

ДЕПАРТАМЕНТ КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ  
И ОБРАЗОВАНИЯ ПРИ МСХ РФ  
Федеральное государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Бурятская государственная  
сельскохозяйственная академия им. В.Р. Филиппова»

И. Б. Шагдыров

**КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
ПО МЕХАНИЗАЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ  
ЖИВОТНОВОДСТВА**

Учебное пособие

Допущено учебно-методическим объединением вузов по агроинженерному образованию в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 311300 – «Механизация сельского хозяйства»

Улан-Удэ  
Издательство ФГОУ ВПО «БГСХА им. В. Р. Филиппова»  
2005

УДК 631.3  
Ш 15

Печатается по решению методического совета ФГОУ ВПО  
«Бурятская государственная сельскохозяйственная академия  
им. В. Р. Филиппова»

**Рецензенты:**

**П. А. Болоев** – заведующий кафедрой «Машиноведение» БГУ,  
д.т.н., профессор;

**С. С. Ямпиллов** – заведующий кафедрой «Процессы и аппараты  
пищевых производств» ВСГТУ, д.т.н., профессор;

**Ц. Ц. Дамбаев** – заведующий кафедрой «ЭМТП» БГСХА,  
к.т.н., и. о. профессора.

**Шагдыров И. Б.**

Ш 15 Курсовое проектирование по механизации и технологии жи-  
вотноводства: Учебное пособие для вузов. – Улан-Удэ: Изда-  
тельство ФГОУ ВПО «БГСХА им. В.Р. Филиппова», 2005. – 98 с.

ISBN 5-8200-0084-6

В книге изложена методика расчета основных разделов курсового проек-  
тирования по механизации и технологии животноводства для различных типов  
животноводческих, птицеводческих ферм и комплексов, позволяющая решать  
вопросы комплексной механизации основных производственных процессов в  
животноводстве. А также представлены все необходимые для расчетов спра-  
вочные данные.

Учебное пособие предназначено для студентов сельскохозяйственных  
Вузов по специальности 311300 - «Механизация сельского хозяйства».

Данное пособие может быть полезным студентам, аспирантам инженер-  
ных факультетов и преподавателям.

УДК 631.3

ISBN 5-8200-0084-6

© Шагдыров И. Б., 2005.

©ФГОУ ВПО «БГСХА им. В. Р. Филиппова», 2005

## Общие положения

Учебно-методическое пособие по выполнению курсового проек-  
та предназначено для закрепления и систематизации знаний студен-  
тов по общепрофессиональным и специальным предметам, выраба-  
тывает умение пользоваться пособиями, справочной и периодичес-  
кой литературой, а также достижениями отечественной и зарубежной  
науки и передового опыта.

Цель учебно-методического пособия – научить студентов само-  
стоятельно решать вопросы комплексной электромеханизации и ав-  
томатизации производственных процессов в животноводстве с уче-  
том применения современных машин и оборудования, прогрессив-  
ных технологий и различных форм организации производства, обес-  
печивающих получение дешевой и высококачественной продукции.  
При этом ставятся задачи:

- овладеть методикой инженерного расчета генплана, выбором и  
размещением на территории фермы (комплекса) основных и вспомо-  
гательных зданий и сооружений;

- овладеть методикой инженерного расчета вентиляции, отопле-  
ния, освещения животноводческих помещений, выбора отопительно-  
вентиляционного оборудования;

- овладеть методикой инженерных расчетов водопроводной (коль-  
цевой, тупиковой) сети для животноводческой фермы (комплекса);

- овладеть методикой технологических расчетов линий приготав-  
ления и раздачи кормов;

- овладеть методикой технологических расчетов линий удаления,  
переработки и хранения навоза;

- овладеть методикой технологических расчетов линии доения  
коров и первичной обработки молока;

- овладеть методикой экономического обоснования основных тех-  
нико-экономических показателей фермы (комплекса).

## I. Генеральный план животноводческой фермы и комплекса

### 1.1. Общие требования к проектированию генерального плана

Генеральным планом или проектом планировки называется гра-  
фически оформленный план территории животноводческой фермы  
(комплекса), на котором нанесены все здания, сооружения и комму-

никации (как существующих, так и проектируемых), размещенные в полном соответствии с планом перспективного развития всего хозяйства и данной фермы в частности.

Генплан является исходным техническим документом, определяющим взаимосвязь всего комплекса сооружений и коммуникаций, совместное использование которых должно обеспечить нормальную производственную деятельность фермы (комплекса) как целостной хозяйственной единицы.

Разработка генплана осуществляется с учетом производственных, экономических, зооветеринарных, строительных, противопожарных и местных природных условий.

Генеральный план животноводческих ферм (комплексов) выполняется в масштабе 1:500, 1:1000, а для птицефабрик можно использовать масштаб генплана 1:2000, с нанесением рельефа местности и указанием розы ветров. Генплан ориентируется относительно стран света так, чтобы продольная ось территории имела меридиальное направление. Конфигурация территории фермы (комплекса, птицефабрик) должна приближаться к форме квадрата, что дает возможность компактно разместить основные и вспомогательные здания, а также значительно снизить транспортные расходы на ферме (комплексе).

При выборе нового земельного участка для строительства животноводческой фермы (комплекса) необходимо учитывать наличие дорог, пастбищ, водоисточников, близость населенных пунктов и другие факторы. Уровень грунтовых вод на участке в период наивысшего подъема должен находиться на расстоянии не менее 1 м от пола, наиболее заглубленного в грунт помещения. Участок должен быть ровным или с уклоном в пределах до  $10^\circ$  и ниже по рельефу местности населенного пункта, а с подветренной стороны по отношению к господствующим ветрам жилого сектора на расстоянии от последнего не менее 200 м для ферм крупного рогатого скота и свиноводческих, 150 м – для овцеводческих, 500 м – для птицеводческих [1].

Здания для содержания животных располагают в меридиональном направлении в северных и центральных частях РФ, а в южных зонах в широтном. Допускается отклонение длинной оси здания на угол до  $30^\circ$  в обе стороны от основного направления. По отношению к господствующим ветрам здание располагают торцом или одним из углов здания. Расстояние между постройками должны обеспечивать

проветривание территории фермы (комплекса) при естественном движении потоков воздуха, а также необходимо учитывать допустимые санитарно-ветеринарные и противопожарные разрывы между зданиями. Склады топлива, ТСМ, минеральных удобрений и другие объекты, опасные в санитарном и пожарном отношении, устраивают на расстоянии не ближе 300 м от фермы (комплекса) с подветренной стороны и ниже по рельефу местности.

Размер площади земельного участка, занимаемого фермой (комплексом), определяется нормативами (Приложение 1 табл.1)[10].

Визуально всю территорию животноводческой фермы (комплекса, птицефабрики) можно разбить на четыре зоны:

- основная производственная зона;
- зона приготовления и хранения кормов;
- административно-хозяйственная зона;
- зооветеринарная зона.

А также за территорией фермы (комплекса) необходимо предусмотреть участок по хранению и переработке навоза (помета).

На каждой животноводческой ферме (комплексе) имеются здания и сооружения, которые по своему назначению разделяются на основные и вспомогательные. К первым относятся коровники, свинарники, овчарни, птичники и т.п., то есть те здания, в которых содержатся животные и птицы. Ко вторым – кормоцех, молочный блок, силосно-сенажные траншеи, хранилище корне-клубнеплодов, склады для кормов и подстилки, навозохранилище и цех по переработке навоза и т.п.

Основные производственные постройки обычно размещают на участке параллельно в один или несколько рядов.

При этом учитывают требуемые зооветеринарные и противопожарные разрывы (прил. 1, табл. 2,3). Во всех случаях расстояние выбирают по большему его значению [1].

На территории фермы (комплекса) выделяют основную транспортную магистраль шириной 6 м через центральную часть и по периметру. От магистрали к отдельным зданиям и сооружениям устраивают дорогу шириной 3,5 м. По периметру территории фермы (комплекса) устраивают ограждения, вдоль которых сажают зеленые насаждения шириной 5...6 м. На всех выездных и въездных воротах фермы (комплекса) устанавливают дезбарьеры размерами 3x10x0,2 м.

## 1.2. Постройки для содержания животных и птиц

Конструкция любого здания или сооружения зависит от его назначения

На фермах крупного рогатого скота размещают коровники, телятники, здания для молодняка, здания для откорма, родильные и ветеринарные помещения. Для содержания скота в летнее время используют летние лагерные постройки в виде легких помещений или навесов. Вспомогательные постройки, специфические для этих ферм – это доильные и молочные блоки (для сбора, обработки и хранения молока), цеха по переработке молока.

Здания и сооружения свиноводческих ферм – это свинарники-маточники, свинарники-откормочники, помещения для поросят – отъемышей, хрячники. Специфичным зданием на свиноферме может быть помещение столовой при соответствующей технологии содержания животных, манежи для моциона свиноматок.

Постройки для содержания овец включают в себя овчарни с тепляками и базы-навесы. В овчарнях содержат животных одного пола и возраста, поэтому можно выделить овчарни для маток, валухов, баранов-производителей, молодняка и нагульных овец. К специфичным сооружениям овцефермы относятся стригальные пункты, ванны купания и дезинфекции, отделения забоя овец и др.

Постройки для содержания птицы подразделяются на птичники-курятники, индюшатники, гусятники и утятники. По назначению различают птичники для взрослой птицы, молодняка, выращивания цыплят на мясо (бройлеров). К специфическим зданиям птицеферм относятся инкубатории, брудергаузы, акклиматизаторы.

## 1.3. Общие требования к основным постройкам

Независимо от природно-климатических условий данной местности и материалов, из которых возводятся здания для содержания животных и птиц, к помещениям предъявляются следующие требования:

- зимой в них должно быть сухо и тепло в соответствии с нормативами микроклимата животноводческих помещений;
- искусственное и естественное освещение должно отвечать требуемым нормам;
- внутренняя планировка должна учитывать удобство размеще-

ния животных и технических средств, нормальные условия для обслуживающего персонала, возможность быстрой эвакуации животных;

- санитарно-технические устройства должны обеспечивать необходимый микроклимат;
- полы должны быть водонепроницаемыми, теплыми, нескользкими, прочными, износостойкими и легко поддаваться очистке;
- стены зданий должны отличаться малой теплопроводностью, воздухопроницаемостью и влагостойкостью;
- кровли зданий должны быть устойчивыми против атмосферных и других факторов, иметь малую теплопроводность.

## 1.4. Расчет структуры стада

Расчет структуры стада сводится к определению числа различных половозрастных групп животных на ферме (комплексе).

В индивидуальном задании на курсовое проектирование после наименования ферм (комплекса) указана мощность предприятия. Так, например: если дана МТФ на 200 голов, значит на данной ферме содержится 200 дойных коров. Если дан свинооткормочный комплекс на 24 тыс. голов, то цифра 24 тыс. указывает годовую программу откорма свиней на данном комплексе и т.д.

Перед тем как определить количество животных различных половозрастных групп на откормочных фермах (комплексах) необходимо определить количество одновременно содержащихся животных на комплексе.

Этот расчет выполняется следующим образом [11]:

- определяем количество дней откорма животных, птицы

$$D_{отк} = \frac{m_{сд} - m_{носм}}{m_{сут}}, \text{ дн}, \quad (1.1)$$

где  $m_{сд}$  – масса животного (птицы), снимаемого с откорма, кг;  
 $m_{носм}$  – постановочная на откорм масса животного, кг;  
 $m_{сут}$  – суточный привес животного, кг.

Значение массы и привесы даются студенту в исходных данных индивидуального задания на курсовое проектирование.

- определяем такт откормочного комплекса, т.е. коэффициент сменности откормочного поголовья в году:

$$K_{см} = \frac{D_{год}}{D_{отк}}, \quad (1.2)$$

где  $D_{год}$  – количество дней в году,  $D_{год} = 365$  дней

- определяем количество одновременно содержащихся животных, птиц на ферме (комплексе):

$$n_{од} = \frac{N}{K_{см}}, \text{ гол}, \quad (1.3)$$

где  $N$  – годовая программа откорма на ферме (комплексе), гол.  $N$  – выдается студенту в индивидуальном задании.

На племенных, репродуктивных, молочно-товарных фермах (комплексах) и птицефабриках количество одновременно содержащихся животных (птиц) соответствует «мощности», указанной в индивидуальном задании.

Приняв «мощность», указанную в индивидуальном задании за 100%, по структуре стада в процентном отношении определяют количество различных половозрастных групп животных (птиц). Структура стада для различных животных (птиц) дана в прил. 1. табл. 4, 5, 6, 7, 8). [10].

### 1.5. Выбор основных и вспомогательных зданий и сооружений

После расчета структуры стада определяют площадь территории фермы (комплекса) по следующей формуле [10]:

$$S_{мп} = M \cdot S_{уд.мп.}, \text{ м}^2, \quad (1.4)$$

где  $M$  – количество голов на ферме («мощность»), гол;

$S_{уд.мп.}$  – удельная площадь территории, приходящая на одно животное, птицу,  $\text{м}^2/\text{гол}$ .  $S_{уд.мп.}$  выбирают по таблице (прил. 1, табл. 1).

Определяем коэффициент застройки:

$$K_з = \frac{S_з}{S_{мп}}, \quad (1.5)$$

где  $S_з$  – площадь, занятая под постройками на ферме (комплексе), м,  $S_з$  определяется из генплана фермы (комплекса).

Определяем коэффициент использования земельного участка фер-

мы (комплекса):

$$K_y = \frac{S_{пок}}{S_{мп}}, \quad (1.6)$$

где  $S_{пок}$  – площадь, занимаемая сооружениями, площадками с твердым покрытием и дорогами,  $\text{м}^2$ ,  $S_{пок}$  определяется из генплана фермы (комплекса).

Потребность в постройках для содержания половозрастных групп животных и птиц определяется по формуле:

$$n_i = \frac{M_i}{m_i}, \text{ шт}, \quad (1.7)$$

где  $M_i$  – количество животных  $i$ -того вида или  $i$ -той половозрастной группы животных и птиц на ферме (комплексе), гол;

$m_i$  – вместимость данного  $i$ -того помещения, гол.

Определяем площадь основного производственного здания:

$$S_{пол} = m \cdot S_{уд.пол.}, \text{ м}^2, \quad (1.8)$$

где  $m$  – количество голов, содержащееся в данном здании, гол;

$S_{уд.пол.}$  – удельная площадь пола приходящая на одно животное,  $S_{уд.пол.}$  берут из таблицы (прил. 1, табл. 11, 12, 13).

Далее выбираем размеры основного здания. Ширину здания принимаем кратное 6м, т.е. 6, 12, 18 и т.д. Тогда длина здания определится как:

$$L = \frac{S_{пол}}{B}, \text{ м}, \quad (1.9)$$

где  $B$  – ширина здания, м.

Используя структуру стада, необходимо определить размеры всех основных производственных зданий.

Расчет выгульно-кормовых площадок ведут для поголовья животных и птиц, содержащихся в помещении, возле которых чаще всего и устраивают эти площадки.

Площадь выгульно-кормовой площадки у одного здания определяют по выражению:

$$S_{к.пл} = m \cdot S_{уд.к.пл.}, \text{ м}^2, \quad (1.10)$$

где  $S_{уд.к.пл.}$  – удельная площадь кормовой площадки, приходящая на одно животное и птицу,  $\text{м}^2/\text{гол}$ .,  $S_{уд.к.пл.}$  берут из таблицы (прил. 1, табл. 9).

Для хранения грубых и сочных кормов необходимо применять такие хранилища, в которых потери питательных веществ в корме были бы наименьшими. При этом берется во внимание и их стоимость. На основании исследований известно, что при силосовании в облицованных траншеях потери колеблются от 10 до 25 %, а буртах соответственно 30–40 % [1].

Общий объем хранилищ для хранения годовых запасов кормов определяют:

$$V_{об.х} = \frac{Q_{год.i}}{\rho_i}, \text{ м}^3, \quad (1.11)$$

где  $Q_{год.i}$  – годовая потребность  $i$ -вида корма, кг;

$\rho_i$  – плотность  $i$ -вида корма, кг/м<sup>3</sup>.

Потребное количество хранилищ кормов определяется по формуле:

$$n = \frac{V_{об.х.}}{V_x \cdot E}, \text{ шт}, \quad (1.12)$$

где  $V_x$  – объем хранилища, м<sup>3</sup>;

$E$  – коэффициент использования емкости хранилища.

$E = 0,95 \dots 0,98$  – для хранения силоса и сенажа (траншеи);

$E = 1,0$  – для хранения грубых кормов (скирды);

$E = 0,85 \dots 0,9$  – для хранения корнеклубнеплодов (овоцехранилище);

$E = 0,65 \dots 0,75$  – для хранения концентрированных кормов (зерносклад).

Методика проектирования кормоцехов и цехов по хранению и утилизации навоза (помета) дана в соответствующих разделах данного методического пособия.

Проверку правильности расчета генплана ведут расчетом площади под одно скотоместо и сравнением ее с нормативной (прил. 1, табл.10).

Общее количество скотомест на ферме (комплексе) берут из вместимости здания по типовому проекту. Разделив общее количество скотомест на площадь территории фермы (комплекса) по наружному периметру, получают расчетную площадь на одно скотоместо. Если расчетная величина отличается от нормативной не более 10 %, то расчет и планировка генплана считаются приемлемыми.

## II. Микроклимат в животноводческом помещении

Микроклиматом животноводческих помещений называется совокупность физических и химических факторов воздушной сферы, сформировавшихся внутри этих помещений.

Практически под микроклиматом помещений понимают регулируемый воздухообмен, т.е. организованное удаление из помещений загрязненного и подачу в них чистого воздуха через систему вентиляции.

С помощью системы вентиляции поддерживают в помещениях оптимальный температурно-влажностный режим и химический состав воздуха;

обеспечивают равномерное распределение и циркуляцию воздуха внутри помещений для предотвращения образования «застойных зон»; предупреждают конденсацию паров на поверхностях ограждения, создают нормальные условия для обслуживающего персонала.

### 2.1. Расчет вентиляции

Требуемый воздухообмен по углекислому газу определяется по формуле: [2]

$$L_{CO_2} = \frac{m \cdot d}{d_2 - d_1}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (2.1)$$

где  $m$  – количество животных (птицы) в данном расчетном здании, гол;  
 $d$  – количество углекислоты, выделяемое одним животным (птицей), дм<sup>3</sup>/ч.,  $d$  принимаем по таблицам (прил. 2, табл. 2);

$d_1$  – содержание углекислоты в свежем приточном воздухе,  $d_1 = 0,3 \dots 0,4$  дм<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>;

$d_2$  – предельно допустимая концентрация углекислоты для данного помещения, дм<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>.

Требуемый воздухообмен необходимо также рассчитать по влажности:

$$L_{H_2O} = \frac{m \cdot p}{p_2 - p_1}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (2.2)$$

где  $p$  – количество водяных паров, выделяемое одним животным (птицей), г/ч;

$p_2$  – допустимая концентрация водяных паров в данном помещении, г/м<sup>3</sup>;

$p_1$  – содержание водяных паров в наружном воздухе, г/м<sup>3</sup>,  $p_1 = 2,0 \dots 2,5$  г/м<sup>3</sup>.

Дальнейшие расчеты необходимо вести по наибольшему значению из полученных воздухообменов.

С учетом возможных регулировок расчетный воздухообмен принимают:

$$L_p = (2...3)L_{CO_2} \text{ или } L_{H_2O}, \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (2.3)$$

Правильность расчета проверяют по кратности воздухообмена:

$$K = \frac{L_p}{V_n}, \quad (2.4)$$

где  $V_n$  – объем животноводческого помещения,  $\text{м}^3$ .

Для животноводческих помещений в стойловый период года  $K = 3...5$ , в птицеводческих  $K = 10...12$ , при  $K < 3$  принимаем естественную вентиляцию.

По кратности воздухообмена выбираем систему вентиляции, определяем мощность и напор вентилятора.

Основное достоинство вентиляции с естественным побудителем – простота, дешевизна устройства и удобства в эксплуатации, поэтому ее широко используют на животноводческих фермах, особенно для содержания крупного рогатого скота на откорме. Однако вентиляция с естественным побудителем имеет и существенный недостаток – плохо обеспечивает создание устойчивого микроклимата.

Вентиляция с механическим побудителем обеспечивает более надежный воздухообмен и ее легко автоматизировать. Эта система непригодна, если не подогревать приточный воздух в зимний период времени.

В птицеводческих помещениях воздух подается в верхнюю зону, а удаляется из нижней. Для этой цели используют вентиляторы низкого давления от 1 кПа и среднего до 3 кПа. Вентиляционные системы работают периодически, поэтому для их расчетов производительность принимают в 2...3 раза большей величины воздухообмена.

Таким образом, часовую производительность любого вентилятора определяют по формуле:

$$Q_s = (2...3)L_p, \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (2.5)$$

Для любого типа вентилятора (осевого или центробежного) напор должен быть таким, чтобы преодолеть все сопротивления в воздухопроводах и подать необходимое количество воздуха в единицу вре-

мени к скотоместу.

Общие потери напора ( $H$ ) состоят из потерь, вызываемых трением воздуха о стенки воздухопровода ( $H_{mp}$ ), и от местных сопротивлений ( $h_{м.с}$ ) и определяется по формуле:

$$H = H_{mp} + h_{м.с}, \text{ Па}. \quad (2.6)$$

Потеря напора в воздухопроводе определится из выражения:

$$H_{mp} = \lambda \cdot \frac{\ell}{D} \cdot \frac{\gamma \cdot v}{2g} \cdot 10, \text{ Па}, \quad (2.7)$$

где  $\lambda$  – коэффициент трения воздуха,  $\lambda = 0,02$ ;

$\ell$  – длина воздухопровода, м,  $\ell$  применяется из чертежа плана-разреза расчетного здания;

$D$  – диаметр воздухопровода, м;

$\gamma$  – плотность воздуха,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$v$  – скорость движения воздуха в воздухопроводе,  $v = 10...15 \text{ м}/\text{с}$ .

Потери напора от местных сопротивлений в воздухопроводе зависят от изменения сечения труб, поворотов, профиля входного отверстия и других сопротивлений и определяются по формуле:

$$h_{м.с} = \frac{\gamma \cdot v^2}{2g} \sum \xi, \text{ Па}, \quad (2.8)$$

где  $\sum \xi$  – сумма коэффициентов местных сопротивлений воздуха в воздухопроводе.

Значения коэффициента местного сопротивления от формы воздухопровода следующие:

Колено с углом поворота $90^\circ$	– 1,10
Колено с углом поворота $120^\circ$	– 0,55
Колено с углом поворота $150^\circ$	– 0,20
Отвод с радиусом $R = D$	– 0,25
Отвод с соотношением $\frac{R}{D} = 1,5$	– 0,17
Сужения сечения магистрали ( $F$ ) к сечению отвода ( $f$ ), $\frac{F}{f} = 10$	– 0,29

$$\frac{F}{f} = 2,5 \quad - 0,21$$

Расширение сечения магистрали к сечению отвода  $\frac{F}{f} = 0,1$  – 0,81

$$\frac{F}{f} = 0,5 \quad - 0,25$$

Диаметр магистрального воздухопровода:

$$D = \frac{1}{3600} \sqrt{\frac{Q_6}{\pi \cdot v}}, \text{ м.} \quad (2.9)$$

В общем случае мощность электродвигателя для привода вентилятора определится по формуле:

$$N_{дв} = \frac{Q_6 \cdot H \cdot K_3}{10^3 \cdot 3600 \cdot \eta_6 \cdot \eta_n}, \text{ кВт,} \quad (2.10)$$

где  $K_3$  – коэффициент запаса мощности электродвигателя (см. прил. 2, табл. 3);

$\eta_6$  – к. п. д. вентилятора;

$\eta_n$  – к. п. д. передачи от электродвигателя к вентилятору.

