до навозохранилища перевозят в тракторных прицепах 2ПТС-4М-785А.

Подсчитано, что из 1 кг птичьего помета можно получить биогаз с объемной теплотой сгорания свыше 21 МДж/м<sup>3</sup>. Шлам, остающийся после сбраживания птичьего помета, используют в качестве кормовых добавок или органического удобрения. Расчет процесса метанового сбраживания проводят в определенной последовательности.

Объем навозоприемника, м<sup>3</sup>, определяют по формуле

$$V_{\text{н}} = Q \rho_{\text{н}} t_{\text{н}} k_{\text{в}}, \quad (3.53)$$

где  $t_{\text{н}}$  – время накопления навоза ( $t_{\text{н}} = 2$  сут);  $k_{\text{в}}$  – коэффициент, учитывающий изменения плотности навоза в зависимости от исходной влажности ( $k_{\text{в}} = 1,5$ ).

Объем емкости для нагрева, м<sup>3</sup>, определяют по формуле

$$V_{\text{о}} = Q_{\text{сут}} \rho_{\text{н}} t_{\text{о}} k'_{\text{в}}, \quad (3.54)$$

где  $t_{\text{о}}$  – время нагрева, сут ( $t_{\text{о}} = 1$  сут);  $k'_{\text{в}}$  – коэффициент, учитывающий изменение объема в зависимости от температуры нагрева,  $k'_{\text{в}} = 1,0 \dots 1,2$ .

Объем метантанка, м<sup>3</sup>, определяют по формуле

$$V_{\text{м}} = \frac{100 Q_{\text{сут}} \rho_{\text{н}}}{q}, \quad (3.55)$$

где  $q$  – суточная доза загрузки метантанка, % ( $q = 4,5 \dots 18$  %).

Суточный выход биогаза, м<sup>3</sup>, определяют по формуле

$$V_B = Q_{\text{сут}} V', \quad (3.56)$$

где  $V'$  – выход биогаза, приходящийся на 1 т переработанного навоза, м<sup>3</sup> ( $V' = 20 \text{ м}^3$ ).

Объем газгольдера, м<sup>3</sup>, определяют по формуле

$$V_{\Gamma} = \frac{V_B t_{\text{н.б.}}}{24}, \quad (3.57)$$

где  $t_{\text{н.б.}}$  – время накопления биогаза за сутки, ч ( $t_{\text{н.б.}} = 18 \text{ ч}$ ).

Общую тепловую энергию получаемого биогаза, МДж, определяют по формуле

$$Q_{\text{общ}} = V_B C_B, \quad (3.58)$$

где  $C_B$  – теплотворная способность биогаза,  $C_B = 24 \text{ МДж/м}^3$ .

Расход теплоты на нагрев исходного навоза, МДж, определяют по формуле

$$Q_{\text{м.р}} = \frac{Q_{\text{сут}} (t_{\text{н1}} - t_{\text{н2}}) C_{\text{н}}}{\eta}, \quad (3.59)$$

где  $C_{\text{н}}$  – теплоемкость навоза, кДж/(кг·°С) ( $C_{\text{н}} = 4,06 \text{ кДж/(кг·°С)}$ );  $t_{\text{н1}}$  и  $t_{\text{н2}}$  – соответственно начальная и конечная температура навоза, °С ( $t_{\text{н1}} = 8 \text{ °С}$ ,  $t_{\text{н2}} = 35 \text{ °С}$  при мезофильном режиме и  $t_{\text{н2}} = 55 \text{ °С}$  при термофильном режиме);  $\eta$  – КПД нагревательного устройства,  $\eta = 0,7$ .

Расход теплоты на собственные нужды, МДж, рассчитывают по формуле

$$Q_{\text{с.н}} = \frac{Q_{\text{м.р}} + Q_{\text{к.т.}}}{\eta}, \quad (3.60)$$

где  $Q_{\text{к.т.}}$  – расход теплоты на компенсацию теплотерь, МДж ( $Q_{\text{к.т.}} = 3140 \text{ МДж на } 1000 \text{ м}^3 \text{ метантанка}$ ).

Общее количество биогаза, идущего на собственные нужды, м<sup>3</sup>, рассчитывают по формуле

$$V_{\text{Б.Н}} = \frac{Q_{\text{С.Н}}}{C_{\text{Б}}}. \quad (3.61)$$

Выход товарного биогаза, м<sup>3</sup>, рассчитывают по формуле

$$V_{\text{Б.Т}} = V_{\text{Б}} - V_{\text{Б.Н}}. \quad (3.62)$$

Коэффициент расхода биогаза на собственные нужды определяют по формуле

$$\eta_{\text{Б}} = \frac{V_{\text{Б.Н}}}{V_{\text{Б}}}. \quad (3.63)$$

Производительность технологического оборудования выбирают, исходя из продолжительности его работы, не превышающей длительность рабочей смены ( $t_{\text{р}} < t_{\text{СМ}}$ ), при возможности использования для нужд фермы.

Минимальную тепловую мощность, МДж/ч, определяют по формуле

$$P_{\text{мин}} = \frac{V_{\text{Б}} q_{\text{П}}}{t_{\text{р}}}, \quad (3.64)$$

где  $q_{\text{П}}$  – низшая теплота сгорания природного газа,  $q_{\text{П}} = 33,5$  МДж/м<sup>3</sup>.

Биогаз, состоящий из 63...68 % метана и 32...37 % двуокиси углерода, переходит в жидкое состояние при давлении 0,1 МПа и температуре минус 161,5 °С. В таком виде он занимает минимальный объем, что очень важно при использовании его в технических целях. Биогазовые установки вырабатывают, кроме электроэнергии, горячую воду для отопления или других технологических нужд.

### **3.4. Проектирование механизированных процессов доения и первичной обработки молока**

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 его применение 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;
- устанавливать режим доения, обеспечивающий заполнение молока вымени.

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, то есть 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. 3.5). Состав и последовательность операций выбирают с учетом зоотехнических требований к качеству конечных продуктов, новейших достижений науки и техники.

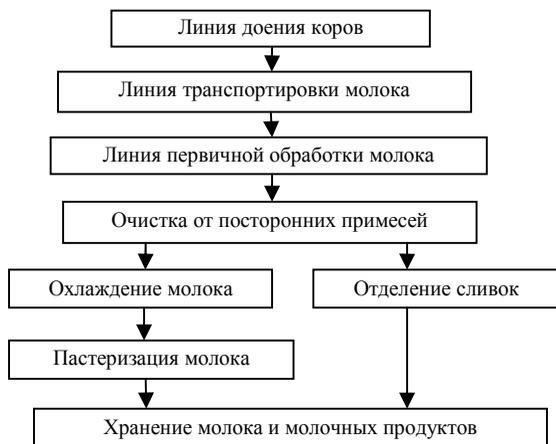


Рис. 3.5. Технологическая схема процесса доения коров и первичной обработки молока на молочной ферме

**Конструктивно-технологические схемы** отражают конкретный состав машин, включенных в ПТЛ, и представляются в проектной технической документации, отображающей типы машин и технологические процессы (рис. 3.6).



Рис. 3.6. Конструктивно-технологическая схема процесса производства молока и первичной обработки молока на молочной ферме

**Структурные схемы ПТЛ** отражают внутреннюю структуру производственных потоков, соподчиненность отдельных элементов, участков или секций, показывают направления движения материальных потоков, управляющих воздействий и команд, наличие и месторасположение регулирующих или запасных емкостей и резервирующих средств (рис. 3.7).

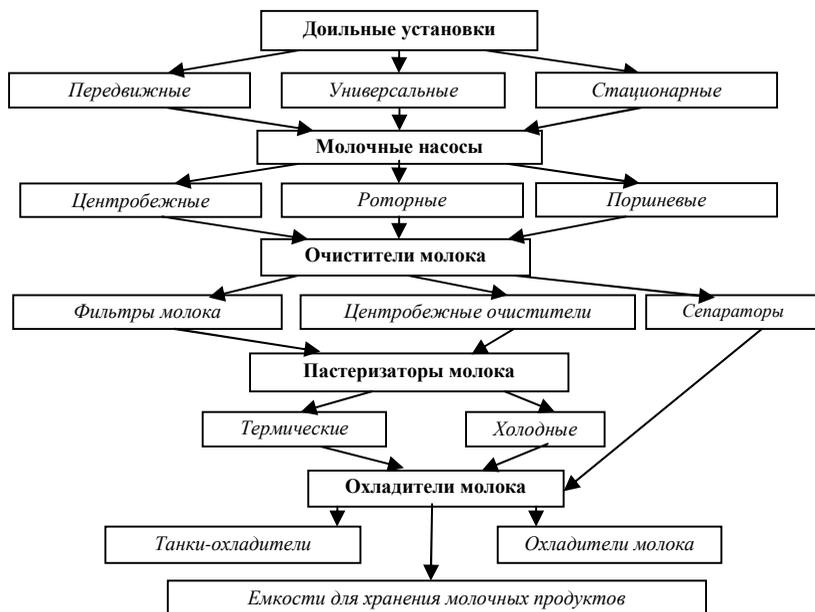


Рис. 3.7. Структурная схема поточной линии доения коров и первичной обработки молока

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

### 3.4.1. 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, обтирание и массаж вымени должны длиться не более 35...40 секунд. Сдаивание первых струек молока из каждого соска проводится в течение 8...12 секунд.

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

*Длительность доения* коров бывает разной, так как обуславливается квалификацией доярок, конфигурацией помещения, где 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 минут. Передержка доильных трехтактных аппаратов не должна превышать 2 минут, а двухтактных – 1 минуту. 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 секунд) 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 определяется по формуле

$$W_c = W m_{\text{ж}} \beta, \quad (3.65)$$

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 в данном случае должна обработать определенное количество молока в единицу времени:

$$Q_{\text{pc}} = \frac{W_c}{T_{\text{cp}}}, \quad (3.66)$$

где  $T_{\text{cp}}$  – среднее время доения одной коровы, мин;

$$T_{\text{cp}} = \frac{t_{\text{маш}} + t_{\text{pp}}}{n_{\text{ж}}}, \quad (3.67)$$

где  $t_{\text{маш}}$  – среднее машинное время доения одной коровы, мин (паспортные данные аппарата,  $t_{\text{маш}} = 240...300$  с);  $t_{\text{pp}}$  – суммарное время ручных операций, мин. Зависит от типа доильной установки,

от принятой на ферме организации труда, от квалификации операторов:

$$t_{pp} = t_{пк} + t_{п.ст} + t_{п} + t_{п}^I + t_{30} + (t_{сл} + t_{от}) / 2, \quad (3.68)$$

где  $t_{пк}$  – время подготовки, мин;  $t_{ст}$  – время постановки доильных стаканов, мин;  $t_{п}$  – время короткого перехода, мин;  $t_{п}^I$  – время большого перехода, мин;  $t_{30}$  – время заключительных операций, мин;  $t_{сл} + t_{от}$  – время слива и отхода молока, мин.

