



УЧЕБНИКИ И УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ ДЛЯ ВУЗОВ

А.И.ЗАВРАЖНОВ
Д.И.НИКОЛАЕВ

МЕХАНИЗАЦИЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ И ХРАНЕНИЯ КОРМОВ



УЧЕБНИКИ
И УЧЕБНЫЕ
ПОСОБИЯ
ДЛЯ СТУДЕНТОВ ВЫСШИХ
УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

А.И. ЗАВРАЖНОВ
Д.И. НИКОЛАЕВ

МЕХАНИЗАЦИЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ И ХРАНЕНИЯ КОРМОВ

Допущено Главным управлением
высших учебных заведений при
Государственной комиссии Сове-
та Министров СССР по продо-
вольствию и закупкам в качестве
учебного пособия для студентов
высших учебных заведений по
специальности «Механизация
сельского хозяйства»

МОСКВА ВО «АГРОПРОМИЗДАТ» 1990



631.3
З-138

ББК 40.729

З-13

УДК 631.363(075.8)

Редактор *Е. Б. Рузина*

Рецензенты: доктор технических наук, профессор *В. Ф. Некрашевич*; кандидат технических наук *В. А. Ясе-нецкий*; кандидат сельскохозяйственных наук *Н. П. Мечта*; мл. научный сотрудник *С. Г. Кукта*

Завражнов А. И., Николаев Д. И.

З-13 Механизация приготовления и хранения кормов. — М.: Агропромиздат, 1990. — 336 с.: ил. — (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).

ISBN 5—10—000761—3

Учебное пособие содержит теоретические основы организации получения кормов на фермах и комплексах. Даны методы планирования производства и расходования кормов, оптимизации рационов, формирования поточных линий приготовления отдельных компонентов и кормосмесей. Приведены зоотехнические требования к операциям подготовки и свойствам кормов, основы теории и расчет технологических процессов машин и оборудования для кормоприготовления.

Для студентов по специальности «Механизация сельского хозяйства».

З $\frac{3703020000-055}{035(01)-90}$ 213—89

ББК 40.729

ISBN 5—10—000761—3

© А. И. Завражнов, Д. И. Николаев, 1990

ПРЕДИСЛОВИЕ

Важнейшее условие успешного развития животноводства — создание прочной кормовой базы. Совершенствование технологии заготовки, приготовления и хранения кормов, применение более совершенных машин и оборудования позволяют переработать в качественный корм практически весь биологический урожай.

Одно из основных условий рационального использования кормов — сбалансированность рационов по основным питательным веществам, протеину, макро- и микроэлементам, витаминам. Наиболее эффективны в этом смысле полнорационные кормовые смеси, технология получения которых состоит из двух направлений: приготовление полнорационных рассыпных смесей непосредственно на фермах и комплексах из силоса, сенажа, соломы, корнеклубнеплодов, концентрированных кормов, раствора мелассы с карбамидом; приготовление многокомпонентных кормосмесей из сочных и грубых кормов в период их заготовки. Для получения полнорационных кормовых смесей применяют различные виды механической, тепловой, химической и биологической обработки компонентов.

Перевод кормопроизводства на индустриальную основу требует повышения качества подготовки инженеров-механиков сельского хозяйства по вопросам механизации всех технологических процессов, связанных с заготовкой, приготовлением и хранением кормов.

Предлагаемое учебное пособие разработано в соответствии с программой курса «Механизация приготовления и хранения кормов» для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по специальности 3113 на базе ранее существовавшего курса «Механизация и автоматизация животноводческих ферм», написанного профессором С. В. Мельниковым, и нахо-

дится в органической связи с дисциплинами «Технологическое оборудование животноводческих ферм и комплексов» и «Эксплуатация технологического оборудования ферм и комплексов». Его цель — помочь будущим инженерам овладеть системой знаний, навыков и умений, необходимых для оптимальной организации работ в кормопроизводстве, высокоэффективного использования средств механизации и генетического потенциала животных. Основываясь на системном подходе, авторы излагают материал, используя результаты последних исследований, выполненных в ведущих научно-исследовательских институтах, учебных сельскохозяйственных вузах, а также и передовой опыт в условиях агропромышленных объединений.

Под кормовой базой понимают запасы кормов для животноводства и источники их получения, которыми располагают хозяйство, район, область, республика или страна. Кормовая база включает: естественные и сеяные сенокосы и пастбища; посевы кормовых культур на сено, силос, сенаж, травяную муку, сочный и зеленый корм, фуражное зерно на пахотных землях; корма промышленного производства (комбикорма, минеральные корма, белково-витаминные добавки); гуменные и полевые отходы сельскохозяйственных культур (солома, мякина, ботва корнеклубнеплодов и овощей и др.); отходы мукомольной, масложитной, сахарной, пивоваренной, спиртовой, крахмально-паточной, мясной, рыбной, молочной промышленности и др.

Полевое кормопроизводство служит основным источником кормов, дающих сегодня более 70 % концентрированных, грубых, зеленых и сочных кормов.

Укрепление кормовой базы должно идти путем ускорения научно-технического прогресса, интенсификации полевого и лугового кормопроизводства, внедрения высокоэффективных технологий выращивания, уборки и хранения кормов.

Комбикорма — самая ценная часть кормового рациона, позволяющая обеспечивать наивысший рост продуктивности скота и более эффективное использование кормовых средств. Однако, несмотря на значительные темпы развития государственной и межхозяйственной комбикормовой промышленности, около 50 млн т концентратов ежегодно поступает на фермы в виде зерна и скармливается без обогащения его комплексом биологически активных веществ. Главной причиной, сдерживающей темпы развития государственной комбикормовой промышленности, является ограниченный уровень поступления белковых кормов. Поэтому в соответствии с решением правительства развернуты работы по увеличению производства растительного белка за счет расширения посевов и повышения урожайности зернобобовых культур.

Комбикорма, сбалансированные по питательным веществам, обеспечивают повышение продуктивности животных на 10...12 %, а при обогащении их аминокислотами, микроэлементами, антибиотиками и другими биологически активными веществами эффективность их повышается на 25...30 % и более.

жат интенсивные кормовые севообороты, освоение которых создаст условия для перевода кормопроизводства в специализированную отрасль, внедрения бригадного подряда и прогрессивной формы оплаты труда в зависимости от количества и качества полученных кормов.

В настоящее время для различных зон страны разработаны кормовые севообороты, рассчитанные на продуктивность от 5 до 20 тыс. корм. ед.

НИИСХ Центрально-Черноземной зоны им. В. В. Докучаева и другие учреждения разработали кормовые севообороты, дающие по 5...6 тыс. корм. ед. без полива и 12...14 тыс. корм. ед. в условиях орошения. Предложенные севообороты обеспечивают наряду с высокой урожайностью значительный выход растительного белка из-за рациональной структуры кормовых культур, возделывания смешанных посевов, создания условий для накопления и использования биологического азота.

К 1990 году общую площадь введенных кормовых севооборотов планируется увеличить с 20 до 35...40 млн га, что позволит при соблюдении агротехнических мер производство кормов довести до 145...150 млрд корм. ед., т. е. 60 % их валового производства.

В районах достаточного увлажнения и на орошаемых землях одним из крупных резервов увеличения производства кормов на полевых землях служат промежуточные посевы кормовых культур. Они занимают поле, когда оно свободно от основных посевов, и тем самым без расширения пашни под кормовыми культурами позволяют увеличить производство кормов. В качестве озимых промежуточных посевов возделывают озимый рапс, озимую сурепицу, озимую вику, озимую рожь и др. К озимым промежуточным посевам в южных районах страны относится также и люцерна.

Достоинством озимых промежуточных культур является то, что они рано освобождают поля и позволяют высевать основные культуры в близкие к оптимальным сроки.

Летними промежуточными культурами занимают пашню после уборки основных культур.

Для решения проблемы расширения кормовой базы существует много резервов, использование которых даст возможность повысить продуктивность животных и эффективность использования кормов.

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое кормовая база? 2. Назовите основные виды кормов, составляющие основу кормовой базы. 3. Какие приемы обеспечивают увеличение содержания переваримого протеина в кормах? 4. Каково значение передовых технологий заготовки грубых кормов в укреплении кормовой базы?

**Схема производственного процесса заготовки,
приготовления и хранения кормов**

Существующая система заготовки, приготовления и хранения кормов подвержена различным возмущающим воздействиям и недостаточно учитывает многие факторы, в том числе климатические и организационные.

С точки зрения системного подхода технологическую линию приготовления и использования кормов можно представить следующим образом: кормовые ресурсы — кормоприготовление — раздача — животное (КР — ПК — Р — Ж).

Кормовые ресурсы на ферме создают, исходя из наличия животных, земельных угодий, потребности в питательных веществах и т. д. Основными кормами, например, для крупного рогатого скота являются зеленая масса трав, сено, сенаж, силос, корнеплоды, концентрированные корма, солома. Корма раздают животным двумя способами: без обработки или же после обработки в кормоцехах. По первому способу технологическая схема чаще всего заканчивается раздачей, в некоторых случаях возможно дополнительное измельчение кормов при погрузке их в транспортные средства или смешиванием и раздачей (смешивание в кормохранилищах соломы с силосом, добавление в корм концентратов или патоки и др.). По такой технологии скармливают сено, сенаж, силос и другие корма при отсутствии в хозяйстве кормоцеха. При наличии кормоцеха или линии приготовления формованных кормов (гранул, брикетов) в технологической схеме появляется новый элемент — кормоприготовление.

Незаменимым видом кормов в рационе скота служит сено. Кормовая ценность сена зависит от ряда факторов, таких как почвенно-климатические условия, тип кормовых угодий, ботанический состав травостоя, фаза развития растений в период уборки, технология заготовки трав, условия его хранения.

В процессе разработки технологии получения и хранения сена учитывают погодные условия во время сенокоса, местоположение сенокосных угодий, особенности перевозки сена к местам хранения и потребления, наличие в хозяйстве сенозаготовительной и транспортной техники, сеноохранилищ, вентиляторов для досушивания, рабочей силы. Сено заготавливают как в рассыпном (измельченном и неизмельченном), так и в прессованном виде. Схемы технологического процесса заготовки и хранения сена приведены на рисунках 1.1 и 1.2.

В технологическом процессе заготовки и хранения сена, прессованного или рассыпного, можно выделить четыре основных



Рис. 1.1. Схема технологического процесса заготовки и хранения рассыпного неизмельченного сена.

этапа: скашивание (могут быть и другие операции, такие как площение, измельчение, ворошение, сгребание, подбор и др.), транспортирование, скирдование и хранение. Аналогичные этапы можно выделить при получении силоса, сенажа и других кормов.

Каждый названный этап включает ряд операций, число которых зависит от вида сырья и конечного продукта, применяемых машин, климатических условий, форм организации труда и т. д.

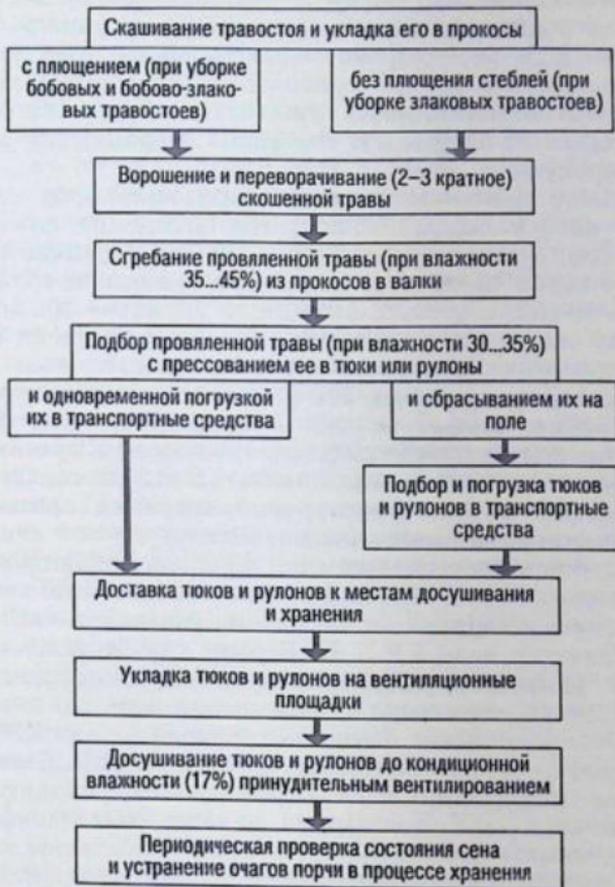


Рис. 1.2. Схема технологического процесса заготовки и хранения прессованного сена.

Виды потоков в производственных линиях, их значение и оценка в кормоприготовлении

Современная механизированная технология производства продукции, например, на молочных фермах и комплексах включает ряд операций, объединенных в поточные линии, из которых наиболее сложной и требующей больших затрат является линия приготовления и раздачи кормов. Так, в себестоимости затрат по содержанию 1 коровы в комплексе на 1200 коров (типовой проект № 801-315) затраты на производ-

ство кормов составляют 42 %. Функционирование технологической линии приготовления и хранения кормов можно рассматривать как действие потоков: материального, энергетического, информационного и др. Материальные потоки определяют ритм производства готовых кормов, энергетические потоки отражают расход энергии на проведение отдельных операций или получение единицы продукции.

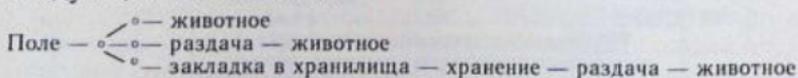
В процессе производства животноводческой продукции материальные потоки сырья и продуктов достигают значительных величин. Так, суточная потребность только в питьевой воде составляет у коров 40...80 л; у молодняка в возрасте от 3 месяцев до года — 10...20 л; у скота от года до 2,5 лет — 20...50 л; у откормочного скота — примерно 40 л. Кроме этого, вода требуется и для технологических целей. Суточный расход воды на одну корову составляет в среднем 120 л. В пастбищный период только зеленого корма каждая корова в среднем поедает 50...70 кг в сутки. При расчетах принимается, что корова в сутки выделяет 30 кг кала и 15 кг мочи, молодняк — 15 и 5 кг соответственно.

Наибольший объем транспортных операций приходится на перемещение кормов, воды, навоза, молока.

Процесс производства, хранения и использования кормов связан в технологическую линию и зависит от принятой технологии.

При выпасе животных на пастбищах указанную систему можно представить в виде КР—Ж. В этом случае основная масса кормов не транспортируется, животное само находит их на пастбище. В случае кормления в помещении или на откормочной площадке система может быть представлена в виде КР—Р—Ж.

Кормовые ресурсы в этом случае могут использоваться по следующим технологиям



Приведенные процессы обязательно сопровождаются транспортными операциями, погрузкой и разгрузкой кормового сырья или готового корма. Раздача чаще всего совмещается с транспортной операцией.

С целью получения смеси, сбалансированной по всем компонентам рациона и повышения качества кормов, на фермах выполняют операции приготовления кормов. В этом случае кормовое сырье доставляют в хранилища, откуда, по мере необходимости, оно направляется сразу к животным или в кормоцех и затем к животным. Часть операций технологического процесса кормоприготовления выполняют не только в кормоцехе. Например, корм измельчают в процессе выемки его из хранилища и погрузки в транспортные средства, перемешивают различные корма при сплошной загрузке их в транспортные средства.

Направление перемещения и объем грузоперевозок зависит от многих факторов, в том числе от вида используемых кормов, рациона, принятой схемы заготовки, хранения и использования кормов.

В соответствии с классификацией, предложенной профессором С. В. Мельниковым, материальные потоки кормов на фермах и комплексах по виду могут быть самыми разнообразными, но в основном их можно разделить на две группы: поточно-непрерывные и поточно-прерывные. В зависимости от установленного интервала времени многие процессы могут относиться к одной или другой группе. Так, процессы кормления протекают в течение суток строго циклично и их можно отнести к поточно-непрерывным. В кормоцехах большинство машин (смесители, накопители, запарники, дозаторы) работают периодически, поэтому процессы переработки относятся к поточно-прерывным.

Производственный процесс оценивают ритмом (шагом), тактом и темпом. Под ритмом понимают интервал времени, за который на технологической линии готовится определенное количество продукции. Тактом называют промежуток времени между выпуском двух последовательно изготавливаемых изделий.

Анализ материальных потоков только с позиции перемещения массы не позволяет оценить эффективность функционирования системы. Важно оценить поточную линию с позиции энергетики, изучить энергетические потоки.

С этих позиций поточную линию приготовления кормов можно представить как процесс насыщения исходного сырья (уже имеющего первоначальный энергетический потенциал) дополнительной энергией. Причем полная энергия продукта может изменяться или оставаться постоянной, но качество продукта в последнем случае обязательно должно изменяться. Так, например, варка продуктов увеличивает количество вложенной энергии и изменяет их энергетическую ценность. Измельчение же соломы энергетическую ценность ее практически не меняет, однако энергонасыщенность продукта в этом случае увеличивается. Каждая технологическая операция требует определенного расхода энергии на ее выполнение. Энергетический поток технологической линии складывается из энергоемкости отдельных машин и оборудования, которые выполняют те или иные операции по переработке и подготовке определенного вида корма.

Методы оценки эффективности работы поточных линий приготовления и хранения кормов

Эффективность производственного процесса приготовления и хранения кормов представляет собой функциональную (по В. И. Земскову) зависимость выходного параметра (оце-

ство кормов составляют 42 %. Функционирование технологической линии приготовления и хранения кормов можно рассматривать как действие потоков: материального, энергетического, информационного и др. Материальные потоки определяют ритм производства готовых кормов, энергетические потоки отражают расход энергии на проведение отдельных операций или получение единицы продукции.

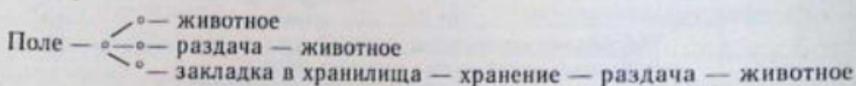
В процессе производства животноводческой продукции материальные потоки сырья и продуктов достигают значительных величин. Так, суточная потребность только в питьевой воде составляет у коров 40...80 л; у молодняка в возрасте от 3 месяцев до года — 10...20 л; у скота от года до 2,5 лет — 20...50 л; у откормочного скота — примерно 40 л. Кроме этого, вода требуется и для технологических целей. Суточный расход воды на одну корову составляет в среднем 120 л. В пастбищный период только зеленого корма каждая корова в среднем поедает 50...70 кг в сутки. При расчетах принимается, что корова в сутки выделяет 30 кг кала и 15 кг мочи, молодняк — 15 и 5 кг соответственно.

Наибольший объем транспортных операций приходится на перемещение кормов, воды, навоза, молока.

Процесс производства, хранения и использования кормов связан в технологическую линию и зависит от принятой технологии.

При выпасе животных на пастбищах указанную систему можно представить в виде КР—Ж. В этом случае основная масса кормов не транспортируется, животное само находит их на пастбище. В случае кормления в помещении или на откормочной площадке система может быть представлена в виде КР—Р—Ж.

Кормовые ресурсы в этом случае могут использоваться по следующим технологиям



Приведенные процессы обязательно сопровождаются транспортными операциями, погрузкой и разгрузкой кормового сырья или готового корма. Раздача чаще всего совмещается с транспортной операцией.