Центробежный вентилятор подбирают по номограмме, представленной [1] с учетом его расчетной производительности, необходимого напора и получения наибольшего к. п. д. По номограмме также определяют частоту вращения вентилятора.

Далее определяем суммарную площадь вытяжных каналов:

$$F_{в.к.} = \frac{L_p}{3600 \cdot v}, \text{ м}^2, \quad (2.11)$$

где  $v$  – скорость движения воздуха в канале, м/с.

Скорость воздушного потока в канале определим по формуле:

$$v = 2,2 \sqrt{\frac{H \cdot (t_{вн} - t_{нар})}{237}}, \text{ м/с,} \quad (2.12)$$

где  $H$  – высота вытяжного канала, м;  $H = 4 \dots 6$  м;

$t_{вн}, t_{нар}$  – температура воздуха внутри и снаружи помещения, °С.

Расчетную температуру наружного воздуха в регионах с резко континентальным климатом можно принять равным  $t_{нар} = -28^\circ\text{С}$ . Температуру воздуха внутри помещения принимают по таблице 1 приложения 2.

Зная площадь поперечного сечения одного вытяжного канала, находим их количество:

$$n = \frac{F_{в.к.}}{f_{в.к.}}, \text{ шт.,} \quad (2.13)$$

где  $f_{в.к.}$  – поперечное сечение одного канала, м<sup>2</sup>;

$f_{в.к.} = 0,5 \times 0,5; 0,6 \times 0,6; 0,8 \times 0,8$  или  $1 \times 1$  м.

Чтобы увеличить скорость приточного воздуха и улучшить его перемешивание с воздухом помещения, сечение приточных каналов следует делать на 30...40 % меньше, чем у вытяжных каналов, а количество брать в пять раз больше. С учетом этих соображений общая площадь сечения приточных каналов будет равна:

$$F_{п.к.} = (0,6 \dots 0,7) F_{в.к.}, \text{ м}^2 \quad (2.14)$$

и их число

$$n_{п.к.} = \frac{(0,6 \dots 0,7) F_{в.к.}}{f_{п.к.}} \approx 5 n_{в.к.} \quad (2.15)$$

где  $f_{п.к.}$  – поперечное сечение приточного канала, м.

## 2.2. Расчет отопления

При создании оптимального температурно-влажностного режима внутри животноводческого помещения используют местное (печное) и центральное отопление. Центральное отопление по теплоносителю делится на водяное, паровое и воздушное.

Для создания оптимального микроклимата в животноводческом помещении следует соблюдать условие, выраженное уравнением теплового баланса [11]:

$$Q_{от} + Q_{ж} = Q_{опр} + Q_{вент}, \text{ кДж/ч.} \quad (2.16)$$

Тогда количество тепла, подаваемого в помещения в течение часа, вычисляется по уравнению теплового баланса (2.16):

$$Q_{от} = Q_{опр} + Q_{вент} - Q_{ж}, \text{ кДж/ч} \quad (2.17)$$

где  $Q_{от}$  – количество тепла, необходимое для отопления животноводческого помещения, кДж/ч;

$Q_{опр}$  – количество тепла, теряемое через ограждающие конструкции здания (пол, потолок, стены, окна, ворота и двери), кДж/ч;

$Q_{вент}$  – количество тепла, уносимое из помещения с вентилируемым воздухом, кДж/ч;

$Q_{ж}$  – количество тепла, выделяемое животными (птицей), кДж/ч.

Потери тепла через ограждающие конструкции зданий определяются по формуле:



$$Q_{\text{огр}} = \sum_{i=1}^n K_i \cdot F_i (t_{\text{вн}} - t_{\text{нар}}), \text{ кДж/ч}, \quad (2.18)$$

где  $K_i$  – коэффициент теплоотдачи материала  $i$ -вого ограждения, Вт/м<sup>2</sup>·ч·°С (см. Приложение 2, табл. 4);

$F_i$  – площадь ограждающих конструкции,  $i$ -вого ограждения, м<sup>2</sup>.

Количество тепла, уносимое вентилируемым воздухом находится по выражению:

$$Q_{\text{вент}} = L_p \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{нар}}), \text{ кДж/ч}, \quad (2.19)$$

где  $\rho$  – плотность воздуха при заданной температуре, м<sup>3</sup>/ч;

$c$  – теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/ч·°С.

Количество теплоты, выделяемое животными:

$$Q_{\text{ж}} = \sum_{i=1}^n m_i \cdot d_i, \text{ кДж/ч}, \quad (2.20)$$

где  $m_i$  – количество животных (птиц)  $i$ -той половозрастной группы, гол;

$d_i$  – количество свободной теплоты, выделяемое  $i$ -тым животным (птицей), кДж/ч (см. Приложение 2 табл.2).

Общую мощность электрокалориферов типа СФОА отопительно-вентиляционной установки для расчетного помещения животных (птицы) определяют по формуле:

$$P_{\text{кал}} = \frac{Q_{\text{омн}}}{1000 \cdot \eta}, \quad (2.21)$$

где  $\eta$  – к. п. д. калориферной установки,  $\eta = 0,8...0,94$ .

При определении количества калориферов принять мощность одного из них 25, 40, 60, 80, 100, 160 кВт.

### 2.3. Расчет освещения

Естественное освещение наиболее ценно для животноводческих помещений, однако в зимний период, а также поздней осенью его недостаточно.

Нормальное освещение животноводческих помещений обеспечивается при соблюдении нормативов естественной и искусственной освещенности.

Естественное освещение оценивается световым коэффициентом, выражающим отношение площади оконных проемов к площади пола

помещения. Нормы освещенности животноводческих помещений даны (прил. 2, табл.4).

Расчет искусственного освещения животноводческого помещения производится, используя метод удельной мощности.

Потребную мощность для искусственного освещения животноводческого помещения определяется по формуле [2]:

$$P_{\text{осв.}} = P_{\text{уд.}} \cdot F_{\text{пол}}, \text{ Вт}, \quad (2.22)$$

где  $P_{\text{уд.}}$  – удельная мощность, приходящаяся на единицу площади пола помещения, Вт/м<sup>2</sup> (Приложение 2, табл. 4);

$F_{\text{пол}}$  – площадь пола помещения, м<sup>2</sup>.

Количество осветительных ламп определить, приняв мощность одной лампы 75 Вт.

## III. Проектирование технологической линии водоснабжения

Для проектирования производственной линии водоснабжения на животноводческой ферме (комплексе) необходимо иметь следующие исходные материалы:

- расчетные расходы воды на животноводческой ферме (комплексе) с учетом перспективы их развития;
- топографический план участка местности, включающего источник и объекты водоснабжения;
- данные об источнике водоснабжения (дебит, глубина залегания подземных вод, качество воды и т.д.);
- климатические условия местности.

### 3.1. Расчет водоснабжения

Вода на животноводческих фермах (комплексах) расходуется на поение животных (птиц) и производственно-технические потребности.

Общий расход воды на ферме (комплексе) зависит от вида и поголовья животных (птиц), способа их содержания, технологических операций, на которые расходуется вода, расхода воды на другие нужды. Для определения потребного количества воды необходимо знать всех возможных потребителей с учетом перспективного плана развития объекта водоснабжения и правильно устанавливать для них соответствующие нормы потребления.

Расход воды на фермах (комплексах) очень неравномерен как в течение года, так и в течение суток, поэтому в справочниках обычно приводятся среднесуточные нормы водопотребления за год (прил. 3, табл.1).

Среднесуточный расход воды на ферме (комплексе) находят по формуле [4]:

$$Q_{cp.cym} = N_1 \cdot q_1 + N_2 \cdot q_2 + \dots + N_n \cdot q_n, \text{ дм}^3/\text{сут.}, \quad (3.1)$$

где  $N_1, N_2, \dots, N_n$  – число водопотребителей определенного вида, гол;

$q_1, q_2, \dots, q_n$  – среднесуточные нормы водопотребления одним потребителем,  $\text{дм}^3/\text{сут.}$

Максимальный суточный расход воды:

$$Q_{max.cym} = Q_{cp.cym} \cdot K_{cym}, \text{ дм}^3/\text{сут.}, \quad (3.2)$$

где  $K_{cym}$  – коэффициент суточной неравномерности потребления воды,

$K_{cym} = 1,3$ .

Максимальный часовой расход воды:

$$Q_{max.ч} = \frac{Q_{max.cym} \cdot K_{ч}}{24}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (3.3)$$

где  $K_{ч}$  – коэффициент часовой неравномерности потребления воды,

$K_{ч} = 2,5$  при наличии автопоения,  $K_{ч} = 4$  без автопоения.

Секундный расход воды:

$$Q_c = \frac{Q_{max.ч}}{3600}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (3.4)$$

Диаметр трубопровода на общем вводе групп объектов водоснабжения фермы (комплекса):

$$d = \sqrt{\frac{4Q_c}{\pi \cdot v}}, \text{ м}, \quad (3.5)$$

где  $v$  – скорость движения воды по трубам,  $\text{м/с}$ ,  $v = 0,5 \dots 1,2 \text{ м/с}$ .

На основании разработанного генплана по теме курсового проекта водопроводную сеть необходимо разбить на отдельные характерные участки длиной 300...500 м по примеру, указанному на рис. 3.1.

Начальные и конечные точки каждого участка (узлы) обозначаются номерами по ходу движения воды.

Так, на схеме (рис. 3.1) расчетными участками будут: ВБ-1; 1-2; 2-3 и т.д.

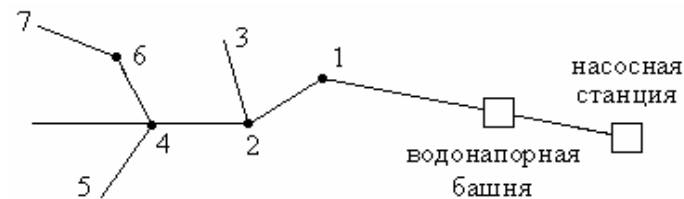


Рис. 3.1. Расчетная схема тупиковой водопроводной сети, для животноводческой фермы (комплекса).

Расчетный расход воды по каждому участку определится по формуле:

$$Q_p = Q_{mp} + 0,5Q_n, \text{ л/сут.}, \quad (3.6)$$

где  $Q_{mp}$  – транзитный расход воды на рассматриваемом участке,  $\text{л/сут.}$ ;

$Q_n$  – путевой расход воды, потребляемый на расчетном участке,  $\text{л/сут.}$

Транзитным ( $Q_{mp}$ ) называется расход, прошедший без изменений от начала до конца расчетного участка. Путевым ( $Q_n$ ) называется расход, который был роздан потребителям по длине расчетного участка. Так для приведенной схемы (рис. 3.1):

$$\begin{aligned} Q_{p4-5} &= 0,5Q_{n4-5}; Q_{mp} = 0 \\ Q_{p4-6} &= Q_{mp} + 0,5Q_{n4-6} = Q_{n6-7} + (Q_{n4-6}) \cdot 0,5 \\ Q_{p1-2} &= Q_{mp} + 0,5Q_{n1-2} \text{ и т.д.} \end{aligned}$$

Путевой расход воды определяют по формуле:

$$\begin{aligned} Q_{n2-4} &= q_{yd} \cdot \ell_{2-4} \\ Q_{n4-5} &= q_{yd} \cdot \ell_{4-5} \end{aligned} \quad (3.7)$$

где  $q_{yd}$  – удельный расход воды на расчетном участке,  $\text{л/с}$ ;

$\ell$  – длина расчетного участка,  $\text{м}$ .

Удельный расход воды определяется по формуле:

$$q_{yd} = \frac{Q_c}{L}, \text{ л/с}, \quad (3.8)$$

где  $L$  – общая длина водопроводной сети,  $\text{м}$ .

Далее определяем диаметры трубопроводов на расчетных участках:

$$d = \sqrt{\frac{4Q_p}{\pi v}}, \text{ м}. \quad (3.9)$$

Диаметры труб принято обозначать в дюймах. В животноводческих водопроводах применяют трубы: 1 дюйм (26 мм); 1 1/4 дюйма (32 мм); 1 1/2 дюйма (38 мм); 2 дюйма (50 мм); 2 1/2 дюйма (70 мм); 3 дюйма (80 мм). Поэтому вычисленные диаметры трубопроводов следует округлить до стандартных размеров в сторону увеличения.

Для того чтобы вода, забираемая из скважины, дошла до потребителей расположенных на той или иной высоте, необходимо создать определенное давление в сети. Одним из основных параметров, определяющих работоспособность системы, является высота водонапорной башни, которая определяется по формуле:

$$H_B = (H_{св} + \sum h) \cdot 1000, \text{ м}, \quad (3.10)$$

где  $H_{св}$  – избыточное давление в сети,  $H_{св} = 0,01 \dots 0,015$  МПа;  
 $\sum h$  – потери давления при движении воды в трубе от башни до потребителя,  $\sum h = 0,005 \dots 0,010$  МПа.

Общее давление, которое должен развивать насос для необходимой подачи воды, определится по формуле:

$$H_{общ} = \frac{(H_{св} + H_B)}{1000}, \text{ МПа}, \quad (3.11)$$

где  $H_{св}$  – расстояние от поверхности земли до уровня воды в скважинах, принимаются по данным хозяйства или ориентировочно 30...40 м для зоны Забайкалья.

По максимальному часовому расходу воды и общему напору подбирается насос с соблюдением следующих условий:  $Q_{нас} \geq Q_{max.ч}$  и  $H_{нас} \geq H_{общ}$ . Расчетную мощность насоса определяют по выражению:

$$P_{нас} = \frac{Q_{max.ч} \cdot H_{общ} \cdot \gamma}{102 \cdot \eta_{нас}}, \text{ кВт}, \quad (3.12)$$

где  $\gamma$  – масса 1 м<sup>3</sup> воды,  $\gamma = 1000$  кг/м<sup>3</sup>;  
 $\eta_{нас}$  – к.п.д. насоса (для погружных 0,8...0,9; для поршневых 0,5...0,6; для центробежных 0,5...0,8; для вихревых 0,25...0,5).

Определяем расчетную мощность электродвигателя для привода насоса:

$$P_{дв.} = \frac{P_{нас} \cdot K}{\eta_{нас}}, \text{ кВт}, \quad (3.13)$$

где  $K$  – коэффициент запаса мощности,  $K = 1,1 \dots 1,5$ .

После этого по каталогу подбираем соответствующий двигатель с соблюдением следующего условия:  $P_{нас} \geq P_{дв.}$

После выбора насоса и электродвигателя необходимо определить вместимость бака водонапорной башни, которая зависит от величины объемной суточной подачи воды на ферме (комплексе), характера расходования ее по часам суток и режима работы насосной станции:

$$V_б = 0,13 \cdot Q_{max.сут}, \text{ м}^3, \quad (3.14)$$

Полученную вместимость бака водонапорной башни округляют до стандартной 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60.

Длину водораспределительных труб по проектируемому объекту определяют из генерального плана фермы (комплекса) с учетом выбранного способа содержания животных и птиц внутри основных зданий.

Число и марку автопоилок определяют исходя из условия содержания животных и птиц, одновременно находящихся в основном здании.

#### IV. Проектирование технологических линий приготовления и раздачи кормов

##### 4.1. Требования к кормам и способы их приготовления

Основные корма, используемые для кормления животных и (птиц), имеют растительное происхождение. Различают грубые корма (солома, сено, мякина), сочные (силос, бахчевые, корнеклубнеплоды), зеленые (травы, ботва), концентрированные (зерно, жмых, сухой жом и др.). Отходы молочной, мясной и рыбной промышленности, снятое молоко, мясокостная и рыбная мука составляют корма животного происхождения. Минеральные (мел, соль, ракушечник и др.), синтетические (карбамид, аммиачная вода), витаминные подкормки, включающие микроэлементы (медь, кобальт, железо и др.), дополняют кормовую базу животноводства.

Различают механические, химические, тепловые и биологические способы приготовления и подготовки кормов.

К механическим способам относятся очистка, мойка, резание, дробление, плющение, смешивание, дозирование, прессование и др.

Механические воздействия рабочих органов машин (резание, дробление, плющение и др.) создает лучшие условия для других опера-

ций технологического процесса приготовления кормов, например, дозирования и смешивания. В результате измельчения исходного корма образуется продукт, обладающий большой суммарной поверхностью, что обеспечивает лучшую его переваримость и усвояемость организмом животного и птицы. Это позволяет увеличить продуктивность, сократить сроки откорма и в конечном итоге снизить себестоимость выпускаемой продукции животноводства.

Химические способы заключаются в воздействии на некоторые виды корма химических веществ (соляной кислоты, известкового молока, щелочей и др.).

Тепловые способы обработки в зависимости от вида корма и его назначения включают в себя запаривание, сушку, варку, стерилизацию и т.д.

Биологические способы – самонагревание, дрожжевание, силосование, осоложивание и др. основаны на воздействии различных микроорганизмов и ферментов на корма.

Все эти способы имеют общую цель – сделать корм более питательным, полезным и вкусным, чтобы обеспечить полное его поедание животными и птицей.

Зоотехническими требованиями определены следующие размеры частиц корма: измельчение соломы и сена для КРС – 3...4 см, лошадей – 1,5...2,5 см, овец – 1...1,5 см. Толщина резки корнеклубнеплодов для коров – 1,5 см, молодняка – 0,5...1 см, свиней – 0,5...1 см, птицы – 0,3...0,4 см. Измельченные концентрированные корма должны иметь размер частиц для КРС – 1,8...4 мм, свиней и птицы 0,7...1,8 мм. Размер частиц сенной (травяной) муки не должен превышать 1 мм для птиц и 2 мм для других животных. При закладке силоса с добавлением сырых корнеклубнеплодов их резка не должна превышать 5...7 мм. Силосуемые стебли кукурузы измельчают до 1,5...8,0 см. Загрязненность кормовых корнеклубнеплодов допускается не более 0,3%; для зерновых кормов – 1%-минеральные примеси.

В соответствии с зоотехническими требованиями каждый вид корма приводят в состояние, обеспечивающее наилучший эффект при его скармливании сельскохозяйственным животным и птицам.

#### 4.2. Технологический расчет кормоприготовительного цеха

Исходным материалом для расчета кормоцеха является вид животных и птиц, структура стада и его количество, наличие кормовой

базы, а также планируемая продуктивность, выражаемая в привесах, надое, настрига шерсти или яйценоскости кур-несушек.

Во-первых, необходимо составить общую технологическую схему (или принять типовую) приготовления кормов.

При разработке технологической схемы производственной линии приготовления кормов производится расчетное обоснование и выбор технологического оборудования в кормоцехе.

Студент в зависимости от направления фермы, вида кормов и принятой в курсовом проекте технологии приготовления кормов может руководствоваться следующими вариантами технологических линий кормоцеха:

1. Концентрированные корма: прием и взвешивание – хранение зерна – измельчение – дозирование – смешивание – раздача.

2. Корнеклубнеплоды: прием и взвешивание – мойка – отделение от камней – измельчение – дозирование – смешивание – раздача.

3. Силос и сенаж: прием – взвешивание – транспортировка – дозирование – смешивание – раздача.

4. Солома: прием – взвешивание – транспортировка – измельчение – запаривание – дозирование – смешивание – раздача; прием – взвешивание – транспортировка – измельчение – биологическая или химическая обработка – дозирование – смешивание – раздача.

5. Сено: прием – взвешивание – транспортировка – раздача.

6. Приготовление гранул из различных компонентов: измельченное зерно, измельченные грубые корма, травяная мука, минеральные добавки.

7. Пищевые отходы: прием – измельчение – стерилизация – охлаждение – дозирование – смешивание с другими компонентами – раздача.

Во-вторых, нужно составить суточный рацион кормления животных и птиц, пользуясь рекомендациями, представленными в приложении 4, таблицах 1–6 [10].

В-третьих, следует определить суточный расход каждого вида корма, подлежащего обработке, т. е. суточную производительность поточных технологических линий:

$$\begin{aligned} q_1 &= a_1 \cdot m_1 + a_2 \cdot m_2 + \dots + a_n \cdot m_n; \\ q_2 &= b_1 \cdot m_1 + b_2 \cdot m_2 + \dots + b_n \cdot m_n; \\ q_3 &= c_1 \cdot m_1 + c_2 \cdot m_2 + \dots + c_n \cdot m_n. \end{aligned} \quad (4.1)$$

где  $q_1, q_2, q_3, \dots, q_n$  – суточное потребление одним животным (птицей) различных кормов, подлежащих обработке, кг/сут;

$m_1, m_2, m_3, \dots, m_n$  – количество голов животных (птицы) данного вида в группах, гол;

$a, b, c$  – максимальная норма суточного рациона различных видов кормов на одно животное (птицу), кг/сут.

В-четвертых, определить суммарный суточный расход всех видов кормов, подлежащих к обработке, т.е. суточную производительность кормоцеха:

$$Q_{\text{сум}} = \sum_{i=1}^n q_i = q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n, \text{ кг/сут.} \quad (4.2)$$

Выбор оборудования и технологический расчет поточных линий в кормоцехе производят по наиболее сложной и ответственной машине.

При кормлении животных многокомпонентными кормовыми смесями, такой машиной является смеситель порционного или непрерывного действия, устанавливаемый в поточной линии смешивания.

Фактическая влажность кормовой смеси согласно рациона кормления определится по формуле:

$$W_{\text{рац}} = \frac{q_1 W_1 + q_2 W_2 + \dots + q_n W_n}{q_1 + q_2 + \dots + q_n}, \%, \quad (4.3)$$

где  $W_1, W_2, \dots, W_n$  – влажность каждого компонента, %.

При расчете можно принять влажность компонентов следующей: концентратов – 14, свежего картофеля – 75, корнеплодов – 82, комбисилоса – 65, зеленой массы – 75, травяной муки – 16, сена – 15, обрата – 95 процентов.

Количество воды, которую необходимо добавить в кормовую смесь, для получения заданной влажности кормосмеси находим по формуле:

$$Q_в = \frac{Q_{\text{сум}} (W_з - W_{\text{рац}})}{100 - W_з}, \text{ т,} \quad (4.4)$$

где  $W_з$  – заданная влажность кормовой смеси, %;  $W_з = 60 \dots 80$  %.

Тогда суточная масса кормовой смеси будет равна:

$$Q_{\text{см}} = Q_{\text{сум}} + Q_в, \text{ т/сут.} \quad (4.5)$$

Общую длительность приготовления кормовой смеси определим

по формуле:

$$T = t_y + t_{\text{дн}} + t_{\text{веч}}, \text{ ч,} \quad (4.6)$$

где  $t_y, t_{\text{дн}}, t_{\text{веч}}$  – продолжительность приготовления кормовой смеси утром, днем, вечером, ч.

Тогда часовая производительность кормоцеха при непрерывном смешивании определится:

$$Q_{\eta} = \frac{Q_{\text{см}}}{T}, \text{ т/ч.} \quad (4.7)$$

Количество кормосмеси для разовой дачи, если при каждом кормлении животные (птица) получают равную норму корма, то будет равно:

$$q_{\text{лин.см}} = \frac{Q_{\text{см}}}{K}, \text{ т/ч,} \quad (4.8)$$

где  $K$  – кратность кормления,  $K = 2 \dots 3$ .