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

Определим ритм потока:

$$R = \frac{1}{Q_p}. \quad (3.69)$$

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

$$Z_{ап} = \frac{Q_p}{Q_d \eta}, \quad (3.70)$$

где  $\eta$  – коэффициент использования рабочего времени машины;  $Q_d$  – производительность доильной установки, т/ч.

Количество доильных аппаратов, необходимое для обслуживания всего стада:

$$Z_{ап} = m_{ж} t_{маш} / T_d, \quad (3.71)$$

где  $m_{ж}$  – число коров на ферме, гол.;  $t_{маш}$  – 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 определяется по формуле

$$Q_d = m_{\text{ж}} / T_d \quad (3.72)$$

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

$$Q_{\text{ду}} = Q_d / Q_{\text{д.у. ч}}, \quad (3.73)$$

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

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

$$m_{\text{обс}} = \frac{m_{\text{ж}}^0 t_{\text{pp}}}{T_3 60}, \quad (3.74)$$

где  $m_{\text{ж}}^0$  – поголовье коров на ферме с учетом планового развития;  $T_3$  – допустимое время доения и обработки молока, ч;  $t_{\text{pp}}$  – время ручного труда на одну корову (1...4 мин.).

Продолжительность доения стада дояркой определяют по формуле

$$T_d = \frac{60}{t_{\text{pp}}}. \quad (3.75)$$

Число аппаратов, необходимое одной доярке, рассчитывают по формуле

$$Z_{\text{ап}} = \frac{T_3 + t_x}{t_{\text{pp}} + t_x}, \quad (3.76)$$

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

Число станков (аппаратов), которое должна обслужить каждая доярка, определяют по формуле

$$Z_{\text{ап}} = \frac{T_3}{t_{\text{pp}} + t_x}. \quad (3.77)$$

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

Максимальная производительность линии первичной обработки молока

$$Q_{\text{плл}} = \frac{m_{\text{ж}} W_{\text{г}} K_{\text{г}} K_{\text{с}}}{365 K_{\text{д}} T_{\text{д}}}, \quad (3.78)$$

где  $W_{\text{г}}$  – среднегодовой удой на корову (продуктивность), кг;  $K_{\text{г}}$  – коэффициент годовой неравномерности поступления молока,  $K_{\text{г}} = 1,2 \dots 1,3$ ;  $K_{\text{с}}$  – коэффициент суточной неравномерности поступления молока: при двукратной дойке  $K_{\text{с}} = 1,8 \dots 3,0$ , при трехкратной дойке  $K_{\text{с}} = 1,2 \dots 1,8$ ;  $K_{\text{д}}$  – кратность доения,  $K_{\text{д}} = 2 \dots 3$ .

*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 двухтактный режим работы в условиях молочных комплексов и ферм. Это ведет к увеличению числа коров, которые подвергаются заболеванию маститом.

### **3.4.2. Определение параметров оборудования линии первичной обработки молока**

Получение в условиях хозяйств молока наивысшего сорта является одним из наиболее важных условий рентабельности его производства. Отсюда понятно, на сколько 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 несортного молока.

– охлаждение молока сразу после дойки до  $4 \dots 6$  °С.

Первая операция после дойки – *очистка молока*. Для более тонкой очистки молока после дойки применяют центробежные молокоочистители. Их пропускную способность определяют по уравнению

$$Q_{ц.о} = Q_{\max, \text{час}} = z_T R_{\min}^2 n_6^2 B_0^2 d_{ш} \frac{\Delta \rho}{\mu} \cos \alpha, \quad (3.79)$$

где  $z_T$  – число тарелок очистительного барабана, шт.;  $R_{\min}$  – минимальный радиус тарелки, м;  $n_6$  – частота вращения барабана, об/мин;  $B_0$  – расстояние между тарелками барабана, м;  $d_{ш}$  – диаметр жирового шарика, мк;  $\Delta \rho$  – разность плотностей частицы и плазмы молока, кг/м<sup>3</sup>;  $\mu$  – коэффициент динамической вязкости молока, кг/м с;  $\alpha$  – угол наклона образующей тарелки, град.

Необходимое число очистителей зависит от часовой производительности поточной линии:

$$П_{ц.о} = \frac{Q_{\text{плл}}}{Q_{ц.о} \rho_M}, \quad (3.80)$$

где  $\rho_M$  – плотность цельного молока,  $\rho_M = 1,027 \dots 1,034$  кг/м<sup>3</sup>.

Далее определяется длительность непрерывной работы сепаратора-очистителя. Она должна обеспечить обработку молока в течение одного времени доения  $T_d$  без разборки сепаратора:

$$T_0 = V_{гр} 100 / P, \quad (3.81)$$

где  $V_{гр}$  – объем грязевого пространства барабана, м<sup>3</sup>;  $P$  – процент отложения сепараторной слизи от общего объема очищенного молока,  $P = 0,03 \dots 0,06$  %.

Если  $T_0 > T_d$  то в технологическую линию устанавливают магистральный фильтр, уменьшающий загрязнение молока.

*Холодильную установку* выбирают по наибольшей суточной потребности в холоде, кДж:

$$Q_{\text{сут}} = \sum Q_1 + \sum Q_2 + \sum Q_3. \quad (3.82)$$

Количество холода (кДж):

– для охлаждения продукта до температуры хранения:

$$Q_1 = q_{\text{сут}} c (t_2 - t_1) \quad \text{или} \quad Q_1 = q_{\text{сут}} c (t_{\text{н}} - t_{\text{к}}); \quad (3.83)$$

– для поддержания постоянной температуры при хранении:

$$Q_2 = Q_2' + Q_2'' + Q_2'''; \quad (3.84)$$

– для компенсации притока внешней теплоты:

$$Q_2' = 24 \sum KF_{\text{тепл}} \Delta t_{\text{к}}; \quad (3.85)$$

– для компенсации нагрева продукта при его перекачке насосом по трубам:

$$Q_2'' = 860 N_{\text{н}} t_{\text{нас}}; \quad (3.86)$$

– для компенсации потерь при вентиляции холодильных камер:

$$Q_2''' = \alpha B (i_1 - i_2); \quad (3.87)$$

– для компенсации случайных не учитываемых потерь:

$$Q_{\text{сут}} = (0, 1 \dots 0, 4) \sum Q_1, \quad (3.88)$$

где  $q_{\text{сут}}$  – суточный надой молока, кг;  $t_{\text{н}}$  и  $t_{\text{к}}$  – начальные и конечные температуры продукта, °С;  $F_{\text{тепл}}$  – поверхность теплообмена, м<sup>2</sup>;  $\Delta t_{\text{к}}$  – разность температур между средами, находящимися в условиях теплообмена, °С;  $N_{\text{н}}$  – мощность насоса для перекачки продукта, кВт;  $t_{\text{нас}}$  – длительность работы насоса, ч/сут;  $\alpha$  – кратность замены воздуха в холодильных камерах в сутки;  $B$  – масса удаляемого воздуха, кг;  $i_1$  и  $i_2$  – энтальпии наружного воздуха камеры при соответствующей влажности.

Расчетная тепловая мощность (кДж/ч) холодильной машины:

$$Q_{\text{р}} = \frac{Q_{\text{сут}}}{t_{\text{нас}}}. \quad (3.89)$$

Тепловая мощность (кДж/ч) холодильной установки:

$$Q = V q_0, \quad (3.90)$$

где  $V$  – объемная подача компрессора установки,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;  $q_0$  – объемная тепловая мощность,  $\text{кДж}/\text{м}^3$ .

Количество циркулирующего рассола ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) вычисляют по формуле

$$V_{\text{рас}} = \frac{0,001Q_{\text{рас}}}{c_p \rho_p \tau_K}, \quad (3.91)$$

где  $c_p$  – удельная теплоемкость рассола,  $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$ ;  $\rho_p$  – плотность рассола,  $\text{кг}/\text{дм}^3$ ;  $\tau_K$  – конечная разность температур молока и рассола,  $^\circ\text{C}$  ( $\tau_K = 2...4$   $^\circ\text{C}$ ).

Для охлаждения и временного хранения молока в фермерских хозяйствах все большее применение находят танки-охладители молока вместимостью 1200, 1600 и 2000 л. Они оснащены автономными холодильными агрегатами.

В условиях хозяйств оборудуют *холодильные камеры*, предназначенные для кратковременного хранения молочных 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  $Q_3$  при использовании вентиляции для камеры;
- потери холода при открывании дверей и нахождении в ней людей  $Q_4$ .

Расход холода в камере за сутки,  $\text{Дж}/\text{сут}$ :

$$Q_{\text{сут}} = \sum Q_1 + \sum Q_2 + \sum Q_3 + \sum Q_4. \quad (3.92)$$

Расход холода на теплопередачу через внешние ограждения камеры,  $\text{Дж}/\text{сут}$ :

$$\sum Q_1 = \sum F \eta_{\text{тепл}} (\tau_n - \tau_v) 24, \quad (3.93)$$

где  $F$  – площадь поверхности стен, пола и потолка камеры,  $\text{м}^2$ ;  $\eta_{\text{тепл}}$  – коэффициент теплопередачи стен, пола и потолка,  $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot^\circ\text{C})$ ;  $\tau_n$  – наружная температура воздуха,  $^\circ\text{C}$ ;  $\tau_v$  – внутренняя температура воздуха камеры,  $^\circ\text{C}$  ( $\tau_v = 2...4$   $^\circ\text{C}$ ).

Наружная температура воздуха

$$\tau_{\text{н}} = 0,4\tau_{\text{см}} + 0,6\tau_{\text{макс}}, \quad (3.94)$$

где  $\tau_{\text{см}}$  и  $\tau_{\text{макс}}$  – среднемесячная и максимальная суточная температуры самого жаркого месяца данного региона, °С.

Расход холода на охлаждение продукта и тары в камере, Дж/сут:

$$\sum Q_2 = \sum (G_{\text{с}}c_{\text{с}} + G_{\text{т}}c_{\text{т}})(\tau_{\text{нач}} - \tau_{\text{кон}}), \quad (3.95)$$

где  $G_{\text{с}}$  и  $G_{\text{т}}$  – масса продуктов и тары, поступающих на охлаждение, кг/сут;  $c_{\text{с}}$  и  $c_{\text{т}}$  – теплоемкость продукта и тары, Дж/(кг·°С);  $\tau_{\text{нач}}$  и  $\tau_{\text{кон}}$  – начальная и конечная температуры продуктов и тары, °С.

Расход холода на охлаждение приточного воздуха при использовании вентиляции в камере, Дж/сут:

$$Q_3 = \alpha V_{\text{кам}} \gamma_{\text{в}} (\lambda_{\text{н}} - \lambda_{\text{к}}), \quad (3.96)$$

где  $\alpha$  – кратность смены воздуха в сутки ( $\alpha = 2$ );  $V_{\text{кам}}$  – вместимость камеры, м<sup>3</sup>;  $\gamma_{\text{в}}$  – удельный вес камеры воздуха при температуре камеры, Н/м<sup>3</sup>;  $\lambda_{\text{н}}$  и  $\lambda_{\text{к}}$  – теплосодержание наружного воздуха и камеры при его соответствующей влажности, Дж/кг.