С целью получения смеси, сбалансированной по всем компонентам рациона и повышения качества кормов, на фермах выполняют операции приготовления кормов. В этом случае кормовое сырье доставляют в хранилища, откуда, по мере необходимости, оно направляется сразу к животным или в кормоцех и затем к животным. Часть операций технологического процесса кормоприготовления выполняют не только в кормоцехе. Например, корм измельчают в процессе выемки его из хранилища и погрузки в транспортные средства, перемешивают различные корма при полойной загрузке их в транспортные средства.

Направление перемещения и объем грузоперевозок зависят от многих факторов, в том числе от вида используемых кормов, рациона, принятой схемы заготовки, хранения и использования кормов.

В соответствии с классификацией, предложенной профессором С. В. Мельниковым, материальные потоки кормов на фермах и комплексах по виду могут быть самыми разнообразными, но в основном их можно разделить на две группы: поточно-непрерывные и поточно-прерывные. В зависимости от установленного интервала времени многие процессы могут относиться к одной или другой группе. Так, процессы кормления протекают в течение суток строго циклично и их можно отнести к поточно-непрерывным. В кормоцехах большинство машин (смесители, накопители, запарники, дозаторы) работают периодически, поэтому процессы переработки относятся к поточно-прерывным.

Производственный процесс оценивают ритмом (шагом), тактом и темпом. Под ритмом понимают интервал времени, за который на технологической линии готовится определенное количество продукции. Тактом называют промежуток времени между выпуском двух последовательно изготавливаемых изделий.

Анализ материальных потоков только с позиции перемещения массы не позволяет оценить эффективность функционирования системы. Важно оценить поточную линию с позиции энергетики, изучить энергетические потоки.

С этих позиций поточную линию приготовления кормов можно представить как процесс насыщения исходного сырья (уже имеющего первоначальный энергетический потенциал) дополнительной энергией. Причем полная энергия продукта может изменяться или оставаться постоянной, но качество продукта в последнем случае обязательно должно изменяться. Так, например, варка продуктов увеличивает количество вложенной энергии и изменяет их энергетическую ценность. Измельчение же соломы энергетическую ценность ее практически не меняет, однако энергонасыщенность продукта в этом случае увеличивается. Каждая технологическая операция требует определенного расхода энергии на ее выполнение. Энергетический поток технологической линии складывается из энергоемкости отдельных машин и оборудования, которые выполняют те или иные операции по переработке и подготовке определенного вида корма.

Методы оценки эффективности работы поточных линий приготовления и хранения кормов

Эффективность производственного процесса приготовления и хранения кормов представляет собой функциональную (по В. И. Земскову) зависимость выходного параметра (оце-

ночного показателя) от входных (x), возмущающих (k) и управляющих (z) факторов, т. е. $y = f(x, k, z)$. Входные факторы включают физико-механические свойства корма, поголовье животных, показатели качества корма и др. Возмущающие (эксплуатационные) факторы учитывают трудоемкость фактически выполненного технического обслуживания, число рабочих на выполнении операций, фактическую надежность (коэффициент готовности). Управляющие факторы представляют собой расчетные коэффициенты готовности поточной технологической линии (ПТЛ), зависящие от структуры и состава, технико-экономических показателей применяемых машин, убытки от простоев машин и оборудования и др.

В качестве выходного параметра могут быть приняты технологические, энергетические и экономические оценочные показатели. Выбранный критерий должен быть задан одним числом и быть однозначным в статистическом смысле (заданному набору машин в ПТЛ должно соответствовать одно значение критерия); универсальным, достаточно полным (всесторонне характеризовать процесс); простым и легко вычисляемым.

Из всей совокупности оценочных показателей в качестве критерия оптимальности наибольшее распространение получили экономические показатели как наиболее универсальные, учитывающие технические, технологические и качественные характеристики ПТЛ. Рассмотрим основные из них.

Затраты живого труда (прямые и общие) измеряются количеством времени на содержание одного животного в год или количеством продукции, получаемой в единицу рабочего времени.

Эксплуатационные затраты складываются из затрат на оплату труда основных и вспомогательных работников, участвующих в производстве; амортизационных отчислений на полное восстановление (реновацию) и капитальный ремонт; затрат на текущий ремонт и техническое обслуживание машин и оборудования; оплаты электроэнергии, основных и вспомогательных материалов; стоимости вспомогательных работ.

Удельные приведенные затраты определяют суммированием прямых эксплуатационных затрат на единицу продукции и удельных капитальных вложений с учетом нормативного коэффициента их эффективности. По минимуму приведенных затрат выбирают лучший вариант поточной линии, а по разности издержек устанавливают условный годовой экономический эффект выбранной линии.

Комплексную оценку эффективности функционирования поточных линий выполняют на основе применения метода системного и регрессионного анализа. При этом получают математическую модель, учитывающую степень влияния большого числа

факторов на величину оценочного показателя при разных уровнях их варьирования.

Для оценки эффективности функционирования ПТЛ кормоцехов В. И. Земсков рекомендует использовать величину абсолютного годового экономического эффекта \mathcal{E} :

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_T - (\Pi + Y_d), \quad (1.1)$$

где \mathcal{E}_T — технологический эффект, руб.; Π — годовые приведенные затраты, руб.; Y_d — убыток от простоя ПТЛ кормоцеха, руб.

Технологический эффект

$$\mathcal{E}_T = Q_m k_\phi t_{\text{раз}} k_k D \Delta k_0 c, \quad (1.2)$$

где Q_m — теоретическая производительность комплекта машин и оборудования кормоцеха, т/ч; k_ϕ — коэффициент использования фонда рабочего времени линии выдачи готовой продукции; $t_{\text{раз}}$ — фонд рабочего времени линии подготовки и выдачи готового корма на одно кормление, ч; k_k — кратность кормления животных; D — число рабочих дней ПТЛ кормоцеха в году; Δk_0 — повышение питательной ценности кормовой смеси, производимой поточными линиями кормоцеха; c — стоимость 1 т корм. ед., руб.

В. И. Земсков установил, что рацион для коров, состоящий из соломы (до 14 % по массе), кукурузного силоса (56 %), концентратов (10 %), патоки (1 %), свекольного жома (18 %), травяной муки (1 %), повышает питательную ценность в зависимости от применяемой технологии обработки соломы (на 1 т кормосмеси):

в кормоцехах без химико-термической обработки соломы $\Delta k_0 = 0,014 \dots 0,028$ корм. ед.;

в кормоцехах с термической обработкой соломы $\Delta k_0 = 0,020 \dots 0,034$ корм. ед.;

в кормоцехах с химико-термической обработкой соломы (кальцинирование с последующим запариванием) $\Delta k_0 = 0,030 \dots 0,045$ корм. ед.

Годовые приведенные затраты

$$\Pi = C_s + (B_1 + B_2) E, \quad (1.3)$$

где C_s — эксплуатационные затраты, руб.; B_1 — балансовая (сметная) стоимость комплекта машин и оборудования кормоцеха, руб.; B_2 — балансовая (сметная) стоимость здания кормоцеха, руб.; E — нормативный коэффициент экономической эффективности ($E = 0,15$).

Эксплуатационные затраты

$$C_s = A + Z_r + M_r, \quad (1.4)$$

где A — амортизационные отчисления на ремонт и техническое обслуживание ПТЛ, руб.; Z_r — годовой фонд заработной платы обслуживающего персонала, руб.; M — годовой расход материалов, руб.

Убытки от простоев кормоцеха

$$Y = \Delta U D n_r c,$$

где Y — среднесуточное снижение продуктивности коров в расчете на одну животную, кг; D — длительность стойлового периода, дней; H_r — поголовье животных, обслуживаемых кормоцехом; $Ц$ — стоимость единицы животноводческой продукции, производимой на ферме, руб.

$$\Delta Y = \Psi \left(\frac{1}{K_r} - 1 \right),$$

где Ψ — коэффициент, характеризующий снижение продуктивности на одну животную в сутки и зависящий от вида фермы, которую обслуживает кормоцех; K_r — коэффициент готовности кормоцеха.

Количественной оценкой надежности кормоцехов служит коэффициент готовности (K_r), который характеризует структуру ПТЛ и однозначно оценивает (в сочетании с другими показателями) качество проектирования технологических линий кормоцехов.

$$K_r = \frac{t}{t + t_n},$$

где t — среднее время между отказами (наработка на отказ); t_n — время устранения отказов, ч.

Для оценки технического состояния комплектов машин кормоцехов применяют коэффициент технического использования (K_t) и оперативную готовность $[P(t, t + \tau)]$ на промежутке времени $0 \dots (t + \tau)$.

В. И. Земсков рекомендует следующие методы повышения надежности машин и оборудования в составе ПТЛ кормоцехов: повышение надежности кормоприготовительных и транспортирующих машин на стадии их изготовления; уменьшение общего числа машин в комплекте за счет сокращения транспортируемых машин; ненагруженное резервирование основных и менее надежных машин, имеющих среднее время устранения отказов $T_n > 2$ ч; ненагруженное резервирование; временное резервирование; создание многосекционных систем там, где это возможно по условиям хранения кормов; обеспечение максимальной надежности ведущей подсистемы (технологической линии подготовки и выдачи готовой кормосмеси).

Повышение надежности приводит, с одной стороны, к росту капитальных вложений, с другой — к снижению убытков и увеличению технологического и экономического эффекта.

Контрольные вопросы и задания

1. Что является предпосылкой для создания кормовых ресурсов в хозяйстве?
2. Какова схема производственного процесса заготовки сена?
3. Назовите основные виды потоков при функционировании технологических линий приготовления и хранения кормов.
4. Как связан процесс производства, хранения и использования кормов с технологией содержания животных?
5. Назовите временные показатели, которыми оценивают производственный процесс.
6. Чем определяется эффективность производственного процесса приготовления и хранения кормов?
7. Назовите основные критерии оценки эффективности процесса приготовления и хранения кормов.

**Планирование производства
и расходования кормов**

Для выполнения плана по производству продукции животноводства должно быть произведено достаточное количество кормов. С этой целью в каждом хозяйстве составляется кормовой план-заказ, то есть расчет потребности в кормах для удовлетворения животных в питательных веществах. Кормовой план служит заказом при определении нужных площадей посевов культур на корм и необходимого поступления кормов извне.

Для рационального использования кормов составляют кормовой баланс и план кормоиспользования. Кормовой баланс — это сопоставление потребности животных в кормах с наличием кормов в хозяйстве и учетом их поступления.

План кормоиспользования — это календарный план расходования кормов на фермах с целью получения наибольшего количества животноводческих продуктов с единицы затраченного корма.

В крупных специализированных молочных комплексах разрабатывают технико-экономические обоснования (для объектов стоимостью свыше 3 млн руб.) или технико-экономические расчеты (для объектов стоимостью до 3 млн руб.), в которых предусматривают показатели как по строительству ферм, так и по созданию кормовой базы. Проектирование и строительство кормовой базы должны опережать ввод комплекса не менее чем на один год.

Показатели технико-экономических обоснований и расчетов закладывают в производственно-финансовый план хозяйства, который предусматривает обеспечение кормами скота, имеющегося в колхозе или совхозе. При этом очень важно правильно обосновать сочетание производства кормов как на естественных кормовых угодьях, так и на пашне.

Для этого вначале составляют план использования сенокосов и пастбищ в целях получения наибольшего количества сена и пастбищной травы с гектара.

Определив плановый выход кормов с естественных сенокосов и пастбищ, приступают к составлению плана использования пашни. Сначала размещают по полям севооборотов зернофуражные культуры, кормовые корнеплоды, посеvy культур зеленого конвейера, возделываемые на пашне для производства кормов. Затем заполняют агротехнический паспорт по каждому полю севооборота и составляют план агротехнических мероприятий с указанием номера поля, площади высеваемой культуры, плановой

урожайности и агротехники выращивания предусмотренного планом урожая.

Валовой сбор по каждой культуре определяют путем умножения площади на урожайность по отделению, а затем средневзвешенный урожай в целом по хозяйству. Получив плановый урожай по культурам, составляют плановый баланс продукции растениеводства, который должен обеспечить выполнение плана-заказа по продаже государству растениеводческой продукции с учетом сверхплановой продажи, удовлетворить потребность хозяйства в семенах, кормах всех видов, и другие расходы.

Годовую потребность в кормах для коров разной продуктивности определяют по зонам страны, исходя из структуры годового расхода кормов (табл. 1.1, 1.3) и потребности в энергии (табл. 1.2).

1.1. Годовая структура рационов для молочных коров по зонам страны, % по питательной ценности

Зона	Удой на корову в год, кг	Корма							
		сено	солома	травяная резка	сенаж	силос	корнеплоды	концентраты	зеленые корма
Области:									
Архангельская	2500	20	—	—	12	32	—	16	20
Мурманская	3000	19	—	—	11	30	2	19	19
Магаданская	3500	17	—	—	10	30	3	22	18
Карельская АССР	4000	15	—	—	12	27	3	25	18
Коми АССР	4500	14	—	4	11	20	4	31	16
Якутская АССР	5000	12	—	5	11	16	5	36	15
Камчатка	5500	11	—	5	11	14	6	39	15
Чукотка	6000	9	—	5	10	12	8	40	14
Районы:									
Северо-западный	2500	14	—	—	15	25	—	16	32
Центральный	3000	12	—	—	14	22	3	18	31
Волго-Вятский	3500	12	—	—	13	20	4	21	30
Дальневосточный	4000	12	—	2	11	16	5	25	29
Прибалтийские республики	4500	11	—	3	10	8	7	35	26
Белорусская ССР	5500	10	—	4	8	8	8	37	25
Полесье Украинской ССР	6000	8	—	5	8	7	9	39	24
Районы:									
Уральский	2500	15	3	—	10	30	—	16	26
Западно-Сибирский	3000	14	3	—	9	29	2	18	25
Восточно-Сибирский	3500	13	2	—	8	28	3	22	24
	4000	12	1	1	8	26	4	25	23
Северный Казахстан	4500	10	—	2	8	22	5	30	23
	5000	10	—	3	7	18	6	35	21
	5500	9	—	4	7	17	6	37	20
	6000	8	—	5	7	15	7	39	19
Центрально-Черно-	2500	12	4	—	9	22	—	16	37

Зона	Удой на ко- рову в год, кг	Корма							зеле- ные корма	
		сено	солома	травя- ная резка	сенаж	силос	корне- плоды	кон- цент- раты		
земная зона РСФСР	3000	11	4	—	8	21	2	18	36	
	3500	10	2	—	8	21	3	21	35	
	4000	9	1	1	7	20	3	25	34	
	4500	8	—	3	7	17	3	30	32	
	5000	8	—	3	6	14	4	35	30	
	5500	7	—	4	6	14	5	37	29	
	6000	7	—	5	5	11	5	39	28	
Поволжье	2500	10	5	—	9	25	—	16	35	
Западный Казахстан	3000	9	4	—	9	25	1	18	34	
	3500	8	2	—	8	24	2	22	34	
	4000	7	1	—	8	24	3	25	32	
Южный Урал	4500	7	—	3	7	19	3	30	31	
	5000	6	—	4	7	15	3	35	30	
	5500	6	—	4	6	14	4	37	29	
	6000	6	—	5	6	13	4	39	27	
	Северный Кавказ, Крым	2500	8	1	—	9	21	—	16	43
Молдавская ССР, Се- верная часть Украин- ской ССР	3000	7	1	—	9	21	2	18	42	
	3500	7	1	—	8	20	2	21	41	
	4000	7	1	1	7	18	2	24	40	
	4500	7	—	2	6	15	3	29	38	
	5000	7	—	2	6	12	3	34	36	
	5500	6	—	2	6	11	4	37	34	
	6000	5	—	2	6	11	4	39	33	
Южный Казахстан Киргизская ССР	2500	7	2	—	15	12	—	16	48	
	3000	6	2	—	13	12	3	17	47	
	3500	6	1	—	12	12	3	20	46	
	4000	5	1	—	10	12	4	26	42	
	4500	5	—	1	9	10	4	29	42	
	5000	5	—	1	9	9	4	34	38	
	5500	4	—	2	9	6	5	37	37	
	6000	4	—	2	8	6	5	39	36	
Узбекская ССР	2500	6	—	—	13	14	—	16	51	
Туркменская ССР	3000	6	—	—	12	14	2	17	49	
Таджикская ССР	3500	5	—	—	11	13	2	21	48	
	4000	5	—	1	10	12	2	23	47	
	4500	5	—	1	8	11	2	28	45	
	5000	4	—	1	8	9	3	34	41	
	5500	4	—	1	8	8	3	36	40	
	6000	4	—	2	6	7	4	39	38	
	Грузинская ССР	2500	9	—	—	8	17	—	16	50
	Азербайджанская ССР	3000	8	—	—	8	16	2	17	49
Армянская ССР	3500	7	—	—	7	16	3	20	47	
	4000	6	—	1	6	15	3	23	46	
	4500	6	—	2	5	13	3	28	43	
	5000	6	—	3	5	10	3	33	40	
	5500	5	—	4	5	8	3	37	38	
	6000	5	—	4	5	7	3	39	37	

1.2. Годовая потребность коров разной продуктивности в энергии и переваримом протеине (в среднем на корову при жирности молока 3,8...4,0 %)

Удой на корову в год, кг	Затраты корм. ед. на 1 кг молока	Требуется на 1 корм. ед. переваримого протеина, кг	Требуется в год		
			корм. ед.	обменной энергии, МДж	переваримого протеина, кг
2500	1,25	95	3125	37 500	297
3000	1,15	98	3450	41 055	338
3500	1,10	100	3850	45 430	385
4000	1,05	102	4200	43 140	428
4500	1,03	104	4635	53 766	482
5000	1,02	106	5100	58 650	540
5500	1,01	108	5555	63 882	600
6000	1,00	110	6000	69 000	660

Годовую потребность в кормах для молодняка крупного рогатого скота определяют с учетом плана роста и годовых норм кормления отдельно для молодняка от рождения до 1 года и от года до 2 лет, а также для нетелей старше 2 лет. При определении годовой потребности в кормах для молодняка пользуются следующими нормами.

1.3. Годовые нормы для молодняка молочного скота

Возрастные периоды	Живая масса в конце периода, кг	Кормовые единицы	Обменная энергия, МДж	Переваримый протеин, кг
<i>При выращивании коров живой массой 400...450 кг</i>				
До 1 года	215	1197	9948	122
От 1 года до 2 лет	353	1818	17 451	163
Нетели старше 2 лет	405	2340	22 113	251
<i>При выращивании коров живой массой 500...550 кг</i>				
До 1 года	260	1362	11 523	139
От 1 года до 2 лет	430	2115	21 123	190
Нетели старше 2 лет	495	2790	27 837	298
<i>При выращивании коров живой массой 600...650 кг</i>				
До 1 года	300	1512	13 299	154
От 1 года до 2 лет	435	2346	24 642	214
Нетели старше 2 лет	567	2970	31 826	306

Потребность молодняка до 1 года в кормах рассчитывают в соответствии со схемой кормления, определяя среднюю суточную норму на голову грубых, сочных, зеленых и концентрированных кормов в зимний (стойловый) и летний (пастбищный) периоды.

По средним данным месячной потребности в кормах на голову молодняка разного возраста и по числу животных определяют потребность хозяйства в кормах для всего поголовья молодняка на отдельные периоды и на год в целом.