Тогда часовая производительность технологической линии смешивания будет определена по формуле:

$$Q_{\text{лин.см}} = \frac{q_{\text{max.раз}}}{t_{\text{см}}}, \text{ т/ч,} \quad (4.9)$$

где  $q_{\text{max.раз}}$  – наибольшее количество кормосмеси, выдаваемое одновременно одной или нескольким группам животных, т/ч;

$t_{\text{см}}$  – время работы смесителей, обуславливаемое производительностью раздачи кормосмеси животным (птице) при одновременном кормлении групп, ч.

При непрерывном смешивании время работы смесителя равно времени подготовки кормов, а производительность линии смешивания равна производительности кормоцеха.

При работе смесителей периодического действия продолжительность их работы берется по технической характеристике, а общее время подготовки кормов равно:

$$t = t_{\text{см}} + t_{\text{л}}, \text{ ч,} \quad (4.10)$$

где  $t_{\text{л}}$  – продолжительность работы технологической линии до работы смесителя, ч.

Количество смесителей непрерывного действия будет равно:

$$n_n = \frac{Q_{\text{лин.см}}}{Q_{\text{см}}}, \text{ шт,} \quad (4.11)$$

где  $Q_{см}$  – производительность выбранного смесителя, т/ч.

Количество смесителей порционного действия рассчитывается по формуле:

$$n_n = \frac{q_{\max.раз.}}{\rho_{см} \cdot V_{см} \cdot K_z \cdot Z}, \text{ шт.}, \quad (4.12)$$

где  $\rho_{см}$  – плотность кормосмеси, кг/м<sup>3</sup>;

$V_{см}$  – объем смесителя, м<sup>3</sup>;

$K_z$  – коэффициент заполнения смесителя,  $K_z = 0,7 \dots 0,8$ ;

$Z$  – число циклов смешивания.

Определить для одного вида корма производительность поточной линии по массе (при использовании смесителей непрерывного действия):

$$Q_{тех.л.} = \frac{Q_{лин.см.} \cdot D_{\max}}{100}, \text{ т/ч}, \quad (4.13)$$

где  $D_{\max}$  – наибольшая доля компонента в кормосмеси, %.

При использовании смесителей порционного действия производительность каждой технологической линии по массе определится:

$$Q_{тех.л.} = \frac{q_{\max.раз.}}{t_i}, \text{ т/ч}, \quad (4.14)$$

где  $q_{\max.раз.}$  – максимальная разовая доля соответствующего компонента корма, т;

$t_i$  – время подготовки соответствующего вида корма, ч.

Производительность технологической линии подготовки соломы (подвергающей запариванию или химической обработки) определится по формуле:

$$Q_{лин.сол.} = \frac{q_{сол.} \cdot K_{зан.} + q_в}{t_{ц.зан.} \cdot n_{ц}}, \text{ т/ч}, \quad (4.15)$$

где  $q_{сол.}$  – массовая доля соломы, обрабатываемая в кормоцехе, т;

$K_{зан.}$  – коэффициент, учитывающий часть суточной массовой доли соломы, выдаваемой животным в запаренном виде или после химической обработки;

$q_в$  – массовая доля воды, необходимая для увлажнения соломы, т;

$t_{ц.зан.}$  – время цикла запаривания или химической обработки соломы, ч;

$n_{ц}$  – число циклов запаривания или другой обработки соломы.

Время цикла запаривания определим по формуле:

$$t_{ц.зан.} = t_{загр.} + t_{зан.} + t_{выгр.}, \text{ ч}, \quad (4.16)$$

где  $t_{загр.}$  – время загрузки машины, ч;

$t_{зан.}$  – время запаривания соломы, ч;

$t_{выгр.}$  – время выгрузки готового корма, ч.

Машины для погрузки и выгрузки из запарника подбирают по паспортной производительности из справочной литературы.

Количество однотипных машин в поточной технологической линии определится:

$$n_m = \frac{Q_{тех.л.}}{Q_{пасп.} \cdot Z'}, \text{ шт.}, \quad (4.17)$$

где  $Q_{пасп.}$  – паспортная производительность машины, т/ч;

$Z'$  – число циклов приготовления кормов.

### 4.3. Технологический расчет вспомогательного оборудования

Вспомогательное оборудование создает условия для нормальной работы основного оборудования. К вспомогательному оборудованию относятся транспортеры, промежуточные бункера, бункера накопители, завальные ямы, парообразователи, средства автоматизации и др. оборудование.

Типы средств для транспортировки кормов выбирают в зависимости от их физико-механических свойств, исходного и конечного положения корма в технологической линии (горизонтальное, вертикальное).

Производительность транспортных средств должна быть равна производительности машин, работающих на их загрузке. Если производительность транспортера больше производительности последующей машины в технологической линии, то между ними устанавливают промежуточную емкость.

Скребокковые транспортеры применяются для перемещения грузов в горизонтальной плоскости и под углом 45° к горизонту.

Производительность скребкового транспортера [6]:

$$Q = 3600 \cdot v \cdot h \cdot \nu \cdot \rho \cdot \varphi, \text{ т/ч}, \quad (4.18)$$

где  $v$  – длина скребка, м;

$h$  – высота скребка, м;

$\nu$  – скорость движения цепи со скрепками,  $\nu = 0,3 \dots 0,5$  м/с;

$\rho$  – плотность корма, т/м<sup>3</sup>;

$\varphi$  – коэффициент заполнения межскребкового пространства,  $\varphi = 0,5 \dots 0,8$ .

Если производительность транспортера не соответствует расчетной, то находят необходимую скорость цепи, меняя передаточное число от приводного вала на ведущий вал транспортера, или снимают скребки через один.

Ковшовые транспортеры (элеваторы) применяются для транспортировки сыпучих грузов вертикально и под большим углом к горизонту.

Производительность ковшовых транспортеров:

$$Q = 3,6 \cdot V \cdot \varphi \cdot \rho \cdot z \cdot v, \text{ т/ч}, \quad (4.19)$$

где  $V$  – емкость ковша, м<sup>3</sup>;  
 $\varphi$  – коэффициент заполнения ковша (для концентрированных кормов,  $\varphi = 0,75 \dots 0,85$ , для корнеклубнеплодов  $\varphi = 0,3 \dots 0,6$ );  
 $z$  – число ковшей на 1 м длины ленты, шт.;  
 $v$  – скорость движения ленты с ковшами, м/с;  
 $v = 1,5 \dots 2,0$  м/с – тихоходные элеваторы;  
 $v = 4,0 \dots 5,0$  м/с – скоростные элеваторы.

Ленточные транспортеры предназначены для транспортировки сыпучих, кусковых, штучных грузов в горизонтальном и наклонном направлении до  $12 \dots 22^\circ$  к горизонту.

Производительность ленточного транспортера [6]:

$$Q = 3600 \cdot F \cdot v \cdot \rho, \text{ ч}, \quad (4.20)$$

где  $F$  – площадь поперечного сечения слоя корма лежащего на ленте, м<sup>2</sup>;

$v$  – скорость ленты, м/с;  
 $v = 2,0 \dots 4,0$  м/с – для концентрированных кормов;  
 $v = 1,0 \dots 2,0$  м/с – для травяной и сеной муки;  
 $v = 0,3 \dots 0,4$  м/с – для корнеклубнеплодов;  
 $\rho$  – плотность кормов, т/м<sup>3</sup>.

Производительность трубчатых тросошайбовых транспортеров:

$$Q = 900 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot v \cdot \rho \cdot \varphi, \text{ т/ч}, \quad (4.21)$$

где  $d$  – внутренний диаметр трубы, м;  
 $v$  – скорость движения троса или цепи, м/с,  $v = 0,15 \dots 0,4$  м/с;  
 $\varphi$  – коэффициент заполнения трубы,  $\varphi = 0,85 \dots 0,9$ .

Винтовые транспортеры (шнеки) используют для горизонтального и наклонного перемещения сыпучих кормов до  $60^\circ$  к горизонту. Диа-

метр и шаг шнека выбирают в зависимости от производительности и физико-механических свойств кормов. Винтовые поверхности шнека могут быть сплошными, спиральными и лопастными. Вал шнека, как правило, изготавливают из стальной трубы.

Производительность винтового транспортера:

$$Q = 2820 \cdot D^2 \cdot S \cdot \varphi \cdot n \cdot \gamma \cdot k, \text{ т/ч}, \quad (4.22)$$

где  $D$  – диаметр шнека, м;  
 $S$  – шаг шнека, м;  
 $\varphi$  – коэффициент заполнения желоба,  $\varphi = 0,20 \dots 0,22$ ;  
 $n$  – частота вращения шнека, с;  
 $\gamma$  – объемная масса материала, т/м<sup>3</sup>;  
 $k$  – коэффициент, зависящий от угла наклона шнека к горизонту.

Угол наклона шнека к горизонту, град.	0	10	20	30	40	50	60
Значение коэффициента $k$	1,0	0,80	0,65	0,60	0,50	0,48	0,44

Самотечные устройства имеют минимальный угол наклона на  $2 \dots 5^\circ$  больше угла трения.

Производительность самотечных труб и лотков:

$$Q = 3,6 \cdot F \cdot v \cdot \rho \cdot \varphi, \text{ м}^3, \quad (4.23)$$

где  $\varphi$  – коэффициент заполнения лотка,  $\varphi = 0,2 \dots 0,4$ .

Емкость промежуточных бункеров определяют по формуле:

$$V_{\delta} = \frac{Q_{\text{сут}} K}{\rho \varphi}, \text{ м}^3, \quad (4.24)$$

где  $Q_{\text{сут}}$  – суточная потребность в том или другом корме, кг/м<sup>3</sup>;  
 $K$  – коэффициент запаса корма:  
 $K=1,0$  – для неизмельченного корма;  
 $K=2 \dots 3$  – для измельченных кормов и кормосмесей;  
 $\varphi$  – коэффициент заполнения бункера,  
 $\varphi = 0,85 \dots 0,90$  для концентрированных кормов.

Число бункеров должно соответствовать количеству видов применяемого корма.

Объем завальных ям должен быть равен или больше максимального суточного расхода корма:

$$V_{\text{з.я.}} = \frac{Q_{\text{сут}}}{\rho \varphi}, \text{ м}^3, \quad (4.25)$$

#### 4.4. Расчет потребности кормоцеха в воде, паре

Суточную потребность кормоцеха в воде рассчитывают как сумму расходов воды по отдельным водопотребляющим операциям [10]:

- на обработку кормов и приготовление смеси необходимой влажности ( $Q_k$ );
- на мойку машин и оборудования ( $Q_m$ );
- на мойку помещения ( $Q_n$ );
- на обогрев помещения ( $Q_{om}$ );

т.е.  $Q_{\text{сут.хол}} = Q_k + Q_m + Q_n + Q_{om}$ , л/сут (4.26)

или можно записать:

$$Q_{\text{сут.хол}} = \sum q_{ki} \cdot Q_{ki} + \sum q_{mi} \cdot N_{mi} + \sum q_{ni} \cdot F_{ni} + \sum \rho_w \cdot V_{om}, \text{ л/сут, (4.27)}$$

где  $q_k, q_m, q_n$  – норма расхода воды на 1 кг корма, на одну машину, на 1 м<sup>2</sup> площади пола обрабатываемой водой, л;

- $\rho_w$  – плотность воды, кг/л;
- $N_i$  – количество машин, которые подвергаются обработке водой, шт.;
- $F_n$  – площадь помещения обрабатываемая водой, м<sup>2</sup>;
- $V_{om}$  – объем системы отопления помещения, л.

Часовой расход воды в кормоцехе определяем по формуле:

$$Q_{\text{ч.хол.}} = \frac{Q_{\text{сут.хол}} \cdot K}{24}, \text{ л/ч, (4.28)}$$

где  $K$  – коэффициент часовой неравномерности,  $K=4$ .

Суточный расход горячей воды температурой ( $t_{\text{зоп}}$ ) составит:

$$Q_{\text{сут.гор.}} = \frac{Q_1(t_1 - t_x) + Q_2(t_2 - t_x) + \dots + Q_n(t_n - t_x)}{t_{\text{зоп}} - t_x}, \text{ (4.29)}$$

где  $Q_1, Q_2 \dots Q_n$  – количество воды с температурой  $t_1, t_2, \dots, t_n$ , необходимой для различных операций, л;

$t_x$  – температура холодной воды, С°.

Суточный расход пара на производственные нужды (запаривания кормов) и обогрев кормоцеха находим:

$$Q_{\text{сут.п.}} = \sum q_n \cdot Q_{\text{сут}} + q_{om} \cdot V_{om}, \text{ (4.30)}$$

где  $q_n$  – удельная массовая доля пара на единицу массовой доли корма, кг/кг;

$Q_{\text{сут}}$  – масса обрабатываемого корма (солома, корнеклубнеплоды, концентраты), кг;

$q_{om}$  – массовая концентрация пара на отопление помещений кормоцеха, кг/м<sup>3</sup>;

$V_{om}$  – объем отапливаемых помещений, м<sup>3</sup>.

Расход пара в кормоцехе:

- на варку 1 кг корнеклубнеплодов – 0,18...0,20;
- на запаривание 1 кг соломы – 0,30...0,35;
- на запаривание 1 кг концентрированных кормов – 0,20...0,25;
- на нагрев 1 кг воды от 10С° до 90С° – 0,20...0,25;
- массовый расход на отопление 1 м<sup>3</sup> помещения кормоцеха в течение 1 часа – 0,50...0,75.

Площадь помещений кормоцеха определяем по следующей формуле [10]:

$$F_k = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5, \text{ м}^2, \text{ (4.31)}$$

где  $F_1$  – производственная площадь помещения кормоцеха, занимаемая машинами, м<sup>2</sup>;

$F_2$  – производственная часть площади помещений для выполнения ручных работ, м<sup>2</sup>;

$F_3$  – площадь кормоцеха, занимаемая вспомогательными помещениями (комната отдыха – 15...20 м<sup>2</sup>, душевая с раздевалкой – 5...7 м<sup>2</sup>, лаборатория – 5...7 м<sup>2</sup>);

$F_4$  – площадь котельной,  $F_4 = 25 \text{ м}^2$ ;

$F_5$  – площадь занимаемого хранилищами кормов (применяется по количеству корма, подлежащего обработке в течение суток), м<sup>2</sup>.

$$F_1 = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^n f_i, \text{ (4.32)}$$

где  $f_i$  – площадь, занимаемая одной машиной, м<sup>2</sup>;

$n$  – число машин;

$K$  – коэффициент, учитывающий заполнение производственной площади (применяется  $K=0,3 \dots 0,4$ ).

$$F_2 = f_p \cdot n_p, \text{ (4.33)}$$

где  $f_p$  – площадь для одного рабочего места, м<sup>2</sup> ( $f_p = 3 \dots 5 \text{ м}^2$ );

$n_p$  – число производственных рабочих.



#### 4.5. Составление совмещенного графика работы машин и расхода электроэнергии кормоприготовительного цеха

В кормоприготовительных цехах на животноводческих фермах (комплексах) почти все рабочие машины приводятся в действие главным образом от электродвигателей. По энергетическим затратам они характеризуются следующими показателями:

- величиной общей установленной мощности;
- величиной максимальной единовременной потребляемой мощности;
- степенью равномерности потребления мощности в течение суток;
- величиной суточного расходования электроэнергии.

Эти показатели определяются путем построения двух совмещенных графиков (прил. 6, рис. 1):

- график суточной работы машин и оборудования;
- график потребления электроэнергии по часам суток.

По величине максимальной единовременной потребной мощности (максимальная пиковая нагрузка) ведут расчет выбора мощности трансформатора.

Мощность трансформатора определяется по формуле:

$$S = \frac{P_M}{\cos \varphi}, \text{ кВА}, \quad (4.34)$$

- где  $S$  – мощность трансформатора, кВА;  
 $P_M$  – минимальная токовая мощность, кВт;  
 $\cos \varphi$  – коэффициент мощности,  $\cos \varphi = 0,6 \dots 0,8$ .

Рекомендуемые марки трансформаторов для кормоцеха:

- ТМ 100/10 - ВН-10 кВ; НН-0,4/0,23 кВ
- ТМ160/10 - ВН - 10 кВ; НН - 0,4/0,23 кВ;
- ТМ 250/10 – ВН -10 кВ; НН-0,4/0,23 кВ;

- где ТМ – трансформатор масляный;  
100... 250 – напряжение;  
ВН – высокое напряжение, кВ;  
НН – низкое напряжение, кВ.

#### 4.6. Расчет потребности стационарных и мобильных кормораздатчиков

Раздача кормов на животноводческих фермах (комплексах) осуществляется стационарными или мобильными (передвижными) кормораздатчиками.

Фронт кормления определяют по формуле [10]:

$$L = \frac{\ell \cdot m}{m_1}, \text{ м}, \quad (4.35)$$

где  $\ell$  – длина кормушки (одного кормоместа) для одного животного или одной птицы, м;

$m$  – расчетное поголовье скота (птицы), в одном или в двух рядах, гол.;

$m_1$  – количество голов скота (птицы), приходящееся на одно кормоместо, гол.

Тогда необходимая производительность мобильного кормораздатчика определится:

$$Q_{M.K} = 3,6 \frac{q \cdot m \cdot v}{1000 \cdot L}, \text{ т/ч}, \quad (4.36)$$

где  $q$  – норма выдачи корма на одну голову, кг;

$v$  – рабочая скорость кормораздатчика,  $v = 0,4 \dots 0,6$  м/с.

Время раздачи корма мобильным кормораздатчиком (время цикла) определяется следующим образом:

$$T_{разд} = \frac{2\ell_1}{60v_1} + \frac{2\ell_2}{60v_2} + \frac{\ell_3}{60v_3} + t_1 \cdot n_0 + t_2, \text{ мин}, \quad (4.37)$$

где  $\ell_1$  – длина пути от места разгрузки (кормоцех) до въезда в животноводческое помещение, м;

$\ell_2$  – длина пути производственного помещения, м;

$\ell_3$  – длина пути, необходимая для разворота и обратного въезда агрегата, м;

Длины  $\ell_1, \ell_2, \ell_3$  берутся из генерального плана животноводческой фермы (комплекса).

$v_1, v_2$  и  $v_3$  – скорость движения агрегата соответственно на пути  $\ell_1, \ell_2, \ell_3$ ;

Скорости  $x_1$  и  $x_3$  применяются из технической характеристики машины:

$v_2 = 0,87 \dots 2,35$  км/ч.

$t_1$  – время затрачиваемое на одну остановку в пути, мин;

$t_2$  – время на загрузку бункера кормораздатчика, мин;

$n_0$  – число остановок.

Число рабочих циклов кормораздатчиков определяют по формуле:

$$K = \frac{M \cdot q}{G \cdot \varphi}, \quad (4.38)$$

где  $M$  – количество голов на ферме (комплексе), гол;  
 $G$  – массовая вместимость кузова кормораздатчика, кг;  
 $\varphi$  – коэффициент использования вместимости кузова,  $\varphi = 0,8 \dots 0,9$ .

Если студент применяет стационарный кормораздатчик, то необходимую расчетную производительность определяют по формуле:

$$Q_{c.k} = \frac{3600 \cdot q_{y\partial} \cdot L_k}{\tau_p}, \text{ кг/ч}, \quad (4.39)$$

где  $q_{y\partial}$  – линейная норма расхода кормов, кг/м;  
 $L_k$  – общая длина кормушки, м;  
 $\tau_p$  – продолжительность раздачи корма одному ряду животных (птиц),  
 $\tau_p = 100 \dots 120$  с.

$$q_{y\partial} = F \cdot \rho, \text{ кг/м}, \quad (4.40)$$

где  $F$  – площадь поперечного сечения слоя корма на несущем органе транспортной установки, м<sup>2</sup>;  
 $\rho$  – плотность корма, кг/м<sup>3</sup>.

#### 4.7. Расчет грузооборота животноводческой фермы

На животноводческих фермах (комплексах) ежедневно выполняется большой объем погрузочно-разгрузочных и транспортировочных работ.

Количество грузов, перевозимых на ферме в единицу времени, называют грузооборотом.

Конструкцию погрузочно-разгрузочных и транспортировочных средств, их число, тип и размеры выбирают с учетом суточного грузооборота и вида перемещаемых грузов.

При подсчете грузооборота на ферме (комплексе) необходимо учитывать следующее:

- поголовье животных (птиц) по виду и возрастным группам;
- суточные рационы кормления;
- суточный удой молока;
- суточные нормы выхода навоза и мочи;
- расход подстилки, топлива и других грузов, подлежащих пере-

возке;

- план размещения производственных построек и складов на территории фермы;
- распорядок дня на ферме.

Суточный грузооборот для отдельной половозрастной группы животных и птиц на ферме (комплексе) определяют по формуле [1]:

$$Q_{cym} = M(q_1 + q_2 + \dots + q_n), \text{ т}, \quad (4.41)$$

где  $q_1, q_2, \dots, q_n$  – масса грузов в расчете на одно животное и птицы, в сутки, т;

$M$  – число животных и птиц в группе.

Тогда величина грузооборота определяется по формуле:

$$G_{cym} = M(q_1 \cdot l_1 + q_2 \cdot l_2 + \dots + q_n \cdot l_n), \text{ т} \cdot \text{км}, \quad (4.42)$$

где  $l_1, l_2, \dots, l_n$  – длина пути перемещения груза, км, (длина пути берется с ген. плана).

Часовой грузооборот определяется по формуле:

$$G_{\text{ч}} = M \left( \frac{q_1 l_1}{t_1} + \frac{q_2 l_2}{t_2} + \dots + \frac{q_n l_n}{t_n} \right), \text{ т} \cdot \text{км}, \quad (4.43)$$

где  $t_1, t_2, \dots, t_n$  – продолжительность перевозок данного груза, ч.

На основании полученных данных строят суммарный график грузооборота фермы (комплекса) исходя из графиков и расчетов, необходимое количество транспортных средств определяют по формуле:

$$n \geq \frac{G_{\text{ч}}}{V \cdot \gamma \cdot Z \cdot L_j \cdot K_n}, \text{ шт.}, \quad (4.44)$$

где  $V$  – объем транспортного средства, м<sup>3</sup>;

$\gamma$  – объемная масса транспортируемого груза, т/м<sup>3</sup>, принимается по таблице (Приложение 4. табл. 7);

$Z$  – число рабочих циклов за 1 час;

$L_j$  – длина пути, км;

$K_n$  – коэффициент простоев.

Число рабочих циклов за 1 час:

$$Z = \frac{60}{t_n + t_p + t_r + t_x}, \quad (4.45)$$

где  $t_n$  и  $t_p$  – время погрузки и разгрузки груза, мин.;  
 $t_r$  и  $t_x$  – время движения с грузом и без груза, мин.

Время простоя при погрузке:

$$t_n = \frac{V \cdot \gamma}{Q_n}, \text{ мин.}, \quad (4.46)$$

где  $Q_n$  – производительность погрузчика, т/мин.

Потребное количество погрузочных средств:

$$n_n \geq \frac{Q_{сут}}{60 \cdot Q_{см} \cdot T_{см} \cdot \delta_{см}}, \text{ шт.}, \quad (4.47)$$

где  $T_{см}$  – продолжительность рабочей смены, ч.

$\delta_{см}$  – коэффициент использования времени смены,  $\delta_{см} = 0,6 \dots 0,8$ .

## V. Проектирование технологических линий удаления, переработки и хранения навоза

Навоз – это ценное органическое удобрение, содержащее все питательные вещества, необходимые для роста растений. Так, например: на свинокомплексе по откорму 108 тыс. голов при гидравлическом удалении навоза из помещений ежегодно накапливается до 1 млн. м<sup>3</sup> навозных стоков. В этом объёме содержится до 1,5 тыс. тонн азота, до 800 тонн фосфора, до 1,3 тонн кальция и др. вещества, которыми можно удобрить до 5 тыс. гектаров сельхозугодий. Из этого видно, что проблема рационального использования навоза, как органического удобрения для создания собственной кормовой базы при одновременном соблюдении требований охраны окружающей среды имеет важное народно – хозяйственное значение.