Расход холода при открывании дверей и на пребывание людей в камере и другие потери приближенно определяют из выражения:

$$\sum Q_4 = (0,2...0,4) \sum Q_1. \quad (3.97)$$

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 его необходимую часовую холодильную мощность, Дж/ч:

$$Q = \frac{Q_{\text{сут}}}{t_{\text{лет}}}, \quad (3.98)$$

где  $t_{\text{лет}}$  – принятое число часов работы установки в сутки.

Если же одну и ту же холодильную установку используют для охлаждения молочных продуктов на охладителе и камеры, то холодильная мощность установки, Дж/ч, равна

$$Q_y = Q_{\text{охл}} + \frac{Q_{\text{сут}}}{t_{\text{уст}}}. \quad (3.99)$$

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, м<sup>2</sup>, для заданных условий:

$$F = \frac{Q}{k\Delta t}, \quad (3.100)$$

где  $Q$  – тепловая нагрузка батарей, установленных в камере, Дж/ч;  $k$  – коэффициент теплопередачи, Вт/(м<sup>2</sup>·°С);  $\Delta t$  – разность температур воздуха камеры и циркулирующего рассола или испаряющегося хладона, °С.

Зная общую площадь поверхности батареи, задают диаметр труб, определяют длину и с учетом размеров камеры подбирают длину батареи и число труб в ряду.

Нужное количество резервуаров-охладителей определяется по формуле

$$n_{\text{охл}} = \frac{G_m}{\rho_m V_{\text{мв}} \psi}, \quad (3.101)$$

где  $G_m$  – разовый надой молока, кг;  $\rho_m$  – плотность молока, кг/м<sup>3</sup>;  $\psi$  – степень заполнения емкости, 0,5...0,6;  $V_{\text{мв}}$  – рабочая вместимость

молочной ванны, л. Объем ванны выбирают в зависимости от количества накапливаемого молока.

Время охлаждения рассола

$$\tau_p = \frac{V_{\text{ак}} C_p \rho_p (\tau_{\text{р.кон}} - \tau_{\text{р.нач}})}{3600 Q_{\text{хол}} \eta}, \quad (3.102)$$

где  $V_{\text{ак}}$  – вместимость аккумулятора холода,  $\text{м}^3$ ;  $\tau_{\text{р.кон}}$  – начальная температура рассола,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $\tau_{\text{р.нач}}$  – рабочая температура рассола,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $Q_{\text{хол}}$  – холодопроизводительность установки, кВт;  $\rho_p$  – плотность рассола,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $C_p$  – теплоемкость рассола,  $\text{кДж}/\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}$ ;  $\eta$  – коэффициент полезного действия системы охлаждения.

Время охлаждения молока

$$\tau_m = \frac{C_m \frac{G_m}{n_{\text{охл}}} (\tau_{\text{м.нач}} - \tau_{\text{м.кон}}) - V_{\text{ак}} C_p \rho_p (\tau_{\text{р.кон}} + \tau_{\text{мин}} - \tau_{\text{м.кон}})}{3600 Q_{\text{хол}} \eta}, \quad (3.103)$$

где  $\tau_{\text{м.нач}}$  – начальная температура молока (после очистки),  $^{\circ}\text{C}$ ;  $\tau_{\text{м.кон}}$  – температура охлажденного молока,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $\tau_{\text{мин}}$  – минимальная разность температур молока и рассола,  $4 \dots 10^{\circ}\text{C}$ ;  $C_m$  – теплоемкость молока,  $\text{кДж}/\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}$ .

Время охлаждения молока не должно превышать 3 ч, рассола – 3...4 ч.

**Пастеризация молока.** Молоко, поставляемое потребителям, пастеризуют, чтобы избежать возникновения эпизоотии. В поточных технологических линиях обработки его сначала регенерируют, затем пастеризуют. Регенераторы позволяют повысить производительность пастеризатора, сократить расход пара на пастеризацию и уменьшить размеры охладителя.

Тепловая производительность пастеризатора (ккал/ч) зависит от величины поверхности его нагрева  $F$ , коэффициента теплопередачи  $K_T$  и средней логарифмической разности температур между паром в рубашке и продуктом  $\Delta t_{\text{cp}}$  и характеризуется уравнением

$$\theta = FK_T \Delta t_{\text{cp}} = Q_{\text{охл}} C_m (\tau_{\text{к.м}} - \tau_{\text{н.м}}). \quad (3.104)$$

Рабочая поверхность ( $m^2$ ) парового пастеризатора типа ОПД-1М (целесообразно применять на поточных линиях с производительностью до 0,5 кг/с):

$$F = \frac{2,3q_p c}{K_{\Pi}} \lg \frac{\tau_{\text{пар}} - \tau_{\text{хол}}}{\tau_{\text{пар}} - \tau_{\text{п}}}, \quad (3.105)$$

где  $K_{\Pi}$  – общий коэффициент теплопередачи пастеризатора, Вт/( $m^2 \cdot ^\circ C$ );  $\tau_{\text{пар}}$  – температура пара,  $^\circ C$ ;  $\tau_{\text{п}}$  – температура молока после пастеризации,  $^\circ C$ .

Для одного и того же пастеризатора величина  $\theta$  может изменяться в больших пределах в зависимости от температурных условий. При пастеризации от  $\tau_{\text{н.м}} = 35 \text{ }^\circ C$  до  $\tau_{\text{к.м}} = 85 \text{ }^\circ C$ .

Расход пара на пастеризацию определяют по формуле

$$\Pi_{\text{п}} = \frac{M_{\text{д}} C_{\text{м}} (\tau_{\text{паст}} - \tau_{\text{н.м}})}{(C_{\text{ж}} + \tau_{\text{пар}} \chi - \tau_{\text{конд}}) \eta}, \quad (3.106)$$

где  $M_{\text{д}}$  – количество молока, подлежащего обработке кг;  $\tau_{\text{н.м}}$  – начальная температура пастеризуемого молока,  $\tau_{\text{н.м}} = \tau_{\text{паст}} - \tau_{\text{рег}}$ ,  $^\circ C$ ;  $C_{\text{ж}}$  – теплосодержание жидкости, ккал·кг;  $\tau_{\text{пар}}$  – скрытая теплота парообразования, ккал·кг;  $\chi$  – степень сухости пара,  $\chi = 0,85 \dots 0,95$ ;  $\eta$  – тепловой КПД аппарата,  $\eta = 0,90 \dots 0,98$ ;  $\tau_{\text{конд}}$  – температура конденсата (берут по опытным данным),  $\tau_{\text{конд}} = 70 \dots 90 \text{ }^\circ C$ .

**Регенеративный теплообмен** (теплообменник) используют при параллельном соединении пастеризаторов с охладителями с целью сокращения расхода тепла, холода и размеров пастеризационно-охладительной аппаратуры. Молоко, поступающее в пастеризатор из охладителя, подогревают за счет тепла пропастеризованного молока, которое противопоточно направляется во внутренней полости охладителя, приспособленного под регенератор тепла. Регенераторы дают до 45 % экономии тепла и холода, поэтому применение пастеризатора без регенераторов недопустимо. Рабочую поверхность регенератора определяют по формуле

$$F_{\text{рег}} = \frac{M_{\text{д}} C_{\text{м}} E_{\text{рег}}}{t_{\text{рег}} (1 - E_{\text{рег}})}, \quad (3.107)$$

где  $E_{\text{рег}}$  – коэффициент регенерации,  $E_{\text{рег}} = \frac{Q_{\text{охл}} C_M (\tau_p - \tau_x)}{Q_{\text{охл}} C_M (\tau_{\text{паст}} - \tau_x)}$ ;

$$t_{\text{рег}} = (1 - E_{\text{рег}})(t_{\text{паст}} - t_{\text{н.м}}); \quad (3.108)$$

$\tau_{\text{паст}}$  – температура пастеризации, °С;  $\tau_{\text{н.м}}$  – начальная температура молока, поступающего из молокоочистителя на регенератор для подогрева, °С;  $\tau_{\text{рег}}$  – температура регенерированного молока, °С.

Пастеризуют молоко в ваннах длительной пастеризации Г6-ОПБ-300, Г6-ОПБ-600, Г6-ОПБ-1000 объемом 300, 600, 1000 дм<sup>3</sup> соответственно и с поверхностью нагрева 2; 3,2; 4,2 м<sup>2</sup>. Более экономичны и универсальны в эксплуатации пластинчатые пастеризационно-охладительные установки ОПФ-1-300 и ОПУ-3М с подогревом до 92 °С и выдержкой молока при этой температуре в течение 300 с. Они работают в автоматическом режиме. Промышленность выпускает новые автоматизированные пластинчатые пастеризационно-охладительные установки А1-ОКЛ-3, АК-1-ОКЛ-5, А1-ОКЛ-10 производительностью 3000, 5000, 10 000 дм<sup>3</sup>/ч соответственно. Время выдержки молока 25 с.

**Сепаратор-сливкоотделитель.** Производительность тарельчатого сепаратора (м<sup>3</sup>/с) для выделения сливок из молока определяется по формуле

$$Q_{\text{сеп}} = \frac{d_{\text{ш}}^2 \omega_{\text{рот}}^2 z_T \operatorname{tg} \alpha (R_{\text{макс}}^3 - R_{\text{мин}}^3) (\rho_c - \rho_{\text{ш}}) \eta}{\mu_c}, \quad (3.109)$$

где  $d_{\text{ш}}$  – диаметр жирового шарика сливок,  $d_{\text{ш}} = 1,2 \dots 2,5$  мкм;  $\omega_{\text{рот}}$  – угловая скорость вращения ротора, с<sup>-1</sup>;  $z_T$  – число тарелок;  $\alpha$  – угол наклона тарелки к горизонту, град.,  $\alpha = 45 \dots 55^\circ$ ;  $R_{\text{макс}}$  – больший радиус тарелки, м;  $R_{\text{мин}}$  – меньший радиус тарелки, м;  $\rho_c$  – плотность среды, кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_{\text{ш}}$  – плотность жирового шарика, кг/м<sup>3</sup>;  $\mu_c$  – динамическая вязкость среды, Па·с;  $\eta$  – КПД сепаратора,  $\eta = 0,5 \dots 0,7$ .

Для температур  $\tau = 40 \dots 50$  °С, при которых ведется сепарирование молока, установлена зависимость  $(\rho_c - \rho_{\text{ш}}) / \mu_c = 2900 t$ . С учетом температуры сепарирования формула примет вид

$$Q_{\text{сеп}} = 3,69 d_{\text{ш}}^2 \omega_{\text{рот}}^2 z_{\text{T}} \operatorname{tg} \alpha (R_{\text{макс}}^3 - R_{\text{мин}}^3) \eta \tau. \quad (3.110)$$

Пренебрегая потерями при сепарировании, количество сливок, получаемых из цельного молока, определяют по формуле

$$G_{\text{с}} = G_{\text{м}} (\mathcal{J}_{\text{м}} - \mathcal{J}_{\text{о}}) / (\mathcal{J}_{\text{с}} - \mathcal{J}_{\text{о}}), \quad (3.111)$$

где  $G_{\text{м}}$  – количество цельного молока, кг;  $\mathcal{J}_{\text{м}}$  – содержание жира в молоке, %;  $\mathcal{J}_{\text{с}}$  – содержание жира в сливках, %;  $\mathcal{J}_{\text{о}}$  – содержание жира в отсепарированном (обезжиренном) молоке, %.

