

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ,
НАУКИ И КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ

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

Кафедра механизации животноводства
и электрификации сельскохозяйственного производства

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ПРОЦЕССОВ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

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

Горки
БГСХА
2024

1. ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ОБЪЕМА БУНКЕРА МОБИЛЬНОГО СМЕСИТЕЛЯ-РАЗДАТЧИКА КОРМОВ ДЛЯ ФЕРМ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

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

В зависимости от размеров комплексов (ферм), видов обрабатываемых кормов используют кормоприготовительные предприятия (кормоцехи, кормовые двory и отдельные кормоприготовительные линии). Они предназначены для приема, накопления, подготовки и обработки кормового сырья (соломы, сена, корнеклубнеплодов и др.), приема и накопления отдельных компонентов в готовом виде (комбикорм, меласса и т. д.), приготовления смесей и выдачи их в мобильные или стационарные кормораздатчики. В их состав входят линии (рис. 2.1): грубых кормов, силоса, корнеклубнеплодов, концентрированных кормов, приготовления и дозированной подачи обогатительных растворов, смешивания, измельчения и выдачи готовой кормосмеси.

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



Рис. 2.1. Примерная технологическая схема кормоцеха

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

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

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

Работа технологических линий кормоцехов *второй группы* согласовывается с распорядком дня животноводческой фермы или комплекса. Кормосмеси в своем составе могут иметь разное количество ингредиентов в соответствии с зоотехническими нормами кормления животных,

поэтому отказ одной из технологических линий не всегда приводит к прекращению выпуска готовой продукции.

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

Суточную потребность (t) молочно-товарной фермы или комплекса в отдельных видах кормов рассчитывают по формуле

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

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

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

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

Годовую потребность (t) животноводческого предприятия в кормах определяют по зависимости

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

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

Продолжительность периода использования зимнего кормового рациона $D_z = 230$ дней, летнего – $D_l = 135$ дней.

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

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

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

В качестве хранилищ *силоса и сенажа* наибольшее распространение получили наземные траншеи. Траншейные хранилища сооружают длиной 30–60 м, высотой 2,5–3,5 м и шириной 9–24 м. Боковые стены должны иметь наклон наружу около 6° , что обеспечивает хорошую

трамбовку, самоуплотнение и хорошую выемку корма при использовании средств механизации. Для отвода жидкости, выделяющейся при сilosовании корма, дно траншеи должно иметь поперечный – 3 % и продольный – 1 % уклоны в сторону специального приямка (сокоборника). При проектировании широких (более 10 м) траншей следует обеспечить двухсторонний поперечный уклон дна.

Корнеклубнеплоды хранят как в простейших, так и в капитальных механизированных хранилищах. К простейшим хранилищам относятся бурты и полузаглубленные траншеи. Ширина буртов по размерам котлована может быть 2,0–2,5 м, а высота зависит от вида корнеплодов и при величине угла естественного откоса 30–40° составляет 1,5–1,9 м. Ширина основания траншей находится в пределах 3–4 м, высота – 1,5–2,0 м. Максимальная длина простейших хранилищ корнеклубнеплодов – 60 м. Хранение корнеклубнеплодов в капитальных хранилищах позволяет получить нужный режим хранения. Температуру воздуха в них поддерживают в пределах +1...+3 °С, а относительную влажность около 80 %.

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

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

Потребную вместимость хранилищ для хранения запасов отдельных кормов на ферме рассчитывают по формуле

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

где γ_i – объемная масса i -го корма в хранилище, т/м³;
 ε_i – коэффициент использования объема хранилища i -го корма.
Объем одного хранилища корма определяют по зависимости

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

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

2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОМБИКОРМОВ

Для расчета производительности технологических линий кормоцеха необходимо знать структуру поголовья, рационы, тип кормления и способ содержания животных на ферме, физико-механические свойства кормов и технические характеристики машин и оборудования, выпускаемых промышленностью.

Расчет технологических линий выполняется по каждому виду корма в отдельности. Для расчета выбирают такой период года, когда суточный объем кормов, подлежащих обработке, максимальный. Расчет основных и вспомогательных поточных технологических линий, выбор машин и оборудования следует начинать с ведущей (основной) линии или машины, параметры которой являются определяющими при расчетах остальных линий и окончательном выборе кормоцеха.

В технологическом процессе приготовления кормов ведущей линией является линия смешивания. Поэтому необходимо определить производительность технологической линии смешивания кормов. Для этого необходимо установить объем кормов, подлежащих обработке, требуемую влажность кормовой смеси, объем добавляемых к кормам питательных растворов или воды. По принятому распорядку дня работы кормоцеха необходимо определить время приготовления кормов, число смесителей и других машин и оборудования, работающих в кормоцехе, их тип и количество. Установить режим работы отдельных ПТЛ и кормоцеха в целом.

Суточный расход кормов на все поголовье животных проектируемого предприятия определяют по формуле

$$Q_{\text{сут}} = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n = \sum_{i=1}^n Q_i, \quad (1.26)$$

где Q_1, Q_2, \dots, Q_n – суточное потребление отдельных видов кормов, кг/сут.

Их значение определяется по формулам

$$\begin{cases} Q_1 = a_1 m_1 + a_2 m_2 + \dots + a_n m_n \\ Q_2 = b_1 m_1 + b_2 m_2 + \dots + b_n m_n \\ \dots \\ Q_n = z_1 m_1 + z_2 m_2 + \dots + z_n m_n \end{cases} \quad (1.27)$$

где a, b, \dots, z – суточная норма дачи отдельных видов кормов для различных половозрастных групп, кг;

m_1, m_2, \dots, m_n – количество животных различных половозрастных групп, гол.

Поскольку влажность кормовой смеси при раздаче кормов оказывает существенное влияние на работу мобильных и стационарных кормораздатчиков и в значительной мере определяет необходимую часовую производительность линии смешивания, то необходимо сначала определить количество воды, которое следует добавить в смесь рациона для достижения заданной зоотехническими требованиями влажности корма.

Исходная влажность кормовой смеси компонентов рациона (без добавления воды) определяется по формуле

$$W_{\text{см}} = \frac{Q_1 \cdot W_1 + Q_2 \cdot W_2 + \dots + Q_n \cdot W_n}{Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n}, \quad (1.28)$$

где Q_1, Q_2, \dots, Q_n – суточное потребление отдельных видов кормов, кг;
 W_1, W_2, \dots, W_n – влажность отдельных компонентов рациона, %.

Влажность кормовой смеси для свиней следует принимать 60...70% при раздаче мобильными кормораздатчиками и 70...80% – при использовании трубопроводного транспорта, для КРС – 60...65%.

Количество воды, которое необходимо добавить в смесь для получения заданной влажности корма, определяется по формуле

$$Q_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{сут}} (W_3 - W_{\text{см}})}{100 - W_3}, \quad (1.29)$$

где $W_{\text{см}}$ – влажность кормовой смеси, %;

W_3 – заданная влажность, %.

Суточная производительность линии смешивания с учетом добавляемой воды (раствора) в кормосмесь составит

$$Q_{\text{см.сут}} = Q_{\text{сут}} + Q_{\text{в}}, \quad (1.30)$$

Количество кормосмеси, которое необходимо приготовить для разовой выдачи животным, определяется с учетом принятой кратности кормления

$$q_{\text{раз.см}} = \frac{Q_{\text{см.сут}}}{K_{\text{к}}}, \quad (1.31)$$

где $K_{\text{к}}$ – кратность кормления животных в течение суток ($K_{\text{к}} = 2 \dots 3$).

Определяют часовую производительность основной линии кормоцеха, т.е. линии смешивания, по зависимости

$$W_{\text{см}} = \frac{Q_{\text{см.сут}}}{T_{\text{см}}}, \quad (1.32)$$

где $T_{\text{см}}$ – время работы смесителя в сутки, ч.

При непрерывной работе смесителя $T_{\text{см}}$ равно времени подготовки корма T , которое определяется зоотехническими требованиями ($T = 2 \dots 3$ ч). Число смесителей определяем из отношения

$$n_{\text{см}} = \frac{W_{\text{см}}}{q_{\text{см}}}, \quad (1.33)$$

где $q_{\text{см}}$ – производительность смесителя, т/ч.

Если смеситель работает циклически, то количество смесителей подбирают, исходя из соотношения общего объема кормов, подлежащих обработке и объема смесителя:

$$n_{\text{см}} = \frac{V_{\text{об.см.}}}{V_{\text{см}} \cdot K_{3\text{см}} \cdot n_{\text{ц}}}, \quad (1.34)$$

где $V_{\text{об.см.}}$ – общий объем кормовой смеси, м^3 ;

$V_{\text{см}}$ – объем выбранного смесителя, м^3 ;

$K_{3\text{см}}$ – коэффициент заполнения смесителя. Принимается в расчетах

$$K_{3\text{см}} = 0,65 \dots 0,75;$$

$n_{\text{ц}}$ – число циклов смешивания за время работы кормоцеха.

Общий объем кормовой смеси определяем по зависимости

$$V_{об} = \frac{Q_{см.сут}}{\gamma_{см}}, \quad (1.35)$$

где $\gamma_{см}$ – объёмная масса кормосмеси, кг/м³.

Объёмную массу кормосмеси определяем по формуле

$$\gamma_{см} = \frac{Q_1 \cdot \gamma_1 + Q_2 \cdot \gamma_2 + \dots + Q_n \cdot \gamma_n}{Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n}, \quad (1.36)$$

где $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n$ – объёмная масса различных компонентов кормовой смеси, кг/м³.