Годовую потребность в кормах можно вычислить и другим способом в расчете на условную голову, пользуясь при этом специальными переводными коэффициентами. Определив число условных голов и зная потребность в кормах одной такой головы, рассчитывают общую потребность в кормах. Зная питательную ценность каждого вида корма, вычисляют потребность в кормах в натуральном выражении.

Общая потребность в кормах на продуктивное стадо может быть определена исходя из планируемого выхода продукции. Для этого должны быть рассчитаны нормы расхода кормовых единиц и переваримого протеина кормов на единицу продукции. Чаще же поступают так: рассчитывают затраты кормовых единиц и переваримого протеина на единицу продукции, затем определяют общую потребность в кормовых единицах и переваримом протеине на всю запланированную продукцию по хозяйству и, наконец, пользуясь намечаемой структурой годового кормового рациона, определяют потребность в отдельных видах кормов.

После установления общей потребности в кормах составляют кормовой баланс, который состоит из двух частей.

В приходной части указывают наличие кормов и возможное поступление их в течение года.

В расходную часть записывают количество кормов, необходимое для выполнения обязательств, страховой фонд, намеченный для продажи рабочим и служащим.

Страховой фонд по концентрированным кормам обычно устанавливают в размере месячной потребности, по грубым кормам — 15...20 % общей потребности в стойловый период.

Сопоставляя данные, записанные в приходной и расходной части, выявляют недостаток или излишек кормов.

Исходя из этого, планируют дополнительные источники поступления кормов, вносят коррективы в нормы кормления (учитывая возможную компенсацию недостатков одних видов корма другими) или в план потребности кормов.

План использования кормов составляют исходя из ряда основных общих положений применительно к конкретным условиям. Учитывают сохраняемость кормов. Скоропортящиеся корма (свежие бахчевые, отходы овощей и др.) скармливают немедленно, а корма, которые могут храниться долго с малыми потерями, скармливают позднее.

Задачу расходования запаса кормов решают отдельно для стойлового и пастбищного периодов кормления. Количество распределяемого корма делят на число кормодней на период, в который намечено данный корм скармливать. В результате получают количество корма, которое можно скормить животному за сутки, а отсюда может быть определено и количество отпускаемого корма на все поголовье на один день, месяц и т. д.

Практическое решение задачи осложняется тем, что животным разных групп необходимо предусматривать скармливание разных порций одного и того же корма. Эта разница может быть учтена при условии составления плана кормления по каждой производственной группе.

Интенсивное кормление животных становится эффективным только при тщательном балансировании рационов по большому спектру показателей, поэтому планом кормоиспользования необходимо предусмотреть рациональный расход не только основных кормов, но обязательно и балансирующих кормов и подкормок. При этом условии планирование интенсивного кормления будет практически полезным.

Оптимизация рационов

Суточный набор кормов, обеспечивающий потребность животных в питательных, минеральных и биологически активных веществах в зависимости от их продуктивности и физиологического состояния, называется кормовым рационом. Рацион должен содержать все необходимые питательные вещества.

Питательная ценность — комплексный показатель, характеризующий свойства корма удовлетворять природную потребность животного в энергии и пище. Питательность оценивают по химическому составу, переваримым питательным веществам (особо — протеин), содержанию минеральных веществ и витаминов, особенно каротина (провитамина А) и по количеству энергии, которое может быть использовано на производство продукции и физиологические процессы, протекающие в организме животного.

Переваримость рациона — это свойство питательных веществ корма переходить под воздействием соков пищеварительного тракта в растворимое состояние и всасываться через стенки пищеварительного канала. Переваримость питательных веществ оценивается разностью между количеством кормовых единиц, принятых с кормом и выделенных в кале и моче животными.

Процентное соотношение количества переваренной части рациона к полному содержанию в нем питательных веществ называется *коэффициентом переваримости корма*.

Кормовые рационы должны удовлетворять двум основным требованиям: биологическим (полноценность по питательности) и экономическим. Для планирования оптимальных кормовых рационов используют математические методы линейного программирования. Таким методом определяют полноценный рацион для каждой половозрастной группы скота и каждого периода кормления. По числу кормодней определяют годовую потребность в кормах, а по фактической урожайности — их полевые площади.

Рассмотрим в качестве примера вариант решения задачи по оптимизации рационов для различных половозрастных групп крупного рогатого скота, выполненный кафедрой механизации животноводческих ферм и экономической кибернетики Целиноградского СХИ. Состав рациона приведен в таблице 1.4.

1.4. Рационы кормления и их питательность

Вид кормов	Половозрастные группы				
	коровы	нетели стельные	молодняк 12...18 мес	молодняк 6...12 мес	молодняк до 6 мес
Отходы пшеничные, кг	0,623	1,3	1,23	—	—
Ячмень, кг	0,494	—	—	0,8	0,425
Витаминная травяная мука, кг	—	—	0,43	0,42	0,638
Сено, кг	4,90	2,95	3,0	1,99	1,0
Сенаж, кг	2,0	1,38	1,74	1,230	0,535
Корнеклубнеплоды, кг	—	3,4	—	—	—
Зерносмесь, кг	2,0	1,05	1,0	1,03	0,562
Силос, кг	15,71	9,32	9,19	6,18	3,29
Солома, кг	7,1	5,68	5,77	2,66	—
Молоко, кг	—	—	—	0,214	0,171
Обрат, кг	—	—	1,87	3,274	2,987
Карбамид, г	87	72	50	30	—
Преципитат, г	65,0	55	30	20	—
В с е г о корм. ед., кг	9900	7700	7500	558	343
Переваримый протеин, г	1049,4	855,2	837,3	600,6	369,5
Сухое вещество, кг	18	13,25	12,67	7,92	3,37
Фосфор, г	40	33	30	23	12
Каротин, мг	374,5	256,8	282,0	200	125,5

Для составления рациона оптимальной стоимости и управления приготовлением полнорационной кормосмеси был использован вычислительный комплекс УВК СМ-4 (или его аналог) АСУ ТП. Ежедневно на основании данных о среднесуточной продуктивности за прошедшие трое суток и средней живой массе коров в группе, их физиологическом состоянии и числе, наличии кормов (по видам), энергетической и питательной ценности (получают в лаборатории оценки качества кормов) можно рассчитать рацион кормосмеси оптимальной стоимости для каждой однотипной группы коров по специальной программе.

Критерием оптимизации при расчете полнорационной кормосмеси служит минимум ее стоимости:

$$C_k = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \min, \quad (1.5)$$

где c_j — стоимость единицы массы корма j -го вида при базисной влажности; x_j — искомое количество корма j -го вида при действительной влажности; n — число видов кормов.

При этом число каждого вида корма в кормосмеси должно быть таким, чтобы удовлетворить ограничения на питательную ценность рациона:

по числу кормовых единиц в рационе

$$B = \sum_{j=1}^n B_j x_j \quad (1.6)$$

при условии $B_1 k \leq B \leq B_2 k$,

где B_j — число кормовых единиц в 1 кг корма j -го вида (по данным лабораторного анализа при действительной влажности); B_2, B_1 — верхний и нижний допустимые уровни содержания кормовых единиц в рационе; k — число коров в группе.

по количеству сухого вещества в рационе

$$A = \sum_{j=1}^n a_j x_j \quad (1.7)$$

при условии $A_1 k \leq A \leq A_2 k$,

где a_j — количество сухого вещества в 1 кг корма j -го вида; A_2, A_1 — верхний и нижний допустимые уровни содержания сухого вещества;

по содержанию питательных веществ

$$P_i = \sum_{j=1}^n P_{ij} x_j \quad (1.8)$$

при условии $P_{i1} k \leq P_i \leq P_{i2} k$,

где P_{ij} — содержание i -го питательного вещества в корме j -го вида; P_{i2}, P_{i1} — верхний и нижний допустимые уровни содержания i -го питательного вещества в рационе;

по имеющемуся запасу корма j -го вида, необходимого на один рацион,

при условии $0 \leq x_j \leq z_j$,

где z_j — запас корма j -го вида.

Физиологические особенности коров на комплексе обуславливают зависимость верхнего и нижнего допустимых уровней питательной ценности рациона. Следовательно, каждое из введенных ограничений связано с физиологическим состоянием животных, т. е. величины $B_2, B_1, A_1, A_2, P_2, P_1$ есть функции от массы m животного в группе и среднесуточного (либо среднего за лактацию удоя u в группе (в пересчете на четырехпроцентную жирность молока).

Для пересчета удоя молока на четырехпроцентную жирность используют следующую зависимость

$$u = 1 / \left[k \sum_1^k (u_k G_k / 4) \right], \quad (1.9)$$

где u_k — действительный индивидуальный удой от одной коровы; G_k — жирность молока индивидуального удою от одной коровы.

Функции, связывающие допустимую питательность с массой и продуктивностью животных, представляют собой модели ограничений. Они получены по установленным нормам кормления коров с помощью пакета прикладных программ «СИМСОД» на ЭВМ ЕС-1022 методом регрессионного анализа. Для дойных полновозрастных коров и коров первого и второго отела модели ограничений на сухое вещество, кормовые единицы и содержание питательных веществ рассчитывают для заданных фиксированных значений m

$$F(m, u) = C + D_u, \quad (1.10)$$

где $F(m, u)$ — соответствующие ограничения; C, D_u — коэффициенты линейного бинома для фиксированных значений массы животного.

При определении значений $F(m, u)$ для дойных полновозрастных коров и коров первого или второго отела можно использовать формулу линейной интерполяции:

$$F_x(m_x, u) = F_1(m_1, u) \left(1 - \frac{m_x - m_1}{m_2 - m_1} \right) + F_2(m_2, u) \left(\frac{m_x - m_1}{m_2 - m_1} \right) \\ \text{при } m_1 < m_x < m_2, \quad (1.11)$$

где $F_x(m_x, u)$ — искомое значение данного ограничения при массе животного; $F_1(m_1, u)$ и $F_2(m_2, u)$ — значение ограничения при массе m_1 и m_2 .

Модели ограничений на сухое вещество, питательную ценность (кормовые единицы) и содержание питательных веществ для сухостойных коров рассчитывают для заданных диапазонов изменения среднего удою за лактацию

$$F(m, u) = C + D_m, \quad (1.12)$$

где C и D_m — коэффициенты линейного бинома для заданных диапазонов изменения m .

При этом массу x_j каждого ингредиента корма определяют исходя из действительной его влажности в момент приготовления рациона

$$x_{j0} = x_j [(1 - W_j) / (1 - W_{j0})], \quad (1.13)$$

где x_j — масса корма j -го вида, полученная при решении оптимизационной задачи; W_{j0} — действительная в момент приготовления рациона влажность корма j -го вида; W_j — влажность, при которой определена масса корма j -го вида.

Таким образом, задача получения рациона минимальной стоимости полностью формализована. Она относится к задачам линейного программирования, и ее можно решать на УВК СМ-4. Программное обеспечение реализует расчет моделей ограничений, запись и хранение на магнитных листах необходимых для

решения задачи данных и получение рациона минимальной стоимости.

Особенность данного подхода и его отличие от известных заключается в учете ограничений в модельном виде, что повышает точность и обоснованность решения, снижает требования к объему оперативной памяти микроЭВМ, а также обеспечивает активный диалог со специалистом-животноводом, в процессе которого можно изменить номенклатуру или запас кормов, тип кормления, стоимость кормов. Диалог позволяет найти такой вариант рациона, который, с одной стороны, имеет минимальную стоимость, с другой — учитывает особенности кормовой базы данного молочного комплекса, технологию приготовления и раздачи кормов.

По разработанной методике были вычислены рационы для группы дойных коров (средняя масса животного — 500 кг, среднесуточный удой от одной коровы в пересчете на четырехпроцентную жирность — 10 кг) в совхозе «Саки» Крымской области и сравнены с рационом, рассчитываемым специалистами хозяйства по справочным таблицам.

Стоимость рациона, рассчитанного по предлагаемой методике, почти на 20 % ниже, чем рациона, рассчитанного специалистами хозяйства. При этом первый рацион лучше сбалансирован по содержанию кормовых единиц, переваримого протеина, сырого жира и полностью удовлетворяет ограничениям, накладываемым зоотехническими требованиями на рационы кормления молочного скота.

Разработанное программное обеспечение реализовано для микроЭВМ СМ-4 и сопоставимых с ней моделей (СМ-3, СМ-1420, «Электроника-60» и др.). Эти программы можно использовать как в контуре управления действующей АСУ ТП, так и автономно в информационно-советующих системах, системах автоматизации научных исследований и др.

Энергетика кормопроизводства

Наряду с увеличением продукции животноводства существенно возрастает и потребление энергии на единицу этой продукции, что объясняется использованием энергонасыщенных технологий. Установлено, что 1 МДж переваримой энергии кормов продуцирует белка: из молока — 2,5 г; говядины — 0,55; свинины — 3,3; из мяса бройлеров — 2,8 г. Животные способны усваивать из 100 г белка кормов следующее его количество, г: коровы — 22; куры-несушки — 23; бройлеры — 17; свиньи — 12; откормочный скот — 4.

В технологических процессах производства продукции животноводства подводимая энергия расходуется на обеспечение мик-

роклимата и обслуживание животных. Основная часть технологической энергии растениеводства через корма также переносится на продукцию животноводства, так как животными потребляется более 75 % биомассы культур, произведенных в растениеводстве. По нормативным данным ВАСХНИЛ, 1 Дж пищевой энергии, аккумулированной в мясе, соответствует примерно 10 Дж совокупной энергии топлива и корма, а в молоке — примерно 14 Дж. Фактически соотношение в 2,5...3 раза выше, в то время как 1 Дж пищевой энергии продукции растениеводства обходится затратами 0,5...2 Дж совокупной энергии топлива и удобрений (самих энергоемких составляющих).

Именно в сфере животноводства наибольший резерв экономии энергии, и прежде всего в улучшении использования кормов, что подтверждено коэффициентом биоконверсии (трансформации) энергии кормов в энергию продукции животноводства: в среднем по стране он равен 6,4 %, а потенциальное его значение, оцениваемое по племенным животным, — на уровне 16 % и выше.

Наибольший удельный вес в энергетическом балансе производства молока (табл. 1.5) занимают энергосодержание кормов

1.5. Структура затрат совокупной энергии на производство молока

Объект затрат	Комплекс на 1200 коров		Ферма на 400 коров	
	энергоемкость, ГДж за 1 год	% к итогу	энергоемкость, ГДж за 1 год	% к итогу
Помещения и сооружения	3109,0	0,89	676,7	0,94
Машины и оборудование	4202,9	1,35	1864,0	2,60
Горюче-смазочные материалы	13 965,0	4,00	3320,2	4,62
Тепловая энергия	35 568,2	10,21	8789,7	12,24
Ремонт стада	42 235,14	12,13	8134,6	11,33
Корма (по энергосодержанию)	127 243,1	36,08	28 074,9	39,01
Корма (по прошлой энергии)	73 630,8	21,14	14 235,4	19,81
Подстилка	25 465,3	7,31	5334,3	7,43
Затраты труда	3216,0	0,92	1396,1	1,94
Всего	347 642,3	100	71 825,9	100

и прошлая энергия на их производство (более 50 %). Исследованием энергетических балансов кормопроизводства в передовых хозяйствах установлено, что показатели использования животными энергии корма и совокупной энергии (с учетом всей структуры затрат энергии) в животноводстве крайне неодинаковы (табл. 1.6). Особенно контрастен при различных технологиях кормопроизводства расход жидкого топлива на каждую кормовую единицу, потребляемую молочным скотом: колебания между минимумом и максимумом — 8 раз. Поэтому передовые хозяйства

решения задачи данных и получение рациона минимальной стоимости.

Особенность данного подхода и его отличие от известных заключается в учете ограничений в модельном виде, что повышает точность и обоснованность решения, снижает требования к объему оперативной памяти микроЭВМ, а также обеспечивает активный диалог со специалистом-животноводом, в процессе которого можно изменить номенклатуру или запас кормов, тип кормления, стоимость кормов. Диалог позволяет найти такой вариант рациона, который, с одной стороны, имеет минимальную стоимость, с другой — учитывает особенности кормовой базы данного молочного комплекса, технологию приготовления и раздачи кормов.

По разработанной методике были вычислены рационы для группы дойных коров (средняя масса животного — 500 кг, среднесуточный удой от одной коровы в пересчете на четырехпроцентную жирность — 10 кг) в совхозе «Саки» Крымской области и сравнены с рационом, рассчитываемым специалистами хозяйства по справочным таблицам.

Стоимость рациона, рассчитанного по предлагаемой методике, почти на 20 % ниже, чем рациона, рассчитанного специалистами хозяйства. При этом первый рацион лучше сбалансирован по содержанию кормовых единиц, переваримого протеина, сырого жира и полностью удовлетворяет ограничениям, накладываемым зоотехническими требованиями на рационы кормления молочного скота.

Разработанное программное обеспечение реализовано для микроЭВМ СМ-4 и сопоставимых с ней моделей (СМ-3, СМ-1420, «Электроника-60» и др.). Эти программы можно использовать как в контуре управления действующей АСУ ТП, так и автономно в информационно-советующих системах, системах автоматизации научных исследований и др.

Энергетика кормопроизводства

Наряду с увеличением продукции животноводства существенно возрастает и потребление энергии на единицу этой продукции, что объясняется использованием энергонасыщенных технологий. Установлено, что 1 МДж переваримой энергии кормов продуцирует белка: из молока — 2,5 г; говядины — 0,55; свинины — 3,3; из мяса бройлеров — 2,8 г. Животные способны усваивать из 100 г белка кормов следующее его количество, г: коровы — 22; куры-несушки — 23; бройлеры — 17; свиньи — 12; откормочный скот — 4.

В технологических процессах производства продукции животноводства подводимая энергия расходуется на обеспечение мик-

роклимата и обслуживание животных. Основная часть технологической энергии растениеводства через корма также переносится на продукцию животноводства, так как животными потребляется более 75 % биомассы культур, произведенных в растениеводстве. По нормативным данным ВАСХНИЛ, 1 Дж пищевой энергии, аккумулированной в мясе, соответствует примерно 10 Дж совокупной энергии топлива и корма, а в молоке — примерно 14 Дж. Фактически соотношение в 2,5...3 раза выше, в то время как 1 Дж пищевой энергии продукции растениеводства обходится затратами 0,5...2 Дж совокупной энергии топлива и удобрений (самих энергоемких составляющих).

Именно в сфере животноводства наибольший резерв экономии энергии, и прежде всего в улучшении использования кормов, что подтверждено коэффициентом биоконверсии (трансформации) энергии кормов в энергию продукции животноводства: в среднем по стране он равен 6,4 %, а потенциальное его значение, оцениваемое по племенным животным, — на уровне 16 % и выше.