Размер жировых шариков:

$$d_{\text{ж}} = (m / 0,04) + 0,05, \quad (3.112)$$

где  $m$  – массовая доля жира в обезжиренном молоке ( $m = 0,01$  %).

Время непрерывной работы сепаратора между разгрузками:

$$t_{\text{сеп}} = \frac{0,1V}{Q_{\text{сеп}} a_{\text{с}}}, \quad (3.113)$$

где  $a_{\text{с}}$  – объемная концентрация взвешенных частиц в сепарируемом продукте, %.

Выбрав оборудование для формирования поточных технологических линий, рассчитывают основные технико-экономические показатели. Полученные данные позволяют определить эффективность выполненной работы.

**Энергетический расчет молочной.** Общая установленная мощность оборудования и освещения в молочной равна

$$N_{\text{общ}} = N_{\text{осв}} + N_{\text{нас}}, \quad (3.114)$$

где  $N_{\text{нас}}$  – установленная мощность оборудования в молочной, кВт;  $N_{\text{осв}}$  – установленная мощность освещения, кВт.

Установленная мощность освещения:

$$N_{\text{осв}} = q_{\text{осв}} S, \quad (3.115)$$

где  $q_{\text{осв}}$  – удельная величина освещения помещения,  $q_{\text{осв}} = 4$  Вт/м<sup>2</sup>;  $S$  – площадь молочной, м<sup>2</sup>. Определяется умножением площади,

занимаемой машинами и механизмами  $S'$  на коэффициент увеличения площади  $k = 3 \dots 5$ . Тогда  $S = S' k$ .

Общий расход электроэнергии за сутки определяется по формуле

$$W_{\text{общ}} = N_{\text{осв}} t_{\text{осв}} + N_{\text{нас}} t_{\text{нас}}, \quad (3.116)$$

где  $t_{\text{осв}}$  – время работы освещения, ч;  $t_{\text{нас}}$  – время работы оборудования молочной, ч.

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.

## **3.5. Проектирование механизированных процессов на птицеводческой ферме**

### **3.5.1. Определение параметров оборудования линии сбора яиц**

В комплектах оборудования для содержания кур-несушек в клеточных батареях для сбора яиц применяют ленточные транспортеры с двусторонним или односторонним расположением клеток или гнезд, которые работают в автоматическом режиме и без него.

При автоматическом сборе присутствие птичницы около стола не обязательно, т. к. по мере заполнения стола яйцесборный транспортер автоматически отключается; вместимость стола находят по формуле

$$D = \frac{m_{\text{кур}} a_{\text{я}}}{100 k_{\text{кур}} a}, \quad (3.117)$$

где  $m_{\text{кур}}$  – количество несушек в птичнике, гол.;  $a_{\text{я}}$  – суточная яйценоскость несушек, %;  $\kappa_{\text{кур}}$  – количество операций сбора яиц за сутки;  $a$  – число линий сбора яиц в птичнике.

Скорость транспортера линии сбора яиц устанавливают в пределах 4...12 м/мин.

При механизированном способе птичника в течение всего сбора яиц непрерывно находится у приемно-накопительного стола, снимая с него яйца, и по мере надобности включает и отключает яйцесборный транспортер, что позволяет значительно сохранить вместимость стола.

Вместимость стола в этом случае определяют по формуле

$$D = \frac{1}{z_{\text{тр}}} \left( \frac{m_{\text{кур}} a_{\text{я}}}{100 \kappa_{\text{кур}} a} - \frac{L}{v_{\text{тр}}} Q \right), \quad (3.118)$$

где  $L$  – длина рабочей ветви транспортера, м;  $v_{\text{тр}}$  – скорость движения транспортера, м/мин;  $Q$  – средняя производительность птичницы при съеме яиц, включая их укладку и отбраковку, шт./мин;  $z_{\text{тр}}$  – число отключений транспортера,  $z_{\text{тр}}$  2...4 раза, при проходе одной полной длины рабочей ветви транспортера.

Мощность электродвигателя яйцесборного транспортера определяют по формуле

$$N = \frac{k_{\text{п}} N_{\text{T}}}{\eta_{\text{T}}}, \quad (3.119)$$

где  $k_{\text{п}}$  – коэффициент, учитывающий перегрузку в момент пуска ( $k_{\text{п}} = 1,2...1,5$ );  $N_{\text{T}}$  – мощность на приводном валу транспортера, кВт;  $\eta_{\text{T}}$  – коэффициент полезного действия трансмиссии ( $\eta_{\text{T}} = 0,8$ ).

Мощность на приводном валу транспортера определяют по формуле

$$N_{\text{T}} = \frac{v_{\text{тр}} P_{\text{д}} \eta_{\text{с}}}{102}, \quad (3.120)$$

где  $v_{\text{тр}}$  – скорость ленты транспортера, м/с ( $v_{\text{тр}} = 0,5$  м/с);  $P_{\text{д}}$  – движущая сила, Н;  $\eta_{\text{с}}$  – коэффициент, учитывающий сопротивление ленты и сопротивления вращения шкивов ( $\eta_{\text{с}} = 1,2...1,3$ ).

### 3.5.2. Определение параметров оборудования линии инкубации яиц

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 91 728 яиц, из которых в блоке инкубационных камер – 78 624 и в выводной – 13 104 яйца. Яйца для инкубации должны иметь массу 50...65 грамм, оплодотворенность у кур яичных пород – не ниже 90...95 %, у мясных – 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 их сортируют на курочек и петушков на столах СЦП-2 и СЦП-2А, оборудованных счетчиками.

Производительность инкубатора, шт./дней, определяют по формуле

$$Q_{\text{и}} = \frac{K_{\text{я}}}{t_{\text{ц}} K_{\text{и}}}, \quad (3.121)$$

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 определяют по формуле

$$K = K_{\text{и}} + K_{\text{в}}, \quad (3.122)$$

где  $K_{\text{и}}$  и  $K_{\text{в}}$  – число яиц в инкубационной и выводной секциях, шт.

Время цикла определяют по формуле

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{з}} + t_{\text{и}} + t_{\text{в}} + t_{\text{п}}, \quad (3.123)$$

где  $t_{\text{в}}$  – 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 принятию новой партии яиц, сут.

Годовую производительность инкубатора определяют по формуле

$$Q_{\Gamma} = Q_{и}Д, \quad (3.124)$$

где  $Д$  – число дней в году.

Число инкубаторов для птицеводческого предприятия определяют по формуле

$$n = \frac{K_{\Gamma}}{Q_{\Gamma}\eta_{ц}K_{п}} = \frac{K_{\Gamma}}{Q_{и}Д\eta_{ц}K_{п}}, \quad (3.125)$$

где  $k_{\Gamma}$  – годовая производительность птицефабрики, гол.;  $\eta_{ц}$  – коэффициент, учитывающий цикличность посадки птицы в производственные помещения;  $K_{п}$  – коэффициент, учитывающий выход цыплят.

### **3.6. Проектирование механизированных процессов создания микроклимата на животноводческом предприятии**

#### **3.6.1. 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 децибел (дБ).

Максимальная допустимая температура воздуха в *свиноводческих помещениях для всех возрастных групп* (кроме поросят-сосунов) в летний период года не должна превышать 25 °С, минимальная влажность воздуха – 50 %, уровень шума не 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** системы вентиляции делятся:

- 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 случае, воздухообмен происходит сам собой – теплый воздух выходит через шахты в крыше здания, а холодный поступает в него 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 в щели.

Приточно-вытяжная вентиляция. В этой системе воздух подается в помещение приточной вентиляцией, а удаляется вытяжной вентиляцией, работающими одновременно.

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

Воздухообмен ( $m^3/ч$ ), необходимый для поддержания допустимой концентрации углекислого газа, определяют по формуле

$$V_{O_2} = m_{ж} C_{ж} / (C_1 - C_2), \quad (3.126)$$

где  $m_{ж}$  – число животных;  $C_{ж}$  – количество углекислого газа, выделяемое одним животным, л/ч;  $C_1$  – предельно допустимая концентрация

углекислого газа в помещении, в коровнике составляет  $C_1 = 2,5 \text{ л/м}^3$ ;  $C_2$  – концентрация углекислого газа в атмосферном воздухе,  $C_2 = 0,3 \text{ л/м}^3$ .

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

$$V_w = W / \rho_v (d_v - d_n), \quad (3.127)$$

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,  $\text{кг/м}^3$ ;  $d_v$  и  $d_n$  – влагосодержание внутреннего и наружного воздуха соответственно.

Влаговыделения в животноводческих помещениях

$$W = W_{\text{ж}} + W_{\text{исп}}, \quad (3.128)$$

где  $W_{\text{ж}}$  – расход водяных паров, выделяемых животными, г/ч;  $W_{\text{исп}}$  – расход испаряющейся с поверхности влаги, равный сумме расходов  $W_{\text{с.п}}$  (со свободной поверхности) и  $W_{\text{м.п}}$  (со смоченной (мокрой) поверхности).

Влаговыделения со свободной поверхности:

$$W_{\text{с.п}} = \omega_{\text{с.п}} S_{\text{с.п}}, \quad (3.129)$$

где  $\omega_{\text{с.п}}$  – удельное влаговыделение,  $\text{г}/(\text{ч}\cdot\text{м}^2)$ ;  $S_{\text{с.п}}$  – свободная поверхность,  $\text{м}^2$ .

Количество влаги, испаряющейся со смоченной поверхности пола и стен:

$$W_{\text{м.п}} = \omega_{\text{м.п}} S_{\text{м.п}}, \quad (3.130)$$

где  $\omega_{\text{м.п}}$  – удельное влаговыделение,  $\text{г}/(\text{ч}\cdot\text{м}^2)$ ;  $S_{\text{м.п}}$  – смоченная поверхность,  $\text{м}^2$ .

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:

$$n = V_{\text{в}} / V_{\text{с}}, \quad (3.131)$$

где  $V_{\text{в}}$  – расход вентиляционного воздуха, м<sup>3</sup>/ч;  $V_{\text{с}}$  – строительный объем помещения, м<sup>3</sup>.

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

Сечение вытяжных и приточных каналов определяют по формуле

$$F = V_{\text{в}} / 3600 v_{\text{в}}, \quad (3.132)$$

где  $v_{\text{в}}$  – скорость воздуха в вентиляционном канале, м/с.

Скорость воздуха (м/с) в вентиляционном канале зависит от разности температур внутри помещения и снаружи, а также длины шахты:

$$v_{\text{в}} = 2,3 (h (\tau_1 - \tau_2) / 273)^{1/2}, \quad (3.133)$$

где  $h$  – высота канала, м;  $(\tau_1 - \tau_2)$  – разность температур внутреннего и наружного воздуха, °С.