Q_1, Q_2, \dots, Q_n – суточное потребление видов кормов, кг.

При работе смесителя периодического действия время на обработку одной порции кормосмеси (время одного цикла) $T_{ц}$ определяется временем работы остальных поточных линий (загрузка смесителя), временем смешивания и временем выгрузки смеси:

$$T_{ц} = T_{л} + T_{см} + T_{выгр}, \quad (1.37)$$

где $T_{л}$ – время работы линий (до работы смесителя), ч;

$T_{см}$ – продолжительность смешивания, ч;

$T_{выгр}$ – время выгрузки смеси из смесителя, ч.

Расчет производительности отдельных поточных технологических линий кормоцеха проводится по выражениям

$$\left\{ \begin{array}{l} W_{л_1} = \frac{Q_{гр_1}}{T}, \\ W_{л_2} = \frac{Q_{гр_2}}{T}, \\ \dots \\ W_{л_n} = \frac{Q_{гр_n}}{T}, \end{array} \right. \quad (1.38)$$

где $W_{л_1}, W_{л_2}, \dots, W_{л_n}$ – производительность отдельных линий, т/ч;

$Q_{гр_1}, Q_{гр_2}, \dots, Q_{гр_n}$ – максимальная разовая дача отдельного вида корма, т;

T – время приготовления корма, ч.

После определения производительности каждой линии приступают к подбору машин для всех операций технологического процесса. Все машины, составляющие поточную линию, должны передавать корм от одной к другой с одинаковой производительностью. Поскольку производительность этих машин не всегда одинаковая, то при выборе следует придерживаться производительности выбранной базовой машины.

Зная производительности каждой отдельной поточной линии и выпускаемых промышленностью машин, определяется количество машин и оборудования, необходимых для выполнения намеченных операций в каждой линии по зависимости

$$n = \frac{W_{ли}}{W_{Mi}}, \quad (1.39)$$

где $W_{ли}$ – производительность линии, т/ч;

W_{Mi} – производительность i -ой машины, работающей в данной линии, т/ч. Принимается по технической характеристике.

После расчета и выбора основного оборудования кормоцеха уточняют структурные схемы обработки кормов, определяющие последовательность выполнения технологических операций в кормоцехе. В соответствии с этими схемами выбирают вспомогательное оборудование кормоцеха: транспортеры, шнеки, бункера, дозаторы, парообразователи, средства автоматизации и т.д.

После этого приступают к расчету объема промежуточных емкостей бункеров-накопителей и бункеров-дозаторов, которые являются неотъемлемой составной частью поточных линий для приготовления и раздачи кормов.

В поточных линиях бункера выполняют как функции накопления кормов, так и функции выдачи необходимого потока кормов с регулированием их подачи.

При определении необходимой емкости бункеров-дозаторов возможны два варианта их работы в поточных линиях:

1 – интенсивность потока загрузки бункера-дозатора больше потока выгрузки корма $W_{заг} > W_{выг}$;

2 – интенсивность потока загрузки бункера-дозатора меньше потока выгрузки корма $W_{заг} < W_{выг}$.

Минимальный объем бункера-дозатора в первом случае определится из выражения

$$V_{min} = W_{выг} (t_B - t_3), \quad (1.40)$$

а для второго случая

$$V_{\min} = W_{\text{выг}} (t_3 - t_{\text{в}}), \quad (1.41)$$

где t_3 – время загрузки бункера-дозатора;

$t_{\text{в}}$ – время выгрузки кормов или кормосмесей.

Время загрузки и выгрузки кормов определяется, исходя из объема бункера и производительности соответствующего механизма.

Количество приемных бункеров, бункеров-накопителей, питателей-дозаторов должно соответствовать виду и количеству корма, который хранится и перерабатывается в кормоцехе. Минимальная вместимость приемных бункеров различных кормов должна быть не меньше грузоподъемности одной транспортной единицы, используемой в хозяйстве для доставки кормов из хранилищ, или кратно ей. Ее определяют по формуле

$$V_{\text{б}} = \frac{G_{\text{тр}}}{\gamma \cdot \beta}, \quad (1.42)$$

где $G_{\text{тр}}$ – грузоподъемность транспортной единицы, доставляющей корма, т;

γ – объемная масса корма, т/м³;

β – коэффициент заполнения бункера (0,8...0,9).

Вместимость бункеров для концкормов должна быть рассчитана не менее чем на трехсуточную норму их расходования, что исключает работу складов и транспорта в выходные и праздничные дни. Ее вычисляют по формуле

$$V_{\text{к}} = \frac{Q_{\text{к}} \cdot D}{\gamma \cdot \beta}, \quad (1.43)$$

где $Q_{\text{к}}$ – суточный расход концкормов, т;

D – число дней хранения компонентов в бункере.

При проектировании нужно учитывать следующие основные положения:

– в состав поточной линии должно входить как можно меньшее количество машин и оборудования, что повысит их эксплуатационную надежность;

– производительность первой в поточной линии машины должна быть самой минимальной. У каждой последующей машины производительность должна быть выше на 2...5%, чем предыдущей, что исключает забивание того или иного участка линии;

– включение в работу отдельных машин возможно только с конца линии.

Загрузка проводится только после включения всей линии, а выключение отдельных машин поточной линии в обратной последовательности.

3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ БИОГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

Обоснование параметров биогазовой установки следует начинать с оценки сырьевых возможностей сельскохозяйственной организации.

Среднесуточный выход (кг) навоза или помета определяют по зависимости

$$M_n = nm_n, \quad (1)$$

где n – среднегодовое поголовье животных или птицы, гол.;

m_n – среднесуточный выход навоза или помета от одной головы, кг.

Как было указано выше, биогазовые установки редко используют только один вид сырья и в большинстве случаев перерабатывают многокомпонентные субстраты, состоящие из смеси навоза, помета и 25...30 % растительной массы. Суточную потребность биогазовой установки в растительном сырье (кг) определяют по формуле

$$M_p = (0,25...0,30)M_n. \quad (2)$$

Годовая потребность в растительном сырье составит (т):

$$M_p^{\text{год}} = \frac{365}{1000} M_p. \quad (3)$$

Из соотношения

$$C_{\text{св}} = \frac{M_n C_n + M_p C_p}{M_n + M_p + M_b}$$

определяют массу добавляемой в суточную порцию субстрата воды (кг):

$$M_{\text{в}} = \frac{M_{\text{н}} C_{\text{н}} + M_{\text{р}} C_{\text{р}}}{C_{\text{св}}} - M_{\text{н}} - M_{\text{р}}, \quad (4)$$

где $C_{\text{н}}$ – содержание сухого вещества в навозе или помете, %;

$C_{\text{р}}$ – содержание сухого вещества в растительной массе,
 $C_{\text{р}} = 30 \dots 40$ %;

$C_{\text{св}}$ – требуемое содержание сухого вещества в субстрате, %.

Объем суточной порции свежего субстрата (м^3) рассчитывают следующим образом:

$$V_{\text{с}} = \frac{M_{\text{н}} + M_{\text{р}} + M_{\text{в}}}{\gamma_{\text{с}}}, \quad (5)$$

где $\gamma_{\text{с}}$ – объемная масса субстрата, $\gamma_{\text{с}} = 1020 \dots 1070$ $\text{кг}/\text{м}^3$.

Рабочий объем ферментатора (м^3) рассчитывают исходя из продолжительности процесса брожения субстрата:

$$V_{\text{ф}} = V_{\text{с}} D_{\text{б}} k_{\text{з. ф}}, \quad (6)$$

где $D_{\text{б}}$ – длительность брожения субстрата, дн.;

$k_{\text{з. ф}}$ – коэффициент запаса объема ферментатора, $k_{\text{з. ф}} = 1, 2$.

Массу органического сухого вещества (кг о. с. в.), поступающего в ферментатор за сутки, вычисляют по формуле

$$M_{\text{о. с. в}} = M_{\text{н}} \frac{C_{\text{н}}}{100} \frac{C_{\text{н. о. с. в}}}{100} + M_{\text{р}} \frac{C_{\text{р}}}{100} \frac{C_{\text{р. о. с. в}}}{100}, \quad (7)$$

где $C_{\text{н. о. с. в}}$ – содержание органической субстанции в сухом веществе навоза или помета, %;

$C_{\text{р. о. с. в}}$ – содержание органической субстанции в сухом веществе растительного сырья, $C_{\text{р. о. с. в}} = 82 \dots 92$ %.

Удельную загрузку ферментатора (кг о. с. в/ м^3) рассчитывают следующим образом:

$$q_{\text{ф}} = \frac{M_{\text{о. с. в}}}{V_{\text{ф}}}. \quad (8)$$

Оптимальная удельная загрузка ферментатора должна составлять 2...4 кг о. с. в/м³. Если рассчитанное значение q_{ϕ} выходит за указанные пределы, то следует уменьшить или увеличить содержание сухого вещества в субстрате.

Минимальную кратность загрузки ферментатора свежим сырьем в сутки, при которой колебания температуры субстрата будут находиться в допустимых пределах, вычисляют по формуле

$$z_{\phi} = \frac{V_c (t_{\phi} - t_0)}{V_{\phi} \Delta t}, \quad (9)$$

где t_{ϕ} – температура субстрата в ферментаторе, °С;

t_0 – начальная температура субстрата, $t_0 = 4 \dots 8$ °С;

Δt – допускаемые колебания температуры субстрата в ферментаторе, °С.

Для более равномерного производства биогаза следует выполнять загрузку свежего субстрата в ферментатор не реже 2...3 раз в сутки.