Наибольший удельный вес в энергетическом балансе производства молока (табл. 1.5) занимают энергосодержание кормов

1.5. Структура затрат совокупной энергии на производство молока

Объект затрат	Комплекс на 1200 коров		Ферма на 400 коров	
	энергоёмкость, ГДж за 1 год	% к итогу	энергоёмкость, ГДж за 1 год	% к итогу
Помещения и сооружения	3109,0	0,89	676,7	0,94
Машины и оборудование	4202,9	1,35	1864,0	2,60
Горюче-смазочные материалы	13 965,0	4,00	3320,2	4,62
Тепловая энергия	35 568,2	10,21	8789,7	12,24
Ремонт стада	42 235,14	12,13	8134,6	11,33
Корма (по энергосодержанию)	127 243,1	36,08	28 074,9	39,01
Корма (по прошлой энергии)	73 630,8	21,14	14 235,4	19,81
Подстилка	25 465,3	7,31	5334,3	7,43
Затраты труда	3216,0	0,92	1396,1	1,94
Всего	347 642,3	100	71 825,9	100

и прошлая энергия на их производство (более 50 %). Исследованием энергетических балансов кормопроизводства в передовых хозяйствах установлено, что показатели использования животными энергии корма и совокупной энергии (с учетом всей структуры затрат энергии) в животноводстве крайне неодинаковы (табл. 1.6). Особенно контрастен при различных технологиях кормопроизводства расход жидкого топлива на каждую кормовую единицу, потребляемую молочным скотом: колебания между минимумом и максимумом — 8 раз. Поэтому передовые хозяйства

1.6. Использование животными энергии корма и совокупной энергии

Кормовая культура	Урожайность		Корм	Потери при заготовке и хранении, %	Использование (по выходу молока)		
	т/га	МДж/га			энергии биомассы, %	совокупной энергии, %	жидкого топлива, кг/ц корм. ед.
Многолетние злаковые травы	27,5	112 000	Сено в скирдах	25	6,7	3,9	17,3
			При активном вентилировании в сараях	15	7,6	4,4	15,9
			При активном вентилировании подогревом	10	8,0	4,6	14,6
			Сенаж	10	6,5	3,8	17,7
Кукуруза	40,0	148 700	Брикеты	0,5	11,8	5,9	20,1
			Силос	2,0	7,9	3,4	15,6
Ячмень	4,0	124 880	Вся масса	12	11,8	6,6	6,2
			в том числе зерно плющенное	5,0	18,6	10,7	4,7
			Солома	2,0	3,9	2,1	14,4
			Солома, обработанная аммиаком	15	7,0	3,8	8,2
			Гидропонный корм	5,0	20,5	11,5	4,5

одновременно руководствуются и ресурсными ограничениями по жидкому топливу, и выходом продукции животноводства на единицу энергии, полученной в кормопроизводстве. Так, один из самых эффективных вариантов использования совокупной энергии в передовых хозяйствах Нечерноземной зоны — производство ячменя. Коэффициент биоэнергетической эффективности производства всей биомассы ячменя составляет 0,066 (в том числе зерна — 11,0 %, соломы — 2,1 %). Причем с внедрением интенсивных технологий производства ячменя эти показатели существенно улучшаются. Особенно при производстве ячменя минимален расход жидкого топлива. На 100 корм. ед. биомассы ячменя переносится не более 6,2 кг жидкого топлива (при производстве силоса — 16...18 кг). Увеличение доли концентратов в рационах жвачных, как известно, имеет определенные ограничения. Передовые хозяйства находят выход: в рационах часть сочных кормов заменяют зелеными, полученными при проращивании ячменя на автоматических конвейерных гидропонных (аэропонных) установках. Дополнительный расход электроэнергии при этом по технологии ВНИИМЖ составляет 48...100 кВт·ч на 1 т зеленых кормов. Такая замена позволяет им сократить расход жидкого топлива в кормопроизводстве почти в два раза.

При сбалансированном кормлении животных коэффициент биоэнергетической эффективности достигает 0,038, а при переходе передовых хозяйств на энергосберегающие технологии в кормопроизводстве 0,042. В общем балансе энергии при производстве молока на долю тепловой энергии приходится 12...14%. Поэтому ее снижение будет важнейшим направлением сокращения энергоемкости производства и повышения коэффициента биоэнергетической эффективности животноводства, что, к сожалению, не используют и передовые хозяйства из-за отсутствия необходимого технического обеспечения. Например, при откорме животных известны оптимальные значения температур, при которых природы максимальны, а удельный расход кормов минимален. Следовательно, необходимо уменьшить потери теплоты через ограждения, использовать устройства для осушения и регенерации вентиляционного воздуха. Исследования Л. И. Бронфмана показывают, что в термонейтральной зоне 0...20 °С продуктивность животных почти не меняется, хотя удельный расход кормов снижается довольно значительно.

Выявлена принципиальная возможность оптимального управления энергетическим балансом. При использовании традиционных (весьма энергоемких) рационов кормления коров имеет определенную смысл поддерживать микроклимат, нагревая воздух электрокалориферами. Если для повышения температуры зимой на ферме (400 коров) от 10 до 15 °С в пределах термонейтральной зоны за сутки дополнительно потребуется 2666 кВт·ч (9600 МДж) электроэнергии, то это позволит летом экономить в поле для производства кормов более 55 кг жидкого топлива и 100 кг удобрений (в сумме 14 400 МДж). То есть экономия совокупной энергии в кормопроизводстве превышает перерасход электроэнергии на ферме.

С ростом продуктивности коров коэффициент биоэнергетической эффективности повышается по экспоненциальной зависимости и одновременно снижаются удельные расходы кормов и топлива. Так, при росте средней продуктивности с 2000 до 5000 кг удельный расход кормов сокращается в 1,4, а топлива — 1,7 раза. Поэтому основная причина высоких затрат топливно-энергетических ресурсов и низких значений коэффициента биоэнергетической эффективности животноводства в стране — низкая продуктивность коров.

Используя методы биоэнергетической оценки, можно выбрать наиболее перспективную технологию заготовки кормов.

Пример. Рассмотрим оценку технологии заготовки рассыпного сена с применением тележек для подбора свежескошенной или провяленной травы (а также сена или соломы) из валка, загрузки массы в кузов с одновременной подпрессовкой ее и транспортирования к месту хранения.

Основная задача биоэнергетической оценки в этом случае — определить отношение энергии, накопленной в урожае, к энергии, затраченной (совокупной) на возделывание и уборку. Если оно больше 1, то технология считается энергосберегающей.

1.7. Суточный расход энергии на ферме (400 коров)

Затраченная энергия	Температура в помещении, К			
	273	Норматив 283	293	303
Расход энергии кормов, МДж	200	192	180	170
Прошлая энергия в кормах, МДж:				
при традиционном кормопроизводстве	101	97	91	86
при энергосберегающем кормопроизводстве	76	72	68	64
Расход совокупной энергии на обеспечение микроклимата, МДж	0	59	120	180
Прочие затраты энергии, МДж	144	144	144	144
Коэффициент биоэнергетической эффективности:				
при традиционном кормопроизводстве	0,031	0,032	0,029	0,022
при энергосберегающем кормопроизводстве	0,034	0,034	0,031	0,023
На замкнутом фитозоокомплексе		0,039	0,040	0,03

В соответствии с методикой проведения биоэнергетической оценки технологий производства продукции растениеводства (по В. Кавардакову) содержание энергии, накопленной, например, в урожае люцерны,

$$V_{ly} = Y_l \lambda_l l_l, \quad (1.14)$$

где Y_l — урожайность люцерны, кг/га; λ_l — коэффициент перевода единицы массы люцерны в сухое вещество, 1/кг; l_l — содержание энергии в 1 кг сухого вещества, МДж.

Для расчета примем, что урожайность люцерны 16 т/га при влажности 75 %, $\lambda_l = 0,25$, $l_l = 21,85$. Тогда $V_{ly} = 16\,000 \times 0,25 \times 21,85 = 87\,320$ МДж/га.

Затраты совокупной энергии на возделывание и уборку люцерны

$$C_l = C_{ln} + C_{ly}, \quad (1.15)$$

где $C_{ln} = Y_l \varphi$; φ — переводной коэффициент, выражающий затраты совокупной энергии на возделывание 1 кг зеленой массы люцерны и принятый равным 1,1 МДж/кг.

Тогда $C_{ln} = 16\,000 \times 1,1 = 17\,600$ МДж/га.

Затраты энергии на уборку

$$C_{ly} = C_{1l} + C_{2l} + C_{3l}, \quad (1.16)$$

где C_{1f} — затраты совокупной энергии на машины и оборудование, МДж/(кг·ч); C_{2f} , C_{3f} — то же, на оборотные средства и трудовые ресурсы.

Затраты C_{1f} , C_{2f} , C_{3f} определяли на основе технологической карты, составленной по материалам испытаний.

Чтобы вычислить затраты C_{1f} , необходимо просуммировать показатели совокупной энергии каждой машины или оборудования на выполнение операций, входящих в технологию. Для операций кошения с плющением и образования валка сумма этих величин равна 250,78 МДж/га.

Затраты совокупной энергии на трактор и тележку-подборщик

$$C_{1fi} = M_{\text{общ}i} T l_{21i}, \quad (1.17)$$

где $M_{\text{общ}i}$ — общая масса машины, кг; T — время работы машины на 1 га, ч; l_{21i} — энергетический эквивалент соответствующей машины, МДж/кг·ч:

для трактора МТЗ-80

$$C_{1f\text{тр}} = 3160 \times 1,44 \times 0,0243 = 110,57 \text{ МДж};$$

для тележки-подборщика

$$C_{1f\text{т}} = 2100 \times 1,44 \times 0,214 = 647,14 \text{ МДж}.$$

Таким образом, $C_{1f} = 250,78 + 110,57 + 647,14 = 1008,49$ МДж.

Затраты

$$C_{2f} = R_{\Sigma} l_{22}, \quad (1.18)$$

где R_{Σ} — суммарный расход топливных ресурсов на единицу площади по всем операциям технологии, кг/га; l_{22} — энергетический эквивалент, МДж/кг.

Подставив значения $R_{\Sigma} = 83,69$ кг/га, взятые из технологической карты, и $l_{22} = 79,5$ МДж/кг, имеем $C_{2f} = 1312,59$ МДж/га.

Общие затраты совокупной энергии C_{3f} на трудовые ресурсы получены суммированием совокупной энергии, затраченной сельскохозяйственными работниками различных профессий. Рабочее время на техническое обслуживание и ремонт сельскохозяйственной техники принято равным 25 % от общих затрат рабочего времени трактористов. Затраты рабочего времени на управление технологическими процессами приняты равными 12 % от общей суммы прямых затрат рабочего времени. Затраты совокупной энергии по профессиям

$$C_{3fi} = H_i l_{23i}, \quad (1.19)$$

где H_i — затраты рабочего времени на 1 га по данной профессии, ч; l_{23i} — энергетический эквивалент для данной профессии, МДж/ч.

Затраты совокупной энергии на трудовые ресурсы C_{3f} определяются суммированием C_{3fi} . Для рассматриваемой технологии $C_{3f} = 443,56$ МДж/га.

Тогда $C_{1f} = C_{1f} + C_{2f} + C_{3f} = 1008,49 + 1312,59 + 443,56 = 2764,64$ МДж/га.

Затраты совокупной энергии на возделывание и уборку люцерны $C_f = 20\,364,64$ МДж/га.

Биоэнергетическая эффективность данной технологии $\eta = V_{jy}/C_f = 87\,320/20\,364,64 = 4,29$.

Значит, технология с применением тележек-подборщиков — энергосберегающая, так как $\eta \gg 1$. Для базовой технологии заготовки сена с копнением $\eta = 3,19$. Следовательно, новая технология более эффективна с энергетической точки зрения, а по такому показателю, как затраты совокупной энергии на оборотные средства, она почти в пять раз экономичнее базовой.

Контрольные вопросы и задания

1. Перечислите основные показатели, используемые при планировании производства кормов и их расходовании. 2. Назовите основные этапы разработки плана производства и расходовании кормов. 3. Назовите последовательность расчета при определении потребности в кормах. 4. Что такое кормовой рацион и его питательная ценность? 5. Перечислите основные требования, предъявляемые к рационам.

Типы и инженерное оборудование ДКП

В связи с необходимостью укрепления кормовой базы огромное значение имеет создание искусственных сеяных (культурных) сенокосов и прифермских пастбищ, которые в зависимости от продолжительности эксплуатации делят на краткосрочные (4...6) и долгосрочные (8...10 и более лет).

По заключению академика ВАСХНИЛ Н. Г. Андреева, культурные пастбища можно создавать почти во всех районах страны, особенно в Нечерноземной зоне, где выпадает не менее 500 мм осадков в год. Существует три способа создания высокопродуктивных ДКП: первый способ — путем улучшения травостоев естественных кормовых угодий, в состав которых входят ценные травы; второй способ — путем использования старых посевов луговых трав при их удобрении и проведении необходимых культуртехнических мероприятий и третий способ — за счет посева трав и закладки новых культурных пастбищ с организацией систематического ухода, подкормки удобрениями и системном использовании кормовых угодий.

Закладку ДКП преимущественно ведут по способу ускоренного залужения, которое в Нечерноземной зоне включает следующие мероприятия: осушение болот и заболоченных лугов; проведение комплекса культуртехнических работ (уничтожение кустарника, уборка камней, планировка поверхности участка, первичная вспашка); внесение основного удобрения и известкование почв (при РН 5 и менее); подбор научно обоснованных травосмесей; посев многолетних трав (в большинстве бобово-злаковых смесей).

Важное значение имеет правильный подбор травосмеси. Дело в том, что на пастбище многолетние травы при многократном поедании подвергаются вытаптыванию животными: многие травы не переносят таких условий и быстро выпадают из травостоя. Но в то же время такие многолетние травы (низовые), как клевер белый, мятлик луговой, райграс многолетний, овсяница красная, полевица белая, отлично переносят пастьбу и развиваются

лучше, чем при сенокосном пользовании угодий. В Северо-Западной зоне на ДКП обычно господствуют низовые травы. Однако при закладке ДКП необходимо высевать также и верхние злаковые травы — тимофеевку, овсяницу луговую, ежу сборную, лишохвост луговой и другие. В зонах Юго-Востока и Северного Казахстана пастбища создают на засоленных почвах и наиболее типичными являются люцерна, сорго, суданская трава, эспарцет, костер безостый, житняк и др.

ДКП обычно создают на прифермских участках вблизи комплексов, с которых коров на дойку пригоняют на ферму. С этой целью пастбища устраивают для коров на расстоянии не более 1,5...2 км от фермы, для телят до 6 месяцев — 0,5...1 км, а для молодняка старшего возраста и нагульного скота — 2,5...3 км.

Если же под пастбище приходится выбирать более отдаленные участки, то на них оборудуют летние лагеря с навесами, водопойные пункты с колодцами, доильные площадки, устраивают прогоны для животных и изгороди, строят помещения для обслуживающего персонала.

Пастбища огораживают изгородями, которые подразделяются на капитальные (постоянные), переносные (временные) и комбинированные. Капитальные изгороди состоят из железобетонных или деревянных столбов высотой 1,8...2 м, установленных на расстоянии 6...8 м один от другого с натянутой между ними в несколько рядов гладкой или колючей проволокой диаметром 4 мм с антикоррозийным покрытием. Изгородь такой конструкции применяется для огораживания пастбища по периметру скотопрогона и для выделения загонов.

Огораживающее действие электрической изгороди достигается за счет выработки у животного условного рефлекса боязни изгороди в результате получения электрического удара при соприкосновении с проволокой. Ограждение проводят при помощи серийных переносных электроизгородей типа ИЭ-200; ЭК-1М; ГИЭ-1. Железобетонные столбы сечением 100×100 и длиной 1,8...2 м заглубляют в минеральных грунтах на 0,6...0,8 м. На углах, около ворот и на торфяниках столбы следует заглублять до 1,0 м. На пастбищах для крупного рогатого скота столбы устанавливают на расстоянии 6...10 м один от другого и скрепляют их 2...3 рядами колючей проволоки. Ряды проволоки крепят на высоте: для коров — 450, 650 и 1150 мм и для молодняка — 250, 450 и 650 мм от земли. Для прохода животных в загоны устраивают ворота шириной 4...6 м.

Механизированное огораживание пастбищ проводят с помощью комплекта оборудования для установки постоянных изгородей КОИ-1, предназначенного для работы на почвах с мягкими грунтами. С трактором тягового класса 1,4 последовательно агрегируют транспортную тележку 2ПТС-4, вибропогрузатель

и проволокоукладчик. Сначала трактор с разметчиком проходит по периметру участка, при этом размечают места установки опор и последовательно разгружают опоры. Затем вибропогружатель вдавливают опоры в почву на глубину до 0,7 м, после чего на трактор навешивают проволокоукладчик с восьмью барабанами оцинкованной проволоки. При движении агрегата вдоль ряда опор проволоку разматывают, натягивают и рабочие крепят ее к опорам.

При производительности комплекта 22 км/ч затраты труда на установку 1 км изгороди составляют 46,8 ч. Агрегат обслуживают двое рабочих и один тракторист.

Постоянную электроизгородь строят на основе железобетонных или деревянных столбов с укреплением на изоляторах одного токоведущего провода. Для постоянной электроизгороди применяют столбы более облегченной конструкции высотой 1,8...1,4 м, а проволоку диаметром 2...3 мм. Эта конструкция в три раза дешевле капитальной изгороди.

Комбинированный способ ограждения пастбищ заключается в сочетании постоянной капитальной изгороди по периметру пастбища и вдоль скотопрогона и переносной электроизгороди для выделения загонов и порций (рис. 2.1). Границы загонов отмечают на столбах вдоль скотопрогона. Этот способ позволяет сократить расход строительных материалов в два раза, повысить производительность работы техники на укрупненной площади и снизить расход средств на ремонт капитальной изгороди.

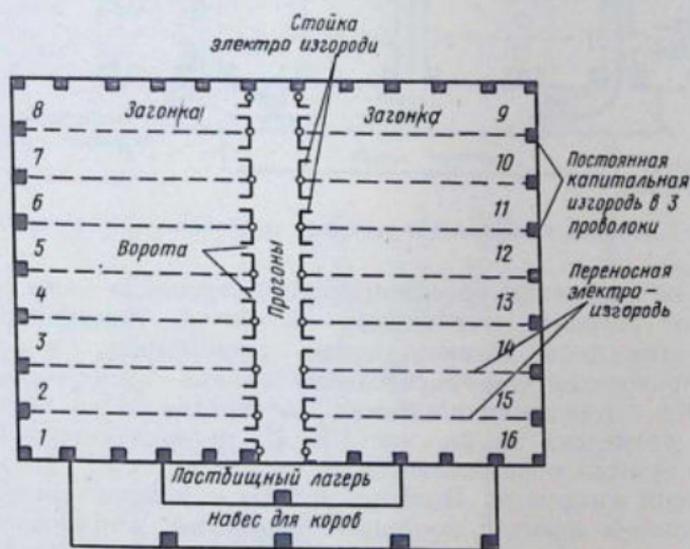


Рис. 2.1. Схема ограждения комбинированным способом.