Число вытяжных каналов определяют из выражения

$$k_{\text{к}} = F / f, \quad (3.134)$$

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:

$$V = K_{\text{потерь}} V_{\text{со2}}, \quad (3.135)$$

где  $V_{\text{со2}}$  – расчетный воздухообмен, м<sup>3</sup>/ч;  $K_{\text{потерь}}$  – коэффициент, учитывающий потери или подсос воздуха в воздуховоде ( $K_{\text{потерь}} = 1,1 \dots 1,5$ ).

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

$$\Delta H = H_T + H_M. \quad (3.136)$$

Трение воздуха о стенки воздуховода определяется по формуле

$$H_T = \lambda_v \frac{l}{D} \frac{v_v^2}{2} \rho_v. \quad (3.146)$$

Местные сопротивления определяются по формуле

$$H_M = \sum \zeta_m \frac{v_v^2}{2} \rho_v, \quad (3.137)$$

где  $\sum \zeta_m$  – суммарный коэффициент сопротивления движения воздуха;  $l$  и  $D$  – соответственно, длина и диаметр воздуховода, м;  $v_v$  – скорость движения воздуха, м/с.

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

Мощность электрического двигателя на привод вентилятора:

$$N_{дв} = \frac{V \Delta H K_3}{\eta_n \eta_v}, \quad (3.138)$$

где  $K_3$  – коэффициент запаса мощности двигателя ( $K_3 = 1,1$  – для осевых вентиляторов,  $K_3 = 1,2 \dots 1,5$  – для центробежных вентиляторов);  $\eta_v$  – КПД вентилятора;  $\eta_n$  – КПД передачи ( $\eta_n = 1$  – если рабочий орган вентилятора насажен на вал двигателя,  $\eta_n = 0,98$  – если валы соединены муфтой,  $\eta_n = 0,95$  – клиноременная передача).

Полученные показатели позволяют по каталогу подобрать вентилятор.

*Методика расчета выбора калорифера* строится следующим образом. Тепловой поток (Вт), необходимый для нагрева воздуха, определяют по формуле

$$Q = V_v \rho_v c_v (t_k - t_n), \quad (3.139)$$

где  $V_v$  – объемный расход воздуха, м<sup>3</sup>/ч;  $\rho_v$  – плотность воздуха при средней температуре, кг/м<sup>3</sup>;  $c_v$  – средняя удельная теплоемкость

воздуха при средней температуре, принимаемая равной  $1 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{С})$ ;  $t_k$  – температура воздуха после калорифера,  $^\circ\text{С}$ ;  $t_n$  – температура наружного воздуха до входа в калорифер,  $^\circ\text{С}$ .

Расчетная площадь живого сечения калорифера для прохода воздуха:

$$F = \frac{V_B \rho_B}{3600 v_p}, \quad (3.140)$$

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

## Глава 4

# ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИННОВАЦИИ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

### 4.1. Состав животноводческих предприятий

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

Это непосредственные производители животноводческой продукции: крупные и средние предприятия, мелкие хозяйства населения, фермерские хозяйства и изготовители комбикормов – отдельные комбикормовые предприятия, а также собственные специализированные цеха в хозяйствах.

Тип производственных помещений и потребность в них зависят от вида и структуры поголовья животных, принятой системы содержания. При выборе проекта необходимо предусмотреть выполнение следующих зоотехнических и инженерных требований:

- внедрение комплексной механизации и автоматизации технологических процессов; применение прогрессивной технологии содержания и кормления животных и птицы;
- соответствие объема помещений и размеров элементов зданий нормам для размещения поголовья животных или птицы;
- обеспечение противопожарных и санитарных норм.

В зависимости от конкретных условий (планировочного решения, изменения функций объектов, радиуса их обслуживания и др.) состав объектов по производству молока, говядины и свинины может содержать производственные зоны, приведенные в табл. 14.1.

Размеры территории производственной зоны зависят от специализации хозяйств, структуры и мощности сельскохозяйственных предприятий, входящих в состав производственной зоны, взаимного их расположения при условии соблюдения установленных санитарных, зооветеринарных и противопожарных разрывов.

Для крупного рогатого скота нормы площади помещения на одно животное при привязном содержании составляют 8...10 м<sup>2</sup>, при беспривязном – 5...6, на откорме 3,5...4,0 м<sup>2</sup>. Фронт кормления

зависит от возраста крупного рогатого скота и колеблется в пределах 0,5...1,0 м<sup>2</sup>.

Таблица 14.1

Состав зон комплексов (ферм) по производству молока, говядины и свинины

Зона	Наименование объектов
Административно-хозяйственная	Административно-бытовое здание, столовая, ветеринарно-санитарный пропускник, лаборатория, медпункт, пожарное депо и др.
Основного назначения (производственная)	Здания и сооружения для содержания животных и объекты обслуживающего назначения – доильно-молочный блок, родильная, выгульные площадки, ветеринарно-санитарный пропускник
Хранения и приготовления кормов	Кормоцех, комбикормовый цех, здания и сооружения для хранения кормов – силосная траншея, сарай для сена, корнеплодохранилище
Вспомогательных зданий и сооружений	Объекты, имеющие значение для всего комплекса, размещенные в пределах огражденной территории: котельная; ветпункт с изолятором; водонапорная башня, артскважина
Сооружений для хранения и переработки навоза	Навозохранилища, сооружения для переработки навоза

Для свиноматок при индивидуальном содержании норма площади на одно животное равна 4,0...5,0 м<sup>2</sup>, при групповом – 2,5...3,0; при откорме свиней – 0,65...0,70, а для молодняка – 0,2...0,4 м<sup>2</sup>. Фронт кормления для свиней составляет 0,2...0,5 м<sup>2</sup>.

При напольном содержании кур-несушек по норме на 1 м<sup>2</sup> размещают 4...5 гол., при клеточном содержании – 11 гол.

В табл. 14.2 приведены размеры территории крупных животноводческих комплексов и ферм.

При разработке генерального плана проектируемое предприятие должно быть лучше аналога с точки зрения экономики, т. е. единовременные затраты и эксплуатационные, расходы на амортизацию и текущий ремонт в сумме должны быть меньше.

Таблица 14.2

Ориентировочные размеры территории  
крупных животноводческих комплексов и ферм

Наименование проектов комплексов и ферм	Площадь территории, га				
	всего	в пределах ограждения комплекса	для хранения и переработки навоза	внешние дороги и озеленение	предприятия по кормопроизводству
1. Комплекс по выращиванию и откорму 108 тыс. свиней в год	30,0	19,6	1,7	5,0	3,7
2. Комплекс по выращиванию и откорму 54 тыс. свиней в год	22,9	15,8	1,3	3,0	2,8
3. Комплекс по выращиванию и откорму 24 тыс. свиней в год	13,1	9,2	1,0	1,0	1,9
4. Комплекс по выращиванию и откорму 12 тыс. свиней в год	8,1	5,7	0,6	0,7	1,1
5. Комплекс по выращиванию и откорму 10 тыс. голов молодняка КРС в год	19,9	14,7	2,3	1,0	1,9
6. Площадка по откорму КРС на 20 тыс. скотомест	102,8	94,2	2,8	3,0	2,8
7. Площадка по откорму КРС на 30 тыс. скотомест	100,3	88,8	3,3	4,5	3,7
8. Ферма крупного рогатого скота молочного направления на 1200 коров боксового содержания	10,0	7,8	0,5	0,7	1,0
9. Ферма крупного рогатого скота молочного направления на 1200 коров беспривязного содержания	14,9	12,6	0,6	0,7	1,0
10. Фермы крупного рогатого скота на 800 коров	9,5	6,0...8,0	–	0,5	1,0

Все здания и сооружения, входящие в состав животноводческих ферм, надо размещать так, чтобы были обеспечены наилучшие условия для правильной организации хозяйства, соблюдены экологическая безопасность и безопасность жизнедеятельности людей. Кроме того, необходимо учитывать возможность максимальной механизации трудоемких процессов с наименьшими затратами.

Для этого все постройки на территории фермы располагают компактно, что сокращает протяженность трубопроводов и внутрифермских дорог. Животноводческие здания, для которых требуется большой разрыв от жилых зданий, обычно располагают в глубине участка фермы и ниже кормовых построек с соблюдением между зданиями для содержания животных одного и того же разрыва не менее 30 м.

Склад для грубых кормов, силосные траншеи целесообразно располагать вблизи проездов, связывающих с кормоцехом и в непосредственной близости от основной транспортной дороги, по которой доставляются корма на ферму.

Необходимая минимальная величина санитарных разрывов между животноводческими и жилыми сооружениями составляет 150 м.

Животноводческие здания рекомендуется располагать длинной осью с севера на юг с отклонением до 30 градусов для более равномерной внутренней освещенности, но по отношению к направлению господствующих ветров торцевой или угловой частью.

Постоянно действующие выходы должны находиться с подветренной стороны здания. Выгульные дворы располагаются в непосредственной близости от коровников и огораживаются высоким плотным забором из расчета на каждую взрослую голову скота 15 м<sup>2</sup>, молодняка – 10 м<sup>2</sup>.

Навозохранилища располагают ниже животноводческих зданий с подветренной стороны на расстоянии 60 м. Вокруг них устанавливают земляные отмостки и канавы для отвода поверхностных вод и производят посадку зеленых насаждений с наветренной стороны.

Кормоцех располагают так, чтобы он имел удобную связь со складами кормов и располагался вблизи животноводческих помещений.

Противопожарные емкости по 100 м<sup>3</sup> с радиусом действия 100 м располагают вокруг строений.

Места въезда и выезда на территорию фермы оборудуют дебарьерами, ширина которых равна ширине проезда (прохода), длина 1,0...1,5 м и глубина 0,10...0,15 м.

Пути сообщения с сельскохозяйственными угодьями, пастбищами и водопоями для животных должны быть наиболее короткими и удобными, но не должны пересекать жилую зону.

## **4.2. Экономическая оценка инновации в животноводстве**

Экономическая эффективность инновации выражается в снижении трудоемкости выполняемых производственных процессов, уменьшении эксплуатационных и энергетических затрат, а также в снижении себестоимости животноводческой продукции, полученной в результате применения технического и технологического новшества.

Организационно-экономическая оценка инновации в животноводстве может быть проведена на основе общей (абсолютной) или сравнительной экономической эффективности. *Первая* характеризует степень эффекта от использования тех или иных определенных ресурсов, каких-то материально-денежных затрат, а вторая – позволяет оценить отдельные альтернативные варианты использования ресурсов, их замещения, т. е. дает возможность хозяйствующему субъекту сравнить, оценить и выбрать лучший, наиболее экономичный вариант.

### **4.2.1. Капитальные вложения в основные средства производства**

Капитальные вложения (инвестиции) – это единовременные затраты денежных средств (капитала) для приобретения основных средств производства.