Вместимость (м³) приемной емкости для жидкого сырья определяют по следующей формуле:

$$V_{\Pi} = \frac{V_c k_{3,\Pi}}{z_{\phi}}, \quad (10)$$

где $k_{3,\Pi}$ – коэффициент запаса объема приемной емкости, $k_{3,\Pi} = 1,1$.

Рабочий объем ферментаторов биогазовых установок обычно находится в пределах от 1000 до 5000 м³. Для случаев, когда расчетное значение V_{ϕ} превышает 5000 м³, следует планировать строительство нескольких ферментаторов. Диаметр и высоту ферментатора (м) можно определить по зависимостям:

$$d_{\phi} = \sqrt[3]{\frac{4V_{\phi} k_{d:h}}{\pi n_{\phi}}}; \quad (11)$$

$$h_{\phi} = \frac{d_{\phi}}{k_{d:h}} + h_3, \quad (12)$$

где $k_{d:h}$ – соотношение диаметра и высоты ферментатора, $k_{d:h} = 2,2 \dots 2,6$;

n_{ϕ} – количество ферментаторов;

h_3 – запас по высоте стен ферментатора, $h_3 = 1,0 \dots 1,2$ м.

Объем лагуны (m^3) для хранения дигестата (отработанного субстрата) вычисляют таким образом:

$$V_{\text{л}} = V_{\text{с}} D_{\text{хр}}, \quad (13)$$

где $D_{\text{хр}}$ – длительность хранения дигестата, $D_{\text{хр}} = 60 \dots 80$ дней.

Процесс брожения протекает при температуре выше температуры окружающей среды. Тепловое сопротивление ограждающих конструкций ферментатора ($(m^2 \cdot ^\circ C)/Вт$) определяют по формуле

$$R_t = \frac{b_n}{K_n} + \frac{b_{\text{и}}}{K_{\text{и}}}, \quad (14)$$

где b_n, K_n – толщина (м) и коэффициент теплопроводности ($Вт/(м \cdot ^\circ C)$) несущих конструкций ферментатора соответственно;

$b_{\text{и}}, K_{\text{и}}$ – толщина (м) и коэффициент теплопроводности ($Вт/(м \cdot ^\circ C)$) теплоизоляции ферментатора соответственно.

Величина теплового сопротивления ограждающих конструкций ферментатора не регламентируется. Для самопроверки можно использовать технический кодекс ТКП 45-2.04-43-2006 (02250) «Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования», согласно которому нормативное (минимальное) сопротивление теплопередачи для наружных стен производственных зданий составляет $2,0 (m^2 \cdot ^\circ C)/Вт$, жилых – $3,2 (m^2 \cdot ^\circ C)/Вт$.

Среднюю ($N_{\text{тп}}$, кВт) и максимальную ($N_{\text{тп}}^{\text{max}}$, кВт) мощность тепловых потерь ферментатора рассчитывают по формулам:

$$N_{\text{тп}} = S_{\text{ф}} n_{\text{ф}} \frac{t_{\text{ф}} - t_{\text{ср}}}{1000R} = \left(\frac{\pi d_{\text{ф}}^2}{2} + \pi d_{\text{ф}} h_{\text{ф}} \right) n_{\text{ф}} \frac{t_{\text{ф}} - t_{\text{ср}}}{1000R_t}; \quad (15)$$

$$N_{\text{тп}}^{\text{max}} = S_{\text{ф}} n_{\text{ф}} \frac{t_{\text{ф}} - t_{\text{min}}}{1000R} = \left(\frac{\pi d_{\text{ф}}^2}{2} + \pi d_{\text{ф}} h_{\text{ф}} \right) n_{\text{ф}} \frac{t_{\text{ф}} - t_{\text{min}}}{1000R_t}, \quad (16)$$

где $S_{\text{ф}}$ – площадь ограждающих конструкций ферментатора, m^2 ;

$t_{\text{ср}}, t_{\text{min}}$ – среднегодовая и минимальная температуры наружного воздуха соответственно, для климатических условий Республики Беларусь принимают в интервалах $t_{\text{ср}} = +6,8 \dots +7,8 \text{ } ^\circ C$, $t_{\text{min}} = -20 \dots -22 \text{ } ^\circ C$.

Суточную потребность в тепловой энергии (МДж) для подогрева свежего субстрата, поступающего в ферментатор, определяют по формуле

$$Q_c = 10^{-6} c_v (M_n + M_p + M_b) \left(1 - \frac{C_{cb}}{100} \right) (t_\phi - t_0), \quad (17)$$

где c_v – удельная теплоемкость воды, $c_v = 4200$ Дж/(кг · °С).

Среднюю (N_n , кВт) и пиковую (N_n^{\max} , кВт) тепловую мощность системы подогрева ферментатора рассчитывают следующим образом:

$$N_n = N_{\text{тн}} + \frac{Q_c}{3,6 \cdot 24}; \quad (18)$$

$$N_n^{\max} = N_{\text{тн}}^{\max} + \frac{Q_c}{3,6 \cdot 24}. \quad (19)$$

Суточный выход биогаза (W_6 , м³) и требуемый объем газгольдера (V_r , м³) вычисляют по формулам:

$$W_6 = M_{\text{о.с.в}} w_6; \quad (20)$$

$$V_r = W_6 k_r, \quad (21)$$

где w_6 – удельный выход биогаза, м³/кг о. с. в.;

k_r – коэффициент вместимости газгольдера, при использовании биогаза для круглосуточной выработки электроэнергии $k_r = 0,2 \dots 0,5$.

Низшую теплоту сгорания биогаза (МДж/м³) рассчитывают по формуле

$$q_6 = \frac{C_m q_m}{100}, \quad (22)$$

где C_m – содержание метана в биогазе, %;

q_m – низшая теплота сгорания метана, $q_m = 35,9$ МДж/м³.

Мощность процесса газообразования (кВт) вычисляют по приведенной ниже формуле:

$$N_6 = \frac{W_6 q_6}{3,6 \cdot 24}. \quad (23)$$

Зная мощность процесса газообразования N_6 и усредненный КПД процесса преобразования энергии биогаза в электроэнергию, рассчитывают среднюю электрическую мощность когенерационного блока (кВт):

$$\overline{N_3} = N_6 \frac{\overline{\eta_3}}{100}, \quad (24)$$

где $\overline{\eta_3}$ – средний электрический КПД когенерации, $\overline{\eta_3} = 42\%$.

Далее принимают модель и число газовых двигателей таким образом, чтобы их суммарная электрическая мощность минимально превышала расчетное значение $\overline{N_3}$.

Затем уточняют фактические значения электрической (N_3 , кВт) и тепловой (N_T , кВт) мощностей когенерационного блока:

$$N_3 = N_6 \frac{\eta_3}{100}; \quad (25)$$

$$N_T = N_6 \frac{\eta_T}{100}, \quad (26)$$

где η_3, η_T – электрический и тепловой КПД выбранной модели газового двигателя соответственно.

Средний (k_{II} , %) и максимальный (k_{II}^{\max} , %) уровни использования тепловой мощности когенерационной установки на подогрев ферментатора рассчитывают по следующим формулам:

$$k_{II} = \frac{N_{II}}{N_T} 100\%; \quad (27)$$

$$k_{II}^{\max} = \frac{N_{II}^{\max}}{N_T} 100\%. \quad (28)$$

Следует стремиться к тому, чтобы средний уровень использования тепловой мощности когенерационного блока на технологические нужды биогазовой установки не превышал 60%. Значения $k_{II}^{\max} > 100\%$ говорят о том, что температурный режим или теплоизоляция ферментатора выбраны неверно.

Годовую выработку электрической ($Q_э$, МВт · ч) и тепловой ($Q_т$, Гкал) энергии когенерационным блоком определяют по следующим зависимостям:

$$Q_э = \frac{8760}{1000} N_э; \quad (29)$$

$$Q_т = \frac{8760}{1000} (N_т - N_п) k_{кал}, \quad (30)$$

где 8760 – число часов в году, ч;

$k_{кал}$ – переводной коэффициент, $k_{кал} = 0,86$ Гкал/МВт · ч.

Годовую экономию топливно-энергетических ресурсов (т у. т.) рассчитывают по формуле

$$\mathcal{E}_{тэп} = Q_э k_э + Q_т k_т, \quad (31)$$

где $k_э$, $k_т$ – переводные коэффициенты, $k_э = 0,28$ т у. т./МВт · ч, $k_т = 0,175$ т у. т./Гкал.

Доход от реализации выработанной электроэнергии в сеть ГПО «Белэнерго» составит (руб.):

$$D = 1000 T_б K Q_э, \quad (32)$$

где $T_б$ – базовый тариф за 1 кВт · ч электрической энергии для промышленных и приравненных к ним потребителей с присоединенной мощностью до 750 кВт · А, на 1 января 2023 г. $T_б = 0,23975$ руб/кВт · ч;

K – корректирующий коэффициент к базовому тарифу.

Для биогазовых установок, созданных в пределах выделенных в 2018 г. квот на производство энергии из возобновляемых источников, в течение первых десяти лет эксплуатации корректирующий коэффициент при мощности установки менее 0,3 МВт равен 1,2, 0,3...2 МВт – 1,15, свыше 2 МВт – 1,1. По истечении первых десяти лет эксплуатации коэффициент снижается до 0,45 независимо от мощности установки.

В случае, если биогазовая установка создана исключительно для энергетического обеспечения хозяйственной деятельности юридического лица, т. е. вне выделенных квот, и введена в эксплуатацию после 1 января 2018 г., значение корректирующего коэффициента принимается равным 0,1.