### 5.1. Основные требования, предъявляемые к системам удаления и утилизации навоза

Система удаления и утилизации навоза должна надежно обеспечивать хорошие условия содержания животных, исключать загрязнение окружающей среды и способствовать его эффективному использованию. Она охватывает все процессы: от очистки помещений и площадок от навоза до внесения его на почву, а также сбор и утилизацию загрязненных навозом поверхностных вод.

Удаление, транспортировку, обработку, хранение и внесение в почву всего получаемого на фермах и комплексах навоза необходимо производить с соблюдением зоотехнических, санитарных, ветеринарных и агротехнических требований с тем, чтобы исключить распространение жизнеспособных яиц гельминтов, возбудителей инфекционных болезней и семян сорных растений.

Система удаления и утилизации навоза в целом должна быть экономически оптимальной для конкретных природно-климатических и производственных условий и определена на стадии технико-экономического обоснования местоположения и мощности вновь проектируемого комплекса.

Проект системы удаления и утилизации навоза вновь создаваемых и реконструируемых комплексов и ферм следует увязать с планами мелиорации земель и укрепления кормовой базы, чтобы увеличить выход органических удобрений, используя торф и другие подстилочные и компостируемые материалы, сократить затраты на транспортировку и вносить жидкий навоз, применяя оросительные системы.

### 5.2. Системы удаления и утилизации навоза

В зависимости от конкретных условий эффективными могут явиться следующие системы удаления и утилизации навоза:

- система удаления, хранения и внесения твердого подстилочного навоза;
- система удаления бесподстилочного навоза с приготовлением, хранением и внесением твердого компоста;
- система удаления бесподстилочного навоза с хранением и внесением его в жидком виде;
- система удаления бесподстилочного навоза с разделением его на твердую и жидкую фракции, хранением и внесением каждой фракции отдельно.

Одним из важнейших факторов, влияющих на эффективность и целесообразность той или иной системы удаления и утилизации навоза, является размер фермы или комплекса, так как им определяют количество получаемого навоза.

При выборе и оценке систем удаления и утилизации навоза необходимо принимать во внимание климатические, гидрогеологические,

санитарные и транспортные условия, рельеф удобряемых земель.

Определенное влияние на выбор конкретных технических решений систем удаления и утилизации навоза оказывает такая группа факторов, как объемно-планировочное решение фермы или комплекса, строительные возможности, доступность тех или иных технических средств, условия и затраты труда работников.

Кроме того, применимость той или иной системы определяется обеспеченностью подстилочными и компостируемыми материалами – торфом, соломой, древесными опилками.

При бесподстилочном содержании животных удаление навоза из помещений может быть осуществлено механическими или гидравлическими системами, а при подстилочном содержании – только механическими системами.

Во всех системах удаления и утилизации навоза должны выполняться операции по обеззараживанию навоза: карантинирование, дезинфекция при эпизоотиях, создание условий для гибели яиц гельминтов и семян сорных растений.

В зависимости от технологии содержания животных, консистенции навоза, объемно-планировочных решений и других условий используются следующие способы удаления навоза с пола помещений:

- перемещение навоза по полу бульдозерным агрегатом;
- перемещение навоза по полу стационарными установками со скребковыми рабочими органами (возвратно-поступательного, кругового принципа действия);
- подбор навоза с пола мобильными навозоподборочными агрегатами;
- удаление навоза через решетчатый или щелевой пол в каналы с гидравлической транспортировкой навоза по каналам;
- удаление навоза через решетчатый или щелевой пол в каналы с механической транспортировкой навоза по каналам;
- удаление навоза через решетчатый или щелевой пол в подпольное навозохранилище.

Системы удаления навоза через решетчатый или щелевой пол используются при бесподстилочном содержании животных.

Системы с мобильными агрегатами – бульдозерами, навозоподборщиками – применимы в основном при использовании подстилки.

Системы со стационарными установками применимы как при

подстилочном, так и при бесподстилочном содержании животных.

Мобильные агрегаты необходимы для удаления навоза с выгульных площадок, открытых откормочных площадок, скотопрогонов и дорог.

Удаление загрязненных поверхностных вод с территории ферм и комплексов осуществляется путем создания соответствующих уклонов поверхностей и устройства сети водоотводных лотков и трубопроводов. Загрязненные навозом стоки отводятся в накопительные емкости для последующего внесения на поля.

### 5.3. Переработка и хранение навоза

При любой схеме переработки навоза необходимо предусмотреть карантинирование навоза в течение 6 дней в секционных навозоприемниках. Карантинирование необходимо для выявления инфицированности навоза и дальнейшего нераспространения очагов заболеваний на другие объекты. Емкость одной секции навозоприемника должна быть равна 6-дневному выходу навоза с фермы (комплекса). Количество секций принять равной 1...3.

При карантинировании навоза обязательной операцией является гомогенизация (дробление и перемешивание навозной массы до однородной массы) для предупреждения осадения твердых включений на дно навозоприемников.

При использовании гидравлического способа удаления на животноводческих фермах (комплексах) целесообразно проводить разделение жидкого навоза на фракции (твердую и жидкую). Все способы разделения на фракции и обезвоживание жидкого навоза условно можно разделить на естественные, механические и электрохимические.

**Естественные** – это горизонтальные и вертикальные отстойники.

**Механические** – это фильтрующие центрифуги, виброгрохоты, пресс-фильтры, сепараторы, динамические фильтры, вакуум-фильтры, осадительные центрифуги.

**Электрохимические** – это электрокоагуляция и электрофлотация.

Твердая фракция складывается в бурты для естественного обеззараживания (перегной), которое в летний период длится до 1 месяца, в зимний до 2 месяцев. После этого обеззараженный навоз используется в качестве органического удобрения. А также целесообразно производить компостирование твердой фракции с наполните-

лями в специальном цехе переработки навоза. В качестве наполнителя можно использовать измельченную солому, древесные опилки, древесную стружку, торф. На одну тонну навоза добавляют 600...700 кг наполнителя и 4...20 кг минеральных удобрений.

Кроме этого твердую фракцию (особенно свиного навоза, помета) после соответствующей обработки можно использовать в качестве кормовых добавок при кормлении животных и птиц.

Жидкая фракция после соответствующей переработки может быть использована для орошения сельхозугодий; на рециркуляцию (использование очищенной жидкой фракции в гидравлических системах навозоудаления); в качестве кормовых добавок (выращивание водорослей) при кормлении животных и птиц.

Большое применение при очистке жидкой фракции навоза и сточных вод с животноводческих ферм (комплексов) получили электрокоагуляция и электрофлотация.

Сущность процесса электрокоагуляционной очистки заключается в адсорбции примесей, находящихся в жидкости, поверхностью гидроокиси металла (железо или алюминий), образующейся в результате взаимодействия продукта электролиза с водой и выпадении гидроокисей с адсорбированными на ее поверхности частицами примеси в осадок.

В общем случае процесс электрокоагуляционной очистки можно разделить на следующие стадии: электрохимическое (химическое) растворение металла анода (дозировка электролитического коагулянта), образование гидроокисей, адсорбация на хлопьях гидроокисей частиц примеси, выпадение примесей с адсорбированными их гидроокисями в осадок.

Сущность процесса *электрофлотационной* очистки (разделения) сточных вод от примесей заключается в выносе (подъеме) веществ, находящихся в жидкости на ее поверхность пузырьками газа, образующимися при электролизе.

Процесс электрофлотации включает в себя следующие отдельные стадии: образование газовых пузырьков (кислорода и водорода) на электродах, их рост и отрыв от электродов, движение газовых пузырьков в жидкости, столкновение газовых пузырьков с частицами примеси, образование агрегатов пузырьков – частица, движение агрегатов к поверхности жидкости и переход их в пену.

Если студенту не дана (в индивидуальном задании на курсовое проектирование) гидравлическая система навозоудаления, то при выборе систем уборки навоза желательно избегать применения гидравлических способов удаления навоза на фермах (комплексах) для зон с резко континентальным климатом.

Для хранения навоза предусматриваются облицованные и необлицованные полузаглубленные навозохранилища. В местах с близким расположением грунтовых вод и на грунтах легкого по механическому составу предусматривать строительство облицованных навозохранилищ. В глинистых грунтах можно рекомендовать строительство обвалованных необлицованных хранилищ.

Для хранения твердой фракции навоза в курсовых проектах следует предусматривать строительство площадок с твердым покрытием с ливнеотводами. Емкость навозохранилища принимают равным 40 % от годового выхода навоза с животноводческой фермы (комплекса).

#### 5.4. Технологический расчет линии удаления и хранения навоза

Расчет суточного, годового выхода навоза с фермы (комплекса) определяют по выражению [7]:

$$Q_{\text{сут}} = \sum_{i=1}^n (Q_{\text{э}} + Q_{\text{мв}} + Q_{\text{вн}} + Q_{\text{н}}) \cdot m \cdot 10^{-3}, m, \quad (5.1)$$

$$Q_{\text{год}} = Q_{\text{сут}} \cdot D_{\text{ст}}, m,$$

где  $Q_{\text{э}}$  – количество экскрементов (моча, кал) с 1 головы, кг, (прил. 5, табл. 1);

$Q_{\text{мв}}$  – количество технологической воды, поступившей в систему навозоудаления (от мойки посуды, течи поилок, кг/гол., принять 20 % от суточного расхода воды на 1 голову);

$Q_{\text{вн}}$  – количество воды, используемой при гидравлической системе навозоудаления, кг (1,5...30 л на одну голову в зависимости от системы навозоудаления);

$Q_{\text{н}}$  – количество подстилки на 1 голову, кг, (прил. 5, табл. 2);

$m$  – количество животных одного половозрастного вида;

$n$  – количество групп животных на ферме;

$D_{\text{ст}}$  – продолжительность стойлового периода, дн. (240 дней).

Производительность технологической линии удаления навоза за

один цикл включения навозоуборочного средства в одном здании составит:

$$Q_{ТЛ} = \frac{Q'_{сум}}{T_{ц} n_{вкл}}, \text{ т/ч} \quad (5.2)$$

$$Q'_{сум} = \frac{Q_{сум}}{n},$$

где  $T_{ц}$  – время работы линии за цикл, ч;  
 $Q'_{сум}$  – количество навоза, поступающего из одного здания, т;  
 $n$  – количество зданий на ферме (комплексе);  
 $n_{вкл}$  – число включений транспортера в сутки.

Число включений транспортера в сутки:

$$n_{вкл} = \frac{Q'_{сум}}{V_{нк}} = \frac{Q'_{сум}}{h \cdot b \cdot L \cdot \rho \cdot \varphi}, \quad (5.3)$$

где  $V_{нк}$  – объем навозного канала, м<sup>3</sup>;  
 $h, b, L$  – габаритные размеры навозного канала, м;  
 $\rho$  – плотность навоза ( $\rho = 1,04 \text{ т/м}^3$ );  
 $\varphi$  – коэффициент заполнения канала ( $\varphi = 0,5 \dots 0,6$ ).

Для хранения твердой фракции навоза в курсовых проектах следует предусматривать строительство площадок с твердым покрытием с ливнеотводами. Площади для хранения навоза и подстилочного материала подсчитать по выражению:

$$S = \frac{T \cdot Q_{сум}^{мс}}{q_i}, \quad (5.4)$$

где  $S$  – площадь твердой площадки, м<sup>2</sup>;  
 $T$  – продолжительность хранения, дни;  
 $Q_{сум}^{мс}$  – суточный выход твердой фракции навоза и расход влагопоглощающих материалов, т.  
 $q_i$  – удельная нагрузка на площадку (торф  $q = 0,4 \dots 0,7 \text{ т/м}^2$ , компост  $q = 0,5 \dots 0,9 \text{ т/м}^2$ ).

Для погрузки и выгрузки навоза предусмотреть использование ПФП-1,2 и 2 ПТС-4М, а для жидкого навоза – НЖН-200, НЖН-Ф-100, РЖТ-4, РЖТ-8.

Суточный выход жидкой фракции навоза подсчитать по выражению:

$$Q_{сум}^{жс} = Q_{сум} \frac{W_H - W_{мс}}{W_{жс} - W_{мс}}, \quad (5.5)$$

где  $W_H, W_{мс}, W_{жс}$  – соответственно влажность исходного навоза, твердой фракции и жижи, %.

Тогда выход твердой фракции составит:

$$Q_{сум}^{мс} = Q_{сум} - Q_{сум}^{жс}. \quad (5.6)$$

Емкость для хранения жидкой фракции будет равна:

$$V = \frac{Q_{сум}^{жс}}{g \cdot n}, \quad (5.7)$$

где  $Q_{сум}^{жс}$  – годовой выход жижи, т;  
 $n$  – число опорожнений навозохранилища в году (2 раза).

## VI. Проектирование технологических линий доения коров, первичной обработки и переработки молока

Машинное доение коров облегчает работу людей и повышает производительность труда. В зависимости от системы содержания животных и применяемых доильных установок можно снизить затраты труда по сравнению с ручным доением в 2...5 раз, что уменьшает потребность в рабочей силе [1].

Для сохранения и повышения продуктивности дойного стада необходимо добиваться наиболее полного выдаивания коров. Большое значение для осуществления этой цели имеют правильная организация труда, неукоснительное соблюдение всех правил технологии машинного доения коров.

### 6.1. Технологический расчет доильных установок

Стационарные доильные установки подразделяются на установки для доения коров в переносные ведра и в молокопровод при привязном содержании животных (линейные доильные установки) и для доения в молокопровод в доильных залах при беспривязном содержании животных.

Количество доильных аппаратов, потребное для обслуживания дойных коров на ферме, рассчитывается в зависимости от принятого

способа доения.

1) При доении в стойлах [11]:

$$Z_c = \frac{m_o \cdot t_{\text{общ}}}{T}, \text{ шт.}, \quad (6.1)$$

где  $m_o$  – количество дойных коров на ферме.

Если на ферме всех коров  $m$ , то  $m_o = (0,85 \dots 0,90) m$

$$t_{\text{общ}} = t_m + t_{\text{всп}} - \text{общее время доения одной коровы, мин};$$

$$T - \text{время доения всех коров, мин.}$$

Время  $t_{\text{общ}}$  складывается из потребного «чистого» времени работы аппарата  $t_m$  и необходимого на ручные операции  $t_{\text{всп}}$ . Обычно  $t_m = 4 \dots 6$  мин. На ручные операции при доении в ведра – 3...4 мин; в молокопровод – 2...3 мин; на установках типа «Елочка», «Тандем», «Карусель» – 0,8...1,0 мин. Ручные операции включают: подмыв и массаж вымени, обтирание вымени, сдаивание первых струек молока, перенос доильных аппаратов, надевание и снятие доильных стаканов.

Время доения всех коров зависит от распорядка дня на ферме и зоотехнических требований. Если на ферме коровы доятся с определенной кратностью, то  $T = 90 \dots 135$  мин.

2) При доении в доильных залах:

$$Z_3 = \frac{t_m + t_{\text{д.м.}}}{t_d + t_{\text{д.м.}}}, \text{ шт.}, \quad (6.2)$$

где  $t_{\text{д.м.}}$  – время, затрачиваемое доярком на ручные операции при обслуживании аппарата – надевание и снятие доильных аппаратов, регулирование пульсации (время на машинно-ручные операции);

$t_d$  – время, затрачиваемое доярком на обслуживание одной коровы – подмыв, обтирание и массаж вымени, сдаивание первых струек молока (время на ручные операции).

Для доильных площадок типа «Елочка», «Тандем»  $t_{\text{д.м.}} = 10-20$  с и  $t_{\text{д.м.}} = 40-60$  с.

3) При доении на конвейерной доильной установке:

$$Z_K = \frac{m_o \cdot t}{T \left( 60 - \frac{t}{T} \right)}, \text{ шт.}, \quad (6.3)$$

где  $t$  – время одного оборота доильной платформы, мин.

Время  $t$  складывается из времени, потребного на «чистую» рабо-

ту аппарата –  $t_m$  и вспомогательного –  $t_{\text{всп}}$  (время поворота сектора платформы от снятия до доильных стаканов в определенном доильном станке). За период доения несколько доильных стаканов не принимает участие в работе.

$$t = t_m + t_{\text{всп}}, \text{ мин.} \quad (6.4)$$

Производительность доильной установки при доении в стойлах:

$$Q_c = \frac{60Z_c}{t_{\text{общ}}}, \text{ коров/ч.} \quad (6.5)$$

Производительность доильной установки в доильных залах с групповыми станками:

$$Q_3 = \frac{60Z_3}{t_m + t_{\text{д.м.}}}, \text{ коров/ч.} \quad (6.6)$$

для определенного поголовья дойных коров число групповых площадок:

$$Z_{\text{д.н.}} = \frac{m_o}{T \cdot Q_3}, \text{ шт.}, \quad (6.7)$$

Производительность при доении на конвейерной доильной установке:

$$Q_K = \frac{Z_k \left( 60 - \frac{t}{T} \right)}{t}, \text{ коров/ч.}, \quad (6.8)$$

Диаметр кольца конвейера определяется по известному числу работающих аппаратов или станков, т. е.

$$D_K = \frac{L \cdot Z_k}{\pi}, \text{ м} \quad (6.9)$$

где  $L$  – длина станка, м. Для конвейерных доильных установок с последовательным расположением станков  $L = 2,5$  м и по «Елочке»  $L = 1,8$  м.

Скорость вращения конвейерных площадок должна быть не более 0,2 м/с, определяется по формулам:

$$v = \frac{\pi D_K}{t \cdot 60}, \text{ м/с}, \quad (6.10)$$

или

$$v = \frac{\pi D_K \cdot m_o}{T \cdot Z_k \cdot 3600}, \text{ м/с.} \quad (6.11)$$

Количество доильных аппаратов, которое может обслужить одна доярка:

$$Z_{o.d.} = \frac{t_m + t_{всп}}{t_{всп}}, \text{ шт.}, \quad (6.12)$$

Количество циклов за время дойки  $Z_u = \frac{60 \cdot T}{t_{общ}}$ , тогда за это время одна доярка выдоит коров:

$$m_{o.d.} = Z_u \cdot Z_{o.d.}, \text{ коров}, \quad (6.13)$$

отсюда производительность одной доярки составит:

$$Q_o = \frac{m_{o.d.}}{T}, \text{ коров/ч.} \quad (6.14)$$

Это же можно определить по формуле:

$$Q_o = \frac{60}{t_{общ}}, \text{ коров/ч.} \quad (6.15)$$

### 6.1.1. Определение расхода воздуха доильной установкой

Расход воздуха доильным аппаратом зависит от величины вакуума, частоты пульсации и объема емкостей камер и трубок, в которых действует переменный вакуум.

Объем воздуха, откачиваемый из доильного аппарата за одну пульсацию и приведенный к атмосферному давлению, составит [9]:

$$V_n = V_1 \cdot \frac{h}{P}, \text{ м}^3, \quad (6.16)$$

где  $V_1$  – суммарный объем всех камер и трубок переменного вакуума доильного аппарата,  $\text{м}^3$ ;

$h$  – значение вакуума по вакуумметру,  $\text{н/м}^2$ ;

$P$  – барометрическое (атмосферное) давление,  $\text{н/м}^2$ .

Однако на практике из-за износа деталей доильного аппарата в расчетах необходимо использовать действительный расход воздуха доильным аппаратом:

$$V_o = 1,35 \cdot V_n, \text{ м}^3. \quad (6.17)$$

Тогда часовой расход воздуха комплектом доильных аппаратов составит:

$$V_v = 60 \cdot V_o \cdot k \cdot Z, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (6.18)$$

где  $k$  – число пульсаций доильного аппарата, пульс/мин;

$Z$  – количество доильных аппаратов в комплекте, шт.

Потребную производительность вакуумного насоса определяют по опытным данным, учитывая имеющиеся в системе подсосы воздуха, по формуле:

$$Q = V_v + V_v (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \alpha_5 + \alpha_6), \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (6.19)$$

где  $\alpha_1$  – коэффициент, учитывающий утечку воздуха в соединениях труб и кранах,  $\alpha_1 = 0,1$ ;

$\alpha_2$  – коэффициент, учитывающий просос воздуха между соском и сосковой резиной,  $\alpha_2 = 0,05$ ;

$\alpha_3$  – коэффициент, учитывающий выпуск воздуха при надевании доильных стаканов на соски вымени,  $\alpha_3 = 0,2$ ;

$\alpha_4$  – коэффициент, учитывающий утечку воздуха при случайном спадании шлангов,  $\alpha_4 = 0,25$ ;

$\alpha_5$  – коэффициент, учитывающий падение производительности при работе летом в районах с жарким климатом,  $\alpha_5 = 0,2$ ;

$\alpha_6$  – коэффициент, учитывающий падение производительности вакуумного насоса от его нагрева и разжижения смазки,  $\alpha_6 = 0,2$ .

Для создания разрежения (вакуума) в системе доильных установок применяются вакуумные насосы низкого вакуума от  $4,7 \cdot 10^4 \text{ н/м}^2$  (350 мм рт. ст.) до  $6,6 \cdot 10^4 \text{ н/м}^2$  (500 мм рт. ст.), которые бывают поршневые, водокольцевые и ротационные.

Производительность поршневого вакуум-насоса определяется по формуле:

$$Q_n = 60 \cdot \lambda \cdot \frac{\pi D_u^2}{4} \cdot S \cdot n, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (6.20)$$

где  $\lambda$  – коэффициент заполнения цилиндра поршня,  $\lambda = 0,9$ ;

$D_u$  – диаметр цилиндра, м;

$S$  – ход поршня, м;

$n$  – частота вращения коленчатого вала, об/мин.

Производительность ротационного вакуум-насоса можно определить по формуле:

$$Q_p = 60 \cdot \lambda L \left[ \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) - Z \cdot e \cdot a \right] \cdot n, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (6.21)$$



где  $\lambda$  – коэффициент заполнения объема статора,  $\lambda = 0,5 \dots 0,8$ ;  
 $D$  – диаметр статора, м;  
 $L$  – длина лопаток ротора, м;  
 $d$  – диаметр ротора, м;  
 $Z$  – число лопаток, шт.;  
 $e$  – эксцентриситет, м;  
 $a$  – толщина лопаток, м;  
 $n$  – частота вращения ротора, об/мин.

Исследованиями установлено, что для вакуум-насосов этого типа целесообразны следующие соотношения основных конструктивных и режимных параметров:

- диаметр ротора,  $d = 0,86 D$ ;
- эксцентриситет,  $e = 0,07 D$ ;
- ширина лопаток,  $b = 0,27 D$ ;
- длина лопаток,  $L = (1,6 \dots 2,1) D$ ;
- окружная скорость лопаток,  $v = 10 \dots 11$  м/с.

Мощность, необходимая на привод вакуум-насоса, рассчитывается по формуле:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot \omega}{\eta}, \text{ Вт}, \quad (6.22)$$

где  $M_{кр}$  – крутящий момент на валу ротора, обусловленный сопротивлением всасывания воздуха, н·м;

$\omega$  – угловая скорость ротора, рад/с;

$\eta$  – к. п. д. вакуум-силовой установки,  $\eta = 0,75 \dots 0,85$ .

Для ротационного насоса с четным числом лопаток крутящий момент составит:

$$M_{кр} = h \cdot e \cdot D \cdot L, \text{ н.м.}, \quad (6.23)$$

где  $h$  – расчетная величина вакуума, н/м<sup>2</sup>.