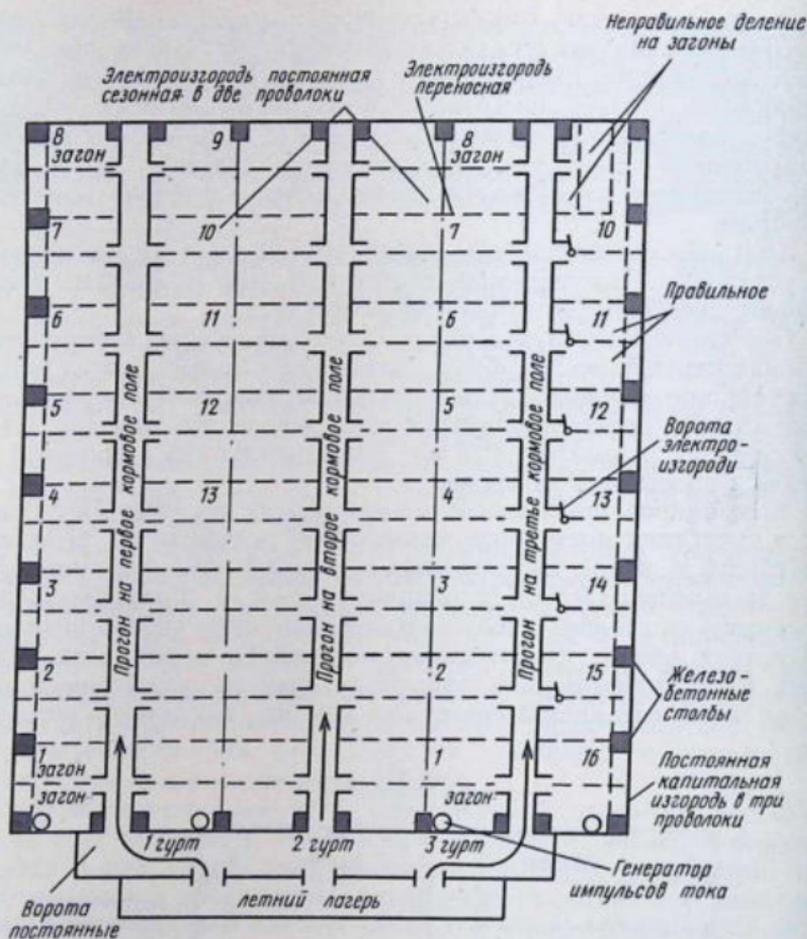


Рис. 2.2. Схема планирования гуртовых пастбищных загонов на ДКП.

Однако он требует от обслуживающего персонала более высокой культуры ведения пастбищного хозяйства. Комбинированный способ ограждения загонов удобен на пастбищах, где применяется широкозахватная оросительная техника. Схема размещения элементов ограждения пастбища, рассчитанного на выгон трех гуртов, приведена на рисунке 2.2. Из летнего лагеря каждый гурт по прогонам направляется на кормовое поле, огороженное постоянной изгородью. Поля на загоны и участки ежедневного скармливания делят с помощью переносных электроизгородей.

Основные технические показатели и нормы расхода материалов для различных типов изгородей приведены в таблице 2.1.

2.1. Основные нормативные показатели при сооружении различных типов изгородей на 100 га ДКП

Типы изгородей и их назначение	Материал для столбов	Расстояние между столбами	Крепление проводов, мм				Потребность на 100 га пастбищ							
			первого	второго	третьего	четвертого	цемента, т	арматуры, т	железобетонных столбов	проволоки, т	электропостов	изоляторов		
Вокруг пастбища по скотопрогонам и вдоль границ загонов: для коров и молодняка	Дерево	4	400	700*	1000	—	—	2075	—	—	2,4	2,2	1380**	
	Железобетон	6	400	700*	1000	—	—	1380	9,7	1,7	2,4	2,2	1380**	
для телят или овец без ягнят	Дерево	4	300	500	800	1100	2680	—	—	—	4,1	3,1	—	
	Железобетон	6	300	500	800	1100	1840	—	—	2,2	4,1	3,1	—	
для овец с ягнятами	Растяжка	2												
	Железобетон	20												
для овец с ягнятами	Железобетон	10	Восемь линий проводов***						5040	—	—	8,2	2,1	—
			Крупноячеистая сетка****						560	3,1	0,6	8,2	2,1	—
								1120	6,20	1,2	—	—	—	

Постоянные капитальные изгороди

Вокруг пастбища по скотопрогонам и вдоль границ загонов;

для коров и молодняка

для телят или овец без ягнят

для овец с ягнятами

для овец с ягнятами

Постоянные электроизгороди

Электронизгородь вдоль

10...12 700...800 1120 4,8...5,7 0,9...3,1 0,3 2,2 1120...

Типы изгородей и их назначение	Материал для столбов	Расстояние между столбами	Крепление проводов, мм			Потребность на 100 га пастбищ								
			первого	второго	третьего	четвертого	железобетонных столбов	цемента, т	арматуры, т	прово-лок, т	электроплатушек	изоляторов		
													3	4
гуртовых участков, прогонов и вдоль загонов для коров и молодняка	железобетон	10...15	Комплекты электротранзгордей	400	700	1000	—	690	4,9	0,9	1,2	2,5	—	1340

Временные (переносные) электротранзгорди

*Комбинированный способ озораживания******

Капитальная изгородь вдоль границ и по скотопрогонам, электротранзгордь для выделения загонов и порций для коров и молодняка

* Второй провод на изоляторах при комбинированной электротранзгорди.

** Потребность в изоляторах возникает только для комбинированных электротранзгордей.

*** Крепления от поверхности на расстоянии (мм): первого провода — 100, второго — 220, третьего — 340, четвертого — 460, пятого — 610, шестого — 760, седьмого — 930, восьмого — 1100.

**** Ячейки по вертикали располагают через 100, 120, 150, 170 мм; по горизонтали — постоянно через 250 мм.

***** При комбинированном способе озораживания переносную электротранзгордь для выделения загонов и порций устанавливают на высоте 800...900 мм для коров и 700...800 мм для молодняка крупного рогатого скота.

Считается, что оптимальна прямоугольная форма загонов с соотношением сторон 1:2...3, а длина и ширина орошаемых загонов должны быть равными или кратными захвату дождевальных установок и машин. При выпасе коров ширину загона принимают из расчета 0,5...0,7 м на голову.

Для перегона скота от фермы, летних лагерей или из одного загона в другой предусматривают устройство скотопрогонов, размещение которых должно быть увязано с оросительной или осушительной сетью. Скотопрогоны, как правило, делают прямолинейными с минимальной протяженностью и прокладывают их по ровным и сухим местам.

Загоны по возможности устраивают по обе стороны скотопрогона. Ширина межзагонных скотопрогонов дойных коров (гурт 150...200 голов) составляет не менее 10...12 м, межгуртовых скотопрогонов — 15 м, для молодняка крупного рогатого скота 8...10 м, для овец — 35...40 м.

Поверхность всех скотопрогонов для КРС профилируется, а на межгуртовых скотопрогонах устраивают твердое гравийно-песочное покрытие. Все другие скотопрогоны засевают многолетними злаками, устойчивыми к вытаптыванию (мятлик луговой, овсяница красная, житняки, волоснецы), с увеличенной нормой высева семян.

Ширину ворот в загонах устраивают 6...8 м, а для крупного рогатого скота ее увеличивают до ширины прогона. Для уменьшения вытаптывания травостоя вблизи входа в крупных загонах, рассчитанных на стравливание более 5 дней (а в лесной зоне во всех случаях), делают по двое ворот и размещают их в противоположных углах по ширине загона. Эти ворота используют попеременно. При круглосуточной пастбе молодняка или овец целесообразно устраивать дополнительные ворота в смежные загоны.

Устройство летнего лагеря для дойных коров увеличивает затраты по организации культурного пастбища на 40...50 %, поэтому ДКП в большинстве своем размещают вблизи фермы. Для молодняка КРС молочных пород, маточного и ремонтного поголовья скота мясных пород и овец летние лагеря с необходимым оборудованием устраивают непосредственно на пастбищной территории. Летний лагерь для молодняка в возрасте 6...15 месяцев представляет собой прочно огороженный баз, разделенный на две части, каждую из которых используют поочередно. В его состав входят теневые навесы с наветренной стороны, кормушки, водопойные корыта, чесала, станок для осмотра и обработки животных, весовая для взвешивания скота. В лагере для нетелей предусматривают эстакаду для погрузки животных, а для телок случного возраста — пункт осеменения.

По рекомендации ВНИИМС на культурном пастбище для

скота мясных пород должна быть сооружена универсальная карда (летний лагерь). В нее входят загоны для скота, станок (раскол) для профилактического осмотра животных, фиксатор, боксы с навесом, навес для телят, станок для обработки копыт, весы, станок для погрузки скота, кормушки для телят и др. На три гурта, если они выпасаются рядом, устанавливают вагончик для пастухов.

Скот на пастбище обеспечивают водой в соответствии с ГОСТ 2874—82. Объекты водоснабжения на ДКП размещают в соответствии с указаниями и нормами на проектирование сельскохозяйственного водоснабжения. Суточные нормы расхода воды для коров составляют 80 л, молодняка от полугода до двух лет — 30, молодняка до полугода — 20, овец — 10, ягнят до одного года — 3 л на голову. Расстояние от пастбища до водопоя для маточного поголовья мясных пород принимают 1,5 км, нагульного скота и овец — 2...2,5 км, дойным коровам воду раздают непосредственно в загонах. На пастбищах устанавливают передвижные автопоилки, а на орошаемых — стационарные водопойные корыта, подсоединенные к водопроводу. Поение скота из открытых оросительных сетей не допускается.

Технология и механизация работ на ДКП

Технология работ на ДКП. По зоотехническим требованиям пастбищный корм для молочного скота должен содержать 16...20 % сырого протеина, 20...25 % клетчатки, 18...22 % сухого вещества. При этом переваримость вещества должна быть 68...75 %, а питательная ценность — 0,85...1,00 корм. ед. (зеленой травы — 0,17...0,22 корм. ед.). Суточная потребность в зеленом корме для дойных коров и телок составляет 60...70 кг, телят — 15...20 кг на 1 голову.

Наибольшая эффективность ДКП достигается при соблюдении системы правильной их эксплуатации — бесперебойном обеспечении скота высокопитательной травой без ущерба для продуктивного долголетия травостоя. Система эксплуатации культурных пастбищ предусматривает строгое выполнение комплекса мероприятий по оборудованию территории, рациональное использование (загонная пастьба, своевременное начало и окончание стравливания, своевременное внесение удобрений и полив, борьба с сорняками), а также поддержание в рабочем состоянии гидромелиоративных сооружений. При системном использовании пастбищный массив делят на 10...15 отдельных участков (загонов) площадью 3...5 га, которые стравливают поочередно. Завершив один цикл, начинают пастьбу на участке, стравленном первым. В том случае, когда животные пасутся на небольшом участке, они полнее используют травостой и, привыкнув к ор-

ганизованной пастьбе, не теряют времени на поиски излюбленных растений. Системное использование пастбищ предусматривает отдых после очередного стравливания в течение 20...40 дней, достаточных для формирования отавы и накопления питательных веществ растениями. При пастьбе в одном загоне в течение 3...5 дней животные в первые один-два дня питаются свежей травой, а в последние два-три дня им не хватает корма. С помощью переносной электроизгороди выделяют дневные (или почасовые) порции травы с таким расчетом, что животные все время пасутся на свежей траве, потребляя ежедневно одинаковое количество пастбищного корма. При таком выпасе травостой меньше вытаптывается и коэффициент поедаемости травы доходит до 75...80 %. Лучшее время стравливания, когда растения находятся в фазе пастбищной спелости.

Пастбищная спелость трав весной наступает, как правило, через 15...20 дней после начала отрастания. В конце стравливания высота растений должна быть не менее 40...60 мм на низовых и 50...70 мм — на верховых травостоях. Выпас скота заканчивается осенью, не позднее чем за 20...30 дней до прекращения вегетации. Число стравливаний зависит от продолжительности вегетационного периода, месторасположения пастбища, погодных условий, типа травостоя, условий его произрастания. На неорошаемых пастбищах проводят два-три, на орошаемых до шести стравливаний. Интервал между первым и вторым стравливанием составляет 15...20 и между последующими — 30...35 дней.

Важный показатель функционирования долговременных культурных пастбищ — их урожайность и продуктивность. Урожайность — это количество травы, выращенной на ДКП за вегетационный период. Ее определяют перед каждым циклом стравливания скашиванием травы на высоте 50...60 мм от поверхности почвы на четырех площадках по 10 м² каждая. Учет проводят во втором и последующих или только в первом и последнем загонах.

Продуктивность пастбищ определяют зоотехническим методом, основанным на учете полученной в течение пастбищного сезона животноводческой продукции. С этой целью подсчитывают количество кормовых единиц, использованных скотом на выпасе и содержащихся в излишках скошенной травы, а также количество кормовых единиц, использованных животными при подкормке другими кормами. Разность между этими величинами, отнесенная к площади пастбища, является его продуктивностью.

Организационно-экономические преимущества содержания животных на ДКП реализуются только при полной обеспеченности скота площадью пастбищ и нормальной нагрузке соответствующей фактической продуктивности одного гектара. С этой целью для каждой группы скота определяют требуемое количе-

скота мясных пород должна быть сооружена универсальная карда (летний лагерь). В нее входят загоны для скота, станок (раскол) для профилактического осмотра животных, фиксатор, боксы с навесом, навес для телят, станок для обработки копыт, весы, станок для погрузки скота, кормушки для телят и др. На три гурта, если они выпасаются рядом, устанавливают вагончик для пастухов.

Скот на пастбище обеспечивают водой в соответствии с ГОСТ 2874—82. Объекты водоснабжения на ДКП размещают в соответствии с указаниями и нормами на проектирование сельскохозяйственного водоснабжения. Суточные нормы расхода воды для коров составляют 80 л, молодняка от полугода до двух лет — 30, молодняка до полугода — 20, овец — 10, ягнят до одного года — 3 л на голову. Расстояние от пастбища до водопоя для маточного поголовья мясных пород принимают 1,5 км, нагульного скота и овец — 2...2,5 км, дойным коровам воду раздают непосредственно в загонах. На пастбищах устанавливают передвижные автопоилки, а на орошаемых — стационарные водопойные корыта, подсоединенные к водопроводу. Поение скота из открытых оросительных сетей не допускается.

Технология и механизация работ на ДКП

Технология работ на ДКП. По зоотехническим требованиям пастбищный корм для молочного скота должен содержать 16...20 % сырого протеина, 20...25 % клетчатки, 18...22 % сухого вещества. При этом переваримость вещества должна быть 68...75 %, а питательная ценность — 0,85...1,00 корм. ед. (зеленой травы — 0,17...0,22 корм. ед.). Суточная потребность в зеленом корме для дойных коров и телок составляет 60...70 кг, телят — 15...20 кг на 1 голову.

Наибольшая эффективность ДКП достигается при соблюдении системы правильной их эксплуатации — бесперебойном обеспечении скота высокопитательной травой без ущерба для продуктивного долголетия травостоя. Система эксплуатации культурных пастбищ предусматривает строгое выполнение комплекса мероприятий по оборудованию территории, рациональное использование (загонная пастьба, своевременное начало и окончание стравливания, своевременное внесение удобрений и полив, борьба с сорняками), а также поддержание в рабочем состоянии гидромелиоративных сооружений. При системном использовании пастбищный массив делят на 10...15 отдельных участков (загонов) площадью 3...5 га, которые стравливают поочередно. Завершив один цикл, начинают пастьбу на участке, стравленном первым. В том случае, когда животные пасутся на небольшом участке, они полнее используют травостой и, привыкнув к ор-

ганизованной пастьбе, не теряют времени на поиски излюбленных растений. Системное использование пастбищ предусматривает отдых после очередного стравливания в течение 20...40 дней, достаточных для формирования отавы и накопления питательных веществ растениями. При пастьбе в одном загоне в течение 3...5 дней животные в первые один-два дня питаются свежей травой, а в последние два-три дня им не хватает корма. С помощью переносной электроизгороди выделяют дневные (или почасовые) порции травы с таким расчетом, что животные все время пасутся на свежей траве, потребляя ежедневно одинаковое количество пастбищного корма. При таком выпасе травостой меньше вытаптывается и коэффициент поедаемости травы доходит до 75...80%. Лучшее время стравливания, когда растения находятся в фазе пастбищной спелости.

Пастбищная спелость трав весной наступает, как правило, через 15...20 дней после начала отрастания. В конце стравливания высота растений должна быть не менее 40...60 мм на низовых и 50...70 мм — на верховых травостоях. Выпас скота заканчивается осенью, не позднее чем за 20...30 дней до прекращения вегетации. Число стравливаний зависит от продолжительности вегетационного периода, месторасположения пастбища, погодных условий, типа травостоя, условий его произрастания. На неорошаемых пастбищах проводят два-три, на орошаемых до шести стравливаний. Интервал между первым и вторым стравливанием составляет 15...20 и между последующими — 30...35 дней.

Важный показатель функционирования долговременных культурных пастбищ — их урожайность и продуктивность. Урожайность — это количество травы, выращенной на ДКП за вегетационный период. Ее определяют перед каждым циклом стравливания скашиванием травы на высоте 50...60 мм от поверхности почвы на четырех площадках по 10 м² каждая. Учет проводят во втором и последующих или только в первом и последнем загонах.

Продуктивность пастбищ определяют зоотехническим методом, основанным на учете полученной в течение пастбищного сезона животноводческой продукции. С этой целью подсчитывают количество кормовых единиц, использованных скотом на выпасе и содержащихся в излишках скошенной травы, а также количество кормовых единиц, использованных животными при подкормке другими кормами. Разность между этими величинами, отнесенная к площади пастбища, является его продуктивностью.

Организационно-экономические преимущества содержания животных на ДКП реализуются только при полной обеспеченности скота площадью пастбищ и нормальной нагрузке соответствующей фактической продуктивности одного гектара. С этой целью для каждой группы скота определяют требуемое

ство корма в зависимости от продолжительности пастбищного сезона (табл. 2.2).

2.2. Средняя продолжительность пастбищного сезона и необходимое количество корма (в кормовых единицах) на одну голову за сезон

Зона	Средняя продолжительность пастбищного сезона, дней	Необходимо кормовых единиц		
		дойным коровам (удой 12 кг в сутки)	коровам мясной породы с телятами	овцам
Лесная	140	1600	1700	240
Лесостепная	160	1800	2100	250
Степная	170	1900	2400	260
Сухостепная	180	2000	2500	270

Максимальное количество голов скота, которое может быть размещено на одном гектаре ДКП (нагрузка скота), рассчитывают по формуле

$$N = Yk_3 / (g_{\text{сут}} T_n),$$

где N — нагрузка на 1 га пастбища, гол.; Y — урожай пастбищного корма, корм. ед./га; k_3 — коэффициент использования запаса корма; $g_{\text{сут}}$ — суточная потребность одной головы скота в зеленом корме, корм. ед. на 1 голову скота, T_n — продолжительность использования пастбища (пастбищный сезон), дней.

Для устранения деградации растительного покрова и ускорения отрастания пастбищного корма допустимый коэффициент использования запаса корма (k_3) в лесной и лесостепной зонах на неорошаемых пастбищах и во всех зонах при орошении культурных пастбищ принимается равным 0,85. Для засушливых зон и горных районов k_3 составляет 0,4...0,5 в весенний и 0,6...0,7 в летний, осенний и зимний периоды.