3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦЕХА РАЗДЕЛЕНИЯ НАВОЗА НА ФРАКЦИИ

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

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

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

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

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

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

Суточный выход навоза от одного животного вычисляют по формуле:

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

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

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

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

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

Навоз из животноводческих помещений удаляют периодически или непрерывно.

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

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

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

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

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

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

Количество навозоуборочных средств рассчитывают по формуле:

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

где W_i – производительность выбранной машины; т/ч. Принимается по характеристике.

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

$$G_{\text{тр}} = q_{\text{с ут}} \cdot m, \quad (3.4)$$

где m – количество животных, обслуживаемых одним транспортером.

Необходимая производительность транспортера

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

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

κ – кратность уборки навоза в сутки.

Теоретическая подача транспортера

$$Q_{\text{пр}} = 3,6 \cdot b \cdot h \cdot \gamma \cdot \vartheta \cdot \varphi, \quad (3.6)$$

где b – ширина канала, м;

h – высота скребка, м.

γ – объемная масса навоза, кг/м³;

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

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

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

Фактическая подача транспортера определяется по формуле

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

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

T – общее время работы транспортера, ч.

Общее время работы транспортера зависит от числа включений ($\kappa_{\text{уб}}$) и времени ($T_{\text{ц}}$) цикла уборки:

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

где $\kappa_{\text{уб}}$ – число включений в сутки $2 \dots 6$ раз;

$T_{\text{ц}}$ – время одного цикла уборки, $T_{\text{ц}} = 0,3 \dots 0,5$ ч.

Общее сопротивление P , возникающее при перемещении навоза в канале

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

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

$$P_1 = G_{\text{макс}} \cdot g \cdot f; \quad (3.10)$$

$G_{\text{макс}}$ – масса навоза в каналах транспортера, кг;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

f – коэффициент трения.

Максимальное количество навоза

$$G_{\text{макс}} = L \cdot b \cdot h \cdot \gamma \cdot \varphi, \quad (3.11)$$

где L – длина канала, м;

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

Боковое сопротивление от трения навоза о боковые стенки канала

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

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

Сопротивление перемещению транспортера на холостом ходу

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

где $q_{\text{т}}$ – масса 1 п. м. транспортера, кг;

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

Сопротивление движению от заклинивания навоза между скребком и стенкой канала

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

где a – шаг скребка, м;

W – сопротивление одного скребка, Н. Для твердого навоза

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

Решая последовательно, получаем

$$P = (1,3 \dots 1,4) \cdot G_{\text{max}} \cdot f \cdot g + \left(L \cdot (q_{\text{т}} \cdot f_{\text{пр}} \cdot q + \frac{W}{a}) \right). \quad (3.15)$$

Мощность электродвигателя $N_{\text{дв}}$ (кВт) на привод

$$N_{\text{дв}} = \frac{K \cdot P \cdot g}{102 \cdot \eta}, \quad (3.16)$$

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

g – скорость движения транспортёра, м/с;

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

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

Подача скреперной установки

$$Q_{\text{с}} = \frac{G_{\text{н}}}{T_{\text{ц}}} = \frac{V_{\text{с}} \cdot \gamma \cdot \varphi}{T_{\text{ц}}}, \text{ кг/с} \quad (3.17)$$

где G_n – масса порции навоза, кг;
 V_c – расчетная емкость скрепера, м³;
 γ – объемная масса навоза, кг/м³;
 φ – коэффициент заполнения скрепера ($\varphi=0,9\dots1,2$);
 $T_{ц}$ – время одного цикла, с:

$$T_{ц} = \frac{2l}{\mathcal{G}_{cp}} + T_{упр}, \quad (3.18)$$

l – длина навозного канала, м;
 $T_{упр}$ – время на управление и изменение направления хода, с;
 \mathcal{G}_{cp} – средняя скорость движения скрепера, м/с ($\mathcal{G}_{cp} = 0,04\dots1$ м/с).

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

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

где P_1 – сопротивление движению рабочей ветви, Н:

$$P_1 = [(G_c + G_n) \cdot f_{пр} + q \cdot L_p \cdot f_n] \cdot g, \quad (3.20)$$

G_c, G_n – масса соответственно скрепера и порции навоза, кг;
 $f_{пр}$ – приведенный коэффициент трения ($f_{пр}=1,8\dots2,0$);
 q – масса 1 п.м. каната ($q = 0,4\dots0,5$), кг;
 L_p – длина цепи (каната) рабочей ветви, м;
 f_n – коэффициент трения каната о навоз ($f_n = 0,5\dots0,6$).
 Сопротивление перемещению холостой ветви, Н:

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

где L_x – длина цепи каната холостой ветви, м.

Сопротивление на преодоление инерции при реверсировании, Н:

$$P_3 = (2 \cdot G_c + q \cdot L) \cdot \frac{\mathcal{G}_{cp}}{t}, \quad (3.22)$$

где L – длина цепи установки, м;

\mathcal{G}_{cp} – средняя скорость. $\mathcal{G}_{cp} = 0,3\dots0,4$ м/с.

Сопротивление от натяжения набегающей ветви каната, Н:

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

где μ – коэффициент трения каната о ролик, $\mu = 0,1 \dots 0,2$;
 α – угол охвата, $\alpha \geq 120 \dots 150^\circ$.

Суммируя $P_1 \dots P_4$, определяем общее сопротивление движению скреперной установки P_c .

Требуемая мощность двигателя (Вт) определяется по зависимости

$$N = \frac{P_c \cdot \mathcal{G}_{\text{ср}}}{\eta}, \quad (3.24)$$

где $\mathcal{G}_{\text{ср}}$ – средняя скорость движения, м/с;

η – КПД привода.

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

$$t_6 = \frac{1000 \cdot l_6}{q_6 \cdot \mathcal{G}_6}, \quad (3.25)$$

где l_6 – средняя длина пути перемещения навоза, м;

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

\mathcal{G}_6 – средняя рабочая скорость трактора с бульдозером, м/с.

Сопротивление движению навоза, перемещаемого трактором,

$$P = M \cdot f_{\text{ст}} \cdot g \cdot K, \quad (3.26)$$

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

$f_{\text{ст}}$ – коэффициент трения;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

K – коэффициент, учитывающий угол постановки скребка. При $\alpha = 0^\circ$; $K = 1$; $\alpha = 45^\circ$, $K = 0,65 \dots 0,80$.

5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

На фермах воду используют:

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

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

– для отопления и противопожарных мероприятий.

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

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

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

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

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

где m_i – количество животных i -го вида;

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

n – количество видов животных.

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

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

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

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

где α_1 и α_2 – коэффициенты суточной и часовой неравномерности водопотребления ($\alpha_1 = 1,3$; $\alpha_2 = 2,5$).

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

Для мойки корнеклубнеплодов расход воды

$$Q_{MK} = \sum_{i=1}^n m_i \cdot k_i \cdot q_K, \quad (4.5)$$

где m_i – поголовье животных i -го вида;

k_i – суточная норма корнеклубнеплодов на 1 животное i -го вида, кг;

n – количество видов животных;

q_K – норма расхода воды на 1 кг корма, л.

Для увлажнения соломенной резки перед запариванием расход воды

$$Q_{CP} = \sum_{i=1}^n m_i \cdot q_B \cdot k_{CP}, \quad (4.6)$$

где k_{CP} – норма соломенной резки на одно животное в сутки, кг;

q_B – норма расхода воды на 1 кг соломенной резки, л.

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

$$Q_B = \frac{Q_{CM} \cdot (W_T - W_{CM})}{100 - W_T}, \quad (4.7)$$

где Q_{CM} – количество смеси исходной влажности, т;

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

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

W_T – требуемая влажность смеси, % (Принять для свиней $W_T = 75\%$, для КРС $W_T = 60 \dots 65\%$);

W_{CM} – влажность смеси без добавления воды, %.

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

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

Для питания парового котла потребное количество воды

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

где n – количество паровых котлов;

F – поверхность нагрева одного котла, м² (можно принять в пределах 14...17 м²);

G_n – расход воды на 1 м² поверхности нагрева за час, л;

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

Для первичной обработки молока потребное количество воды

$$Q_M = q_M \cdot k_M, \quad (4.11)$$

где q_M – суточное количество надоенного молока, л;

k_M – норма расхода воды на 1 л молока, л.

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

$$Q_B = n_p \cdot q_p, \quad (4.12)$$

где n_p – количество работников фермы;

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

Общую потребность фермы в воде необходимо определять с учетом противопожарного запаса, который рассчитывают по формуле

$$Q_{\text{ПЖ}} = q_n \cdot t_n, \quad (4.13)$$

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

t_n – продолжительность пожара, с.

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

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

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

где G_r – суточная масса горячей воды, л;

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

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

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

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

Тогда

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

Нормы расхода воды на отдельные операции принимаются из справочной литературы.

6. ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБУЕМОГО КОЛИЧЕСТВА АВТОПОИЛОК В ЖИВОТНОВОДЧЕСКОМ ПОМЕЩЕНИИ

Тип водоподъемной установки зависит от расчетного расхода воды и напора. При равномерной подаче насосной станции расход воды (дм³/с) рассчитывают по формуле

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

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

$Q_{сут. \max}$ – суточное потребление воды на ферме, м³;

T – продолжительность работы насосной станции в сутки, ч.

Полный напор (м) насоса определяют по формуле

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

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

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

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

Динамический напор (м) приближенно находят по формуле

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

где v_b – скорость движения воды, м/с;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

α_1 – коэффициент сопротивления, зависящий от скорости движения воды и материала труб (для чугунных и стальных труб $\alpha_1 = 0,02$, для бетонных труб $\alpha_1 = 0,022$, для асбестоцементных труб $\alpha_1 = 0,025$);

L – длина трубопровода, м;

d – диаметр трубопровода, м;

β – коэффициент местных сопротивлений, учитывающий потери напора в коленах, задвижках, клапанах и др.