### 6.1.2. Расчет вакуум-провода

Диаметр вакуум-провода определяется из уравнения:

$$V_h = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot v \cdot 3600, \quad (6.24)$$

откуда

$$d = \frac{1}{30} \sqrt{\frac{V_h}{\pi \cdot v}}, \quad (6.25)$$

где  $V_h$  – объем отсасываемого воздуха при вакууме  $h$ , м<sup>3</sup>/ч;  
 $d$  – диаметр вакуум-провода,  $d = 0,025 \dots 0,05$  м;  
 $v$  – скорость движения воздуха,  $v = 6 \dots 10$  м/с.

Диаметр вакуум-провода следует проверить на сопротивление трению воздуха о стенки при прямой трубе по формуле:

$$\Delta p' = \beta \frac{L \cdot v^2}{d \cdot 2g} \cdot \gamma, \text{ кг/м (мм. рт.ст.)}, \quad (6.26)$$

где  $\beta$  – коэффициент сопротивления,  $\beta = \frac{8,3 \cdot 10^5}{G^{0,48}}$ ;

$G$  – весовое количество протекающего по трубе воздуха, кг;

$L$  – длина трубы, м;

$d$  – диаметр трубы, м;

$v$  – скорость движения воздуха в трубе, м/с;

$\gamma$  – объемная масса воздуха, кг/м<sup>3</sup>.

Величина потерь для преодоления местных сопротивлений определится по формуле:

$$\Delta p'' = \xi \frac{v^2}{2g} \cdot \gamma, \text{ кг/м (мм. рт.ст.)}, \quad (6.27)$$

где  $\xi$  – коэффициент потерь для каждого вида сопротивлений, определяемый по табличным данным.

### 6.1.3. Расчет вакуум-регулятора

При расчете вакуум-регулятора необходимо определить вес груза подвешиваемого к клапану по формуле:

$$G_K = P_\sigma \frac{\pi \cdot d_0^2}{4} \cdot \frac{h}{760}, \text{ кг}, \quad (6.28)$$

где  $P_\sigma$  – барометрическое давление (атмосферное), мм рт. ст.;

$d_0$  – диаметр клапана по средней опорной его поверхности, см;

$h$  – показания вакуумметра, мм рт. ст.

### 6.1.4. Расчет молокопровода

Диаметр молокопровода определяется, исходя из количества пропускаемого через него молока и допускаемой скорости из уравнения:

$$\frac{\pi \cdot d^2}{4} v \cdot \varphi = \frac{Q}{3600} \cdot \gamma, \quad (6.29)$$

откуда

$$d = \frac{1}{30} \sqrt{\frac{Q}{\pi \cdot v \cdot \varphi \cdot \gamma}}, \text{ м/с}, \quad (6.30)$$

где  $Q$  – количество пропускаемого молока, т.е. производительность молочной линии, кг/ч;

$v$  – скорость движения молока,  $v = 0,5 \dots 1,2$  м/с;

$\varphi$  – степень заполнения молокопровода молоком,  $\varphi = 0,05$ ;

$\gamma$  – объемная масса молока, кг/м<sup>3</sup>.

Движение молока должно быть турбулентным с числом Рейнольдса  $Re > 20000$ .

Для определения скорости рекомендуется формула:

$$v = 0,785 \sqrt[n]{d}, \text{ м/с}, \quad (6.31)$$

где  $n$  – показатель степени,  $n = (0,5 \dots 3,5) R$ ;

$R$  – гидравлический радиус,  $R = \frac{d}{4}$

Степень заполнения молокопровода молоком весьма незначительна, т.к. молоко движется вместе с воздухом. По расчетным данным, при удое коров 10 л/сут. и средней скорости движения молока  $v = 0,62$  м/с,  $\varphi = 0,05$ .

## 6.2. Технологические расчеты линии обработки и переработки молока

Молоко – биологическая жидкость, секрет молочной железы млекопитающих животных, представляющая собой многофункциональную полидисперсионную смесь. Она состоит из дисперсной среды – плазмы, в которой растворены минеральные соли и молочный сахар; коллоидной фазы – белков и части солей, а также мелкодисперсной фазы – молочного жира в виде шариков, окруженных белково-липидной оболочкой.

Молоко содержит в среднем в процентах: жира – 3,8, белка – 3,3, воды – 87,5, молочного сахара – 4,7, минеральных веществ – 0,7. Кроме этого в молоке находятся витамины, гормоны, ферменты, лимонная и молочная кислоты. Молоко представляет собой скоропортящийся продукт и является весьма благоприятной средой для развития всевозможных микроорганизмов.

Качество молока и молочных продуктов во многом зависит от

своевременности обработки и переработки.

В целях сохранения молока в свежем виде его подвергают на фермах (комплексах) первичной обработке, которая состоит из следующих технологических операций: очистка, охлаждение, хранение, учет, а в случае, если молоко поступает сразу в торгующую сеть или в пункты общественного питания, то пастеризация, сепарирование, нормализация и гомогенизация молока.

### 6.2.1. Технологический расчет охладителей молока

Технологическая операция охлаждения молока предназначена для замедления жизнедеятельности микроорганизмов, вызывающих порчу и скисание молока.

Чем дольше приходится хранить свежее молоко и выше температура окружающей среды, тем ниже должна быть температура его охлаждения. Летом молоко охлаждают до 2...4°C, зимой до 8°C. Для охлаждения используют холодную воду родников, артезианских скважин, а также воду, охлажденную в холодильных установках.

Простейшим устройством для охлаждения молока служит ванна с проточной водой, в которую погружают фляги с молоком.

Процесс охлаждения заключается в переходе тепла от молока к окружающей среде через разделяющую их стенку сосуда.

Время, необходимое для охлаждения молока до заданной температуры, можно определить из уравнения [1]:

$$2,3 \lg \frac{t_n - t_o}{t_k - t_o} = \frac{K \cdot F}{M \cdot C} \cdot T, \quad (6.32)$$

где  $t_n, t_k$  – температуры молока в начале и в конце процесса охлаждения, °C;

$t_o$  – температура окружающей среды, °C;

$K$  – общий коэффициент теплоотдачи, Вт/м<sup>2</sup> · °C;

$F$  – поверхность теплообмена, м<sup>2</sup>;

$M$  – масса охлаждаемого молока в сосуде, кг;

$C$  – теплоемкость молока, Дж/кг · °C;

$T$  – время охлаждения молока, С.

Значительно эффективнее процесс охлаждения молока протекает в специальных аппаратах – молочных охладителях. По конструкции и способу охлаждения различают открытые и закрытые ороси-

тельные аппараты, противоточные и параллельные, трубчатые и пластинчатые.

Расчетное уравнение противоточного охладителя имеет следующий вид:

$$2,3 \lg = \frac{(n \cdot C_6 - C)(t_n - t_o) + C \cdot \tau_k}{C_6 \cdot n \cdot T_k} = \frac{n \cdot C_6 - C}{n \cdot C_6} \cdot \frac{K \cdot F}{M \cdot C}, \quad (6.33)$$

где  $n$  – водное число охладителя, т.е. отношение количества охлаждающей жидкости и молока, проходящих через аппарат в единицу времени,  $n=2$  для рассола,  $n=3$  для воды;

$C_6$  – теплоемкость охлаждающей жидкости, Дж/кг · °С;

$\tau_k$  – разность температур между охлажденным молоком и охлаждающей жидкостью, °С.

При выборе и расчете охладителей (трубчатого или пластинчатого) исходными данными являются производительность и температурный режим технологического процесса охлаждения молока.

Тепловой поток, уходящий от жидкого продукта (молока, сливок, обрат) хладагенту (воде, рассолу), определяется по формуле [9]:

$$Q = M_n \cdot C_n (t_n - t_k), \text{ Вт}, \quad (6.34)$$

где  $M_n$  – массовый расход жидкого продукта, кг/с;

$C_n$  – теплоемкость продукта, Дж/кг · °С;

Отношение количества затрачиваемого хладагента к количеству охлаждаемого продукта, называют коэффициентом кратности расхода теплоносителя, т.е.:

$$n = \frac{M_x}{M_n}, \quad (6.35)$$

где  $M_x$  – масса затрачиваемого хладагента, кг;

$M_n$  – масса охлаждаемого продукта, кг;

$n = 2,5 \dots 3,0$  для водяных секций;

$n = 1,5 \dots 2,5$  для рассольных секций.

Тепловая производительность охладителя определится по формуле:

$$Q = F \cdot K \cdot \Delta t_{cp} = M_n \cdot C_n (t_n - t_k) \text{ Вт}, \quad (6.36)$$

где  $F$  – площадь рабочей поверхности охладителя, м<sup>2</sup>;

$K$  – общий коэффициент теплопередачи, Вт/м<sup>2</sup> · С°;

$$K = \frac{1}{\left[ \left( \frac{1}{\alpha_1} \right) + \left( \frac{1}{\alpha_2} \right) + \left( \frac{1}{\lambda} \right) \right]}, \quad (6.37)$$

где  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  – коэффициенты теплоотдачи от продукта к стенке пластины охладителя и от стенки пластины к хладагенту (вода, рассол), Вт/м<sup>2</sup> · С°;

$\lambda$  – коэффициент теплопроводности материала пластины, Вт/м<sup>2</sup> · С°;

$\delta$  – толщина пластины охладителя, м;

$\Delta t_{cp}$  – среднелогарифмическая разность температур.

$K = 1000 \dots 1500$  – при охлаждении молока водой;  $K = 600 \dots 1000$  – при охлаждении сливок водой;  $K = 700 \dots 1000$  – при охлаждении молока рассолом;  $K = 500 \dots 700$  – при охлаждении сливок рассолом.

Среднелогарифмическую разность температур определяем из уравнения Грасгофа:

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{2,3 \lg \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}}}, \quad (6.38)$$

где  $\Delta t_{\max}$  – разность температур между жидкостями в начале процесса, °С;

$\Delta t_{\min}$  – разность температур между жидкостями в конце процесса, °С.

В развернутом виде формула (6.38) имеет вид:

$$\Delta t_{cp} = \frac{(t_{н.м} - t_{к.в}) - (t_{к.м} - t_{н.в})}{2,3 \lg \frac{(t_{н.м} - t_{к.в})}{(t_{к.м} - t_{н.в})}}, \quad (6.39)$$

где  $t_{н.м}$  и  $t_{к.м}$  – соответственно начальная и конечная температура молока, °С;

$t_{н.в}$  и  $t_{к.в}$  – соответственно начальная и конечная температуры воды, °С.

При расчете двухсекционного охладителя значение средней разности температур ведут отдельно для водяной и рассольной секции.

Площадь рабочей поверхности охладителя определяют из уравнения тепловой производительности, для односекционного охладителя она определится:

$$F = \frac{M_n \cdot C_n (t_n - t_k)}{K \cdot \Delta t_{cp}}, \text{ м}^2, \quad (6.40)$$

Для двухсекционного охладителя площадь поверхности составит:

$$F = F_e + F_p, \text{ м}^2, \quad (6.41)$$

где  $F_e$  и  $F_p$  – соответственно площади охлаждения водяной и рассольной секций,  $\text{м}^2$ .

Из условия неразрывности потока находят число параллельных каналов в пакете охладителя:

$$m = \frac{M_n}{10^3 \cdot v_n \cdot \epsilon \cdot \delta}, \text{ шт}, \quad (6.42)$$

где  $v_n$  – скорость движения продукта по каналам охладителя,  $v_n = 0,5 \text{ м/с}$ ;  
 $\epsilon$  – ширина канала, м;  
 $\delta$  – толщина зазора между рабочими поверхностями в пакете, м.

Число пластин в секции можно определить по формуле:

$$Z = \frac{F}{f_{пл}}, \text{ шт}, \quad (6.43)$$

где  $f_{пл}$  – площадь рабочей поверхности одной пластины, м.

По найденной для заданных условий поверхности охлаждения либо по справочнику подбирают необходимую марку охладителя или определяют конструктивные размеры вновь проектируемого охладителя.

Площадь охлаждающей поверхности плоского трубчатого оросительного охладителя определяется по формуле:

$$F_{т.о.} = 2(\pi \cdot r - i) \cdot l \cdot Z, \text{ м}^2, \quad (6.44)$$

где  $r$  – наружный радиус трубы, м;  
 $i$  – ширина пропаянной части трубы по дуги окружности, м,  
 $i = 0,0174 r \cdot \alpha$ , где  $\alpha$  – центральный угол,  $\alpha = 30 \dots 60^\circ$ ;  
 $l$  – рабочая длина трубы (ширина охладителя), м;  
 $Z$  – число труб.

Пользуясь уравнением неразрывности потока для теплоносителя, определяют внутренний диаметр трубы змеевика (гофра) охладителя:

$$d_T = \frac{41,8}{\sqrt{v_T}}, \text{ м}, \quad (6.45)$$

где  $v_T$  – скорость движения теплоносителя в трубе, м/с.

Поверхность охлаждения, образованная одним витком змеевика, может быть определена по формуле:

$$f_e = \pi D_{cp} \cdot \epsilon, \text{ м}^2, \quad (6.46)$$

где  $D_{cp}$  – средний диаметр змеевика, м;  
 $\epsilon = \frac{\pi D_{cp}}{2}$  – смоченная теплоносителем ширина витка, м.

Высота охладителя будет равна:

$$H = (Z_e + Z_p)(d_T + i), \text{ м}, \quad (6.47)$$

где  $Z_e = \frac{F_e}{f_{ns}}$  – число витков водяной секции, шт.;  
 $Z_p = \frac{F_p}{f_{ns}}$  – число витков рассольной секции, шт.;  
 $i$  – расстояние по высоте между двумя смежными витками,  $i = 0,005 \text{ м}$ .

Скорость, с которой молоко вытекает из приемника через распределительное устройство, определяется по формуле:

$$v = \mu \cdot \sqrt{2gh}, \text{ м/с}, \quad (6.48)$$

где  $\mu$  – коэффициент истечения,  $\mu = 0,8$  для молока,  $\mu = 0,6$  для сливок;  
 $h$  – высота столба продукта над отверстием,  $h = 0,03 \dots 0,08 \text{ м}$ .

Практически средняя скорость молока устанавливается в пределах  $0,2 \dots 0,7 \text{ м/с}$ .

Конструктивные параметры молокоприемника и распределительного устройства определяют из уравнения производительности охладителя по формуле истечения:

$$Q = \mu \cdot f_o \cdot Z_o \cdot \sqrt{2gh}, \text{ кг/с}, \quad (6.49)$$

где  $f_o$  – площадь одного отверстия, через которое вытекает молоко,

$$f_o = \frac{\pi d_o^2}{4}, \text{ м}, \quad (6.50)$$

где  $d_o$  – диаметр отверстия, м;  
 $Z_o$  – число отверстия в распорядительном устройстве.

## 6.2.2. Выбор и технологический расчет холодильной установки

Проточной водой на охладителях можно охладить молоко в лучшем случае до  $12 \dots 15^\circ\text{C}$ , т.к. температура воды редко бывает ниже  $10^\circ\text{C}$ .

Для более глубокого охлаждения используются холодильные установки, которые предназначены для создания искусственного холода.

Получение искусственного холода посредством холодильных установок основано на кипении некоторых жидкостей – холодильных агентов при низких температурах или на расширение сжатого газа.

На животноводческих фермах (комплексах) наибольшее распространение получили паровые компрессионные холодильные установки. В качестве хладагента в таких установках применяют аммиак, фреон, углекислоту, сернистый ангидрит и др. Хладагенты должны обладать способностью при испарении, поглощать большое количество тепла.

Наиболее распространенными холодильными агентами являются аммиак (промышленные холодильные установки) с температурой кипения при атмосферном давлении минус 33,4°С и фреон (Ф-12) минус 29,8°С. Следует отметить, что аммиак ядовит и взрывоопасен, поэтому на МТФ следует применять в качестве холодильных агентов фреоны. Выбор холодильного агрегата для заданных условий ведется по максимальной часовой потребности в холоде.

Для охлаждения молока и молочных продуктов, пропускаемых через охладитель, необходимое количество холода в час определяется по формуле [9]:

$$Q_{охл} = Q_{п} + q = M_{п} \cdot c_{п} (t_{к} - t_{н}) + q, \text{ Дж/ч}, \quad (6.51)$$

где  $Q_{п}$  – расход холода на собственное охлаждение продукта, Дж/ч;  
 $q$  – расход холода на потери в окружающую среду, Дж/ч;  
 $M_{п}$  – массовая производительность принятого охладителя, кг/ч;  
 $c_{п}$  – теплоемкость продукта, Дж/(кг · °С);  
 $t_{н}$  и  $t_{к}$  – начальная и конечная температура продукта, °С.

Значение  $q$  при ориентировочных подсчетах принимается равным  $q = 2...3\%$  от  $Q_{п}$ .

Расход холода в холодильных камерах, предназначенных для кратковременного хранения продуктов, в сутки составляет:

$$Q_{сут.к.} = \sum Q_1 + \sum Q_2 + \sum Q_3 + \sum Q_4, \quad (6.52)$$

где  $Q_{сут.к.}$  – расход холода при хранении продуктов в холодильной камере, Дж/сутки;  
 $\sum Q_1$  – расход холода на теплопередачу через наружные ограждения камеры (стены, пол, потолок), Дж/сутки;  
 $\sum Q_2$  – расход холода на доохлаждение продукта и тары, поступающих в камеру в течение суток, Дж/сутки;

$\sum Q_3$  – расход холода на охлаждение приточного воздуха, поступающего в камеру за сутки, Дж/сутки;

$\sum Q_4$  – расход холода при открывании дверей и на пребывание в камере людей, Дж/сутки.

Расход холода через наружные ограждения камеры определяют по формуле:

$$\sum Q_1 = 3600 \cdot 24 \sum F \cdot \kappa (t_{нар.} - t_{вн.}), \quad (6.53)$$

где  $F$  – поверхность стен, пола и потолка камеры, м<sup>2</sup>;  
 $\kappa$  – коэффициент теплопередачи стен, пола и потолка, Вт/(м<sup>2</sup> · °С);  
 $t_{нар.}$  – расчетная наружная температура воздуха, °С;  
 $t_{вн.}$  – заданная температура воздуха в холодильной камере (обычно равная 2...4°С).

Расчетную температуру наружного воздуха находят из соотношения:

$$t_{нар} = 0,4t_{см} + 0,6t_{макс}, \quad (6.54)$$

где  $t_{см}$  – среднемесячная температура наружного воздуха, °С;  
 $t_{макс}$  – максимальная суточная температура наружного воздуха самого жаркого месяца, °С.

Расход холода на доохлаждение продукта и тары учитывается по формуле:

$$\sum Q_2 = \sum (G_{п} \cdot c_{п} + G_{т} \cdot c_{т}) (t_1 - t_2), \quad (6.55)$$

где  $G_{п}$  – масса продуктов, поступающих в камеру за сутки, кг/сутки;  
 $G_{т}$  – масса тары, кг/сутки;  
 $c_{п}$  – теплоемкость продуктов, Дж/(кг · °С);  
 $c_{т}$  – теплоемкость материала тары, Дж/(кг · °С);  
 $t_1$  и  $t_2$  – начальная и конечная температуры продуктов и тары, °С.

Расход холода на охлаждение приточного воздуха при вентиляции камеры подсчитывается по формуле:

$$\sum Q_3 = \alpha V \rho (i_{нар} - i_{вн.}), \quad (6.56)$$

где  $\alpha$  – кратность смены воздуха в сутки, равная 2;  
 $V$  – объем камеры, м<sup>3</sup>;  
 $\rho$  – плотность воздуха в камере, кг/м<sup>3</sup>;  
 $i_{нар}$  и  $i_{вн.}$  – теплосодержание воздуха наружного и внутри камеры, Дж/кг.

Расход холода при открывании дверей на пребывание в камере

людей и другие эксплуатационные потери учитывают, пользуясь формулой:

$$\sum Q_4 = (0,2 \dots 0,4) \sum Q_1. \quad (6.57)$$

Общее суточное количество холода  $Q_{\text{сут.к}}$  при кратковременном хранении продуктов в камере допустимо подавать от холодильного агрегата периодически, но с перерывами, не превышающими 3...5 часов.

Исходя из этого, для выбора холодильного агрегата, предназначенного только для охлаждения камеры, задаются числом часов его работы в сутки и определяют необходимую его часовую производительность:

$$Q_q = \frac{Q_{\text{сут.к.}}}{n}, \quad (6.58)$$

где  $Q_q$  – максимальная часовая потребность в холоде для условий (холодопроизводительность агрегата), Дж/ч;

$n$  – принятое число часов работы агрегата в сутки.

Однако в практике чаще всего один и тот же холодильный агрегат используется для охлаждения молока и молочных продуктов на охладителе и для охлаждения камеры. В этом случае потребуется агрегат с часовой холодопроизводительностью, равной:

$$Q' = Q_{\text{охл}} + \left( \frac{Q_{\text{сут.к.}}}{n} \right), \quad (6.59)$$

где  $Q'$  – холодопроизводительность агрегата, предназначенного для охлаждения молока на охладителе и для охлаждения камеры, Дж/ч.

По полученным данным выбирают тип и марку холодильной установки.

### 6.2.3. Выбор и технологический расчет пастеризаторов молока

Пастеризация молока – это способ его обработки путем нагревания до сравнительно высокой температуры, но меньше температуры кипения при атмосферном давлении. Цель пастеризации – уничтожить находящиеся в молоке микроорганизмы и повысить стойкость молока против порчи при его хранении.

В зависимости от температуры бактериально загрязненного мо-

лока различные виды микроорганизмов, находящиеся в нем, обладают различной жизнеспособностью. Процесс пастеризации ведут при таком диапазоне температур и продолжительности, при которых бактерии погибают, а основные физико-механические и биологические свойства молока остаются неизменными.

Предельные значения наиболее высокой температуры и продолжительности процесса, связанные с началом качественного изменения молока, находят из уравнения [9]:

$$\ln t_{\text{макс}} = 40,76 - 0,53 T_{\text{макс}}, \quad (6.60)$$

где  $t_{\text{макс}}$  – продолжительность процесса пастеризации, с;

$T_{\text{макс}}$  – максимально допустимая температура, при которой еще не происходит изменения свойств молока, °С.

Предельные значения самых низких температур и наименьшей продолжительности процесса определяем из условий полной гибели бактерий туберкулеза которые выражаются соотношением:

$$\ln t_{\text{мин}} = 33,54 - 0,44 T_{\text{мин}}, \quad (6.61)$$

где  $t_{\text{мин}}$  – продолжительность процесса пастеризации, с;

$T_{\text{мин}}$  – минимально допустимая температура, обеспечивающая полную гибель бактерии туберкулеза, °С.

Оптимальный режим пастеризации характеризуется выражением:

$$\ln t = a - v T_{\text{п}}, \quad (6.62)$$

где  $t$  – продолжительность процесса пастеризации, с;

$a$  и  $v$  – константы данного продукта (для молока  $a = 36,84$  и  $v = 0,48$ ).

Время воздействия высокой температуры, как установил профессор Г. А. Кук, можно связать с суммарным эффектом пастеризации, которую он назвал критерием Пастера:

$$P_a = \int \frac{d \cdot t_{\text{пп}}}{t_{\text{п}}}, \quad (6.63)$$

где  $P_a$  – безразмерный критерий Пастера;

$t_{\text{пп}}$  – фактическое время проведения пастеризации, с;

$t_{\text{п}}$  – потребное время выдержки для полного завершения пастеризации продукта, с.