Потребность в площади ДКП определяют путем деления поголовья скота на нормативную нагрузку (табл. 2.3) с после-

2.3. Средняя нагрузка различных групп животных на культурные пастбища

Зона	Продуктивность пастбищ, ц/га		Нагрузка на 1 га					
			дойных коров		коров мясных пород с телятами		овец, в среднем	
	без орошения	при орошении	без орошения	при орошении	без орошения	при орошении	без орошения	при орошении
Лесная	35	50	2,2	3,1	2,0	3,0	14,5	21,0
Лесостепная	25	55	1,4	3,0	1,2	2,6	10,0	22,0
Степная	15	60	0,8	3,2	0,6	2,5	5,8	23,0
Сухостепная	12	70	—	3,5	0,5	2,8	4,4	26,0
Полупустынная	4	80	—	3,3	0,14	2,7	1,2	25,4
Пустынная	2,5	—	—	—	—	—	0,6	—

дующим увеличением на 10...20 % в порядке страхового фонда (колебание погодных условий, урожайность пастбищ по годам и др.). Увеличение нагрузки скота на пастбище выше допустимой приводит к быстрому вырождению ценных в кормовом отношении растений, снижению продуктивности пастбищ, развитию пастбищной дигрессии.

В расчете на условную единицу скота (фуражную голову массой 500 кг) закладывают 0,40...0,50 га культурных пастбищ (без орошения), при орошении эта норма уменьшается до 0,20...0,30 га.

Для молочного комплекса на 800 коров требуется 250 га орошаемых ДКП (из них 178 га для 800 коров, 10 га для 300 телят и 62 га для получения травяной резки).

Для обеспечения полной потребности в кормах собственного производства, кроме ДКП, такой комплекс в составе кормовой базы должен иметь (по расчету): 196 га — многолетних трав, 163 га — силосных культур и 223 га — зернофуражных культур.

Пастбище продуктивностью 3500...4000 корм. ед. может выдержать сезонную нагрузку 2...3 коровы на 1 га при годовом удое до 3000...4000 кг, или 2...3 бычка на откорме. При хорошем отборе травосмеси и высоком уровне агротехники сезонная продуктивность ДКП достигает 5000...6000 корм. ед. при достаточном и регулярном орошении — 9000...10 000 корм. ед. с 1 га. В этом случае сезонная нагрузка на ДКП может быть доведена до 4...5 коров на 1 га.

ДКП дает самый дешевый корм при себестоимости 1 корм. ед. 2,0...2,8 коп. Все затраты на создание ДКП окупаются за 2...3 года.

При эксплуатации ДКП весьма важное значение имеет пастбищный оборот, т. е. система использования и ухода, повторяющаяся через определенное число лет и направленная на поддержание и повышение продуктивности пастбища. Основа пастбищеоборота — чередование по годам сроков и интенсивности использования отдельных участков для пастбы скота и скашивания в сочетании с соответствующим уходом. В лесной зоне рекомендуются два типа пастбищеоборота: трехгодовой трехпольный двенадцатизагонный и четырехгодовой четырехпольный шестнадцатизагонный. Система использования и ухода за пастбищем в течение одного года представляет собой годовой оборот, а смена ее по годам — полный оборот, или ротацию. В пастбищеоборотах травостой на четырех либо восьми загонах ежегодно скашивают, а восемь загонов стравливают начиная с весны в определенной последовательности. Первыми стравливают загоны того участка, который в будущем году будет отведен для скашивания. Скашивание части загонов на сено в более поздние фазы вегета-

ции обеспечивает отдых растений от стравливания и накопление в них запасных питательных веществ.

Схема шестнадцатизагонного четырехгодичного пастбищеоборота приведена в таблице 2.4.

2.4. Схема шестнадцатизагонного четырехгодичного пастбищеоборота

Год ротации	Участки			
	I	II	III	IV
	Загоны			
	1—4	5—8	9—12	13—16
Первый		++	+++	+
Второй		+++	+	++++
Третий		+	++++	++
Четвертый		++++	++	+++
Первый год второй ротации		++	+++	+
Условные				
+ — на загона колошени				
++ — загоны пошит				
+++ — загоны				
++++ — загоны				

од за травами, а затем их скашивают в фазе ции бобовых; него внесения удобрений оставляют для скашения удобрений стравливают вторыми по ния удобрений стравливают первыми.

При таком п... те половину площади пастбища скашивают до кон... а затем эту площадь включают в общее стравливание... едную очередь. За ротацию-каждый участок скашивают и стравливают по два раза, что наиболее полно соответствует требованиям биологии растительного покрова культурных пастбищ.

Механизация работ на ДКП. Основными операциями при эксплуатации ДКП являются: огораживание загонов, подкашивание несъеденной травы после выпаса и скашивание травостоя в загонах на сено, разравнивание экскрементов, кочек, кротовин и водоснабжение пастбища.

О г о р а ж и в а н и е предусматривает выполнение работ по установке переносной электроизгороди. Установку ее начинают с разбивки пастбища на отдельные кормовые участки и загоны для пастбы скота в соответствии с разработанной схемой. Когда площадь загона определена, на его углах устанавливают стойки с растяжками, а затем помечают места ворот для прогона скота на пастбище и в загон. В этих местах укрепляют стойки ворот на расстоянии 20 м одна от другой (рис. 2.3). Место для ворот выбирают удобным для прогона скота как на загонные пастбища, так и в летние лагеря.

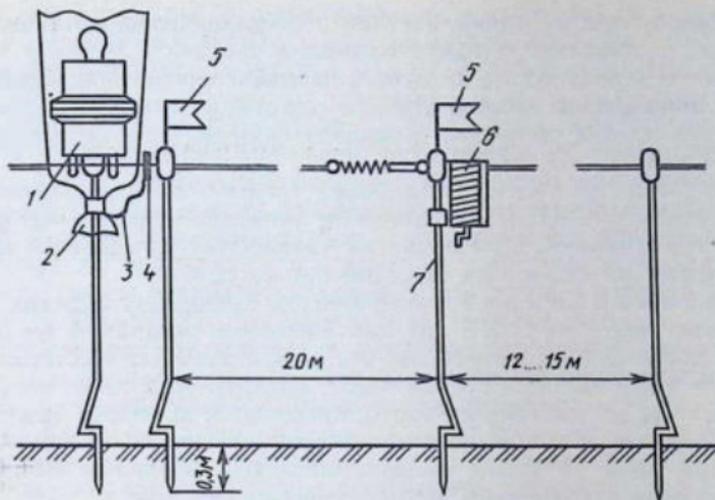


Рис. 2.3. Схема установки ворот в загоне:

1 — генератор импульсов тока; 2 — заземляющая стойка генератора; 3, 4 — изолятор воротной стойки; 5 — флажок для обозначения ворот; 6 — катушка с проволокой; 7 — промежуточная стойка электроизгороди.

После установки воротных стоек раскладывают и натягивают проволоку для изгороди, которую затем подвешивают на изоляторах, укрепленных на стойках изгороди. Проволоку подвешивают от одной из воротных стоек к угловым и далее по периметру. К проволоке с помощью хорошо изолированного провода типа ЛПРГС подключают генератор импульсов, корпус которого заземляют. Животное, касаясь провода, получает болезненный электрический удар, отпугивающий его от изгороди. Для пастбы коров стойки устанавливают через 10...15 м и подвешивают один провод на высоте 700...900 мм. Для молодняка крупного рогатого скота подвешивают два провода на высоте 600 и 900 мм.

Промышленность выпускает два вида электроизгородей (табл. 2.5).

2.5. Техническая характеристика электроизгородей

Показатель	ЭК-1М	ИЭ-200
Огораживаемая площадь, га	6	4
Максимальная длина, м	1000	800
Высота стойки, мм	1200	1300
Потребляемая мощность, Вт	—	0,19...1,26
Срок службы комплекта батарей при ежедневной работе в течение 10 ч, дни	30...40	30
Масса комплекта, кг	90	60

Обычно при загонной пастьбе с электроизгородью условный рефлекс у животных вырабатывается в течение 2...3 дней.

Для перевода коров из одного загона в другой предварительно устанавливают второй комплект изгороди на новом кормовом поле или загоне, а первый комплект снимают или переносят на третий загон.

Подкашивание несъеденной травы — обязательный прием по уходу за ДКП. Подкашивание проводят не ранее чем после двух стравливаний. При большом количестве несъеденной травы ее убирают на силос или высушивают на сено.

Разравнивание экскрементов также необходимая операция по уходу за ДКП, так как животные оставляют на пастбище значительное количество кала. В этих местах обычно вырастает более высокая густая трава, которую коровы не поедают. Кроме того, на пастбищах часто появляются кротовые земляные насыпи (кучи) и кочки, которые необходимо также разравнивать один-два раза за сезон лугопастбищными боронами ВПШ-3,1 и прикатывать тяжелыми водоналивными катками.

Поение животных на пастбищах должно быть своевременным и достаточным. Для поения используют передвижной унифицированный водораздатчик ВУК-3, оборудованный автопоилками ПА-1, или передвижную автопоилку ПАП-10А.

Во избежание разрушения дернины животными не рекомендуется оставлять автопоилку в загоне на одном месте более суток.

Поилка ВУК-3 (рис. 2.4) представляет собой цистерну вмес-

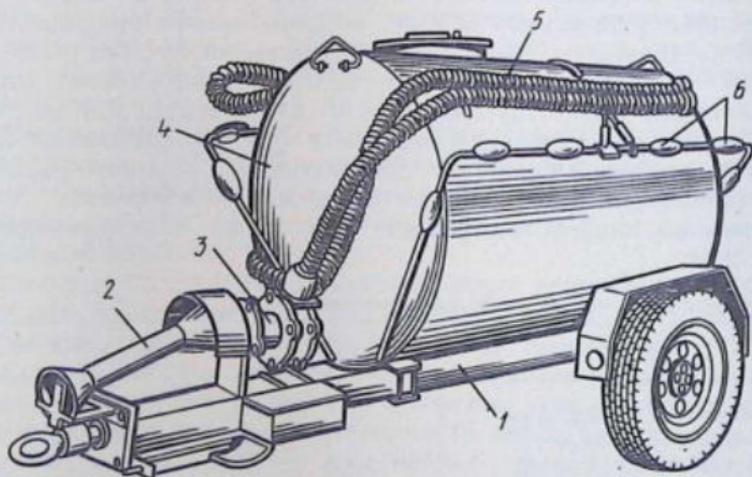


Рис. 2.4. Передвижная автопоилка ВУК-3:

1 — рама; 2 — карданная передача; 3 — редуктор; 4 — цистерна; 5 — шланг; 6 — автопоилки ПА-1А или АП-1А.

тимостью 3 м³ воды, установленную на одноосном автоприцепе с пневматическими колесами и оборудованную насосом с приводом от ВОМ трактора «Беларусь». На раме водораздатчика ВУК-3 смонтированы 12 чашечных автопоилок ПА-1А. Для навешивания автопоилок на раму водораздатчика применяют специальное приспособление. Цистерну заполняют водой из открытых водосточников с помощью насоса или самотеком из водопровода. На месте поения поилку отсоединяют от трактора и устанавливают в рабочее положение. Для этого снимают с креплений трубопроводы с поилками и опускают их лебедкой до упора стоек в грунт. Затем открывают горловину цистерны и вентиль подачи воды. Поилка ВУК-3 рассчитана на 110 голов КРС.

Кроме изгороди, поилок и доильной установки (на удаленных пастбищах), на ДКП рекомендуют оборудовать навесы, чтобы в жаркие дни животные могли укрыться в тени.

Внесение удобрений — одно из важнейших условий получения высоких устойчивых урожаев лугопастбищных трав. Поэтому наряду с основным удобрением, вносимым при закладке ДКП, необходимо ежегодно применять подкормки травостоя. При внесении удобрений особое внимание следует обращать на тщательное измельчение туков и перемешивание их, так как крупные комки на пастбищах могут быть причиной отравления животных. Для внесения удобрений используют навесные туковые сеялки или центробежные дисковые разбрасыватели. При орошении ДКП азотные удобрения вносят в процессе полива (из расчета 100 кг на 1 га за цикл полива). На кислых почвах периодически через 5...6 лет проводят осеннее поверхностное известкование (2...3 т на 1 га).

Пастьбу животных, особенно телят, можно проводить не ранее чем через три недели после внесения удобрений.

Орошение пастбищ весьма прогрессивный прием, так как оно резко повышает продуктивность ДКП, способствует равномерному распределению сезонного урожая травы по циклам стравливания, а также поддержанию оптимального соотношения бобовых и злаковых компонентов в травостое. Из существующих способов искусственных поливов в Нечерноземной и засушливой зонах наиболее эффективным является дождевание. Система орошения дождеванием требует наличия водосточников с достаточным количеством воды, пригодной для орошения. По данным академика А. Н. Костякова, интенсивность дождя поливальных установок должна соответствовать проникаемости орошаемой почвы и на тяжелых почвах составлять не более 0,1...0,2, на средних 0,2...0,3 и на легких — не более 0,5...0,8 мм/мин. Передовые хозяйства в условиях Нечерноземной зоны применяют норму полива 1...1,5 тыс. м³/га за сезон.

Обычно при загонной пастбе с электроизгородью условный рефлекс у животных вырабатывается в течение 2...3 дней.

Для перевода коров из одного загона в другой предварительно устанавливают второй комплект изгороди на новом кормовом поле или загоне, а первый комплект снимают или переносят на третий загон.

Подкашивание несъеденной травы — обязательный прием по уходу за ДКП. Подкашивание проводят не ранее чем после двух стравливаний. При большом количестве несъеденной травы ее убирают на силос или высушивают на сено.

Разравнивание экскрементов также необходимая операция по уходу за ДКП, так как животные оставляют на пастбище значительное количество кала. В этих местах обычно вырастает более высокая густая трава, которую коровы не поедают. Кроме того, на пастбищах часто появляются кротовые земляные насыпи (кучи) и кочки, которые необходимо также разравнивать один-два раза за сезон лугопастбищными боронами ВПШ-3,1 и прикатывать тяжелыми водоналивными катками.

Поение животных на пастбищах должно быть своевременным и достаточным. Для поения используют передвижной унифицированный водораздатчик ВУК-3, оборудованный автопоилками ПА-1, или передвижную автопоилку ПАП-10А.

Во избежание разрушения дернины животными не рекомендуется оставлять автопоилку в загоне на одном месте более суток.

Поилка ВУК-3 (рис. 2.4) представляет собой цистерну вмес-

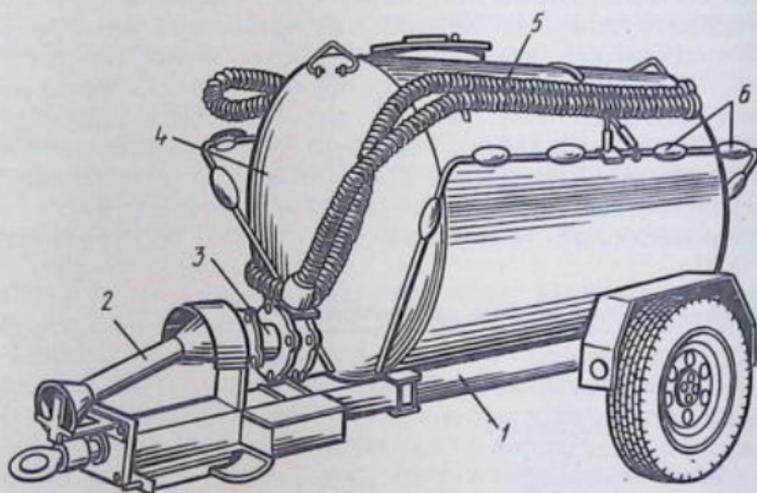


Рис. 2.4. Передвижная автопоилка ВУК-3:

1 — рама; 2 — карданная передача; 3 — редуктор; 4 — цистерна; 5 — шланг; 6 — автопоилки ПА-1А или АП-1А.

тимостью 3 м³ воды, установленную на одноосном автоприцепе с пневматическими колесами и оборудованную насосом с приводом от ВОМ трактора «Беларусь». На раме водораздатчика ВУК-3 смонтированы 12 чашечных автопоилок ПА-1А. Для навешивания автопоилок на раму водораздатчика применяют специальное приспособление. Цистерну заполняют водой из открытых водоисточников с помощью насоса или самотеком из водопровода. На месте поения поилку отсоединяют от трактора и устанавливают в рабочее положение. Для этого снимают с креплений трубопроводы с поилками и опускают их лебедкой до упора стоек в грунт. Затем открывают горловину цистерны и вентиль подачи воды. Поилка ВУК-3 рассчитана на 110 голов КРС.

Кроме изгороди, поилок и доильной установки (на удаленных пастбищах), на ДКП рекомендуют оборудовать навесы, чтобы в жаркие дни животные могли укрыться в тени.

Внесение удобрений — одно из важнейших условий получения высоких устойчивых урожаев лугопастбищных трав. Поэтому наряду с основным удобрением, вносимым при закладке ДКП, необходимо ежегодно применять подкормки травостоя. При внесении удобрений особое внимание следует обращать на тщательное измельчение туков и перемешивание их, так как крупные комки на пастбищах могут быть причиной отравления животных. Для внесения удобрений используют навесные туковые сеялки или центробежные дисковые разбрасыватели. При орошении ДКП азотные удобрения вносят в процессе полива (из расчета 100 кг на 1 га за цикл полива). На кислых почвах периодически через 5...6 лет проводят осеннее поверхностное известкование (2...3 т на 1 га).

Пастбыв животных, особенно телят, можно проводить не ранее чем через три недели после внесения удобрений.

Орошение пастбищ весьма прогрессивный прием, так как оно резко повышает продуктивность ДКП, способствует равномерному распределению сезонного урожая травы по циклам стравливания, а также поддержанию оптимального соотношения бобовых и злаковых компонентов в травостое. Из существующих способов искусственных поливов в Нечерноземной и засушливой зонах наиболее эффективным является дождевание. Система орошения дождеванием требует наличия водоисточников с достаточным количеством воды, пригодной для орошения. По данным академика А. Н. Костякова, интенсивность дождя поливальных установок должна соответствовать проникаемости орошаемой почвы и на тяжелых почвах составлять не более 0,1...0,2, на средних 0,2...0,3 и на легких — не более 0,5...0,8 мм/мин. Передовые хозяйства в условиях Нечерноземной зоны применяют норму полива 1...1,5 тыс. м³/га за сезон.

При этом за каждый цикл стравливания производится по расчету $300 \text{ м}^3/\text{га}$, и за сезон делают 4...5 поливов.

Режим орошения (число, сроки и нормы полива) необходимо увязывать со сроками стравливания пастбищ. Для этого составляют график полива, который служит основным документом, определяющим порядок использования ДКП по циклам и календарным срокам.

Рекомендуется между последним поливом и началом стравливания в загоне делать разрыв в 5...6 дней, а первый полив после стравливания проводить через 2...4 дня.

Кроме надежных водисточников, для орошения ДКП дождеванием необходимо иметь в хозяйстве оросительную систему, состоящую из насосной станции, сети трубопроводов или каналов и дождевальной установки. Оросительные системы применяют открытые (с подводом воды через каналы) и закрытые (с сетью напорных магистральных и распределительных трубопроводов). Закрытые системы могут быть стационарными и передвижными (переносными), у которых трубопроводы с быстросъемными соединениями укладывают непосредственно на поверхность пастбища и после полива переносят на другую позицию.

Более совершенны стационарные закрытые системы, у которых магистральный трубопровод (асбоцементный, полиэтиленовый, железобетонный, металлический) укладывают в грунт, водозабор из него производится через распределители и гидранты.

Стационарная система позволяет проводить орошение пастбищ с минимальными затратами труда, так как здесь исключается весьма трудоемкая работа по переноске поливочных труб. При этом работу стационарных систем можно полностью автоматизировать и организовать проведение орошения по программе, построенной на основе графиков поливов и стравливаний пастбищ.