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

Мощность электродвигателя для привода насоса:

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

где $Q_{\text{сек}}$ – секундный расход воды, м³/с;

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

$\rho_{\text{в}}$ – плотность воды, кг/м³;

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

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

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

Необходимое количество поилок вычисляется как

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

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

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

7. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ И ОТОПЛЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

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

Воздухообмен (м³/ч), необходимый для поддержания допустимой концентрации углекислого газа, определяют по формуле

$$V_{\text{со2}} = m_{\text{ж}} C_{\text{ж}} / (C_1 - C_2), \quad (5.1)$$

где $m_{\text{ж}}$ – число животных;

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

C_1 – предельно допустимая концентрация углекислого газа в помещении, в коровнике составляет $C_1 = 2,5$ л/м³;

C_2 – концентрация углекислого газа в атмосферном воздухе,
 $C_2 = 0,3$ л/м³.

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

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

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

ρ_v – плотность воздуха, кг/м³;

d_v, d_n – влагосодержание внутреннего и наружного воздуха соответственно.

Влаговыделения в животноводческих помещениях

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

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

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

Влаговыделения со свободной поверхности:

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

где $\omega_{\text{с.п}}$ – удельное влаговыделение, г/(ч·м²);

$S_{\text{с.п}}$ – свободная поверхность, м².

Количество влаги, испаряющейся со смоченной поверхности пола и стен:

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

где $\omega_{\text{м.п}}$ – удельное влаговыделение, г/(ч·м²);

$S_{\text{м.п}}$ – смоченная поверхность, м².

Из двух расчетных значений расходов вентиляционного воздуха V_{co_2} и V_w принимают наибольшее.

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

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

где V_B – расход вентиляционного воздуха, м³/ч;

V_c – строительный объем помещения, м³.

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

Сечение вытяжных и приточных каналов определяют по формуле:

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

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

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

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

где h – высота канала, м;

τ_1, τ_2 – температуры внутреннего и наружного воздуха, °С.

Число вытяжных каналов определяют из выражения

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

где f – площадь сечения одного канала, м².

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

$$V = K_{\text{потерь}} V_{\text{со2}}, \quad (5.10)$$

где $V_{\text{со2}}$ – расчетный воздухообмен, м³/ч;

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

Общие потери напора ΔH складываются из потерь на трение воздуха о стенки воздуховода H_T и потерь от местных сопротивлений H_M :

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

Трение воздуха о стенки воздуховода определяется по формуле

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

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

l, D – соответственно, длина и диаметр воздуховода, м;

v_B – скорость движения воздуха, м/с.

Давление вентилятора должно быть больше или равно ΔH .

Мощность электрического двигателя на привод вентилятора:

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

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

η_v – КПД вентилятора;

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

Полученные показатели позволяют по каталогу подобрать вентилятор.

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

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

где V_v – объемный расход воздуха, м³/ч;

ρ_v – плотность воздуха при средней температуре, кг/м³;

c_v – средняя удельная теплоемкость воздуха при средней температуре, принимаемая равной 1 кДж/(кг·°С);

t_k – температура воздуха после калорифера, °С;

t_n – температура наружного воздуха до входа в калорифер, °С.

Расчетная площадь живого сечения калорифера для прохода воздуха:

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

где v_p – расчетная скорость воздуха, кг/(м²·с). Для пластинчатых калориферов принимают $v_p = 7 \dots 10$ кг/(м²·с), для оребренных – $v_p = 3 \dots 5$ кг/(м²·с).

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

8. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА МАШИННОГО ДОЕНИЯ КОРОВ

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

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

Доильные агрегаты выбирают в зависимости от системы содержания коров:

– при привязном применяют преимущественно линейные доильные установки;

– при боксовом, комбибоксовом и беспривязном – «Елочка», «Карусель» и др.;

– на пастбищах используют передвижные установки. В стационарных лагерях могут быть использованы и доильные установки, предназначенные для доильных залов;

– на малых фермах используют установки АИД-1, АИД-2.

Количество надаиваемого в сутки молока определяется по формуле

$$W_c = W m_{\text{ж}} \beta, \quad (6.1)$$

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

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

β – коэффициент неравномерности поступления молока в течение суток.

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

Производительность поточной линии в данном случае должна обрабатывать определенное количество молока в единицу времени:

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

где T_{cp} – среднее время доения одной коровы, мин.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Определим ритм потока:

$$R = \frac{1}{Q_{\text{р}}}. \quad (6.5)$$

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

Число доильных аппаратов:

$$Z_{\text{ап}} = \frac{Q_{\text{р}}}{Q_{\text{д}} \eta}, \quad (6.6)$$

где η – коэффициент использования рабочего времени машины;

$Q_{\text{д}}$ – производительность доильной установки, т/ч.

Количество доильных аппаратов, необходимое для обслуживания всего стада:

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

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

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

$T_{\text{д}}$ – продолжительность доения всего стада, мин.

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

Расчетная производительность доильной установки определяется по формуле

$$Q_{\text{д}} = m_{\text{ж}} / T_{\text{д}}. \quad (6.8)$$

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

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

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

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

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

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

T_3 – допустимое время доения и обработки молока, ч;

t_{pp} – время ручного труда на одну корову (1...4 мин.).

Продолжительность доения стада дояркой определяют по формуле

$$T_{\text{д}} = \frac{60}{t_{\text{pp}}}. \quad (6.11)$$

Число аппаратов, обслуживаемых одной дояркой при доении в стойлах, рассчитывают по формуле

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

где t_{x} – длительность перехода доярки к соседней корове, мин.

Число постов доения, которое должна обслужить каждая доярка при доении коров в доильном зале, определяют по формуле

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

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

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

9. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ МОЛОКА

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

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

После первичной обработки молоко должно отвечать следующим условиям:

- содержание механических примесей не должно превышать нормы для конкретного сорта молока: степень чистоты по эталону I – для первого сорта и II, III – для второго сорта и несортového молока;
- охлаждение молока сразу после дойки до 4...6 °С.

Общее количество молока, подлежащее первичной обработке в течение года, определяется по формуле

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

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

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

Максимальный суточный удой молока:

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

где K_{Γ} – коэффициент, учитывающий годовую неравномерность производства молока;

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

Максимальный разовый удой (за одну дойку):

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

где $K_{\text{с}}$ – коэффициент суточной неравномерности производства молока;
 $i_{\text{д}}$ – число доек за день.

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

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

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

Первая операция после дойки – очистка молока. Для наиболее тонкой очистки молока после доения применяют центробежные молокоочистители, в которых в поле центробежных сил плотные включения смещаются к периферии вращающегося барабана (частота вращения порядка 8000 об/мин), а более легкие — вытесняются к оси вращения. Очищенное молоко, за счет поступления в барабан свежего молока, поднимается к напорному диску, через который выводится из барабана.

Пропускную способность центробежного молокоочистителя (кг/с) определяют по зависимости [3]:

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

где $\rho_{\text{м}}$ – плотность цельного молока, кг/м³;

$z_{\text{т}}$ – число тарелок очистительного барабана, шт.;

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

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

B_0 – расстояние между тарелками барабана, м;

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

$\rho_{гр}$ – плотность грязевых частиц, кг/м³;
 $\rho_{пл}$ – плотность плазмы молока, кг/м³;
 μ – коэффициент динамической вязкости молока, Па · с;
 α – угол наклона образующей тарелки, рад.

Количество центробежных молокоочистителей выбирают в зависимости от часовой производительности поточной линии:

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

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

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

где $V_{гр}$ – объем грязевого пространства барабана, м³;

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

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

Производительность тарельчатого сепаратора (кг/с) для выделения сливок из молока определяется по формуле

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

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

$d_{ш}$ – диаметр жирового шарика, м;

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

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

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

рой производительность тарельчатого сепаратора может быть записана в виде:

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

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

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

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

Время непрерывной работы сепаратора между разборками его барабана с целью удаления грязевых отложений рассчитывается по формуле:

$$T_{\text{сеп}} = \frac{V_{\text{гр}} \rho_{\text{гр}}}{C_{\text{гр}} Q_{\text{сеп}}}. \quad (7.12)$$

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

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

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

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

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

Пастеризаторы молока для телят, используемые в настоящее время на животноводческих фермах и комплексах, работают преимущественно в режиме длительной пастеризации. По конструктивному исполнению такие пастеризаторы могут быть стационарными и передвижными. Передвижные пастеризаторы, также называемые «молочные такси», представляют собой емкость, смонтированную на трех- или четырехколесном шасси. Молочное такси обеспечивает пастеризацию и

последующее охлаждение молока, транспортирование его в животно-водческое помещение и дозированную порционную раздачу телятам при помощи насоса с питанием от аккумуляторной батареи.