В качестве показателя капитальных вложений (инвестиций) применяют *балансовую стоимость* основного средства, определяемую по формуле

$$B_{ci} = \Pi_{oi} (1 + \alpha_{ti} + \alpha_{mi}), \quad (4.1)$$

где  $\Pi_{oi}$  – оптовая (прейскурантная), отпускная цена  $i$ -го технического средства, руб. (у. е.);  $\alpha_{ti}$  – коэффициент, учитывающий

дополнительные торгово-транспортные и складские расходы, связанные с доставкой технического средства потребителю;  $\alpha_{mi}$  – коэффициент, учитывающий затраты на монтаж, досборку, пусконаладочные работы и обкатку технического средства.

Если установить балансовую стоимость машины (агрегата, узла) затруднительно, то балансовую стоимость в базовом и проектном вариантах можно упрощенно рассчитать по формуле

$$B_{\text{сн}} = M_{\text{м}} \Pi_{\text{уд}}, \quad (4.2)$$

где  $M_{\text{м}}$  – масса машины (агрегата, узла) в базовом или проектном вариантах, кг;  $\Pi_{\text{уд}}$  – удельная стоимость, руб./кг (у. е./кг).

Расчет цены узла или детали машины производят по формуле

$$\Pi_{\text{у}} = (C_{\text{м}} + C_{\text{о}}) K_{\text{р}}, \quad (4.3)$$

где  $C_{\text{м}}$  – стоимость использованных материалов, руб. (у. е.);  $C_{\text{о}}$  – себестоимость изготовления, руб. (у. е.);  $K_{\text{р}}$  – коэффициент, учитывающий среднюю норму рентабельности относительно себестоимости изготовления узла или детали машины.

Стоимость использованных материалов определяют по формуле

$$C_{\text{м}} = \sum_1^n \Pi_i M_i, \quad (4.4)$$

где  $\Pi_i$  – цена  $i$ -го материала, руб. (у. е.)/кг;  $M_i$  – расход  $i$ -го материала, кг.

Себестоимость изготовления узла или детали подсчитывают по формуле

$$C_{\text{о}} = \left(1 + \frac{\alpha}{100}\right) \sum C_{\text{тч}i} t_i K_{\text{ув}}, \quad (4.5)$$

где  $\alpha$  – процент накладных расходов мастерской, где изготавливается узел или деталь, %;  $C_{\text{тч}i}$  – часовая тарифная ставка рабочих  $i$ -го вида работ, руб. (у. е.)/ч;  $t_i$  – трудоемкость  $i$ -го вида работ, чел.-ч;  $K_{\text{ув}}$  – коэффициент увеличения тарифных ставок.

Инвестиции в *капитальное строительство* животноводческих построек определяют по формуле

$$B_{c.п} = C_{cm} K_{пр} n_{п}, \quad (4.6)$$

где  $B_{c.п}$  – балансовая стоимость животноводческих построек (зданий и сооружений), руб. (у. е.);  $C_{cm}$  – сметная стоимость объекта строительства по типовому проекту, руб. (у. е.);  $K_{пр}$  – коэффициент привязки;  $n_{п}$  – число однотипных построек.

При отсутствии типового проекта животноводческой постройки, ее балансовую стоимость можно определить по удельному весу стоимости строительства 1 квадратного метра здания и сооружения. В этом случае используют формулу

$$B_{c.п} = F C_{уд.с}, \quad (4.7)$$

где  $F$  – площадь животноводческой постройки,  $m^2$ ;  $C_{уд.с}$  – удельная сметная стоимость строительства  $1 m^2$  животноводческой постройки, руб. (у. е.).

Под *капиталоемкостью (фондоемкостью)* понимают удельные капитальные вложения в расчете на единицу механизированной работы, выполненной за срок полезного использования инвестиций  $T_{пи}$  или произведенной продукции за этот же срок и определяют по формуле

$$K_{уд} = \frac{B_c}{w_{ч} T_{г} T_{пи}}, \quad (4.8)$$

где  $w_{ч}$  – производительность технического средства за 1 ч сменного времени, т (гол.,  $m^3$  и др.);  $T_{г}$  – годовая загрузка (наработка) технического средства, ч.

Снижение капиталоемкости производственного процесса (работы) или продукции определяют по формуле

$$K_{к} = \left( \frac{K_{уд}^{п} - K_{уд}^{б}}{K_{уд}^{б}} \right) \cdot 100 = \left( \frac{K_{уд}^{п}}{K_{уд}^{б}} - 1 \right) \cdot 100, \quad (4.9)$$

где  $K_{уд}^б$  – удельные капитальные вложения (капиталоемкость) в сельскохозяйственную технику в базовом варианте, руб. (у.е.);  $K_{уд}^п$  – то же в проектном варианте.

*Срок возврата (окупаемости) капитальных вложений* находят по формуле

$$t_{ок} = \frac{K}{ЧД}, \quad (4.10)$$

где  $K$  – сумма капитальных вложений (инвестиций) в основные средства производства, руб. (у. е.);  $ЧД$  – среднегодовой чистый доход (прибыль) в течение полезного срока использования инвестированных средств производства, руб. (у. е.) /год.

*Рентабельность инвестиций (капитала)* в процентах:

$$R, \% = \frac{ЧД}{K} 100. \quad (4.11)$$

При сравнительной экономической оценке альтернативных вариантов вместо суммы капитальных вложений ( $K$ ) учитывают только дополнительные капитальные вложения ( $\Delta K$ ).

#### **4.2.2. Энерго- и ресурсосберегающие показатели**

Важнейшими натуральными показателями использования материальных ресурсов и их сбережения являются:

– относительная материалоемкость производственного процесса в расчете на единицу механизированной работы (или произведенной продукции):

$$m_e = \frac{M_m}{Q_{ч} T_{г} T_{п.и}} = \frac{M_m}{Q_{г} T_{п.и}}, \quad (4.12)$$

где  $Q_{ч}$  – производительность технического средства (машины) за 1 ч сменного времени, т (ц, гол. и других единиц);  $M_m$  – масса (вес) машины, участвующей в производственном процессе, кг;  $T_{г}$  – время работы машины в течение года (годовая загрузка), ч;  $T_{п.и}$  – срок полезного использования технического средства, лет;

– энергоемкость механизированной работы, производственного процесса или продукции. Эта величина производственного процесса (работы) определяется как отношение эффективной мощности двигателя энергетического средства ( $N_e$ , кВт) к производительности машины за 1 ч сменного времени ( $\omega_q$ ):

$$\mathcal{E}_e = \frac{N_e \alpha}{\omega_q}, \quad (4.13)$$

где  $\alpha$  – коэффициент использования мощности двигателя на производственной технологической операции (работе);

– расход основного топлива на единицу работы (продукции) определяют по формуле

$$G = \frac{1}{\omega_q} N_e q \alpha, \quad (4.14)$$

где  $N_e$  – номинальная мощность двигателя, кВт;  $q$  – удельный расход топлива на единицу мощности двигателя, кг;  $\alpha$  – коэффициент использования мощности двигателя.

– полная энергоемкость производства животноводческой продукции при применении той или иной технологии определяют по формуле

$$\mathcal{E}_{с.з.э} = \mathcal{E}_{п.э} + \mathcal{E}_{о.з}, \quad (4.15)$$

где  $\mathcal{E}_{с.з.э}$  – совокупные затраты энергии, МДж (ГДж);  $\mathcal{E}_{п.э}$  – прямые энергозатраты, МДж (ГДж);  $\mathcal{E}_{о.з}$  – овеществленные энергозатраты, МДж (ГДж).

Величину прямых энергетических затрат находят по соответствующим энергетическим эквивалентам:

– энергоемкость использованного жидкого топлива:

$$\mathcal{E}_{e.т} = \alpha_{ж.т} G, \quad (4.16)$$

где  $G$  – расход жидкого (дизельного) топлива в течение года, кг;  $\alpha_{ж.т}$  – энергетический эквивалент 1 кг потребленного жидкого топлива, МДж/кг.

Энергоемкость потребленной электроэнергии определяют по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{с.з.э}} = \alpha_3 P_3, \quad (4.17)$$

где  $P_3$  – расход электрической энергии на производственные цели в течение года, кВт-ч;  $\alpha_3$  – энергетический эквивалент 1 кВт-ч, МДж.

Аналогичным образом исчисляют затраты энергии двигателей внутреннего сгорания. При этом расход ее определяют исходя из мощности двигателя (кВт) и времени использования в году (ч).

Энергозатраты живого труда рассчитывают по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{жт}} = \alpha_{\text{тр}} T_{\text{п}}, \quad (4.18)$$

где  $T_{\text{п}}$  – прямые затраты труда на производство животноводческой продукции, чел.-ч;  $\alpha_{\text{тр}}$  – энергетический эквивалент 1 чел.-ч прямых затрат труда, МДж.

Удельная энергоемкость произведенной продукции:

$$\mathcal{E}_{\text{уд}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{с.з.э}}}{Q_{\text{ж}}}, \quad (4.19)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{уд}}$  – удельные затраты энергии в расчете на единицу животноводческой продукции, МДж/т (ц), ГДж/т (ц);  $\mathcal{E}_{\text{с.з.э}}$  – суммарные затраты энергии за год для производства животноводческой продукции, МДж (ГДж);  $Q_{\text{ж}}$  – объем производства животноводческой продукции за год, т (ц).

Определив удельную энергоемкость животноводческой продукции в базовом и проектном вариантах, рассчитывают ее снижение (в %) от применения:

$$I_{\mathcal{E}} = \left(1 - \frac{\mathcal{E}_{\text{уд}}}{\mathcal{E}_{\text{с.з.э}}}\right) 100. \quad (4.20)$$

### 4.2.3. Показатели трудоемкости и производительности труда

Затраты труда на выполнение машинной производственной операции в течение года рассчитывают по формуле

$$T_{\Gamma} = Ч t_{\text{м}}, \quad (4.21)$$

где  $Ч$  – количество основных и вспомогательных работников, обслуживающих машину, чел.;  $t_{\text{м}}$  – время работы машины в течение года, ч.

Имея данные о затратах труда в проектном и базовом вариантах, исчисляют *годовую экономию прямых затрат труда* по проектируемому варианту:

$$\mathcal{E}_{\text{пн}} = (T_{\text{п}}^{\text{б}} - T_{\text{п}}^{\text{п}}) Q_{\text{жг}}^{\text{п}}, \quad (4.22)$$

где  $T_{\text{п}}^{\text{п}}$  – трудоемкость механизированной работы (или животноводческой продукции) в проектном варианте, чел.-ч/ц(т);  $T_{\text{п}}^{\text{б}}$  – то же в базовом варианте;  $Q_{\text{жг}}^{\text{п}}$  – годовой объем производства продукции или механизированной работы в проектируемом варианте, т (ц, гол., тыс. шт. яиц и др.).

В приведенной формуле под индексом *-б-* подразумевается базовый вариант, а под индексом *n* – проектный.