При  $t_{\text{п}} = t_{\text{пп}} \quad P_a = 1.$

Тепловая производительность любого пастеризатора характеризуется известной формулой теплопередачи:

$$Q = F \cdot k \Delta t_{cp} = M_{II} \cdot c_{II} (t_k - t_n), \quad (6.64)$$

где  $Q$  – тепловая производительность пастеризатора, Вт;  
 $F$  – площадь рабочей поверхности пастеризатора, м<sup>2</sup>;  
 $k$  – общий коэффициент теплопередачи, Вт/м<sup>2</sup>·°С;  
 $\Delta t_{cp}$  – среднелогарифмическая разность температур, °С;  
 $M_{II}$  – массовая производительность пастеризатора, кг/с;  
 $c_{II}$  – теплоёмкость продукта, Дж/(кг·°С);  
 $t_k$  и  $t_n$  – конечная и начальная температуры продукта, °С.

Для одного и того же пастеризатора величина  $Q$  может изменяться в зависимости от температурных условий в больших пределах. В определенных пределах может варьировать и массовая производительность пастеризатора  $M_{II}$ .

Все это указывает на необходимость выбора пастеризатора для заданных условий расчетным путем.

Преобразуя основную формулу теплопередачи, получим ряд выражений для расчета отдельных искомых параметров, а именно:

$$Q = F \cdot k \Delta t_{cp} \text{ или } Q = M_{II} \cdot c_{II} (t_k - t_n), \quad (6.65)$$

$$M_{II} = \frac{Q}{c_{II} (t_k - t_n)}, \quad (6.66)$$

$$M_{II} = \frac{F \cdot k \cdot \Delta t_{cp}}{c_{II} (t_k - t_n)}, \quad (6.67)$$

$$F = \frac{M_{II} \cdot c_{II} (t_k - t_n)}{k \cdot \Delta t_{cp}}, \quad (6.68)$$

При расчете среднелогарифмической разности температур для паровых пастеризаторов надо иметь в виду, что температура греющих поверхностей будет одинаковой как в начале, так и в конце процесса.

Следовательно:

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{2,3 \lg \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}}} = \frac{(t_{II} - t_H)(t_{II} - t_K)}{2,3 \lg \frac{t_{II} - t_H}{t_{II} - t_K}},$$

где  $\Delta t_{cp}$  – среднелогарифмическая разность температур, °С;  
 $\Delta t_{\max}, \Delta t_{\min}$  – разность температур между греющей поверхностью и молоком в начале и в конце процесса, °С;

$t_{II}$  – температура греющей поверхности, равная температуре пара, °С;

$t_H$  и  $t_K$  – начальная и конечная температура молока, °С.

Расход пара на пастеризацию определяется из уравнения баланса теплообмена:

$$M_{II} c_{II} \cdot (t_k - t_n) = P(i - \lambda) \eta_T, \quad (6.69)$$

откуда секундный расход пара составит:

$$P = \frac{M_{II} c_{II} (t_k - t_n)}{(i - \lambda) \cdot \eta_T}, \quad (6.70)$$

где  $P$  – расход пара, кг/с;

$i$  – теплосодержание пара, Дж/кг;

$\lambda$  – теплосодержание конденсата, Дж/кг;

$\eta_T$  – тепловой к. п. д. пастеризатора, равный для пастеризаторов с вытеснительным барабаном = 0,80...0,92.

Во всех случаях пастеризации молока вслед за нагревом следует операция охлаждения. Если горячий продукт охлаждать поступающим на обработку холодным продуктом, то расход тепла и холода можно значительно сократить. Процесс возвращения тепла от нагретого продукта к холодному называют регенерацией тепла.

Регенераторы по конструкции бывают трубчатые и пластинчатые; по направлению потоков продукта в них – противоточные и прямоточные. Прямоточные регенераторы используются редко.

Регенератор экономит следующее количество тепла:

$$Q_{T.P} = M_{II} c_{II} \cdot (t_p - t_x) \quad (6.71)$$

и одновременно экономит следующее количество холода:

$$Q_{X.P} = M_{II} c_{II} \cdot (t_T - t_{ox}), \quad (6.72)$$

где  $Q_{TP}$  – количество тепла, использованного регенератором, Дж;

$M_{II}$  – масса продукта, пропущенного через регенератор, кг;

$c_{II}$  – теплоёмкость продукта, Дж/(кг·°С);

$t_p$  – температура регенерации, °С;

$t_x$  – температура холодного продукта, °С;

$Q_{x.p.}$  – количество холода, использованного регенератором, Дж;  
 $t_r$  – температура пастеризации, °С;  
 $t_{ox}$  – температура продукта, охлажденного в регенераторе, °С.

Отношение количества тепла, использованного регенератором  $Q_{т.р.}$ , к общему количеству тепла, затраченного на пастеризацию  $Q$ , называется коэффициентом регенерации.

$$\varepsilon = \frac{Q_{т.р.}}{Q} = \frac{M_{п}c_{п}(t_p - t_x)}{M_{п}c_{п}(t_e - t_x)}, \quad (6.73)$$

где  $Q$  – общее количество тепла, затраченного на пастеризацию продукта, Дж.

Использование процесса регенерации дает экономию тепла и холода до 45 % и более. Производительность пастеризатора при этом повышается вдвое.

Поверхность теплообмена регенератора определяется по формуле:

$$F_p = \frac{M_{п}c_{п} \cdot \varepsilon}{k(1 - \varepsilon)}, \quad (6.74)$$

где  $F_p$  – необходимая площадь рабочей поверхности регенератора, м<sup>2</sup>;  
 $M_{п}$  – массовая производительность регенератора, кг/с;  
 $c_{п}$  – теплоемкость продукта, Дж/(кг °С);  
 $\varepsilon$  – коэффициент регенерации, равный 0,4...0,7;  
 $k$  – общий коэффициент теплопередачи, Вт/( м<sup>2</sup> °С).

#### 6.2.4. Выбор и расчет сепараторов молока

Цельное молоко представляет собой жидкую смесь, состоящую из жира и молочной плазмы. Жир является самым ценным составным элементом молока и содержится в нем в сравнительно небольших количествах (3...5 %) в виде мельчайших жировых шариков диаметром 1...10 мк (0,001...0,01 мм).

Сепарированием молока называется механический способ разделения цельного молока на сливки и обезжиренное молоко (обрат). Он осуществляется посредством молочных сепараторов и обладает рядом преимуществ в сравнении со способом естественного отстоя сливок.

Молочные сепараторы делятся: 1) по назначению – на сливкоотделители, очистители, нормализаторы и универсальные; 2) по конструктивным особенностям – на открытые, полугерметические и гер-

метические; 3) по типу привода – с ручным приводом, с механическим комбинированным приводом (ручным и механическим). Скорость всплывания жировых шариков из плазмы молока при естественном отстое определяется по формуле Стокса [9]:

$$v_o = \frac{1}{18} a \cdot d^2 \frac{(\rho_{п} - \rho_{ж}) \cdot 9,81}{\mu}, \quad (6.75)$$

где  $v_o$  – скорость всплывания (выделения) жировых шариков при отстое молока, м/с;

$a$  – ускорение силы тяжести ( $a = g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>);

$d$  – диаметр жирового шарика, м;

$\rho_{п}$  и  $\rho_{ж}$  – соответственно плотности плазмы и жировых шариков, кг/м<sup>3</sup>;

$\mu$  – динамическая вязкость плазмы, Н · с/м<sup>2</sup>.

Среднее значение скорости потока молока в межтарельчатом пространстве барабана сепаратора определяется по формуле:

$$v_{п} = \frac{Q}{2\pi R_x (h - S) \cdot Z \cdot \cos \alpha}, \quad (6.76)$$

где  $Q$  – объемное количество молока, проходящего через барабан в течение 1 с;

$R$  – радиус тарелки, соответствующий средней скорости потока, м;

$h$  – расстояние между тарелками по вертикали, м;

$S$  – толщина слоя потока сливок (на тарелке) по вертикали на радиусе  $R$ , м;

$Z$  – число тарелок;

$\alpha$  – угол подъема тарелки, °.

В то же время жировые шарики, находясь под воздействием центростремительного ускорения, стремятся переместиться (всплыть) в направлении к оси вращения барабана со скоростью, определяемой по формуле Стокса:

$$v_c = \frac{1}{12} a d^2 \frac{(\rho_{п} - \rho_{ж}) \cdot 9,81}{\mu}, \quad (6.77)$$

где  $v_c$  – скорость «всплывания» жирового шарика, м/с;

$a$  – центростремительное ускорение действующей силы, м/с<sup>2</sup>;

$d$  – диаметр жирового шарика, м;

$\rho_{п}$  и  $\rho_{ж}$  – соответственно плотности плазмы и жировых шариков, кг/м<sup>3</sup>;

$\mu$  – динамическая вязкость плазмы, Н с/м.



Для вращательного движения ускорение выражается формулой:

$$a = \frac{v^2}{R_a} = \frac{(2\pi R_a n)^2}{R_a} = 4\pi^2 n^2 R_a = \omega^2 R_a, \quad (6.78)$$

где  $\omega$  – угловая скорость вращения барабана, рад/с;

$R_a$  – средний радиус рабочей части тарелки, м;

$n$  – частота вращения барабана, об/с.

Тогда формула Стокса применительно к процессу сепарирования примет вид:

$$v_c = \frac{1}{18} \omega^2 R_a \cdot d^2 \frac{(\rho_{\Pi} - \rho_{ж}) \cdot 9,81}{\mu}. \quad (6.79)$$

Действительная производительность сепаратора, вследствие некоторой неравномерности потока молока в межтарельчатом пространстве, будет меньше теоретической и определится с учетом к.п.д. барабана по формуле:

$$Q = 13,8n^2 \cdot Z \cdot H \cdot d^2 \cdot R_a R_x \frac{(\rho_{\Pi} - \rho_{ж}) 9,81}{\mu} \cdot \frac{(h - S)}{h} \eta, \quad (6.80)$$

где  $Q$  – производительность сепаратора, кг/с;

$n$  – частота вращения барабана, об/с;

$Z$  – число тарелок;

$H$  – высота рабочей части тарелки, м;

$d$  – диаметр расчетного жирового шарика, м;

$R_a$  – средний радиус рабочей части тарелки, м;

$R_x$  – радиус тарелки, соответствующий средней скорости потока, м;

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

$\rho_{ж}$  – плотность жирового шарика, кг/м<sup>3</sup>;

$\mu$  – динамическая вязкость плазмы, Н · с/м;

$h$  – расстояние между тарелками, м;

$S$  – толщина слоя сливок на тарелке, м;

$\eta$  – к. п. д. барабана, равный 0,7.

В сепараторах существующих конструкций частота вращения барабана принимается равной 120...140 об/с; число тарелок 35...38; 42...45; 45...48 и т.д. и расстояние между тарелками  $v = h \cdot \cos\alpha$  в пределах 0,3...0,5 мм. Угол подъема тарелок равен 45...55°.

Диаметр ( $d$ ) расчетного жирового шарика рекомендуется принимать при наибольшем обезжиривании – 1,0 мк, при следующем обезжиривании – 1,5 мк, а при удовлетворительном обезжиривании – 1,8 мк.

Средний радиус рабочей части тарелки определяется по формуле:

$$R_a = \frac{R_{\max} + R_{\min}}{2}, \quad (6.81)$$

где  $R_{\max}$  и  $R_{\min}$  – максимальный и минимальный радиусы тарелок.

Значения  $R_x$  и  $(h - S)$  могут быть вычислены по формулам:

$$R_x = \sqrt{R_{\max} \cdot R_{\min}}, \quad (6.82)$$

$$h - S = h \sqrt{\frac{R_{\min}}{R_{\max}}}. \quad (6.83)$$

Подставив найденные значения  $R_a$ ,  $R_x$  и  $(h - S)$  в формулу производительности, получим выражение для определения производительности сепаратора применительно к нормальным условиям его работы:

$$Q = 6,9\eta \cdot n^2 \cdot Z \cdot H \cdot d^2 (R_{\max} + R_{\min}) R_{\min} \frac{(\rho_{\Pi} - \rho_{ж}) 9,81}{\mu}. \quad (6.84)$$

Постоянство производительности каждого сепаратора открытого типа обеспечивается поплавковой камерой и калиброванным отверстием ее насадки.

Пропускная способность калиброванной трубки (насадка) поплавковой камеры сепаратора определяется по формуле, устанавливающей зависимость между количеством молока, вытекающего из отверстия, и высотой столба молока над отверстием:

$$Q = \mu \cdot f \sqrt{2gH}, \quad (6.85)$$

где  $Q$  – пропускная способность насадки, м/с;

$\mu$  – коэффициент истечения, равный 0,90...0,97;

$f = \frac{\pi d^2}{4}$  – площадь сечения отверстия насадки, м;

$d$  – внутренний диаметр отверстия, м;

$g$  – ускорение силы тяжести, м/с<sup>2</sup>;

$H$  – расстояние от нижнего края насадки до уровня молока в поплавковой камере, м.

Из этой формулы следует, что изменение производительности сепаратора может быть достигнуто либо изменением диаметра насадки ( $d$ ), либо изменением высоты уровня молока в поплавковой камере.

Совершенно очевидно, что пропускная способность поплавковой

камеры не должна быть меньше производительности сепаратора по барабану.

Мощность, потребляемая сепаратором, расходуется на сообщение кинетической энергии барабану в период разгона, преодоление трения в приводном механизме, преодоление трения барабана о воздух, на гидравлические сопротивления в барабане и кинетическую энергию выбрасываемой жидкости.

Значения потребной мощности по отдельным видам сопротивлений определяются следующим образом.

**1. Мощность, необходимая для сообщения кинетической энергии барабану.** Кинетическая энергия барабана составляет:

$$E = \frac{9,81I \cdot \omega^2}{2}, \quad (6.86)$$

где  $E$  – кинетическая энергия барабана, Дж;

$I$  – момент инерции барабана, кг/м<sup>2</sup>;

$\omega$  – угловая скорость барабана (рабочая), рад/с.

Если разгон барабана продолжается  $t$  с, то средняя мощность, потребная для сообщения барабану кинетической энергии, будет равна:

$$N_{cp} = \frac{E}{t} = \frac{9,81I \cdot \omega^2}{2}, \quad (6.87)$$

где  $N_{cp}$  – средняя мощность, потребная для сообщения барабану кинетической энергии, Вт;

$t$  – время разгона барабана, с.

Однако в связи с тем, что кинетическая энергия барабана за период разгона возрастает неравномерно, при расчетах необходимо принимать максимальное значение мощности:

$$N_{max} = 2N_{cp} = \frac{9,81I \cdot \omega^2}{t}. \quad (6.88)$$

Момент инерции вновь проектируемого барабана сепаратора определяют расчетным путем по размерам и массе отдельных деталей барабана (днища, тарелок, крышки и др.). Для существующего барабана момент инерции определяется экспериментально методом крутильных колебаний двухниточного подвеса по формуле:

$$I = \frac{G \cdot a^2 T^2}{4\pi^2 \cdot l}, \quad (6.89)$$

где  $I$  – момент инерции, барабана, кг/м<sup>2</sup>;

$G$  – масса барабана, кг;

$a$  – половина расстояния между нитями подвеса, м;

$T$  – длительность одного полного колебания барабана, с;

$l$  – длина нити подвеса, м.

**2. Мощность, потребная для преодоления трения в пусковом механизме.**

Данные испытаний сепараторов показывают, что в период пуска пусковым приспособлением поглощается в среднем 40 % потребной в данный период мощности.

**3. Мощность, теряемая в передаточном механизме (пара цилиндрических шестерен, червячная пара, опоры вала),** учитывается общим к.п.д. передаточного механизма:

$$\eta_m = 0,77 \dots 0,85$$

**4. Мощность, потребная на преодоление трения барабана о воздух,** зависит от размера и характера трущейся поверхности барабана и скорости его вращения. Определяется она по формуле:

$$N_g = \frac{9,81c \cdot \rho \cdot v^3 \cdot F}{8}, \quad (6.90)$$

где  $N_g$  – мощность, потребная на преодоление трения барабана о воздух, Вт;

$c$  – коэффициент; его принимают равным 0,03;

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

$v$  – окружная скорость по наибольшему диаметру барабана, м/с;

$F$  – размер наружных поверхностей барабана, м.

**5. Мощность, потребная для преодоления гидравлических сопротивлений в барабане,** очень мала. По опытным данным она составляет менее 10 Вт 1000 л сепарируемого молока в 1 час, поэтому ею при расчетах можно пренебречь.

**6. Мощность, потребная для сообщения кинетической энергии, выбрасываемым из барабана продуктом сепарирования,** определяется по формуле:

$$N_k = \varphi \frac{9,81Q \cdot v^2}{2g} = \varphi \frac{9,81Q4\pi^2 n^2 r^2}{2g}, \quad (6.91)$$

где  $N_k$  – мощность, необходимая для сообщения кинетической энергии выбрасываемым из барабана продуктом сепарирования, Вт;

$\varphi$  – коэффициент, учитывающий радиальную скорость струи,  $\varphi = 11,1$ ;

$Q$  – производительность сепаратора, кг/с;

$v$  – окружная скорость на выходе сливок, м/с;

$g$  – ускорение силы тяжести, м/с<sup>2</sup>;

$n$  – частота вращения барабана, об/с;

$r$  – расстояние от наружного конца выходного отверстия для сливок до центра вращения, м.

Итак, необходимая мощность в различные периоды работы сепаратора открытого типа будет определяться суммированием ее значений по отдельным видам сопротивлений, а именно:

**1. Мощность разгона** будет равна:

$$N_p = \frac{N_{\text{макс}} + N_e}{\eta_m} = \left( \frac{I\omega^2}{t} + \frac{c\rho v^3 F}{8} \right) \frac{9,81}{\eta_m}, \quad (6.92)$$

где  $N_n$  – мощность, необходимая для разгона сепаратора, Вт.

**2. Мощность холостого хода:**

$$N_{x.x.} = \frac{N_e}{\eta_m} = \frac{9,81 \cdot c\rho v^3 F}{8\eta_m}, \quad (6.93)$$

где  $N_{k.x}$  – мощность, необходимая на холостой ход сепаратора, Вт.

**3. Мощность рабочего хода:**

$$N_{p.x} = \frac{N_e + N_k}{\eta_m} = \left( \frac{c\rho v^3 F}{8} + \varphi \frac{Q4\pi^2 n^2 r^2}{2g} \right) \frac{9,81}{\eta_m}, \quad (6.94)$$

где  $N_{p.x}$  – мощность, необходимая на рабочий ход сепаратора, Вт.

Общий расход энергии у герметических сепараторов остается в тех же пределах, что и у открытых сепараторов.

## VII. Экономическая эффективность мероприятий курсового проекта

Подготовка современного инженера-механика в агропромышленном комплексе направлена на формирование у него, прежде всего, менеджерских качеств. Такой подход предполагает наряду с глубоким знанием специальных вопросов владение навыками экономического обоснования принимаемых решений.

В настоящей работе изложены методические вопросы экономического обоснования при проектировании курсовых проектов. Расчеты экономической эффективности проектируемых в проекте мероприятий оформляются в виде самостоятельного раздела пояснительной записки.

В данном разделе необходимо провести полученные расчетом технико-экономические показатели и сравнить их с существующими в хозяйстве. Выявление экономических результатов проектирования производится методом сравнения проектируемых данных с фактическими, нормативными, расчетно-аналитическими и др. по принятой системе показателей. Сравнить предлагаемую технологию, конструкцию, разработку, с лучшей существующей на данный период.

Перед подготовкой экономического обоснования проекта студент должен понять следующие моменты:

1. За все нужно платить, бесплатного ничего не бывает.
2. Все можно выразить в деньгах.

Таким образом, любые изменения технологического процесса, разработка и внедрение новых машин, устройств, узлов, деталей и т.д. требуют финансовых затрат. Например, если для организации молочного блока хозяйство выделяет пустующее здание телятника, значит, оно произвело в прошлом капитальные затраты, которые вы должны оправдать с помощью амортизации.

### 7.1. Методика составления технологической карты

Для обоснования комплексной электромеханизации фермы (комплекса) в целом, технологического объекта или процесса после экономически обоснованного выбора технологических процессов составляют технологическую карту по соответствующей форме (прил. 7, табл. 1) [12].

Технологическая карта состоит из трех частей:

- технологической (зоотехнической) – графы 1...5;
- инженерной – графы 6...15;
- экономической – графы с 16...23.

Расчет ведется в следующей последовательности:

**Графа 1.** Порядковый № производственных операций рекомендуется обозначать арабскими цифрами 1,2,3...10 и т.д., а основные разделы курсового проекта римскими I, II, III, X и т.д.

**Графа 2.** Перечень процессов и операций, выполняемых на объекте ежедневно в стойловый и пастбищный периоды. Если объемы работ в стойловый и пастбищный периоды по одновременным операциям различны, то процессы записываются отдельно (например, удаление навоза, привязывание и отвязывание коров и др.). Если машины, объединенные в линию, работают в одно и то же время и обслуживаются отдельными работниками, то такие процессы и операции записываются также в отдельные строчки (операции). Например, доение и работа холодильных машин.

**Графа 3.** Суточный объем работ ( $Q_{сут.}$ ) может быть выражен в единицах массы или объема (т, м<sup>3</sup>), или количеством обслуживаемых голов (например, доящихся коров, остригаемых овец и т.д.).

**Графа 4.** Число дней в году (Д) в течение которых выполняется процесс или операция. Число дней стойлового периода принимают в условиях Забайкалья 215-220 дней. Некоторые виды работ выполняются лишь несколько дней в году (вывозка навоза, подвозка кормов на ферму, удаление навоза с выгульных площадок).

**Графа 5.** Объем работ в год ( $Q_{год.}$ ) определяется как произведение ( $Q_{сут.}$ ) на число дней работы в году (Д).

**Графа 6.** Наименование машин и оборудования (тип, марка). В этой графе указываются машины и оборудование, которые используются для выполнения данной работы. Выбор машин – наиболее ответственный этап в расчете карты. Машины и оборудование должны быть наиболее эффективными и экономичными для данного размера фермы и удовлетворять зоотехническим требованиям. Составляя карту для конкретного хозяйства, необходимо учитывать возможности приобретения проектируемого оборудования. По отдельным операциям для конкретных объектов можно применять и нестандартное оборудование, проверенное на опыте других хозяйств и изготовленное в мастерских хозяйства.

**Графа 7.** Привод и мощность. Большинство животноводческих машин и оборудования для стационарных процессов выпускаются вместе с электрическим приводом. В этом случае указывается мощность двигателя в кВт. На некоторых агрегатах может быть установлено несколько двигателей – тогда указывается их общая мощность (например, «Молокопровод», навозоуборочный транспортер ТСН - 160 и др.). Если машина поставляется без двигателя, то двигатель приобретается в соответствии с потребной мощностью. Мобильные машины перемещаются колесными тракторами и их механизмы приводятся в действие от вала отбора мощности (кормораздатчика, прицепы, косилки-измельчители, погрузчики). В этом случае указывается марка трактора. Пастбищные установки для водоснабжения и доения коров снабжаются двигателями внутреннего сгорания или передвижными электростанциями (указывается их тип и мощность двигателя).