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

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

$$\Theta_{\text{паст}} = FK_T \Delta t_{\text{ср}}, \quad (7.13)$$

где F – площадь поверхности теплопередачи между рубашкой нагрева и ванной пастеризации, м^2 ;

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

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

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

Расход электрической энергии ($\text{кВт} \cdot \text{ч}$) на пастеризацию определяют по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{паст}} = \frac{M_{\text{д}} c_{\text{м}} (t_{\text{паст}} - t_{\text{нач}})}{3,6 \cdot 10^6 \eta_{\text{паст}}}, \quad (7.14)$$

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

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

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

$t_{\text{нач}}$ – начальная температура молока, $^\circ\text{C}$;

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

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

Рабочую поверхность регенеративного теплообменного аппарата определяют по формуле

$$F_{\text{рег}} = \frac{M_{\text{д}} c_{\text{м}} E_{\text{рег}}}{t_{\text{рег}} (1 - E_{\text{рег}})}, \quad (7.15)$$

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

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

Значение коэффициента регенерации определяется соотношением

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

В первом приближении температура регенерированного молока рассчитывается по формуле

$$t_{\text{рег}} = (1 - E_{\text{рег}})(t_{\text{паст}} - t_{\text{нач}}). \quad (7.17)$$

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

Общая установленная мощность оборудования и освещения в молочной определяется суммой

$$N_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^n N_{\text{об}_i} + N_{\text{осв}}, \quad (7.18)$$

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

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

Установленная мощность освещения:

$$N_{\text{осв}} = q_{\text{осв}} S. \quad (7.19)$$

где $q_{\text{осв}}$ – удельная величина освещения помещения, Вт/м²;

S – площадь молочной, м²; определяется произведением площади

$S_{\text{об}}$, занимаемой оборудованием, на коэффициент запаса

$K_{\text{з}} = 3 \dots 5$.

Общий расход электроэнергии за сутки рассчитывается по формуле

$$W_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^n N_{\text{об}_i} T_{\text{об}_i} + N_{\text{осв}} T_{\text{осв}}, \quad (7.20)$$

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

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

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

Максимальная часовая производительность ПТЛ первичной обработки молока

$$Q = \frac{D \cdot m \cdot Y_{\Gamma} \cdot \alpha \cdot \mathcal{J} \cdot (1 - K_{\text{с}})}{D_{\text{л}} \cdot D_{\text{мн}} \cdot D_{\text{м}} \cdot T_3}, \quad (7.21)$$

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

m – число коров на ферме или комплексе;

Y_{Γ} – среднегодовой удой на корову, кг;

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

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

$K_{\text{с}}$ – коэффициент сухостойных коров ($K_{\text{с}} = 0,15 \dots 0,25$);

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

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

1. Очистка молока пассивная.

Пропускная способность фильтра, кг/ч:

$$W_{\phi} = F \cdot g \cdot \rho, \quad (7.22)$$

где F – общая площадь фильтра, м²;

g – скорость протекания через фильтр, м/ч;

ρ – плотность молока. ($\rho = 1027 \dots 1029$ кг/м³).

Общая площадь фильтра:

$$F = F_o \cdot n, \quad (7.23)$$

где F_o – площадь сечения одного отверстия фильтра, м²;

n – число отверстий.

Скорость протекания молока через фильтр, м/ч:

$$g = \mu \sqrt{2 \cdot g \cdot h}, \quad (7.24)$$

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

g – ускорение силы тяжести, м/с²;

h – высота столба продукта над фильтром, м.

Площадь фильтрующей ткани, необходимой для фильтрации молока

$$F_T = \frac{M_{\phi}}{q}, \quad (7.25)$$

где M_{ϕ} – количество молока, подлежащего фильтрации, л;

q – количество молока, проходящего через 1 м² фильтрующей ткани, л/м².

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

$$t = \frac{100 \cdot V_{гр}}{(P \cdot Q)}, \quad (7.26)$$

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

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

Q – производительность очистителя, л/ч.

Вместимость грязевого пространства барабана сепаратора-очистителя, л:

$$V_{зр} = \frac{\pi \cdot (R_{\max}^2 - R_{\min}^2) \cdot H}{1000}, \quad (7.27)$$

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

H – высота пакета тарелок барабана, см.

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

- на теплопередачу Q_1 через внешние ограждения камеры (стены, пол, потолок);
- охлаждение продукта с тарой Q_2 ;
- охлаждение приточного воздуха при использовании вентиляции для камеры Q_3 ;
- потери холода при открывании дверей и нахождении в ней людей Q_4 .

Расход холода в камере за сутки, Дж/сут, определяется суммой

$$Q_{\text{сут}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4. \quad (7.28)$$

Расход холода на теплопередачу через внешние ограждения камеры, Дж/сут:

$$Q_1 = \Sigma F \cdot k \cdot (t_{\text{н}} - t_{\text{в}}) \cdot 24, \quad (7.29)$$

где F – площадь поверхности стен, пола и потолка камеры, м²;

k – коэффициент теплопередачи стен, пола потолка, Вт/(м²·°C);

$t_{\text{н}}$ – наружная температура воздуха, °C;

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

Наружная температура воздуха, °C:

$$t_{\text{н}} = 0,4t_{\text{см}} + 0,6t_{\text{макс}}, \quad (7.30)$$

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

Расход холода на охлаждение продукта и тары в камере

$$Q_2 = \Sigma(G \cdot c + G_{\text{т}} \cdot c_{\text{т}}) (t_1 - t_2), \quad (7.31)$$

где G и G_T – масса продуктов и тары, поступающих на охлаждение, кг/сут;

c и c_T – теплоемкость продукта и тары, Дж/(кг·°C);

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

Расход холода на охлаждение приточного воздуха при использовании вентиляции в камере

$$Q_3 = \alpha \cdot V \cdot \gamma_b \cdot (\lambda_n - \lambda_k), \quad (7.32)$$

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

γ_b – плотность воздуха камеры, кг/м³;

V – вместимость камеры, м³;

λ_n и λ_k – теплосодержание наружного воздуха и камеры при его соответствующей влажности, Дж/кг.

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

$$Q_4 = (0,2 \dots 0,4) \cdot Q_1, \quad (7.33)$$

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

$$Q = \frac{Q_{\text{сут}}}{t}, \quad (7.34)$$

где t – принятое число часов работы установки в сутки.

Если же одну и ту же холодильную установку используют для охлаждения молочных продуктов в охладителе и камере, то холодильная мощность установки определяется суммой

$$Q_y = Q_{\text{охл}} + \frac{Q_{\text{сут}}}{t}. \quad (7.35)$$

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

Обычно в холодильных камерах для их охлаждения устанавливают рассольные батареи и батареи непосредственного испарения. Для таких

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

Общая площадь батареи, m^2 , для заданных условий определяется отношением

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t}, \quad (7.36)$$

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

k – коэффициент теплопередачи, Дж/($m^2 \cdot ^\circ C$);

Δt – разность температур воздуха камеры и циркулирующего рассола или испаряющегося хладона, $^\circ C$.

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

12. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАЗДАЧИ КОРМОВ НА ПТИЦЕВОДЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

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

Птицеводческие предприятия яичного направления.

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

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

где T – продолжительность технологического периода, недель;

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

$\Pi_{я}$ – продолжительность продуктивного использования птицы,
 $\Pi_{я} = 52$ недели.

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

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

где $\Pi_{т}$ – продолжительность профилактического периода, $\Pi_{т} = 4$ нед.;
 $\Pi_{дор}$ – продолжительность периода дорашивания молодки,
 $\Pi_{дор} = 5$ нед.

Количество посадочных мест для промышленного стада кур-несушек (гол.):

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

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

Количество посадочных мест для ремонтного молодняка промышленного стада (гол.):

$$N_{р.п} = \frac{N_{п}}{k_{к}} k_{в}, \quad (9.4)$$

где $k_{к}$ – кратность комплектования промышленного стада, $k_{к} = 5$;

$k_{в}$ – коэффициент выбраковки и падежа молодняка, $k_{в} = 1,3$.

Размер родительского стада обычно составляет 8...15 % от среднегодового поголовья промышленного стада кур-несушек.

Количество посадочных мест для родительского стада (гол.):

$$N_{р} = (8...15) N_{ср} / 100. \quad (9.5)$$

Количество посадочных мест для ремонтного молодняка родительского стада (гол.):

– для курочек

$$N_{р.р}^к = \frac{0,9 N_{р} k_{в}^к}{k_{к}}; \quad (9.6)$$

– для петушков

$$N_{\text{р.р}}^{\text{п}} = \frac{0,1N_{\text{р}}k_{\text{в}}^{\text{п}}}{k_{\text{к}}}, \quad (9.7)$$

где 0,9; 0,1 – коэффициенты, учитывающие соотношение кур и петухов в родительском стаде;

$k_{\text{в}}^{\text{к}}$ – коэффициент выбраковки курочек, $k_{\text{в}}^{\text{к}} = 1,4$;

$k_{\text{в}}^{\text{п}}$ – коэффициент выбраковки петушков, $k_{\text{в}}^{\text{п}} = 3,0$;

$k_{\text{к}}$ – кратность комплектования родительского стада, $k_{\text{к}} = 3 \dots 4$.

Общее количество посадочных мест для ремонтного молодняка родительского стада (гол.):

$$N_{\text{р.р}} = N_{\text{р.р}}^{\text{к}} + N_{\text{р.р}}^{\text{п}}. \quad (9.8)$$

Птицеводческие предприятия мясного направления.

Расчет количества посадочных мест для промышленного стада цыплят-бройлеров базируется на оборачиваемости птичников (количестве производственных циклов) за один год с учетом продолжительности необходимых профилакторных периодов между сменами поголовья в помещении.

Количество посадочных мест для промышленного стада на предприятии мясного направления определяют по формуле (гол.):

$$N_{\text{п}} = \frac{N_{\text{год}}}{k_{\text{об}}} \left(1 + \frac{\text{П}}{100} \right), \quad (9.9)$$

где $N_{\text{год}}$ – заданная мощность предприятия (количество выращиваемых бройлеров в год), гол.;

$k_{\text{об}}$ – коэффициент оборачиваемости птичника, для клеточного содержания цыплят-бройлеров $k_{\text{об}} = 4,8$; для напольного – $k_{\text{об}} = 4,4$;

П – процент падежа птицы, $\text{П} = 5 \%$.