Затраты труда исполнителей на выполнение производственного процесса на животноводческой ферме или комплексе определяют по формуле

$$T_{\Gamma \text{ пр}} = \frac{П_{\text{ср}j}}{Н_{\text{обс}j}} \Gamma_{\text{ф.р}}, \text{ или } T_{\Gamma \text{ пр}} = \Gamma_{\text{ф.р}} Ч_{\text{обс}}, \quad (4.23)$$

где  $П_{\text{ср}j}$  – среднегодовое поголовье животных  $j$ -й половозрастной группы, гол.;  $Н_{\text{обс}j}$  – норма обслуживания животных  $j$ -й половозрастной группы на одного работника, гол.;  $\Gamma_{\text{ф.р}}$  – годовой фонд рабочего времени одного работника, ч;  $Ч_{\text{обс}}$  – среднегодовое количество обслуживающего персонала, чел.

Затраты труда на техническое обслуживание и ремонт используемых машин и оборудования рассчитывают по формуле

$$T_{\Gamma \text{ то}} = \sum t_{\text{то}i} n_i, \quad (4.24)$$

где  $t_{\text{то}i}$  – трудоемкость технического обслуживания и ремонта  $i$ -го технического средства в году, чел.-ч;  $n_i$  – количество установленных

и используемых в технологическом процессе технических средств, шт.

Рост производительности труда в проектируемом варианте по сравнению с базовым вариантом исчисляются по формуле

$$P_{\text{пт}} = \frac{\Pi_{\text{т}}^{\text{п}}}{\Pi_{\text{т}}^{\text{б}}} \cdot 100, \% \quad (4.25)$$

где  $\Pi_{\text{т}}^{\text{п}}$  – производительность труда в проектном варианте, ц (т)/чел.-ч;  
 $\Pi_{\text{т}}^{\text{б}}$  – то же в базовом варианте.

#### 4.2.4. Эксплуатационные затраты

Величину эксплуатационных издержек определяют на среднегодовой объем механизированной работы:

$$И_3 = O_{\text{т оп}} + C_{\text{н}} + Э_{\text{л}} + \Gamma_{\text{см}} + P_{\text{то}} + И_{\text{хс}} + A + \text{Пр}_{33}, \quad (4.26)$$

где  $O_{\text{т оп}}$  – оплата труда обслуживающего персонала, руб. (у. е.);  
 $C_{\text{н}}$  – отчисления на социальные нужды единым платежом, руб. (у. е.);  
 $Э_{\text{л}}$  – стоимость потребленной электроэнергии, руб. (у. е.);  
 $\Gamma_{\text{см}}$  – стоимость израсходованного топлива и смазочных материалов, руб. (у. е.);  
 $P_{\text{то}}$  – затраты на ремонт и техническое обслуживание средств механизации, руб. (у. е.);  
 $И_{\text{хс}}$  – издержки, связанные с хранением (консервацией) и обязательным страхованием технических средств, руб. (у. е.);  
 $A$  – сумма амортизационных отчислений на реновацию средств механизации, руб. (у. е.);  
 $\text{Пр}_{33}$  – прочие затраты, связанные с использованием технических средств, но не учтенные в перечисленных статьях затрат, руб. (у. е.).

Если *зарботок* обслуживающему персоналу начисляют по временно-премиальной системе, то среднегодовые расходы на оплату труда равен

$$O_{\text{т.п}} = \sum_1^n C_{\text{тj}} K_{\text{ув}} T_{\text{см}} D_{\text{р.г}}, \quad (4.27)$$

где  $C_{\text{тj}}$  – ставка тарифная часовая  $i$ -го работника по  $j$ -му разряду, руб.;  
 $K_{\text{ув}}$  – коэффициент увеличения тарифного заработка;  $T_{\text{см}}$  –

время смены, которое включает время основной, вспомогательной и подготовительно-заключительной работы, а также время регламентированных перерывов, ч;  $D_{p.g}$  – количество дней его работы в течение года;  $n$  – численность обслуживающего персонала, чел.

При сдельно-премиальной (или аккордно-премиальной) системе начисления заработка расходы на оплату труда исполнителей определяют по формуле

$$O_{т.с} = Q_{пр} Расц_{(сд,ак)} K_{ув. расц}, \quad (4.28)$$

где  $Q_{пр}$  – объем произведенной продукции (работы), т (ц);  $Расц_{(сд,ак)}$  – расценка (сдельная, или аккордная) за единицу продукции или работы, руб./т (ц);  $K_{ув. расц}$  – коэффициент увеличения заработка.

*Отчисления на социальные нужды* рассчитывают по формуле

$$C_n = 0,01 O_{т.оп} H_{ст}, \quad (4.29)$$

где  $H_{ст}$  – установленная ставка отчислений в фонды социального страхования и других налогов, и сборов единым платежом, %.

*Стоимость потребленной электроэнергии за год:*

$$\mathcal{E}_л = N_s T_o \eta D_{p.g} \mathcal{C}_э, \quad (4.30)$$

где  $N_s$  – сумма мощностей установленных электродвигателей, кВт;  $T_o$  – средняя продолжительность работы установленных электродвигателей в течение суток, ч;  $\eta$  – коэффициент использования номинальной мощности установленных электродвигателей;  $D_{p.g}$  – количество дней работы электродвигателей в течение года;  $\mathcal{C}_э$  – цена (тариф) на электроэнергию, руб./кВт-ч.

Если в производственных процессах применяют машины с двигателями внутреннего сгорания, то в состав эксплуатационных затрат включают стоимость израсходованных топлива и смазочных материалов:

$$\Gamma_{см} = G \mathcal{C}_{компл}, \quad (4.31)$$

где  $G$  – расход основного (дизельного) топлива в среднем за год, кг;  $\mathcal{C}_{компл}$  – комплексная цена основного (дизельного) топлива, руб./кг;

Среднегодовой расход основного топлива находят по формуле

$$G = 0,001Ne q \alpha_n t_d D_{p.g.}, \quad (4.32)$$

где  $Ne$  – номинальная мощность двигателя внутреннего сгорания, кВт (л. с.);  $q$  – удельный расход основного топлива на единицу мощности двигателя внутреннего сгорания, г/ч;  $\alpha_n$  – коэффициент использования номинальной мощности двигателя;  $t_d$  – средняя продолжительность работы машины в течение рабочего дня, ч;  $D_{p.g.}$  – количество дней работы энергетического средства в течение года.

*Затраты на ремонт и периодическое техническое обслуживание* устанавливают по формуле

$$P_{то} = \sum_1^n 0,01 B_c r_i, \quad (4.33)$$

где  $B_c$  – балансовая стоимость  $i$ -го технического средства (машины, механизма, оборудования, энергетического средства), руб.;  $r_i$  – норматив среднегодовых затрат на ремонт и периодическое техническое обслуживание  $i$ -го технического средства, %;  $n$  – количество технических средств.

*Издержки, связанные с хранением (консервацией) и обязательным страхованием* исчисляют по формуле

$$I_{xc} = \sum_1^n 0,01 B_c H_{xc}, \quad (4.34)$$

где  $H_{xc}$  – норматив затрат на хранение (консервацию) и обязательное страхование (страховой взнос), %.

Сумму амортизационных отчислений определяют по формуле

$$A_r = \sum_1^n B_c a_i, \quad (4.35)$$

где  $a_i$  – норма амортизации,  $a = 1 / T_{\text{пн}}$ .

(Если величина « $a$ » выражена в процентах, то необходимо полученный результат разделить на 100).

Прочие эксплуатационные затраты принимают от 5 до 10 % от основных статей расходов:

$$П_{рзз} = 0,05 \dots 0,10 (О_{топ} + Э_{л} + Г_{см} + P_{то}). \quad (4.36)$$

Производственные затраты (издержки) на получение конечной животноводческой продукции за год рассчитывают по формуле

$$И_{прг} = И_э + И_к + З_{упр} + П_{рз}, \quad (4.37)$$

где  $И_э$  – эксплуатационные затраты, руб.;  $И_к$  – стоимость (себестоимость) скормленных кормов, руб.;  $З_{упр}$  – общепроизводственные и общехозяйственные затраты по организации производства и управлению персоналом, руб.;  $П_{рз}$  – прочие производственные затраты, руб.

Стоимость (себестоимость) кормов высчитывают по формуле

$$И_к = P_{kij} \Pi_{корм. \text{ ед. } i}, \quad (4.38)$$

где  $P_{kij}$  – годовой расход  $i$ -го корма для производства  $j$ -го вида животноводческой продукции, корм. ед.;  $\Pi_{корм. \text{ ед. } i}$  – цена приобретения (себестоимость корма собственной заготовки) 1 ц кормовых единиц, руб.

Затраты на корма находят по формуле

$$И_к = \sum_1^n P_{kij} \Pi_{ki}, \quad (4.39)$$

где  $P_{kij}$  – расход  $i$ -го корма на производство  $j$ -й животноводческой продукции, ц;  $\Pi_{ki}$  – цена корма, руб./ц;  $n$  – количество определенных видов корма.

Затраты по организации производства и управлению персоналом рассчитывают по соотношению:

$$З_{упр} = 0,25 \dots 0,33 И_э. \quad (4.40)$$

Прочие производственные затраты:

$$П_{рз} = 0,05 \dots 0,07(И_э + И_к). \quad (4.41)$$

Кроме этого, в прочих затратах должны быть учтены налоги и сборы, включаемые в себестоимость продукции.

#### 4.2.5. Показатели экономической эффективности

Годовая экономия издержек эксплуатационных:

$$\Delta_{и.э} = (I_{э.уд}^6 - I_{э.уд}^n) Q_p^n, \quad (4.42)$$

где  $I_{э.уд}^6$  и  $I_{э.уд}^n$  – удельные эксплуатационные затраты соответственно в базовом и проектируемом вариантах, руб./ед. работы;  $Q_p^n$  – среднегодовой объем механизированной работы в проектном варианте, единиц работы.

Прирост чистого дохода (прибыли) от *снижения материальных затрат* вычисляют по формуле

$$\Delta ЧД_{м.з} = (M_3^6 + M_3^n) Q_p^n, \quad (4.43)$$

где  $M_3^6$  и  $M_3^n$  – удельные материальные затраты в расчете на единицу механизированной работы (продукции) соответственно в базовом и проектируемом вариантах, руб./ед. работы.

Дополнительный чистый доход (прибыль) за счет *повышения продуктивности животных* устанавливают по формуле

$$\Delta ЧД_{пр. ж} = \Delta П_{р. ж} (Ц_{пр. ж} - I_{пр. ж}) П_{г. ж}, \quad (4.44)$$

где  $\Delta П_{р. ж}$  – прирост продуктивности животных от использования технического средства, кг;  $Ц_{пр. ж}$  – рыночная цена дополнительной продукции животноводства, руб./кг;  $I_{пр. ж}$  – издержки (затраты), связанные с получением и реализацией дополнительной продукции животноводства, руб./кг;  $П_{г. ж}$  – среднегодовое поголовье животных, обслуживаемых новым техническим средством, гол.