**Графа 8.** Часовая производительность машин ( $Q_{час.}$ ). При расчете технологических карт учитывается не паспортная, а реально возможная производительность, которая может быть получена в конкретных производственных условиях. Требуется, чтобы машины выполняли определенный объем работ в заданное технологией время, который определяется обусловленным распорядком дня на ферме, нормами кормления, уровнем продуктивности животных и др. Во многих случаях технически возможная производительность машин не может быть использована вследствие невозможности обеспечения машин с разной технической производительностью в поточную линию. В этом случае производительность всех машин линии будет равна меньшей производительности машин в линии. Так, например, техническая производительность кормораздатчика ТВК-80 по технической характеристике 12 т/час. Однако, такая производительность возможна только при соответствующей загрузке транспортера и при разовой даче кормов на 1 голову не менее 20 кг. При раздаче грубых кормов и разовой даче 4 кг/голову производительность надо определить отношением:

$$Q_{час} = \frac{G_{гр}}{t_{ц}}, \text{ т/ч}, \quad (7.1)$$

где  $G_{гр}$  – грузоподъемность (вместимость) кузова, т;  
 $t_{ц}$  – время одного цикла, включающее время загрузки, подъездов, раздачи, маневрирование, час.

Так, например, грузоподъемность КТУ-10 = 3 т если грузом является силос, а при раздаче грубых кормов в измельченном виде в кузов вмещается только 0,8...1 т. Поэтому производительность подобранных машин необходимо корректировать поверочным расчетом.

**Графа 9.** Число часов работы машин в сутки определяется делением объема работ в сутки на часовую производительность  $t_{сут} = \frac{Q_{сут}}{Q_{час}}$  час. При этом необходимо иметь в виду, что машины некоторое время работают вхолостую или с неполной загрузкой (подготовительный и заключительный периоды). Вакуум-насос доильной установки работает и после окончания дойки для промывки аппаратуры или молокопровода. Некоторые машины включаются несколько раз в сутки и при этом значительное время работают с неполной нагрузкой (скребок-вые навозоуборочные транспортеры). Поэтому в некоторых случаях  $t_{сут} > \frac{Q_{сут}}{Q_{час}}$ , сут/час. Это можно учесть соответствующим коэффициентом, увеличивая расчетную величину на 5-10%.

**Графа 10.** Число часов работы машин в год ( $T_M$ ) по каждому процессу определяют произведением числа часов работы машины в сутки на число дней стойлового периода.

**Графа 11.** Количество персонала (Л) на обслуживании машины (линии) по процессу или операции определяют в соответствии с нормативами по нормированию и оплате труда в животноводстве, технической характеристикой машины и условиями организации производственных процессов. Например, обслуживание соломорезки могут производить 1, 2 и 3 рабочих в зависимости от расстояния подноски соломы. При обслуживании машин, объединенных в поточную линию, не требуется персонал на каждую машину, а в большинстве случаев при наличии элементов автоматизации линию может обслуживать один человек. Для выполнения некоторых работ не требуется постоянный штатный персонал на ферме (комплексе), если они выполняются периодически. К таким работам относятся работы по заготовке силоса, комбисилоса, удаление навоза из помещений, где содержится скот на глубокой подстилке, подвоза кормов с полей в фермерские хранилища.

**Графа 12.** Затраты труда в сутки ( $t_{сут}$ ) на выполнение процесса операций. Если один рабочий обслуживает машину, то затраты его рабочего времени будут равны продолжительности работы машин  $t_{сут} = t_M$ . Если несколько рабочих обслуживают одну машину (например,

измельчитель ИГК-30), то  $t_{сут} = t_M$ . Однако, не всегда  $t_{сут} = t_M$ . В некоторых случаях рабочий занят на операции до включения или после остановки машины (например, при машинном доении). До включения машины в работу дояр готовит аппараты, и после включения вакуум-насоса выполняет еще некоторые заключительные операции. В этом случае  $t_{сут} = t_M + t_{доб}$ , где  $t_{доб}$  – добавочное время на подготовительные и заключительные операции.

**Графа 13.** Затраты труда в год ( $T_{год}$ ) определяются как произведение  $T_{год} = t_{сут} \cdot Д$ .

**Графа 14.** Количество машин и оборудования определяется по технологической схеме. При больших объемах работ количество машин определяют делением потребной часовой производительности на фактическую производительность машины, определяемую по расписанию дня на ферме, графику кормления, доения и т. д. Так, например, количество транспортеров ТСН-160 независимо от графика уборки навоза в четырехрядном коровнике устанавливают два. Количество холодильных машин МХУ-8С устанавливают в зависимости от количества охлаждаемого молока при каждом разовом надое.

**Графа 15.** Балансовая стоимость (Б) представляет собой капитальные вложения, которые начисляются как для выполнения отдельных процессов, так и в целом по технологической карте фермы (комплекса).

Балансовая стоимость включает в себя:

1. Прейскурантную цену машины или комплекта машин.
2. Расходы на доставку оборудования на ферму (комплекс).
3. Затраты (материальные и денежные) на монтаж оборудования.
4. Стоимость строительных сооружений, требующихся для установки машин и оборудования или переоборудования помещения.

Если по новой машине цена еще не установлена, то стоимость машин принимают по аналогии с машинами массового производства аналогичного типа (по сложности конструкции, по весу металла или по другим характерным признакам) или определяют соответствующим расчетом.

Стоимость транспортных расходов берется в размерах, характерных для местоположения хозяйства или зоны: эти расходы включают погрузку, перевозку, разгрузку. Эти расходы обычно не превышают 3–5 % стоимости машины.

Стоимость монтажных работ берется из опытных данных или из

проектов. Затраты на монтаж могут быть самые различные от 10 до 25% от стоимости машины. Более сложен монтаж доильных установок, оборудования для удаления навоза и др. Некоторые машины с электродвигателями требуют незначительных затрат на монтаж или совсем не требуют (силосорезки, корнерезки).

Если универсальная машина выполняет несколько операций, внесенных в технологическую карту, то капиталовложения записываются один раз. Если машина обслуживает не только ферму (комплекс), для которой составляется технологическая карта, но и другие, то в карту включается только часть капиталовложений пропорционально объему работ или части времени использования машин на этой ферме. К таким машинам относятся: ИРТ-165, КНР-1,5; погрузчики, тракторы, прицепы, кормораздатчики, резервные электростанции. В капиталовложения по ферме (комплексу) в целом включается также затраты на строительство трансформаторных подстанций и низковольтных сетей.

Капиталовложения по строительной части слагаются из сметной или балансовой стоимости зданий и сооружений на ферме. Расчетная балансовая стоимость определяется по формуле:

$$B = Ц \cdot K, \text{ руб.}, \quad (7.2)$$

где Ц – оптовая цена (по прейскуранту торгующих организаций), руб.;

К – коэффициент, учитывающий торговую наценку, затраты на доставку и монтаж.

Для машин, не требующих монтажа,  $K = 1,15$ . Для машин, требующих монтажа (в зависимости от его сложности),  $K = 1,20 \dots 1,40$ .

**Графы 16, 17, 18.** Годовые отчисления на реновацию и текущий ремонт машин и оборудования подсчитывают по формуле:

$$A_{ос} = \frac{B(a + P)}{100}, \text{ руб.}, \quad (7.3)$$

где а - норма ежегодных отчислений на реновацию (восстановление), %. Эта норма зависит от срока службы машины. Для животноводческих машин срок службы в среднем принимают 7 лет, следовательно,  $a = \frac{100}{7} = 14,2\%$ ;

Р – норма ежегодных затрат на текущий ремонт и тех. уход, %. Для животноводческих машин  $P = 14 \dots 18\%$ . Аналогично подсчитывают отчисления на амортизацию построек.

**Графа 19.** Расход электроэнергии в году (W) определяется произ-

ведением мощности электродвигателя на число работы машины в год ( $T_M$ ):

$$W = \sum N_{ос} \cdot T_M \cdot \varepsilon, \text{ кВт.} \quad (7.4)$$

где  $\varepsilon$  – коэффициент использования мощности установки.

Аналогично затраты энергии определяются на работу электронагревательных установок (нагрев воды ВЭП-600, инфракрасные лампы и др.).

Мощность на освещение производственных построек определяется по нормативам в год кВт-час/гол; кВт-час/м<sup>2</sup>.

Расчет эксплуатационных расходов определяется по графам 16-23.

**Графа 20.** Стоимость электроэнергии (Э) исчисляется произведением расхода электроэнергии на стоимость 1 кВт/ч.

$$\varepsilon = W \cdot C, \text{ руб.} \quad (7.5)$$

В эту же графу вносятся и стоимость работы тракторов, используемых для выполнения транспортных работ.

Стоимость работы трактора:

$$E_T = T_M \cdot C_T, \text{ руб.}, \quad (7.6)$$

где  $T_M$  – число часов работы трактора;

$C_T$  – стоимость работы трактора (без зарплаты тракториста), в которую входят отчисления на амортизацию и капитальный ремонт, а также на текущий ремонт и технический уход.

В эту же графу вносятся и стоимость работы стационарных двигателей внутреннего сгорания, которая подсчитывается аналогичным способом.

**Графа 21.** а) Расчет основной и дополнительной заработной платы производственных рабочих с отчислениями на социальное страхование, руб.:

$$З_{П} = C_{тар} \cdot t_{шт-к} \cdot k_{доп} \cdot k_{соц} \cdot k_{П}, \text{ руб.}, \quad (7.7)$$

где  $C_{тар}$  – часовая тарифная ставка производственного рабочего на операции, руб.;

$t_{шт-к}$  – норма времени на операцию, ч.;

$k_{доп}$  – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату (по данным предприятия);

$k_{соц}$  – отчисления на социальное страхование ( $k_{соц} = 1,3$ );

$k_{П}$  – поясной коэффициент.

б) при применении повременной формы оплаты труда:

$$Z_{\text{ПР}} = \frac{C_{\text{тар}} \cdot \Phi_p \cdot k_{\text{дон}} \cdot k_{\text{соц}} \cdot k_{\text{П}}}{N_{\text{ГПР}}}, \text{ руб.}, \quad (7.8)$$

где  $\Phi_p$  – годовой фонд времени одного рабочего, ч ( $\Phi_p = 2044$  ч.);  
 $N_{\text{ГПР}}$  – приведенная годовая программа, шт.

в) основная и дополнительная заработная плата всех остальных рабочих находится по следующей формуле:

$$Z_H = \frac{C_{\text{тар}} \cdot \Phi_p \cdot \chi_n \cdot k_{\text{дон}} \cdot k_{\text{соц}} \cdot k_{\text{П}}}{N_{\text{ГПР}}}, \text{ руб.}, \quad (7.9)$$

где  $C_{\text{тар}}$  – часовая тарифная ставка, руб.;  
 $\chi_n$  – численность рабочих соответствующей категории, чел.

**Графа 22.** Прочие прямые затраты.

Прочие прямые затраты ( $\Pi_p$ ) включают в себя расходы на мелкий инвентарь, срок службы которого не более года, спецодежду, топливо для котлов, химикаты для дезинфекции помещений. К прочим прямым затратам можно также отнести и затраты на воду, получаемую на объекты фермы от общеприемного или общехозяйственного водопровода по себестоимости (для учета могут быть поставлены счетчики-водомеры). Себестоимость воды в хозяйстве определяется также по технологической карте.

**Графа 23.** Годовые эксплуатационные расходы в год по каждому процессу или операции представляет собой сумму показателей граф 18,20,21,22.

$$Z_{\text{год}} = \text{Э} + 3 + \Pi_p, \text{ руб.} \quad (7.10)$$

## 7.2. Анализ показателей технологической карты

По итогам расчета можно сделать анализ в целом по карте и по отдельным процессам и операциям. Анализ производится по затратам труда (гр. 12, 13), по капиталовложению (гр.15), по эксплуатационным затратам (гр. 23). Так, например, по процессу доения коров можно определить такие показатели:

- Затраты живого труда на 1 ц молока:  $t_{\text{жт}} = \frac{T_{\text{год}}}{Q_{\text{год}}}$  или на 1 корову

$$t_{\text{жт}} = \frac{T_{\text{год}} \cdot \text{чел. час}}{m \cdot \text{гол. год}}$$

- Капиталовложения целиком на процесс (балансовая стоимость доильной установки) и удельные капиталовложения на 1 корову, на 1 т молока в год.

- Эксплуатационные затраты общие и удельные на 1 ц молока руб./ц или на 1 корову в год руб./гол. год.

Рассматривая процесс, можно определить удельный вес зарплаты, амортизацию и другие составляющие в эксплуатационных затратах при машинном доении, уборка навоза и др.

Для анализа карты в целом по объекту или ферме необходимо определить суммы затрат по всем операциям.

**Графа 12.**  $\Sigma_{\text{сут}}$  подсчитывают отдельно для одного стойлового периода и пастбищного периода. Поделив  $\Sigma_{\text{сут}}$  на 7 найдем среднее число потребных штатных рабочих для зимнего и летнего дней.

**Графа 13.**  $\Sigma_{\text{год}}$  подсчитывают общие затраты труда на весь год (трудоемкость). Поделив на фонд рабочего времени одного работника, можно определить среднегодовое количество рабочих на ферме:

$$L_{\text{ср}} = \frac{T_{\text{год}}}{\Phi}, \text{ чел.} \quad (7.11)$$

Фонд рабочего времени одного работника в среднем 292 рабочих дня по 7 часов, т.е. 2044 чел.-часа. Следовательно,  $\Phi=2044$  ч.-ч.

Итоги подсчета по этой графе  $\Sigma_{\text{год}}$  позволяют определить важнейший экономический показатель – удельные затраты труда, производительностью труда:

а) на единицу продукции:  $T_{\text{жт}} = \frac{\Sigma T_{\text{г}} \cdot \text{чел. час}}{Q_{\text{год}} \cdot \text{гол. год}}, \text{ чел.} \cdot \text{ час/кг} \quad (7.12)$

б) на голову животных:  $T'_{\text{жт}} = \frac{\Sigma T_{\text{г}} \cdot \text{чел. час}}{m \cdot \text{гол. год}}, \text{ чел.} \cdot \text{ час/гол.} \quad (7.13)$

Полученные данные позволяют сравнивать полученный результат с показателями другой технологии с более низким или более высоким уровнем механизации, с показателями перспективной, прогрессивной технологии, с показателями передовых ферм.

**Графа 15.**  $\Sigma_{\text{Б}}$  позволяет определить общие и удельные капиталовложения на объект в соответствии с проектируемой технологией производственных процессов.

Если на ферме (или на объекте фермы) уже имеется некоторое оборудование  $\Sigma_{\text{Б}}$ , то можно определить дополнительные капиталовложения:

$$K_{\text{доп}} = \Sigma B' - \Sigma B, \text{ руб.} \quad (7.14)$$

По графам 18, 20, 21 также подсчитываются итоги, которые позволяют определить общие и удельные составляющие эксплуатационных затрат.

Итог по графе 19 позволит определить полный и удельный расход электроэнергии на производственные нужды: показывает степень энергонасыщенности фермы. Удельный показатель затраты электроэнергии на голову в год:

$$W_{\text{уд}} = \frac{\sum W \cdot \text{кВт} \cdot \text{час}}{m \cdot \text{год} \cdot \text{гол}}, \text{ кВт} \cdot \text{ч/гол} \cdot \text{год.} \quad (7.15)$$

**Графа 23.** Годовые эксплуатационные затраты ( $Z_{\text{год}}$ ) являются заключительным, обобщающим показателем технологического расчета. По каждой операции (процессу) можно определить удельные показатели, т.е., во что обходится выполнение этой операции в год на 1 чел. или на центнер продукции при принятой технике и способе его выполнения.

Отношение годовых эксплуатационных затрат ( $Z_{\text{год}}$ ) к годовому выходу продукции дает удельные эксплуатационные затраты  $Z_{\text{уд}}$  в руб/ц, которые представляют собою часть себестоимости. Если себестоимость продукции  $Z_{\text{уд}}$  составляет X%, то можно ориентировочно определить полную себестоимость продукции, т.к.

$$Z_{\text{уд}} = \frac{X \cdot C}{100}$$

отсюда  $C = \frac{Z_{\text{уд}}}{100} \cdot 100, \text{ руб.} \quad (7.16)$

### Список используемой литературы

1. Белянчиков Н. Н., Смирнов А. И. Механизация животноводства. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1983. – 360с., ил.
2. Белянчиков Н. Н., Смирнов А. И. Механизация животноводства и кормо приготовления. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1990. – 432с., ил.
3. Брагинец Н. В., Палишин Д. А. Курсовое и дипломное проектирование по механизации животноводства. – М.: Колос, 1984 г.
4. Дампилов Б. А. Расчет сети сельскохозяйственного водоснаб-

жения. – 2-е изд., перераб. и доп. – Улан-Удэ, 1994. – 31 с.

5. Колесник А. Л., Шаманский В. Г. Курсовое и дипломное проектирование. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1983. – 360 с., ил.

6. Кузьмин А. В., Марон В. Л. Справочник по расчетам механизмов подъемно-транспортных машин. – Минск: Высш. школа, 1983. – 380 с.

7. Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм. –Л.: Колос, Ленигр. отд-ние, 1978. – 560с., ил.

8. Мельников С. В. Технологическое оборудование животноводческих ферм и комплексов. – 2-е изд. перераб и доп. – Л.: Агропромиздат, Ленигр. отд-ние, 1985. – 640 с., ил.

9. Уланов И. А. Механизация доения коров и первичной обработки молока: /Учебное пособие для студентов факультета механизации сельского хозяйства. – Саратов, 1977.

10. Методические указания по выполнению самостоятельных работ и курсового проекта для студентов факультета механизации сельского хозяйства очного и заочного обучения по дисциплине «Механизация животноводства» /Шаньгинов А. С., Дампилов Б. А., Шагдыров И. Б. – Улан-Удэ, 1993.

11. Генплан и санитарно-техническое оборудование ферм и комплексов. /Дампилов Б. А., Шаньгинов А. С., Шагдыров И. Б. – Улан-Удэ, 1996.

12. Методические указания по расчету технологических карт комплексной механизации животноводческих ферм /Шаньгинов А. С. – Улан-Удэ, 1986.

13. Методические указания к курсовому проектированию по механизации производственных процессов в животноводстве /Леонтьев П. И., Долгов Д. С. – Челябинск, 1977.



Приложение 1

Таблица 1

**Размер земельной площади территории фермы (комплекса) на 1 голову, м<sup>2</sup>**

Вид животных и птиц	Требуемая площадь на 1 голову
На корову	150–200
КРС на откорме	50–70
На откормочную свинью	25–30
На овцу	15–20
На курицу: без колонии	18–20
с колонией	40–45
На гусыню	65–70

Таблица 2

**Зооветеринарные разрывы между постройками, м**

Постройки	Коровник	Телятник	Свинарник	овчарня	птичник	молочная
Коровник	Пр	30	150	150	200	Пр
Телятник	30	Пр	150	150	200	Пр
Свинарник	150	150	Пр	150	200	150
Овчарня	150	150	150	Пр	200	150
Птичник	200	200	200	200	Пр	200
Хранилище навоза	50	50	50	50	50	150

Таблица 3

**Противопожарные разрывы для зданий с различной степенью огнестойкости, м**

Степень огнестойкости здания	I и II	III	IV	V
I и II	1 0	1 2	1 5	1 8
III	1 2	1 5	1 8	2 0
IV	1 5	1 8	2 0	2 5
V	1 8	2 0	2 5	3 0

Таблица 4

**Структура стада на молочных фермах КРС, (в %)**

Группа животных	Направление		
	Молочное	Молочно-мясное	Мясо-молочное
Коровы	60–66	50	38–40
Нетели	2–3	4–3	2
Телки старше 1г.	6	7–4	3
Телки до 1 года	21–28	36–41	32–34
Бычки до 1 года	1	2–1	20–24
Быки-произв-ли	1	1	1
Всего:	100	100	100

Таблица 5

**Структура стада в откормочных комплексах КРС, (в %)**

Группа животных	Ср. масса животных, кг	% от общего поголовья
Первый период откорма		
с 1 до 3–4 мес.	100–110	20–21
с 3–4 до 6 мес.	160–180	18–19
Второй период откорма		
с 6 до 9 мес.	220–250	17–18
с 8 до 12 мес.	190–300	16–17
Третий период откорма		
с 12 до 15 мес.	325–375	13–14
с 15 до 18 мес.	400–450	14–15
Всего:		100

Таблица 6

**Структура стада на свинофермах и комплексах, (в %)**

Группа животных	Ср. масса животных, кг	Тип фермы		
		С зак. циклом пр-ва	Племенные	Репродукторы
Хряки пр-ые	250	1,5-1	1,5	0,1
Матки холостые	160	0,5-0,9	0,8	1,0
Матки 1 полов. супорости	180	5-4,5	6,0	8
Матки 2 полов. супорости	220	2-3,5	4,5	6
Матки подсосные	200	2	3	5
Поросята-сосуны до 2 мес.	20	17-21	20	40
Поросята-отъемыши	40	15-19	18	35
Ремонт молодн.	115	1,8-2,0	4	4
Свинья на откорме	110	53-46		
Откорм выбран. свиней	140	1,2-1,0	1,2	0,9
Всего:		100	100	100

Таблица 7

**Структура стада на овцефермах, (в %)**

Группа животных	Направления		
	тонкорунные	полутонкорунные	Грубошерстные
Матки	55-70	55-70	75-82
Ярки: от 1 года	9-13	8-12	10-11
до 1 года	9-13	9-13	10-14
Бараны-произв.	2	2	2
Валухи взрослые	13-0	13-0	–
Баранчики и валушки от 1 года	6-1	6-1	1
до 1 года	6-1	7-2	2-20
Всего	100-100	100-100	100-100

Таблица 8

**Структура стада на птицефабриках, (в %)**

Половозрастные группы птицы по возрастам	Направление отрасли	
	яичное	бройлерное
от 1 до 30 дн.	30	21
от 31 до 60 дн.	24	
от 31 до 45 дн.		37
от 46 до 61 дн.		30
от 61 до 70 дн.		12
от 61 до 150 дн.	19	
от 151 до 180 дн.	14	
от 180 до 515 дн.	13	
Всего	100	100

Таблица 9

**Нормы площади выгульно-кормовых площадок, м<sup>2</sup>**

№ п/п	Группы животных	Норма площади на 1 голову, м <sup>2</sup>
1	Коровы, нетели, бычки, взрослый скот на откорме	8...15
2	Молодняк КРС старше года	5...10
3	Телята, молодняк до года	2...5
4	Хряки, матки подсосные, тяжело супоросные свиноматки	10
5	Свиноматки холостые	5
6	Откормочный молодняк и поросята отъемыши	0,8
7	Бараны и матки	3...6
8	Ремонтный молодняк и ягнята до 1 года	3,5...6,5

Таблица 10

**Нормы удельной площади на одно скотоместо**

№ п/п	Типы фермы	Норма площади на одно скотоместо, м <sup>2</sup>
1	МТФ привязного содержания	50
2	МТФ беспривязного содержания	70
3	Откормочный комплекс	20
4	Свинооткормочная ферма	8
5	Овцеферма мясошерстного направления	14
6	Птицефабрика яичного направления клеточного содержания	0,4
7	Птицефабрика мясного направления клеточного содержания	0,1
8	Птицефабрика напольного содержания	2

Таблица 11

**Норма площадей помещений фермы крупного рогатого скота**

Помещение	Назначение	Норма площади на гол., м <sup>2</sup>	Размеры помещений	
			Ширина, м	Длина, м
Логово	Для коров	4-5	-	-
В секциях	Для молодняка	2,5-3	-	-
Стойло	Для коров	1,7-2,4	1-1,2	1,7-2,0
	Для молодняка	0,72-1,36	0,6-0,8	1,2-1,7
Клетка	Для теленка до 10-дневного возраста (индивидуальная) для телят старше 10-дневного возраста	1,2-1,5	1,2-4,0	От 3 и до 10
Проход	Кормовой и навозный	-	Не менее 1,2	По длине помещения
	Служебный	-	Не менее 1,0	То же
Лоток	Для сбора навоза и отведения жижи	-	0,2-0,3	По длине прохода
Двор и выгульная площадка	Для коров при привязном и беспривязном содержании	7-17	-	-
	Для молодняка при беспривязном содержании	15	-	-
Преддоильная площадка	Для коров	2,5 на один станок	-	-