Для орошения ДКП применяют дождевальные установки — дальнеструйные, среднеструйные, короткоструйные, а также самоходные дождевальные машины «Фрегат», ДКШ-64, «Волжанка», двухконсольный дождевальный агрегат ДДА-100М и др. Технические характеристики дождевателей приведены в таблице 2.6, из которых видно, что наиболее производительными являются дождеватели ДДН-70, ДДА-100М, «Волжанка», «Фрегат» и др. Все дождевальные установки обслуживает один человек.

Для орошения пастбищ на песчаных и супесчаных почвах можно использовать любые дождеватели, не опасаясь стекания воды при нормах полива $300...500 \text{ м}^3/\text{га}$. На средних и тяжелых почвах предпочтительнее использовать среднеструйные установки или же дальнеструйные, но при пониженных нормах (до $300 \text{ м}^3/\text{га}$).

2.6. Технические характеристики дождевальных установок

Показатель	ДДН-70	ДЛН-45	УДС-25	ДДА-100М	«Фрегат»	ДКШ-4 «Волжанка»
Тип установки	Навесная	Навесная	Переносная	Навесная	Самоходная	Самоходная
Принцип действия	Позиционный	Позиционный	Позиционный	Работает в движении	Работает в движении по кругу	Позиционный
Площадь полива с одной установки, га	1,10	0,72	1,80	1,10	70	3,36
Производительность за 1 ч чистой работы при норме полива 300 м ³ /га, га/ч	0,78	0,36	0,30	1,30	1,10	0,77
Расход воды, л/ч	65	33	27	120	100	64
Напор на гидранте, МПа	0,50	0,55	0,40	0,30	0,65	0,40
Ширина захвата, м	—	—	150	120	—	80,0
Радиус действия, м	70	45	—	1	500	—
Среднеэффективная интенсивность дождя, мм/м	0,41	0,41	0,40	0,24	0,22	0,275
Длина поливочных крыльев, м	—	—	135	60	470	395
Трубопровод: магистральный (диаметр), мм	—	—	180/420	—	180/1000	180
распределительный, мм	—	—	125/190	—	—	—
длина, м	—	—	СНП-25/40	—	СНП-70/100	СНП-50/80
Насосная станция	СНП-50/80	СНП-50/40	СНП-25/40	—	СНП-70/100	СНП-50/80

чтобы избежать потерь воды от стекания на склонах и сильного испарения с поверхности образующихся луж. На пастбищах, пересеченных линиями электропередач, дальнеструйные дождевальные установки использовать нельзя. Дождеватели ДДН-45 и ДДН-70 нашли самое широкое применение на ДКП, так как они в наибольшей степени отвечают особенностям загонного использования ДКП, обладают хорошей маневренностью, имеют небольшую удельную металлоемкость и высокую производительность.

Для степных равнинных районов более приспособлены самоходные машины «Фрегат» и «Волжанка», а также широкозахватный двухконсольный короткоструйный агрегат ДДА-100М. Наибольший уклон для работы ДДА-100М допускается 0,005. Агрегат работает в движении с забором воды из открытых оросительных каналов при расстоянии между ними 120 м. Изгородь на таких загонах нельзя устраивать высотой более 1 м, иначе она будет мешать проходу агрегата. В силу этих причин агрегаты ДДА-100М и ДДА-200 находят применение для орошения ДКП лишь в степных равнинных районах.

Дождевальная машина ДДН-70 обслуживает участок ДКП площадью 80...90 га, а машина ДДН-45 участок площадью 40...45 га. Для организации ДКП, орошаемого с помощью агрегата ДДА-100М, подбирают ровные участки площадью до 160 га, пригодные для нарезки каналов и нормальной эксплуатации открытой оросительной сети.

Для работы машины ДДН-70 оросители нарезают на расстоянии 100 м один от другого, а позиции для полива вдоль оросителя наносят через 110 м. На рисунке 2.5 изображена схема расположения загонных ДКП при поливе ДДН-70, позволяющая достичь коэффициента использования рабочего времени установки 0,75...0,80.

Для составления графиков стравливания и поливов надо знать время стоянки дождевальных установок на одной позиции в зависимости от заданной нормы полива.

Воду к дождевальным установкам подают с помощью насосных станций — прицепных, навесных или стационарных. Наиболее удобны прицепные: они имеют собственный двигатель, насос и контрольно-регулирующее оборудование. Навесные насосные станции приводятся в работу от вала отбора мощности трактора. Все станции комплектуют разборным трубопроводом длиной 300 м при диаметрах 180 (РТ-180) или 250 мм (РТ-250).

При эксплуатации насосных станций необходимо соблюдать следующие требования: приемный клапан всасывающего трубопровода, оканчивающегося сеткой, во избежание всасывания воздуха (при понижении уровня воды) погружают в воду не менее чем на 500 мм. После запуска станции задвижку на напор-

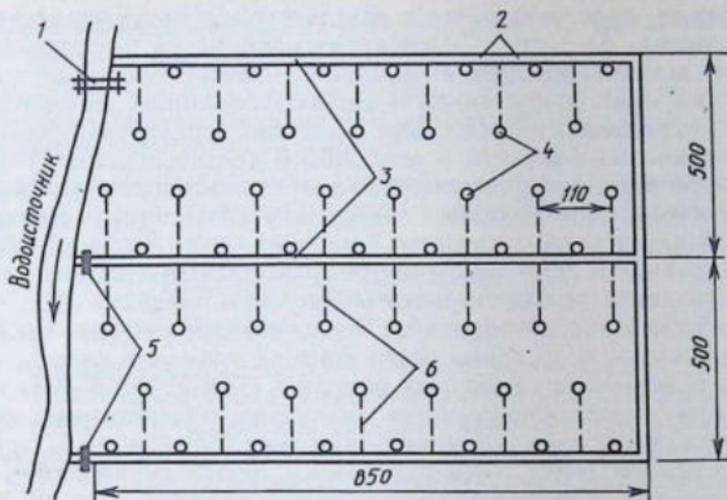


Рис. 2.5. Схема комбинированной оросительной системы для дождевальной машины ДДН-70:

1 — шлюз-регулятор; 2 — водозаборные колодцы у канала; 3 — оросительные каналы; 4 — водозаборные колодцы на оросительном трубопроводе; 5 — шлюзы; 6 — оросительные трубопроводы.

ном трубопроводе открывают постепенно, увеличивая давлением подачу воды.

Насосную станцию снабжают вакуумметром (на входе) и манометром (на выходе) для контроля за работой насоса.

Контрольные вопросы и задания

1. Назовите мероприятия, обеспечивающие создание долговременных культурных пастбищ (ДКП) способом ускоренного залужения. 2. Перечислите способы ограждений ДКП и их виды. 3. Назовите виды внутренней планировки ДКП, обеспечивающие технологию их эксплуатации. 4. Перечислите основные этапы технологии проведения работ на ДКП. 5. Как определяют потребность в площади ДКП? 6. Что такое пастбищеоборот и что является его основой? 7. Назовите основные виды механизации процессов при эксплуатации ДКП. 8. Перечислите основные операции технологии орошения ДКП. 9. Какие средства механизации применяют при проведении работ в ходе эксплуатации ДКП?

Глава II

ТЕХНОЛОГИЯ ЗАГОТОВКИ И ХРАНЕНИЯ СИЛОСА, СЕНАЖА И СТЕБЕЛЬНЫХ КУЛЬТУР

Основы технологии силосования и сенажирования

Силос — это корм, приготовленный из свежескошенной или подвяленной травы, законсервированной в анаэробных условиях химическими консервантами или органическими

чтобы избежать потерь воды от стекания на склонах и сильного испарения с поверхности образующихся луж. На пастбищах, пересеченных линиями электропередач, дальнеструйные дождевальные установки использовать нельзя. Дождеватели ДДН-45 и ДДН-70 нашли самое широкое применение на ДКП, так как они в наибольшей степени отвечают особенностям загонного использования ДКП, обладают хорошей маневренностью, имеют небольшую удельную металлоемкость и высокую производительность.

Для степных равнинных районов более приспособлены самоходные машины «Фрегат» и «Волжанка», а также широкозахватный двухконсольный короткоструйный агрегат ДДА-100М. Наибольший уклон для работы ДДА-100М допускается 0,005. Агрегат работает в движении с забором воды из открытых оросительных каналов при расстоянии между ними 120 м. Изгородь на таких загонах нельзя устраивать высотой более 1 м, иначе она будет мешать проходу агрегата. В силу этих причин агрегаты ДДА-100М и ДДА-200 находят применение для орошения ДКП лишь в степных равнинных районах.

Дождевальная машина ДДН-70 обслуживает участок ДКП площадью 80...90 га, а машина ДДН-45 участок площадью 40...45 га. Для организации ДКП, орошаемого с помощью агрегата ДДА-100М, подбирают ровные участки площадью до 160 га, пригодные для нарезки каналов и нормальной эксплуатации открытой оросительной сети.

Для работы машины ДДН-70 оросители нарезают на расстоянии 100 м один от другого, а позиции для полива вдоль оросителя наносят через 110 м. На рисунке 2.5 изображена схема расположения загонных ДКП при поливе ДДН-70, позволяющая достичь коэффициента использования рабочего времени установки 0,75...0,80.

Для составления графиков стравливания и поливов надо знать время стоянки дождевальных установок на одной позиции в зависимости от заданной нормы полива.

Воду к дождевальным установкам подают с помощью насосных станций — прицепных, навесных или стационарных. Наиболее удобны прицепные: они имеют собственный двигатель, насос и контрольно-регулирующее оборудование. Навесные насосные станции приводятся в работу от вала отбора мощности трактора. Все станции комплектуют разборным трубопроводом длиной 300 м при диаметрах 180 (РТ-180) или 250 мм (РТ-250).

При эксплуатации насосных станций необходимо соблюдать следующие требования: приемный клапан всасывающего трубопровода, оканчивающегося сеткой, во избежание всасывания воздуха (при понижении уровня воды) погружают в воду не менее чем на 500 мм. После запуска станции задвижку на напор-

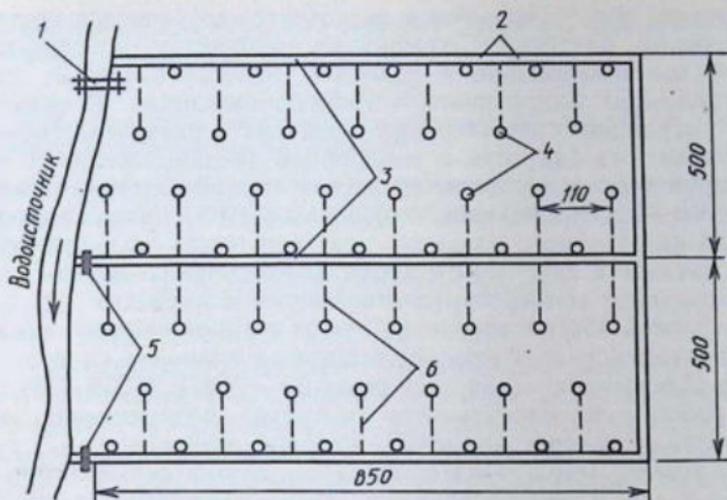


Рис. 2.5. Схема комбинированной оросительной системы для дождевальной машины ДДН-70:

1 — шлюз-регулятор; 2 — водозаборные колодцы у канала; 3 — оросительные каналы; 4 — водозаборные колодцы на оросительном трубопроводе; 5 — шлюзы; 6 — оросительные трубопроводы.

ном трубопроводе открывают постепенно, увеличивая давлением подачу воды.

Насосную станцию снабжают вакуумметром (на входе) и манометром (на выходе) для контроля за работой насоса.

Контрольные вопросы и задания

1. Назовите мероприятия, обеспечивающие создание долговременных культурных пастбищ (ДКП) способом ускоренного залужения. 2. Перечислите способы ограждений ДКП и их виды. 3. Назовите виды внутренней планировки ДКП, обеспечивающие технологию их эксплуатации. 4. Перечислите основные этапы технологии проведения работ на ДКП. 5. Как определяют потребность в площади ДКП? 6. Что такое пастбищеоборот и что является его основой? 7. Назовите основные виды механизации процессов при эксплуатации ДКП. 8. Перечислите основные операции технологии орошения ДКП. 9. Какие средства механизации применяют при проведении работ в ходе эксплуатации ДКП?

Глава II

ТЕХНОЛОГИЯ ЗАГОТОВКИ И ХРАНЕНИЯ СИЛОСА, СЕНАЖА И СТЕБЕЛЬНЫХ КУЛЬТУР

Основы технологии силосования и сенажирования

Силос — это корм, приготовленный из свежескошенной или подвяленной травы, законсервированной в анаэробных условиях химическими консервантами или органическими

чтобы избежать потерь воды от стекания на склонах и сильного испарения с поверхности образующихся луж. На пастбищах пересеченных линиями электропередач, дальнеструйные дождевальные установки использовать нельзя. Дождеватели ДДН-45 и ДДН-70 нашли самое широкое применение на ДКП, так как они в наибольшей степени отвечают особенностям загонного использования ДКП, обладают хорошей маневренностью, имеют небольшую удельную металлоемкость и высокую производительность.

Для степных равнинных районов более приспособлены самоходные машины «Фрегат» и «Волжанка», а также широкозахватный двухконсольный короткоструйный агрегат ДДА-100М. Наибольший уклон для работы ДДА-100М допускается 0,005. Агрегат работает в движении с забором воды из открытых оросительных каналов при расстоянии между ними 120 м. Изгородь на таких загонах нельзя устраивать высотой более 1 м, иначе она будет мешать проходу агрегата. В силу этих причин агрегаты ДДА-100М и ДДА-200 находят применение для орошения ДКП лишь в степных равнинных районах.

Дождевальная машина ДДН-70 обслуживает участок ДКП площадью 80...90 га, а машина ДДН-45 участок площадью 40...45 га. Для организации ДКП, орошаемого с помощью агрегата ДДА-100М, подбирают ровные участки площадью до 160 га, пригодные для нарезки каналов и нормальной эксплуатации открытой оросительной сети.

Для работы машины ДДН-70 оросители нарезают на расстоянии 100 м один от другого, а позиции для полива вдоль оросителя наносят через 110 м. На рисунке 2.5 изображена схема расположения загонных ДКП при поливе ДДН-70, позволяющая достичь коэффициента использования рабочего времени установки 0,75...0,80.

Для составления графиков стравливания и поливов надо знать время стоянки дождевальных установок на одной позиции в зависимости от заданной нормы полива.

Воду к дождевальным установкам подают с помощью насосных станций — прицепных, навесных или стационарных. Наиболее удобны прицепные: они имеют собственный двигатель, насос и контрольно-регулирующее оборудование. Навесные насосные станции приводятся в работу от вала отбора мощности трактора. Все станции комплектуют разборным трубопроводом длиной 300 м при диаметрах 180 (РТ-180) или 250 мм (РТ-250).

При эксплуатации насосных станций необходимо соблюдать следующие требования: приемный клапан всасывающего трубопровода, оканчивающегося сеткой, во избежание всасывания воздуха (при понижении уровня воды) погружают в воду не менее чем на 500 мм. После запуска станции задвижку на напор-

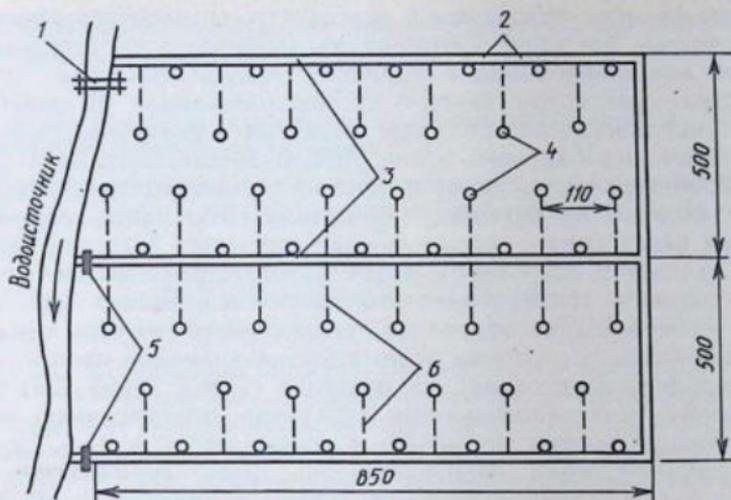


Рис. 2.5. Схема комбинированной оросительной системы для дождевальной машины ДДН-70:

1 — шлюз-регулятор, 2 — водозаборные колодцы у канала; 3 — оросительные каналы; 4 — водозаборные колодцы на оросительном трубопроводе; 5 — шлюзы; 6 — оросительные трубопроводы.

ном трубопроводе открывают постепенно, увеличивая давлением подачу воды.

Насосную станцию снабжают вакуумметром (на входе) и манометром (на выходе) для контроля за работой насоса.

Контрольные вопросы и задания

1. Назовите мероприятия, обеспечивающие создание долговременных культурных пастбищ (ДКП) способом ускоренного залужения. 2. Перечислите способы ограждений ДКП и их виды. 3. Назовите виды внутренней планировки ДКП, обеспечивающие технологию их эксплуатации. 4. Перечислите основные этапы технологии проведения работ на ДКП. 5. Как определяют потребность в площади ДКП? 6. Что такое пастбищеоборот и что является его основой? 7. Назовите основные виды механизации процессов при эксплуатации ДКП. 8. Перечислите основные операции технологии орошения ДКП. 9. Какие средства механизации применяют при проведении работ в ходе эксплуатации ДКП?

Глава II

ТЕХНОЛОГИЯ ЗАГОТОВКИ И ХРАНЕНИЯ СИЛОСА, СЕНАЖА И СТЕБЕЛЬНЫХ КУЛЬТУР

Основы технологии силосования и сенажирования

Силос — это корм, приготовленный из свежескошенной или подвяленной травы, законсервированной в анаэробных условиях химическими консервантами или органическими

чтобы избежать потерь воды от стекания на склонах и сильного испарения с поверхности образующихся луж. На пастбищах, пересеченных линиями электропередач, дальнеструйные дождевальные установки использовать нельзя. Дождеватели ДДН-45 и ДДН-70 нашли самое широкое применение на ДКП, так как они в наибольшей степени отвечают особенностям загонного использования ДКП, обладают хорошей маневренностью, имеют небольшую удельную металлоемкость и высокую производительность.

Для степных равнинных районов более приспособлены самоходные машины «Фрегат» и «Волжанка», а также широкозахватный двухконсольный короткоструйный агрегат ДДА-100М. Наибольший уклон для работы ДДА-100М допускается 0,005. Агрегат работает в движении с забором воды из открытых оросительных каналов при расстоянии между ними 120 м. Изгородь на таких загонах нельзя устраивать высотой более 1 м, иначе она будет мешать проходу агрегата. В силу этих причин агрегаты ДДА-100М и ДДА-200 находят применение для орошения ДКП лишь в степных равнинных районах.

Дождевальная машина ДДН-70 обслуживает участок ДКП площадью 80...90 га, а машина ДДН-45 участок площадью 40...45 га. Для организации ДКП, орошаемого с помощью агрегата ДДА-100М, подбирают ровные участки площадью до 160 га, пригодные для нарезки каналов и нормальной эксплуатации открытой оросительной сети.