Прирост чистого дохода за счет *повышения цены реализации более качественной животноводческой продукции* определяют по формуле

$$\Delta ЧД_{кач} = (Ц_p^n - Ц_p^6) Q_p^n, \quad (4.45)$$

где  $Ц_p^n$ ,  $Ц_p^6$  – средняя цена реализации единицы животноводческой продукции соответственно в проектируемом и базовом вариантах,

руб./кг;  $Q_p^n$  – среднегодовой объем реализации продукции высшего качества в проектируемом варианте, кг.

Чистый дисконтированный доход можно рассчитать по формуле

$$\text{ЧДД} = \sum_t \alpha_t, \quad (4.46)$$

где  $\alpha_t$  – коэффициент приведения денежных потоков к началу расчетного периода, который определяют по формуле

$$\alpha_t = \frac{(1+d)^t - 1}{d(1+d)^t}, \quad (4.47)$$

где  $d$  – ставка дисконтирования (норма дисконта);  $t$  – срок полезного использования инвестиций в инновацию, лет.

Эффективность капитальных вложений (инвестиций) в основные средства производства определяется *сроком их окупаемости* (периодом возврата инвестиций).

*Статический* (теоретический) срок окупаемости определяют по формуле

$$t_y = \frac{K_b}{\sum_r}, \quad (4.48)$$

где  $K_b$  – сумма капитальных вложений (инвестиций) в сельскохозяйственную технику, руб. (у. е.);  $\sum_r$  – среднегодовой экономический эффект (прирост чистого дохода), руб. (у. е.)/год.

Динамический (*реальный*) срок окупаемости (возврата) производственных инвестиций рассчитывают по формуле

$$t_d = \frac{K_b}{\text{ЧДД}_{\text{ср}}}, \quad (4.49)$$

где  $\text{ЧДД}_{\text{ср}}$  – среднегодовая сумма накопительного чистого дисконтированного дохода за весь срок полезного использования сельскохозяйственной техники, руб. (у. е.)/год.

$$\text{ЧДД}_{\text{ср}} = \frac{\sum \text{ЧДД}}{T}. \quad (4.50)$$

Эффективность капитальных вложений (инвестиций) характеризует *индекс доходности капитала*  $I_{д.к}$ , который определяют по формуле

$$I_{д.к} = \frac{ЧДД_{ср}}{K_b}. \quad (4.51)$$

Для анализа данных организационно-экономических расчетов и проведения оценки инновации, основные технико-экономические показатели сводят в таблицу и дают обобщающие выводы.

### **4.3. Мероприятия по организации интенсивного выращивания животных и птицы**

Важным направлением интенсификации производства продукции на животноводческих предприятиях является совершенствование организации производственных процессов. Это выражается в рациональном сочетании ряда организационных и производственных мероприятий.

Все здания и сооружения, входящие в состав животноводческих ферм, надо размещать так, чтобы были обеспечены наилучшие условия для правильной организации хозяйства, соблюдены экологическая безопасность и безопасность жизнедеятельности людей. Животноводческие здания располагают в глубине участка фермы и ниже кормовых построек.

Кормоцех располагают так, чтобы он имел удобную связь со складами кормов и располагался вблизи животноводческих помещений.

Пути сообщения с сельскохозяйственными угодьями, пастбищами и водопоями для животных должны быть наиболее короткими и удобными, но не должны пересекать жилую зону.

При высокой концентрации животных молочного направления предпочтительно содержание беспривязно-боксовое и беспривязное на глубокой подстилке. Обязательная часть технологии – выпас животных на пастбищах.

Важнейшим направлением интенсивного ведения молочного скотоводства является совершенствование организации производственных

процессов на основе механизации и автоматизации, позволяющих обеспечивать рост производительности труда.

Автоматизированная система кормления и зоотехнического учета позволяет проводить анализ продуктивности каждой коровы и соответственно формировать рационы кормления.

Большое влияние на качество молока оказывает его первичная обработка непосредственно на ферме и охлаждение.

Большой эффект дает откорм крупного рогатого скота на механизированных откормочных площадках. При сравнительно небольших затратах срок окупаемости их сокращается.

Главными направлениями в механизации животноводства должны быть:

- создание и производство комплексов и систем, взаимосвязанных по производительности и основным параметрам средств, обеспечивающих выполнение процессов и операций без затрат ручного труда;

- внедрение поточных процессов, передовых способов использования техники и оборудования. Дальнейшее повышение эффективности животноводства требует применения принципиально новых технологических и технических решений с элементами автоматизации, роботизации и компьютеризации.

Для правильного осуществления трудового процесса следует рационально расставить людей и орудия труда, согласовать работу на отдельных операциях. Большое значение в повышении реализации основных условий интенсивного ведения животноводства имеет мотивация труда работников.

Важным является постепенный переход на приемку сельскохозяйственной продукции на местах ее производства и доставку специализированным транспортом. При этом сокращаются потери, повышается качество продукции, снижаются затраты рабочей силы, транспортные расходы, а в конечном счете уменьшаются затраты на конечную продукцию.

Значительная доля экономического эффекта достигается за счет сокращения запасов на всем пути движения материального потока. Сокращение запасов при использовании логистики обеспечивается за счет высокой степени согласованности действий участников логистических процессов, повышения надежности поставок, рациональности распределения запасов.

Экономический эффект от применения логистики возникает также от снижения транспортных расходов. Оптимизируются маршруты движения транспорта, согласуются графики, сокращаются холостые пробеги, улучшаются другие показатели использования транспорта. Составляющая экономического эффекта от применения логистики образуется за счет сокращения времени прохождения товаров по логистической цепи.

Логистический подход создает также условия для улучшения многих других показателей функционирования материалопроводящей системы, так как совершенствуется ее общая организация, повышается взаимная связь отдельных звеньев, улучшается управляемость.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Машины и оборудование в животноводстве = Machinery and Equipment for Livestock breeding : учебное пособие / А. В. Китун [и др.] ; Минсельхозпрод Республики Беларусь, УО «БГАТУ» ; пер. с рус. Д. С. Кезик, Е. П. Бародун, В. М. Колончука. – Минск : БГАТУ, 2018. – 316 с.
2. Машины и оборудование в животноводстве : учебник / А. В. Китун [и др.] ; УО «БГАТУ», НУБиП Украины. – Киев : НУБиП Украины, 2017. – 459 с.
3. Китун, А. В. Организационно-экономическая оценка машин и машинных технологий в животноводстве и птицеводстве : учебно-методическое пособие / А. В. Китун, И. П. Бусел, В. И. Передня. – Минск, 2008. – 123 с.
4. 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.
5. Техническое обеспечение процессов в животноводстве. Курсовое и дипломное проектирование : учебное пособие / Ю. Т. Вагин [и др.]. – Минск : Техноперспектива, 2007. – 546 с.
6. Техническое обеспечение производства молока. Современное оборудование для доения : практическое пособие / Ю. Т. Вагин [и др.]. – Минск : Эволайн, 2012. – 208 с.
7. Технологические основы и техническое обеспечение процессов производства молока и говядины : пособие / Н. В. Казаровец [и др.] ; под общ. ред. В. Н. Дашкова. – Минск : БГАТУ, 2010. – 484 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	3
<b>Глава 1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОТОЧНЫХ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ПРОЦЕССОВ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ</b>	
1.1. Производственные процессы на животноводческом предприятии.....	5
1.2. Основы системного подхода к проектированию поточных механизированных процессов на животноводческом предприятии.....	8
1.3. Формирование поточных технологических линий.....	11
1.4. Определение условия непрерывности работы поточной линии.....	17
<b>Глава 2. МЕХАНИЗИРОВАННЫЕ ПРОЦЕССЫ ПОДГОТОВКИ КОРМОВ К СКАРМЛИВАНИЮ</b>	
2.1. Номенклатура продукции животноводческого предприятия.....	24
2.2. Виды скармливаемых кормов и схемы подготовки их к скармливанию.....	29
2.3. Расчет потребности в кормах.....	32
2.3.1. Нормирование запасов кормов на животноводческом предприятии.....	33
2.4. Организация процесса подготовки кормов к скармливанию.....	38
2.5. Определение оптимального состава машин технологической линии подготовки кормов к скармливанию.....	40
2.5.1. Определение вместимости оперативной емкости.....	42
2.6. Способы скармливания кормов животным.....	45
<b>Глава 3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОТОЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ</b>	
3.1. Проектирование мобильных транспортных потоков на животноводческом предприятии.....	47

3.1.1. Организация транспортировки кормов в места подготовки к скармливанию.....	48
3.1.2. Организация транспортировки и раздачи кормов животным.....	53
3.2. Водоснабжение животноводческих предприятий.....	58
3.2.1. Расчет потребления воды.....	58
3.2.2. Организация водоснабжения.....	61
3.3. Удаление, обработка, хранение и утилизации навоза и помета.....	62
3.3.1. Определение суточного выхода навоза на ферме.....	62
3.3.2. Определение параметров систем удаления и утилизации навоза.....	64
3.4. Проектирование производственных процессов доения и первичной обработки молока.....	71
3.4.1. Определение числа доильных аппаратов линии машинного доения коров .....	75
3.4.2. Определение параметров оборудования линии первичной обработки молока.....	80
3.5. Проектирование механизированных процессов на птицеводческой ферме.....	90
3.5.1. Определение параметров оборудования линии сбора яиц.....	90
3.5.2. Определение параметров оборудования линии инкубации яиц.....	92
3.6. Проектирование механизированных процессов создания микроклимата на животноводческом предприятии.....	93
3.6.1. Микроклимат животноводческих помещений и его влияние на здоровье и продуктивность животных.....	93
3.6.2. Основы расчета воздухообмена на животноводческом предприятии.....	95

## **Глава 4. ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИННОВАЦИИ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ**

4.1. Состав животноводческих предприятий.....	100
4.2. Экономическая оценка инновации в животноводстве.....	104

4.2.1. Капитальные вложения в основные средства производства.....	104
4.2.2. Энерго- и ресурсосберегающие показатели.....	107
4.2.3. Показатели трудоемкости и производительности труда.....	109
4.2.4. Эксплуатационные затраты.....	111
4.2.5. Показатели экономической эффективности.....	115
4.3. Мероприятия по организации интенсивного выращивания животных и птицы.....	117
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>120</b>

Учебное издание

**Китун** Антон Владимирович,  
**Передня** Владимир Иванович,  
**Романюк** Николай Николаевич

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ  
МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ПРОЦЕССОВ  
В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

Учебное пособие

Ответственный за выпуск *А. В. Китун*  
Редактор *Д. О. Бабакова*  
Корректор *Д. О. Бабакова*  
Компьютерная верстка *Д. О. Бабаковой*  
Дизайн обложки *Д. О. Бабаковой*

Подписано в печать 2.07.2020. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Ризография.  
Усл. печ. л. 7,21. Уч.-изд. л. 5,63. Тираж 90 экз. Заказ 273.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный аграрный технический университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий  
№ 1/359 от 09.06.2014.  
№ 2/151 от 11.06.2014.  
Пр-т Независимости, 99–2, 220023, Минск.