Количество посадочных мест для родительского стада составляет порядка 10 % от промышленного поголовья цыплят-бройлеров (гол.):

$$N_{\text{р}} = 0,1N_{\text{п}}. \quad (9.10)$$

Количество посадочных мест для ремонтного молодняка родительского стада рассчитывают по формулам (9.6–9.8).

Клеточный способ содержания птицы.

Клеточные батареи занимают основную часть производственной площади птичника (рис. 9.1), поэтому для проектирования здания из необходимо знать параметры клеточного оборудования.

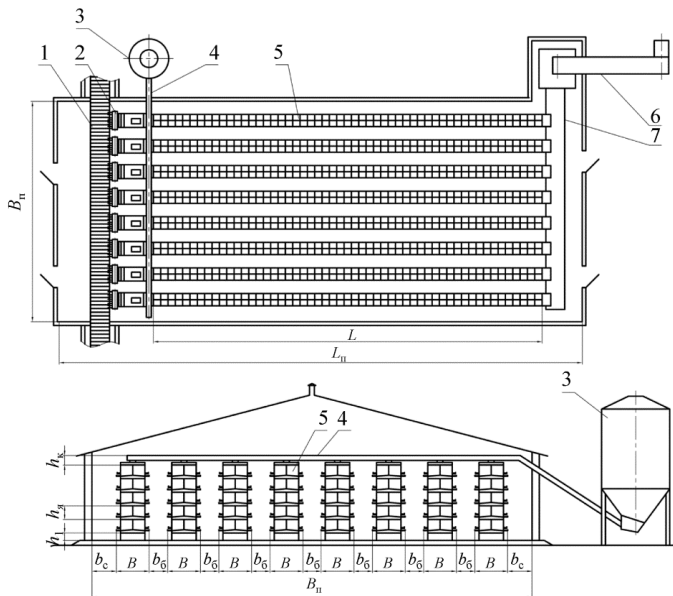


Рис. 9.1. Схема расстановки оборудования в птичнике клеточного содержания промышленного стада кур-несушек:

1 – поперечный транспортер яиц Eggo; 2 – элеватор EggCellent; 3 – бункер сыпучих кормов БСК-10; 4 – спиральный транспортер комбикормов Flex-Auger; 5 – клеточная батарея Univent UV 500; 6 – наклонный конвейер помета КПП-500; 7 – горизонтальный конвейер помета КПП-500

Рассчитывают количество клеточных батарей в птичнике:

$$N_6 = \frac{B_n - 2b_c + b_6}{0,001B + b_6}, \quad (9.11)$$

где B_n – заданная ширина птичника, м;

b_c – минимальная ширина прохода между стенами и клеточной батареей, $b_c = 1$ м;

b_6 – минимальная ширина прохода между двумя клеточными батареями, $b_6 = 0,7$ м;

B – ширина клеточной батареи, мм.
Количество ярусов клеточных батарей:

$$i_{\text{я}} = \frac{1000H_{\text{п}} - h_1 - h_{\text{к}}}{h_{\text{я}}}, \quad (9.12)$$

где $H_{\text{п}}$ – минимальная высота потолка птичника, $H_{\text{п}} = 3,2$ м;
 h_1 – расстояние от пола птичника до первого яруса клеточной батареи, мм;
 $h_{\text{к}}$ – возвышение кормовой колонки над верхним ярусом батареи, мм;
 $h_{\text{я}}$ – расстояние между ярусами в клеточной батарее, мм.

Определяют допустимое количество птицы в клетке по плотности посадки (гол.):

$$q_{\text{к}}^{\text{с}} = \frac{S_{\text{к}}}{S_{\text{гол}}} = \frac{0,01b_{\text{к}}a_{\text{к}}}{S_{\text{гол}}}, \quad (9.13)$$

где $S_{\text{к}}$ – площадь пола клетки, см²;
 $S_{\text{гол}}$ – минимальная площадь пола клеточной батареи на одну голову: промышленное стадо кур-несушек $S_{\text{гол}} = 400 \dots 450$ см²; промышленное стадо цыплят-бройлеров $S_{\text{гол}} = 320$ см²; родительское стадо $S_{\text{гол}} = 600 \dots 870$ см²; ремонтный молодняк $S_{\text{гол}} = 300 \dots 545$ см²;
 $a_{\text{к}}$, $b_{\text{к}}$ – глубина и ширина клетки, мм.

Определяют допустимое количество птицы в клетке по фронту кормления (гол.):

$$q_{\text{к}}^{\text{корм}} = \frac{2b_{\text{к}}}{10i_{\text{р}}L_{\text{гол}}}, \quad (9.14)$$

где $L_{\text{гол}}$ – норма фронта кормления на одну голову: промышленное стадо кур-несушек $L_{\text{гол}} = 7$ см; промышленное стадо цыплят-бройлеров $L_{\text{гол}} = 2,5$ см; родительское стадо $L_{\text{гол}} = 7$ см; ремонтный молодняк $L_{\text{гол}} = 3,5$ см;
 $i_{\text{р}}$ – число рядов клеток в клеточной батарее.

Определяют допустимое количество птицы в клетке по фронту поения

$$q_{\text{к}}^{\text{поен}} = n_{\text{нип}}n_{\text{гол}}, \quad (9.15)$$

где $n_{\text{нип}}$ – количество ниппельных поилок в клетке, шт;
 $n_{\text{гол}}$ – количество голов, обслуживаемое одним ниппелем по норме,
 $n_{\text{гол}} = 12 \dots 15$ гол.

Количество птицы в одной клетке (гол.) принимается равным минимальному значению из рассчитанных q_k^S , $q_k^{\text{корм}}$, $q_k^{\text{поен}}$:

$$q_k = \min(q_k^S; q_k^{\text{корм}}; q_k^{\text{поен}}). \quad (9.16)$$

Количество клеток в ряду батареи:

$$z_{\text{к.р}} = \frac{L_{\text{п}} - l_1 - l_2 - l_3}{0,001b_k}, \quad (9.17)$$

где $L_{\text{п}}$ – длина птичника, м;
 l_1 – длина секции клеточной батареи с технологическим оборудованием (кормовые и пометоуборочные колонки, узел водоподготовки и т. п.), принимаем $l_1 = 10$ м;
 l_2, l_3 – проходы между торцами клеточных батарей и стенами птичника, $l_1 = 1,5$ м, $l_2 = 1,0$ м.

Полезная длину клеточной батареи (м):

$$L = \frac{z_{\text{к.р}} b_k}{1000}. \quad (9.18)$$

Количество клеток в батарее:

$$z_{\text{к.б}} = z_{\text{к.р}} i_{\text{р}} i_{\text{я}}, \quad (9.20)$$

где $i_{\text{р}}$ – количество рядов клеток в батарее.

Поголовье птицы в ряду клеточной батареи (гол.):

$$q_{\text{р}} = q_k z_{\text{к.р}}. \quad (9.21)$$

Поголовье птицы в ярусе клеточной батареи (гол.):

$$q_{\text{я}} = q_{\text{р}} i_{\text{р}}. \quad (9.22)$$

Поголовье птицы в клеточной батарее (гол.):

$$q_{\text{б}} = q_{\text{я}} i_{\text{я}}. \quad (9.23)$$

Поголовье птицы в птичнике (гол.):

$$q_{\text{п}} = q_{\text{с}} N_{\text{с}} . \quad (9.23)$$

Напольный способ содержания птицы.

При напольном способе содержания число посадочных мест для птицы определяется исходя из размеров птичника (рис. 9.2) и нормы площади на одну голову.

Рассчитывают число посадочных мест для птицы в птичнике (гол.):

$$q_{\text{п}} = (L_{\text{п}} - l_1) B_{\text{п}} \sigma , \quad (9.24)$$

где $L_{\text{п}}$ – длина птичника, м;

l_1 – длина участка птичника, занятая вспомогательными помещениями и оборудованием, $l_1 = 6$ м;

$B_{\text{п}}$ – заданная ширина птичника, м;

σ – норма плотности посадки птицы, при содержании цыплят-бройлеров на подстилке $\sigma = 19$ гол/м², на сетчатом полу – $\sigma = 22$ гол/м².

Длина технологического стенда (часть птичника, в которой содержится птица, м):

$$L_{\text{т}} = L_{\text{п}} - l_1 . \quad (9.25)$$

Технологический стенд птичника разделяется ограждениями на отдельные секции, количество которых рассчитывают по формуле:

$$z_{\text{с}} = \frac{q_{\text{п}}}{q_{\text{с}}^{\text{доп}}} , \quad (9.26)$$

где $q_{\text{с}}^{\text{доп}}$ – допустимая вместимость секции птичника, для цыплят-бройлеров $q_{\text{с}}^{\text{доп}} = 5000$ гол.

Полученное значение $q_{\text{с}}^{\text{доп}}$ округляют в большую сторону до целого числа.