Таблица 12

**Нормы площадей помещений основного назначения (для непосредственного содержания свиней)**

Название помещений	Для каких животных предназначается	Предельное кол-во голов на 1 элемент помещения		Нормы станковой площади на 1 голову, м <sup>2</sup>		Ширина (глубина) элементов помещения, м	
		На товарных фермах	На племенных фермах	На товарных фермах	На племенных фермах	На товарных фермах	На племенных фермах
Групповые станки	Хряки-производители	10	-	2,5	-	До 3,5	-
	Ремонтные хряки	100	10	2,5	2,0	До 3,5	До 3,5
	Холостые и легкосупоросные матки	12	10	1,5	1,8	До 3,5	До 3,5
	Отъемыши	30	30	0,25	0,3	До 3,5	До 3,5
	Ремонтный молодняк	30	30	0,5	0,7	До 3,5	До 3,5
Откормочный молодняк	30	-	0,5	-	До 3,5	-	
Индивидуальные станки	Хряки-производители	1	1	7	7	2,5-2,8	2,5-2,8
	Тяжелосупоросные матки и подсосные с поросятами до 2 мес. возраста	1	1	5,0	6,0	2,4-2,5	2,4-2,5
Боксы в столовых	Для кормления маток	1	1	1,3	1,3	Не менее 1,8	Не менее 1,8
Подкормочные станки:	А) в станковых помещениях	Два помета	-	5,0	6,0	2,4-2,5	2,4-2,5
	Б) в столовых	То же	Один помет	-	3,3	3,5	1,4-1,6
Проходы	Кормовые, кормов - навозные поперечные, во всех типах зданий	-	-	-	-	Не менее 1,4	1,4
	Эвакуационные поперечные и продольные	-	-	-	-	1,4-1,6	1,4-1,6
	Служебные	-	-	-	-	1	-

Таблица 13

**Нормы плотности птиц в птичниках**

Виды и возрастные группы птиц	Кол-во голов 1 кв.м пола в птичниках с напольным содержанием	
	На глубокой подстилке	На планчатом или сетчатом полу
<b>А. Взрослые птицы</b>		
Куры яйценосных пород:		
- родительского стада	3,5 - 4	3,5 - 4
- промышленного стада	5	5
Индейки (родительское стадо)	1,5	-
Куры мясных пород (родительское стадо)	3 - 3,5	3 - 3,5
<b>Б. Молодняк, выращиваемый для ремонта стада</b>		
Молодняк кур яичного направления:		
- 1 - 30 дней	25	-
- 31 - 60 дней	16	-
- 1 - 60 (70) дней	17	17
- 61(71) - 140 дней	9	9
- 1 - 140 дней	10,5 - 11	10,5 - 11
- 141 - 180 дней (для родительского стада)	4,5 - 5,5	4,5 - 5,5
- 141 - 180 дней (для промышленного стада)	5,5	5,5
Молодняк кур мясного направления:		
- 1 - 150 дней	7-8	-
- 150 - 210 дней	3,0 - 3,9	-
<b>В. Птицы, содержащиеся в одном здании</b>		
- 1 - 480 дней, мясного направления	8	-
- 1 - 515 дней, яичного направления	8 - 8,5	8 - 8,5
<b>Г. Молодняк, выращиваемый на мясо</b>		
Цыплята -бройлеры (1 - 65 дней)		
Молодняк яичного направления (1-75 дней)	14	-
	16	16

Приложение 2

**Характеристика макроклимата животноводческих помещений**

Таблица 1

Постройка	Температура внутри помещения, С <sup>2</sup>		Относительная влажность воздуха (не более), %	Предельно допустимая концентрация	
	оптим.	миним.		СО <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>
	Коровник для содержания: привязного беспривязного	8 5	6 3	85 85	2,5 2,5
Помещения для молодняка крупного скота	6	4	85	2,5	0,5
Телятника	10	5	75	2,5	0,5
Доильный зал	15	-	70	-	-
Конюшня:					
для рабочих лошадей	-	6	85	3,0	0,5
для маток		10	85	3,0	0,5
Свинарник:					
универсальный	8	6	65...75	2,5	0,5
маточник	12	6	65...75	2,5	0,5
откормочник	6	2	75...80	2,5	0,5
Овчарня	5	3	80	3,0	0,5
Птичник (коммунальный)	5	3	70	2,5	0,5

Таблица 2

**Количество тепла, углекислоты и водяных паров, выделяемых животными**

Животное	Масса животного, кг	Количества тепла, кДж/ч	Количество углекислоты, дм <sup>3</sup> /ч	Количество паров воды, г/ч
Стельная корова	300	2,30	90	232
	400	2,82	110	284
	600	3,46	138	329
	800	4,13	162	414
Лактирующая корова (с уровнем лактации 10 дм <sup>3</sup> )	300	2,46	96	248
	400	2,89	114	292
	600	3,44	135	348
	800	4,00	157	403
Лактирующая корова (с уровнем лактации 30 дм <sup>3</sup> )	400	4,21	165	424
	600	4,83	189	487
	800	5,45	214	549
Откормочная свинья	100	1,08	43	110
	200	1,42	57	145
	300	1,88	75	191

продолжение на стр. 86

продолжение таб. 2.

Свиноматка с приплодом	100	1,00	70	178
	150	1,15	78	198
	200	1,32	84	216
Супоросная свиноматка	100	1,00	40	102
	150	1,15	46	117
	200	1,32	52	135
Лошадь	400	2,19	86	221
	600	2,58	113	290
	800	3,51	138	354
Овца	40	0,43	17	44
	50	0,50	20	50
	60	0,54	21	55

Таблица 3

**Коэффициент запаса мощности электродвигателя**

Мощность эл. двигателя, кВт	Центробежный вентилятор	Осевой вентилятор
до 0,5	1,50	
от 0,5 до 1,0	1,30	
от 1,0 до 2,0	1,20	1,10
от 2,0 до 3,0	1,15	
от 3,0 и выше	1,10	

Таблица 5

**Нормы освещенности животноводческих помещений**

Постройка	Световой коэффициент	Искусственное освещение	
		освещенность, лк	удельная мощность, Вт/м <sup>2</sup>
Коровник	1/10...1/15	10...20	4,5
Родильное отделение	1/10	50	23
Профилактории	1/10...1/12	30	10
Телятник	1/10...1/12	20	10
Откормочник для КРС	1/20...1/30	5	3
Свинарник (маточник, для ремонтного молодняка, хрячник)	1/10...1/12	15...20	5...10
Откормочник	1/15...1/20	5	3

Таблица 4

**Значение коэффициентов теплоотдачи для некоторых наружных ограждений**

Конструкции ограждения	Толщина ограждения		Коэффициент теплоотдачи	
	в кирп. шт.	Без штукатурк., см.	$\frac{Вт}{м^2 \cdot ^\circ C}$	$\frac{кВт}{м^2 \cdot ^\circ C}$
Стена кирпичная, кладка на холодном растворе, штукатурка внутренняя толщиной 1,5 см	3	77	0,88	3,52
	2,5	64	0,04	4,15
	2	51	1,25	5,0
стены деревянные, рубленые из бревен, диаметром (см) без штукатурки		25	0,76	3,04
		22	0,84	3,35
		20	0,91	3,64
		18	0,99	3,96
стены деревянные, брусковые, толщиной в (см) без штукатурки		20	0,77	3,09
		18	0,84	3,36
потолок (по балкам, настил из деревянных пластин толщиной 5 см, глинопесчанная смазка в 2 см, затем слой опилок и сверху слой земли в 5 см), без штукатурки	15	27	0,45	1,8
	12	24	0,52	2,08
	10	22	0,59	2,36
	8	20	0,69	2,75
Окна одинарные двойные			5,61	23,24
			2,67	10,68
двойные с остеклением в одном переплете			3,49	13,96
Двери и ворота: одинарные двойные			4,65	18,6
			2,32	9,28
Пол: для зон, находящихся на расстоянии (м), от стены		2	0,47	1,88
		2-4	0,23	0,92
		4-6	0,12	0,48
			0,07	0,28
для остальной зоны			0,32	0,92
в среднем				

Приложение 3

Таблица 1

**Нормы расходования воды**

№ п/п	Наименование потребителей	Требуемая температура, град.	Норма расхода воды, л/сут
1	2	3	4
1	Коровники при машинном доении на 1 корову, в сутки	7-12	100
2	Телятники	–	30
3	Откормочный гурт КРС на 1 голову, в сутки	–	70
4	Свинарники-маточники, на 1 матку с приплодом, в сутки	–	80
5	Свинарники-откормочники, на 1 голову, в сутки	–	15
6	Овчарни, на взрослую овцу, в сутки	–	10
7	Овчарни, на 1 голову молодняка, в сутки	–	6
8	Конюшни, на 1 голову рабочую, верховую лошадь, в сутки	7-12	60
9	Конюшни, на 1 голову молодняка, в сутки	7-12	45
10	Птичники, на 1 условную курицу, в сутки	–	1,0
11	Птичники, на 1 голову молодняка, в сутки	–	0,25
12	Кормоцех, мойка корнеплодов на 1 ц свеклы	10-12	30-40
13	Кормоцех, увлажнение соломо-сечки при запаривании, на 1 ц сухого корма.	90	100-150
14	Кормоцех, приготовление густых замесов из концкормов на 1 ц сухого корма	40	75-100
15	Кормоцех, приготовление жидких кормов из концентратов и картофеля, на 1 ц корма	40	200-300
16	Кормоцех, осоложивание и дрожжевание концкормов, на 1 ц сухого корма	80-90	150-200
17	Кормоцех, приготовление сеного настоя, на 1 ц корма	30-40	500-700
18	Кормоцех, получение пара при эксплуатации запарных котлов, на 1 ц корма	10-65	100

19	Санитарные мероприятия, на 1 чел., обслуживающего персонала в сутки	40	60
20	Санитарные мероприятия, ежемесячная мойка полов на 1 кв м в сутки площади пола	30-40	3-5
21	Санитарные мероприятия, ежемесячная мойка машин на 1 машину в сутки	10-15	50
22	На подмывание вымени коров перед доением, на 1 корову в сутки	45-50	3
23	На промывку доильного аппарата в сутки	80	20
24	Молочное отделение: первичная обработка молока, на 1 кг молока	10-12	4-5
25	Молочное отделение: мойка молочной посуды, на 1 флягу	80	5
26	Молочное отделение: промывка аппаратуры и трубопроводов, на 1 т молока	80	50
27	Транспорт на 1 трактор в сутки	10-12	120-150
28	Транспорт на 1 автомашину, в сутки	–	140-200
29	Противопожарная защита: на 1 возможный пожар, тушение в 2 струи л/сек	–	10

Приложение 4

Таблица 1

**Примерные нормы кормовых рационов для дойных коров и быков-производителей**

Корма	Суточная норма корма на 1 животное, кг	
	дойные коровы	быки-производители
1. Концентраты	3,0	4,0
2. Сено	2,0 – 4,0	6,0
3. Солома	4,0 – 6,0	4,0
4. Силос	15,0 – 25,0	6,0
5. Сенаж	5,0 – 7,0	8,0
6. Корнеплоды	10,0 – 15,0	
7. Гранулы или витаминная мука	1,0	1,5

Таблица 2

## Применение нормы кормовых рационов для молодняка КРС

Корма	Суточная норма корма на 1 животное, кг	
	Возраст животных	
	До 1 года	До 2 лет
Молоко цельное	0,5	-
Обрат	0,7	-
Сено	2,0	2,5
Солома	2,0	4,0
Корнеплоды	1,0	1,0
Сенаж	1,0	2,5
Концентраты	1,0	1,5
Витаминная мука	0,3	0,4
Заменитель молока	0,5	-
Силос	-	0,6

Таблица 3

## Примерные нормы кормовых рационов для племенных свиноматок

Корма	Суточная норма корма на 1 животное, кг			
	масса животного, кг			
	110	120	150	200
Концкорма	3,0	3,5	4,0	5,0
Силос	2,0	2,0	2,5	3,5
Корнеплоды	4,0	4,5	4,5	5,0
Витаминная мука	0,8	1,0	1,0	1,3

Таблица 4

## Примерные нормы кормовых рационов для беконного откорма свиней

Корма	Суточная норма на 1 животное, кг					
	масса животных в кг					
	20	30	50	70	90	100
Корнеплоды	0,5	0,5	1,0	1,5	2,0	2,0
Силос	1,0	1,0	1,5	1,0	2,0	2,0
Концкорма	1,0	1,2	2,0	2,5	3,0	3,5
Обрат	0,5	0,5				
Витаминная мука	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
заменитель молока	0,5	0,5	0,6	0,8	1,0	1,0

Таблица 5

Примерные нормы кормовых рационов для овец  
( масса овец – 60 кг, барана – 70 кг )

Корма	Суточная норма корма на 1 животное	
	овцематки	бараны
Сено	2,0	2,5
Силос	2,5	2,0
Концкорма	0,5	1,0
Сенаж	1,0	1,5

Таблица 6

## Примерные нормы кормовых рационов для птиц

Корма	Суточная норма корма на 1 птицу, гр	
	бройлеры	куры-несушки
Рыбная мука	5	8
Корнеплоды	10	15
Концкорма	20	50
Комбикорма	80	120
Мел	1,5	2,5
соль	0,5	0,6

Таблица 7

## Основные физико-механические свойства грузов

Груз	Объемная масса, т/м <sup>3</sup>	Угол естественного откоса, град	Коэффициент трения по стали
1	2	3	4
Бобы	0,60... 0,80	31... 37	0,37... 0,47
Вика	0,75... 0,85	35	0,33... 0,36
Горох	0,78... 0,88	25... 28	0,26... 0,32
Дрова (навалом )	0,40... 0,50	-	-
Подсолнечниковые жмыхи	0,59... 0,67	-	-
Навозная жижа	0,97... 1,00	-	-
Свекловичный сухой жом	0,22... 0,25	50... 60	-
Сухая зола	0,40... 0,72	40... 50	0,60... 0,85
Порошкообразная негашеная известь	0,70... 0,80	50	-
Картофель	0,60	30... 35	0,51... 0,55
Комбикорм:			
Россыпью	0,50... 0,65	-	-
Гранулированный	0,65... 0,79	-	-
Кукуруза в зерне	0,70... 0,75	35	0,30... 0,57
Мел ( средне - и мелкокусковой )	1,4... 2,5	3,9	-
Морковь	0,5... 0,6	-	0,55
Травяная мука	0,18... 0,20	65... 75	-
Мякина	0,20... 0,40	-	-

Груз	Объемная масса, т/м <sup>3</sup>	Угол естественного откоса, град	Коэффициент трения по стали
1	2	3	4
Навоз:			
Свежий с соломенной подстилкой	0,40...0,50	-	1,5
Перепревший	0,85...1,00	72	1,5...1,7
Овес	0,40...0,55	28...35	0,40...0,53
Опилки древесные		39	0,39...0,83
Сухие			
Отруби	0,18...0,44	-	-
Просо	0,66...0,85	22...29	0,31...0,33
Пшеница	0,65...0,83	25...35	0,35...0,65
Рожь	0,65...0,79	25...35	0,32...0,58
Кормовая свекла	0,57...0,70	-	0,5
Сено:			
Россыпью	0,08...0,12	-	0,3
Прессованное	0,17...0,32	-	0,3...0,4
Сухой снег	0,12	-	-
Сенаж	0,20	-	-
Солома:			
Неизмельченная(россыпью)	0,03...0,04	-	0,3
Измельченная(россыпью)	0,06...0,08	-	0,3
прессованная	0,12...0,22	-	0,3
Мелкозернистая соль	1,25...1,50	30...50	0,5...1,2
Кукурузная силос	0,25...0,30	50	0,9...1,0
Сухой торф	0,35...0,50	33...45	0,27...0,70
Свежескошенная трава	0,27...0,30	50	0,8...1,0
ячмень	0,55...0,76	25...35	0,35...0,70

## Приложение 5

Таблица 1

### Норма выхода навоза (помета) на 1 голову в сутки, кг

№ пп	Вид и группа животных (птицы)	Норма выхода, кг
1.	Коровы	55
2.	Нетели и взрослый скот на откорме	27
3.	Молодняк КРС старше года	14
4.	Молодняк до года	7
5.	Быки	50
6.	Свиньи-хряки	8,2
7.	Свиноматки холостые	7,3
8.	Свиноматки с поросятами	15,0
9.	Поросята отъемные	2,4
10.	Рем.молодняк и свиньи на откорме	6,9
<b>Овцы</b>		
11.	Овцематки	3,1
12.	Молодняк старше года	2,7
13.	Молодняк до года	2,0
14.	Валухи и бараны – производители	2,9
<b>Куры</b>		
15.	От 1 до 30 дней	30 г
16.	От 31 до 60 дней	70 г
17.	От 61 до 150 дней	90 г
18.	От 151 до 180 дней	210 г
19.	От 181 до 515 дней	240 г

Таблица 2

### Примерные нормы расхода подстилки (опилки) на 1 животное в сутки, кг.

№ пп	Вид и группа животных (птицы)	Норма выхода, кг
1.	КРС	3,5
2.	Молодняк	1,8
3.	Овцы	1,8
4.	Свиноматки с поросятами	5,5
5.	Хряки, хол.свиноматки	2,8
6.	Поросята отъемыши	1,5

### Приложение 6.

№ п/п	Производительные операции	Марка машин	Установленная мощность машины, кВт	Количество машин, шт.	Общая установленная мощность, кВт	Время работы машин, ч																
						0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24					
Р, кВт																						

Т, час

**Рис. 1. Совмещенный график работы машин и расхода электроэнергии в кормоприготовительном цехе**

Примечания:

1. Производственные операции берут только те, где используется в машинах электропривод.
2. Время работы машин на той или иной производственной операции берут из технологической карты.
3. В графике следует учитывать время и потребление электроэнергии на освещение и вентиляцию кормоцеха.

### Приложение 7

#### ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

производства продукции животноводства  
годовые нормы кормления на голову, кормов.....трубках, .....силоса  
концентратов, .....кормосмесей, .....зеленой массы.

Количество голов на ферме \_\_\_\_\_  
Тип постройки \_\_\_\_\_  
Кратность доения \_\_\_\_\_  
кормления \_\_\_\_\_  
Продуктивность: натур. \_\_\_\_\_  
привесы \_\_\_\_\_

прочие условия, нормативы: \_\_\_\_\_

Расчет эксплуатационных затрат

№ п/п	Наименование производственных работ	Объем работ в сут-ки Q <sub>сут</sub>	Число дней в год Д	Объем работ в год Q <sub>год</sub>	Наименование машин и оборудования (тип мерца)	Продолжительность час Q <sub>час</sub>	Проектный коэффициент	Число работ машин в сут-ки T <sub>с</sub>	Число операций на шт. T <sub>оп</sub>	Затраты труда чел. час в сут-ки T <sub>ср</sub>	Амортизация, % от балансовой стоимости	Расход электроэнергии, кВт/ч W	Стоимость электроэнергии, руб. Э	Зарплата первого звена и 3-го звена, руб/год П <sub>р</sub>	Прочие расходы на эксплуатацию машин, руб/год П <sub>р</sub>	Головки в год							
																	в сут-ки T <sub>с</sub>	в год T <sub>год</sub>	в год T <sub>год</sub>	в год T <sub>год</sub>			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
	Итого без строительной части																						
	На единицу продукции																						
	Строительная часть																						
	Итого со строительной частью																						
	На единицу продукции																						



## Содержание

Общие положения . . . . .	3
<b>I. Генеральный план животноводческой фермы и комплекса . . . . .</b>	<b>3</b>
1.1. Общие требования к проектированию генерального плана . . . . .	3
1.2. Постройки для содержания животных и птиц . . . . .	6
1.3. Общие требования к основным постройкам . . . . .	6
1.4. Расчет структуры стада . . . . .	7
1.5. Выбор основных и вспомогательных зданий и сооружений . . . . .	8
<b>II. Микроклимат в животноводческом помещении . . . . .</b>	<b>11</b>
2.1. Расчет вентиляции . . . . .	11
2.2. Расчет отопления . . . . .	15
2.3. Расчет освещения . . . . .	16
<b>III. Проектирование технологической линии водоснабжения . . . . .</b>	<b>17</b>
3.1. Расчет водоснабжения . . . . .	17
<b>IV. Проектирование технологических линий приготовления и раздачи кормов . . . . .</b>	<b>21</b>
4.1. Требования к кормам и способы их приготовления . . . . .	21
4.2. Технологический расчет кормоприготовительного цеха . . . . .	22
4.3. Технологический расчет вспомогательного оборудования . . . . .	27
4.4. Расчет потребности кормоцеха в воде, паре . . . . .	30
4.5. Составление совмещенного графика работы машин и расхода электроэнергии кормоприготовительного цеха . . . . .	32
4.6. Расчет потребности стационарных и мобильных кормораздатчиков . . . . .	33
4.7. Расчет грузооборота животноводческой фермы . . . . .	34
<b>V. Проектирование технологических линий удаления, переработки и хранения навоза . . . . .</b>	<b>36</b>
5.1. Основные требования, предъявляемые к системам удаления и утилизации навоза . . . . .	36
5.2. Системы удаления и утилизации навоза . . . . .	37
5.3. Переработка и хранение навоза . . . . .	39
5.4. Технологический расчет линии удаления и хранения навоза . . . . .	41

<b>VI. Проектирование технологических линий доения коров, первичной обработки и переработки молока . . . . .</b>	<b>43</b>
6.1. Технологический расчет доильных установок . . . . .	43
6.1.1. Определение расхода воздуха доильной установкой . . . . .	46
6.1.2. Расчет вакуум-провода . . . . .	48
6.1.3. Расчет вакуум-регулятора . . . . .	49
6.1.4. Расчет молокопровода . . . . .	49
6.2. Технологические расчеты линий обработки и переработки молока . . . . .	50
6.2.1. Технологический расчет охладителей молока . . . . .	51
6.2.2. Выбор и технологический расчет холодильной установки . . . . .	55
6.2.3. Выбор и технологический расчет пастеризаторов молока . . . . .	58
6.2.4. Выбор и расчет сепараторов молока . . . . .	62
<b>VII. Экономическая эффективность мероприятий курсового проекта . . . . .</b>	<b>69</b>
7.1. Методика составления технологической карты . . . . .	69
7.2. Анализ показателей технологической карты . . . . .	76
Список используемой литературы . . . . .	78
Приложения . . . . .	80

Учебно-методическое издание

Илья Баторович Шагдыров

КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПО МЕХАНИЗАЦИИ  
И ТЕХНОЛОГИИ ЖИВОТНОВОДСТВА

Редактор Д. Д. Филиппова  
Компьютерная верстка О. Р. Цыдыповой  
Корректор Э. Б. Шоймполова

Лицензия ЛР № 021274 от 26 марта 1998 г.

Подписано в печать            Формат 60x84/16. Бум. тип. № 1.  
Усл.печ.л. 6,1. Уч.-изд.л. 5,8. Тираж 300. Заказ № 729.  
Цена договорная.

Издательство ФГОУ ВПО «Бурятская государственная  
сельскохозяйственная академия им.В.Р. Филиппова»  
670024, г. Улан-Удэ, ул. Пушкина, 8.