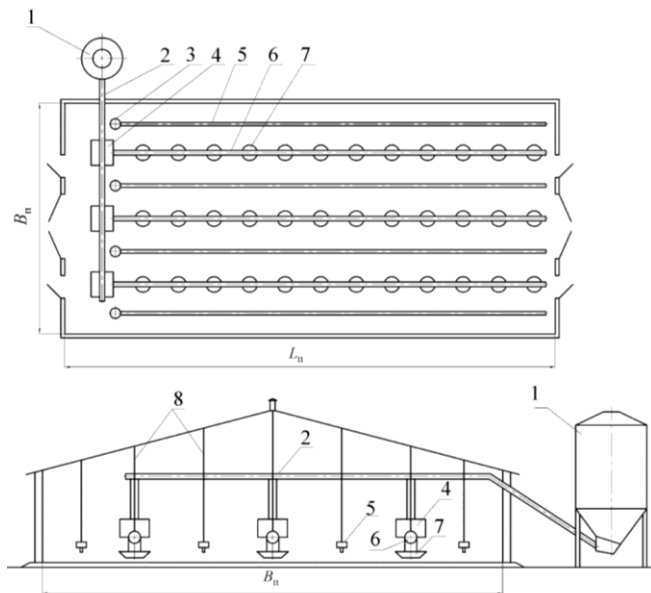


Рис. 9.2. Схема расстановки оборудования в птичнике напольного содержания промышленного стада цыплят-бройлеров:

- 1 – бункер сыпучих кормов БСК-10; 2 – спиральный транспортер комбикормов Flex-Auger; 3 – регулятор давления воды в линии поения; 4 – бункер кормораздатчика; 5 – линия поения птицы с ниппельными автопоилками; 6 – спиральный транспортер-кормораздатчик AugerMatic; 7 – бункерная автокормушка Fluxx; 8 – подвесная система линий кормления и поения

Длина секции (м):

$$L_c = \frac{L_T}{z_c} . \quad (9.27)$$

Поголовье птицы в одной секции (гол.):

$$q_c = \frac{q_n}{z_c} . \quad (9.28)$$

Потребное количество групповых кормушек в секции:

$$z_{к.с} = \frac{q_c}{n_{Гол}^к}, \quad (9.29)$$

где $n_{Гол}^к$ – количество голов птицы, обслуживаемое одной кормушкой,

$$n_{Гол}^к = 50...80 \text{ гол.}$$

Общее количество групповых кормушек в птичнике:

$$z_к = z_{к.с} z_c. \quad (9.30)$$

Групповые кормушки в птичнике с напольным содержанием птицы объединяются в ряды посредством спиральных транспортеров-кормораздатчиков. Количество рядов принимается в зависимости от ширины здания. Для птичников шириной 12 м – используется 2 ряда кормушек, для 18 м – 3 ряда.

Количество кормушек в ряду:

$$z_{к.р} = \frac{z_к}{i_{р.к}}, \quad (9.31)$$

где $i_{р.к}$ – число рядов кормушек в птичнике.

Расстояние между соседними кормушками в ряду (м):

$$l_к = \frac{L_г}{z_{к.р}}. \quad (9.32)$$

Требуемое количество автопоилок в секции:

$$z_{п.с} = \frac{q_c}{n_{Гол}^п}, \quad (9.33)$$

где $n_{Гол}^п$ – количество голов, обслуживаемых одной поилкой, для нип-

$$\text{пельных автопоилок } n_{Гол}^п = 20...25 \text{ гол.}$$

Общее количество поилок в птичнике:

$$z_п = z_{п.с} z_c. \quad (9.34)$$

Поилки объединяются в ряды линий поения. Количество линий поения $i_{р.л}$ принимается на одну больше, чем линий кормления.

Количество поилок в одном ряду:

$$z_{п.р} = \frac{z_{п}}{i_{п.п}}. \quad (9.35)$$

Расстояние между соседними поилками в линии автопоения (м):

$$l_{п} = \frac{L_{г}}{z_{п.р}}. \quad (9.36)$$

13. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПТИЦЕВОДЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ

Линия водоснабжения и автопоения.

Среднесуточный расход воды по птичнику (м³):

$$V_{сут.i}^{п} = \frac{(V_{п.i} + V_{м.i} + V_{р} + V_{и})q_i}{1000}, \quad (9.43)$$

где $V_{п.i}$ – норма расхода воды на поение одной головы i -той группы птицы, л;

$V_{м.i}$ – норма расхода воды на мойку оборудования и помещений, приходящаяся на одну голову, л;

$V_{р}$ – расход воды на разбрызгивание птицей при поении, $V_{р} = 0,014 \dots 0,017$ л;

$V_{и}$ – расход воды на испарение, $V_{и} = 0,014 \dots 0,017$ л;

q_i – вместимость птичника i -ой группы птицы, гол.

Среднесуточный расход воды по группе птицы (м³):

$$V_{сут.i} = V_{сут.i}^{п} n_i, \quad (9.43)$$

где n_i – количество птичников для i -ой группы птицы.

Среднесуточный расход воды на птицефабрике (м³):

$$V_{сут} = \sum_{i=1}^n V_{сут.i}. \quad (9.44)$$

Линия удаления помета.

Среднесуточный выход помета по птичнику (т):

$$Q_{\text{сут.}i}^{\text{п}} = \frac{q_{\text{гол.}i} q_i}{10^6}, \quad (9.45)$$

где $q_{\text{гол.}i}$ – суточный выход помета от одной головы птицы i -ой группы, г;
 q_i – вместимость птичника i -ой группы птицы, гол.
 Среднесуточный выход помета по группе птицы (т):

$$Q_{\text{сут.}i} = Q_{\text{сут.}i}^{\text{п}} n_i, \quad (9.46)$$

где n_i – количество птичников для i -ой группы птицы.
 Среднесуточный выход помета на птицефабрике (т):

$$Q_{\text{сут}} = \sum_{i=1}^n Q_{\text{сут.}i}. \quad (9.47)$$

Линия сбора, сортировки и упаковки яиц.

Определяют количество яиц, получаемых от поголовья кур-несушек в птичнике за сутки (шт.):

$$Q_{\text{п.сут}} = \frac{q_{\text{п}} \text{Я}}{365}, \quad (9.48)$$

где $q_{\text{п}}$ – поголовье кур-несушек в птичнике, гол.;
 Я – яйценоскость, Я = 260...280 шт./год.

Количество яиц, получаемых с одной клеточной батареи за сутки (шт.):

$$Q_{\text{б.сут}} = \frac{Q_{\text{п.сут}}}{n_{\text{б}}}, \quad (9.49)$$

где $n_{\text{б}}$ – количество клеточных батарей в птичнике.

Количество яиц, поступающих в цех сортировки и упаковки за сутки (тыс. шт.):

$$Q_{\text{сут}} = \frac{Q_{\text{б.сут}} n_{\text{п}}}{1000}, \quad (9.50)$$

где $n_{\text{п}}$ – количество птичников для кур-несушек.

Годовой объем производства товарных яиц птицеводческим предприятием (млн. шт.):

$$Q_{\text{год}} = \frac{N_{\text{ср}} Я (1 - Б / 100)}{1000}, \quad (9.51)$$

где $N_{\text{ср}}$ – среднегодовое поголовье кур-несушек, тыс. гол.;
 $Б$ – выбраковка яиц из-за боя и насечки, $Б = 5 \%$.

Линия инкубации яйца.

Птицеводческие предприятия содержат свои инкубационные цехи (станции), которые комплектуют в зависимости от потребностей производства инкубационно-выводными инкубаторами ИКП-60 и ИКП-90, а также инкубационными ИУП-Ф-45 и выводными ИУВ-Ф-15. Инкубатор ИКП-90 вмещает 91 728 яиц, из которых в блоке инкубационных камер – 78 624 и в выводной – 13 104 яйца. Яйца для инкубации должны иметь массу 50...65 г и оплодотворенность не ниже 90 %. Для отбора яиц по массе используют яйцесортировочные машины ЯС-1 или МСЯ-1М, по качеству – овоскоп И-11А и стол-овоскоп СМУ-А.

Перед инкубацией яйца и камеры, в которые их закладывают, дезинфицируют. После вывода цыплят их сортируют на курочек и петушков на столах СЦП-2 и СЦП-2А, оборудованных счетчиками.

Производительность инкубатора (шт/дн.) определяют по формуле:

$$Q_{\text{и}} = \frac{K_{\text{я}}}{t_{\text{ц}} k_{\text{и}}}, \quad (9.52)$$

где $K_{\text{я}}$ – число закладываемых в инкубатор яиц, шт.;

$t_{\text{ц}}$ – время цикла, сут;

$k_{\text{и}}$ – коэффициент неравномерности вывода цыплят.

Число закладываемых в инкубатор яиц определяют по формуле:

$$K_{\text{я}} = K_{\text{и}} + K_{\text{в}}, \quad (9.53)$$

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

Время цикла определяют по формуле:

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{з}} + t_{\text{и}} + t_{\text{в}} + t_{\text{п}}, \quad (9.54)$$

где $t_{\text{з}}$ – время загрузки инкубатора, сут;

$t_{\text{и}}$ – время нахождения яиц в инкубационной секции, сут;

$t_{\text{в}}$ – время нахождения яиц в выводной секции, сут;

$t_{\text{п}}$ – время подготовки инкубатора к закладке новой партии яиц, сут.
Годовую производительность инкубатора определяют по формуле:

$$Q_{\text{г}} = D Q_{\text{и}}, \quad (9.55)$$

где D – число дней в году.

Число инкубаторов для птицеводческого предприятия определяют по формуле:

$$n = \frac{K_{\text{г}}}{Q_{\text{г}} \eta_{\text{ц}} k_{\text{п}}}, \quad (9.56)$$

где $K_{\text{г}}$ – годовая потребность птицефабрики в цыплятах, гол.;

$\eta_{\text{ц}}$ – коэффициент, учитывающий цикличность посадки птицы в производственные помещения;

$k_{\text{п}}$ – коэффициент, учитывающий выход цыплят.