Для работы машины ДДН-70 оросители нарезают на расстоянии 100 м один от другого, а позиции для полива вдоль оросителя наносят через 110 м. На рисунке 2.5 изображена схема расположения загонов ДКП при поливе ДДН-70, позволяющая достичь коэффициента использования рабочего времени установки 0,75...0,80.

Для составления графиков стравливания и поливов надо знать время стоянки дождевальных установок на одной позиции в зависимости от заданной нормы полива.

Воду к дождевальным установкам подают с помощью насосных станций — прицепных, навесных или стационарных. Наиболее удобны прицепные: они имеют собственный двигатель, насос и контрольно-регулирующее оборудование. Навесные насосные станции приводятся в работу от вала отбора мощности трактора. Все станции комплектуют разборным трубопроводом длиной 300 м при диаметрах 180 (РТ-180) или 250 мм (РТ-250).

При эксплуатации насосных станций необходимо соблюдать следующие требования: приемный клапан всасывающего трубопровода, оканчивающегося сеткой, во избежание всасывания воздуха (при понижении уровня воды) погружают в воду не менее чем на 500 мм. После запуска станции задвижку на напор-

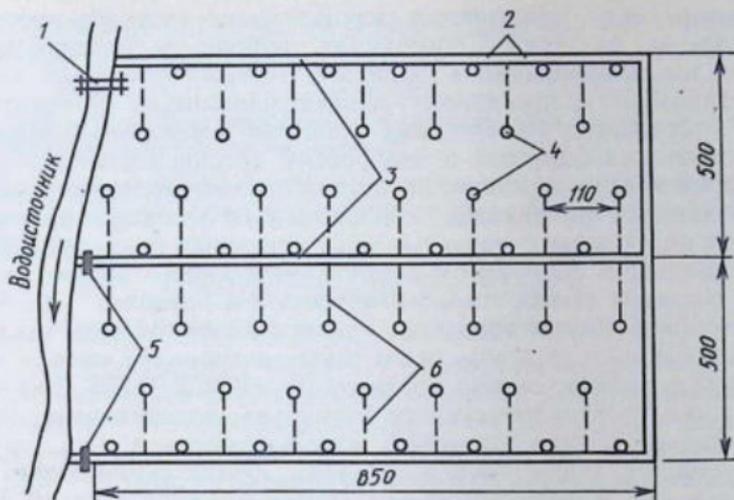


Рис. 2.5. Схема комбинированной оросительной системы для дождевальной машины ДДН-70:

1 — шлюз-регулятор; 2 — водозаборные колодцы у канала; 3 — оросительные каналы; 4 — водозаборные колодцы на оросительном трубопроводе; 5 — шлюзы; 6 — оросительные трубопроводы.

ном трубопроводе открывают постепенно, увеличивая давлением подачу воды.

Насосную станцию снабжают вакуумметром (на входе) и манометром (на выходе) для контроля за работой насоса.

Контрольные вопросы и задания

1. Назовите мероприятия, обеспечивающие создание долговременных культурных пастбищ (ДКП) способом ускоренного залужения. 2. Перечислите способы ограждений ДКП и их виды. 3. Назовите виды внутренней планировки ДКП, обеспечивающие технологию их эксплуатации. 4. Перечислите основные этапы технологии проведения работ на ДКП. 5. Как определяют потребность в площади ДКП? 6. Что такое пастбищеоборот и что является его основой? 7. Назовите основные виды механизации процессов при эксплуатации ДКП. 8. Перечислите основные операции технологии орошения ДКП. 9. Какие средства механизации применяют при проведении работ в ходе эксплуатации ДКП?

Глава II

ТЕХНОЛОГИЯ ЗАГОТОВКИ И ХРАНЕНИЯ СИЛОСА, СЕНАЖА И СТЕБЕЛЬНЫХ КУЛЬТУР

Основы технологии силосования и сенажирования

Силос — это корм, приготовленный из свежескошенной или подвяленной травы, законсервированной в анаэробных условиях химическими консервантами или органическими

кислотами, образующимися в результате жизнедеятельности молочнокислых бактерий. Силосование наиболее распространенный способ консервирования и хранения зеленых и сочных кормов в специальных сооружениях — силосохранилищах. В силосе хорошо сохраняются питательные вещества в результате действия молочнокислых бактерий в анаэробной (бескислородной) среде в которой консервирующим средством служит молочная кислота, образующаяся из сахаров, содержащихся в самих растениях.

Для интенсивного развития молочнокислых бактерий необходимо наличие в силосуемом корме определенного количества сахара, создание температурного оптимума в пределах 306...310 К и анаэробной (бескислородной) среды с самого начала закладки зеленой массы и до конца всего периода хранения силоса.

По содержанию сахара все растения (ГОСТ 23153—78) делят на группы: легкосилосующиеся (кукуруза, подсолнечник, корнеклубнеплоды, люпин кормовой, луговые злаки и др.), трудносилосующиеся (вика, клевер, люцерна, люпин синий, ботва картофеля и др.) и несилосующиеся (ботва помидоров, плети арбузов, крапива, соя и др.). Силосование трудносилосующихся растений проводят в смеси с легкосилосующимися, например при силосовании кукурузы в молочно-восковой спелости добавляют измельченную солому.

Количество соломы G , которое надо добавлять к зеленой массе (в зависимости от содержания в ней сухого вещества), определяют по формуле

$$G = \frac{p-a}{p_1-p}, \quad (2.2)$$

где p — желаемое содержание сухого вещества в смеси, %; a — содержание сухого вещества в зеленой массе, %; p_1 — содержание сухого вещества в соломе, %.

Образование теплоты, необходимой для молочнокислого брожения, происходит за счет самонагревания корма. При этом расходуются питательные вещества. Поэтому наиболее выгодно вести силосование на низком температурном режиме. Из практики силосования известно, что оптимальный температурный режим 308...310 К обеспечивается при плотности укладки 0,4 т/м³. Такой способ силосования называется кислым или холодным. Показатель кислотности для силоса составляет рН 3,8...4,3. Холодное силосование обеспечивается: наличием в силосуемой массе влаги в пределах 65...75 %; мелким измельчением массы (длина частиц 10...50 мм); загрузкой измельченной травы в силосное сооружение в минимально короткий срок с заполнением не менее чем на 1...1,5 м высоты уплотненного слоя в сутки и тщательным уплотнением монолита. Все это необходимо для полного и быстрого удаления воздуха из силосуемого сырья.

Воздухонасыщенность. Об аэрации силосного монолита судят по показателю воздухонасыщенности

$$\lambda_v = V_v / M_{c.v.}, \quad (2.3)$$

где V_v — объем воздуха, заключенного в пустотах монолита, m^3 ; $M_{c.v.}$ — масса сухого вещества в том же объеме, т.

Зависимость степени аэрации силосуемого материала от его плотности и влажности определяется выражением (по И. Я. Автомоному)

$$\lambda_v = \frac{(1,46 - 0,0046W) - \rho_{на}}{(1,46 - 0,0046W)\rho_{на}(1 - 0,01W)}, \quad (2.4)$$

где $\rho_{на}$ — плотность уплотненного силоса при влажности W (%), t/m^3 .

Из выражения (2.4) следует, что воздухонасыщенность монолита с изменением его плотности меняется по гиперболической зависимости и это изменение весьма значительно при относительно рыхлой укладке силосуемого материала. По данным профессора А. А. Зубрилина, оптимальная воздухонасыщенность в силосе составляет $4,41 m^3/t$, что соответствует содержанию воздуха в единице объема корма, равному 20 %.

Уплотнение силосуемого монолита — важный технологический фактор, способствующий вытеснению воздуха и тем самым — уменьшению потерь сухого вещества из-за жизнедеятельности аэробных микроорганизмов. Регулировать температурный режим следует, соблюдая необходимую скорость заполнения силосохранилища, режим уплотнения корма и обеспечивая быстрое его укрытие, т. е. герметизацию.

Влажность сырья обуславливает направленность протекающего в нем микробиологического процесса. Оптимальная влажность сенажной массы составляет 60...70 %. При такой влажности хорошо развиваются и не угнетаются гнилостными и маслянокислыми микроорганизмами молочные бактерии. Потери питательных веществ сводятся к минимуму и не превышают 10...12 %. Повышение влажности силосной массы снижает качество силоса из-за потерь питательных веществ и высокого содержания в нем продуктов распада белка и масляной кислоты. Такой силос плохо поедается животными, отрицательно влияет на здоровье скота и качество молока. Установлено, что на каждый процент превышения относительной влажности против оптимальных значений теряется один процент питательных веществ.

Простым и надежным способом снижения влажности силосуемого сырья до оптимальных значений является добавление к нему измельченной и обработанной аммиаком соломы или зернобобовых культур из расчета 10...150 кг на 1 т массы. Влажность массы снижают также провяливанием скошенной травы перед ее измельчением.

Важный фактор, влияющий на микробиологические процес-

сы, обуславливающие сохранность питательных веществ, — степень измельчения растений перед укладкой их в хранилища. При влажности 60...70 % (кроме кукурузы восковой спелости) длина резки не должна превышать 20...30 мм, при 70...75 % — 40...60 мм, более 80 % — 80...100 мм.

Технология приготовления силоса. Основные операции машинной технологии приготовления силоса включают:

скашивание и измельчение (КПД-5; КСС-2,6; КСК-100; Е-281);

транспортировку массы (ПСЕ-12,5; ПСЕ-20; ПИМ-40; 2ПТС-4-887А);

укладку в хранилища и уплотнение массы до 700...850 кг/м³ (ДТ-75; Т-130; Т-150);

укрытие массы пленкой, торфом, измельченной соломой, землей и др.

Силосную массу в траншеи укладывают двумя способами: равными слоями по всей длине хранилища или наклонными слоями заполняют до верха один конец траншеи. При первом способе загрузки ежедневно укладываемый слой массы должен быть не менее 0,8 м, при втором — 5 м.

Закладываемую массу уплотняют в течение всего процесса заполнения траншеи, и тем более тщательно, чем меньше ее влажность. Сменная нагрузка на трамбуемый трактор тягового класса 3 при влажности массы 60...70 % установлена 120...170 т; при влажности 71...75 — 160...180; при влажности 76...80 — 200...250 и влажности 80 % — 300 т.

На операции трамбования сырья обычно используют тяжелые гусеничные тракторы, оборудованные бульдозерами, так как наличие бульдозера позволяет улучшить разравнивание корма в траншее, облегчает трактору передвижение в ней и способствует лучшему и более быстрому уплотнению. При недостаточном уплотнении из-за усадки у стен образуются щели, в которые попадают воздух и вода, вызывая порчу силоса.

Качество уплотнения определяют в нескольких местах заполненной траншеи плотномером любой конструкции. Среднее сопротивление утрамбованного сырья плотномеру в слое на глубине 250...300 мм от поверхности должно быть не менее 400 кПа.

Траншеи заполняют на 0,7...1,0 м выше уровня стенок. Тщательно утрамбованный и выровненный с небольшим повышением к центру траншеи силосный монолит закрывают полимерной пленкой, предварительно склеенной в полотнища шириной, на 2 м превышающей ширину траншеи (по верху), чтобы края полотнища можно было заправить вдоль стенок траншеи. Сверху на пленку насыпают слой в 0,05...0,10 м грунта (опилки или торфа), который покрывают слоем соломы толщиной 0,5...0,6 м для утепления в зимнее время. Качество получаемого силоса, величина

потерь сухого вещества зависят от типа силосохранилища и влажности сырья (табл. 2.7).

2.7. Потери (включая полевые) сухого вещества при силосовании в хранилищах разного типа, %

Тип хранилища	Потери сухого вещества при влажности сырья, %				
	85	80	75	70	65
Башня:					
обычная	—	—	15...16	11...12	9...1
герметическая	—	—	—	9...10	7...9
Траншея с пленочным укрытием	27...29	23...25	18...19	14...15	11...12
Наземный бурт	40...45	30...35	25...28	—	—

В силосе хорошего качества величина рН должна быть в пределах 3,8...4,3. При рН выше 4,3 в силосе начинаются распад белков и развитие маслянокислого (гнилостного) брожения. В последние годы все большее распространение получает заготовка силоса из провяленной до влажности 60...70 % травы, что позволяет предотвратить потери сока, повысить качество и питательность получаемого корма. Важное условие успешного заквашивания сырья — быстрое заполнение силосохранилища и тщательное уплотнение его, чтобы прекратилась жизнедеятельность растительных клеток, развитие плесневых грибов и аэробных бактерий. Этим предотвращается процесс самосогревания силосового сырья.

При закладке особое внимание обращают на максимальное сохранение газообразных продуктов брожения, без которых интенсивно развиваются гнилостные бактерии. В последнее время широкое распространение получила новая технология заготовки и хранения влажного зерна и початков кукурузы в измельченном виде в обычных силосных траншеях. Для сохранения влажного зернофуража по этой технологии предусматривается:

измельчение зерна и початков кукурузы на высокопроизводительных машинах с последующей закладкой измельченной массы в силосные траншеи и башни;

тщательное уплотнение измельченного зерна и початков кукурузы в хранилище и смачивание консервантом;

герметизация заложенной массы синтетической пленкой и уплотняющим материалом. В качестве уплотняющего материала используют мел, сапонитные и белые глины, монокальцийфосфат и другие минеральные кормовые добавки. Консервированию подлежат влажное зерно в измельченном виде и зерностержневая смесь из початков без обертки и с оберткой.

Такая энергосберегающая технология без затрат топлива на сушку зерна обеспечивает использование на корм скоту той части урожая, которая раньше считалась некондиционной.

Заготовка силоса с применением консервантов. Для улучшения процесса силосования, уменьшения потерь питательных веществ и обеспечения их высокой сохранности применяют химические консерванты. Сущность химического консервирования кормового растительного сырья заключается в быстром подавлении и даже полном уничтожении химическими веществами вредных микроорганизмов (гнилостных, болезнетворных и маслянокислых бактерий, а также плесеней), находящихся в сырье.

Наиболее широкое применение в качестве консервантов силоса получают различные органические кислоты: уксусная (ГОСТ 19814—74), муравьиная (ГОСТ 1706—78), пропионовая (ТУ 6-01-989—75), а также пиросульфит натрия (ГОСТ 11683—76) и другие химические вещества. Применение консервантов может быть разрешено специально подготовленному персоналу при строгом соблюдении правил техники безопасности и предельно допустимой концентрации: паров пропионовой кислоты в воздухе рабочей зоны — 20 мг/м³, муравьиной — 1 и уксусной — 5 мг/м³. При использовании пиросульфита натрия предельно допустимая концентрация выделяемого при взаимодействии с водой сернистого ангидрида в воздухе рабочей зоны разрешается 10 мг/м³. Запрещается применять для консервирования кормов химические препараты, не снабженные этикетками или загрязненные другими химическими веществами. Растительное сырье разрешается обрабатывать жидкими консервантами в процессе его уборки в поле или при загрузке в силосохранилище. В первом случае полевые измельчители оборудуют приспособлениями с распыливающими форсунками, баком, клапаном и трубопроводом. Сухие порошкообразные консерванты более удобны и безопасны в работе, чем жидкие. Нормы внесения консервантов приведены в табл. 2.8.

Для внесения сухих консервантов в процессе уборки сырья в поле кормоуборочные комбайны оборудуют бункером с дозатором катушечного типа. В процессе заполнения траншеи сырьем вносить сухие консерванты не рекомендуют, так как в этом случае невозможно обеспечить его равномерное распределение в объеме монолита. Корма, консервированные химическими препаратами, можно скармливать животным через 1,5...2 месяца после их заготовки. Недопустимо скармливать животным свежеработанное растительное сырье, так как это приводит к их отравлению. Животных приучают к поеданию силоса, заготовленного с консервантами, постепенно, в течение 10...12 дней, начиная с 5...7 кг в сутки, включая в состав основного рациона, сбалансированного по питательным веществам. Без ущерба для здо-

2.8. Нормы внесения консервантов в концентрированном виде на 1 т силосуемого сырья

Консервант	Нормы консерванта по группам культур		
	несилосующихся	трудносилосующихся	легкосилосующихся
Муравьиная кислота, л	5	4	3
Пропионовая кислота, л	5	4	3
Уксусная кислота, л	6	5	5
КНМК (концентрат низкомолекулярных кислот), 70 %, л	6	4	4
Бензойная кислота, кг	4	3	2
Пиросульфит натрия, кг	5	4	—
Бисульфит натрия, кг	6	4	—
Силобен, л	12	10	8

ровья корова может поедать ежесуточно 35...40 кг консервированного силоса.

Сенаж — это корм, приготовленный из трав, убранных в ранние фазы вегетации, провяленных до влажности 45...55 %, и сохраненный в анаэробных условиях. В отличие от силоса, сохранность которого обусловлена накоплением органических кислот, образующихся вследствие брожения, консервирование сенажа достигается за счет физиологической сухости среды. Когда влажность резко снижается до 50 %, водоудерживающая способность растительных клеток значительно повышается и растворенные питательные вещества становятся недоступными для большинства бактерий. Поэтому вода растений находится в малодоступной форме для бактерий и образование органических кислот затормаживается. Вследствие этого корм получается не кислым (как при силосовании), а пресным. Кислотность сенажа соответствует величине рН около 5,0. В нем почти полностью сохраняется сахар, в то время как при силосовании он превращается в органические кислоты (рН 3,9...4,2). Сенаж по питательным свойствам стоит ближе к исходной зеленой траве, чем силос или сено. В 1 кг клеверного сенажа содержится 0,35...0,4 корм. ед., 50...65 г переваримого протеина и 30...40 мг каротина.

Высокая питательность сенажа обусловлена более высоким содержанием в нем сухого вещества и сохранением наиболее ценных частей растений — листьев и соцветий, которые при обычной сушке трав на земле в большинстве теряются.

Важный фактор сохранности сенажа — полная герметизация хранилища, так как и при небольшой влажности, но при недостаточной защите от доступа атмосферного воздуха он быстро разогревается и плесневеет.

Снижение влажности резки ниже 45 % также недопустимо, так как это может вызвать сильный перегрев и даже самовозгорание корма. Сенаж можно приготовить из всех видов трав, но целесообразнее всего в первую очередь из многолетних бобовых клевера, люцерны, эспарцета и др. как более высокопитательных. Бобовые травы скашивают в фазе бутонизации, а злаковые травосмеси в фазе колошения, то есть тогда, когда в растениях накоплено наибольшее количество веществ и витаминов.

Технология сенажирования и основные требования к ней. Технология заготовки сенажа включает ряд последовательных операций (табл. 2.9).

2.9. Основные производственные операции заготовки и хранения измельченного сенажа

Технологическая операция	Марка машин
Скашивание травостоя и укладка его в прокосы: с плущением стеблей при уборке бобовых и бобово-злаковых травостоев без плущения стеблей (при уборке злаковых травостоев)	СНЖ-Ф-1 «Славянка» КПРН-3,0А; Е-301; Е-302 КД-Ф-4; КС-Ф-2,15
Ворошение и переворачивание (1...2-кратное) скошенной травы	ГВК-6,0А; ГВР-6,0
Сгребание провяленной травы из прокосов в валки (при влажности 55...60 %)	ВЦН-Ф-3
Подбор провяленной травы (при влажности 45...55 %) из валков с измельчением и погрузкой в транспортные средства	КСК-100А; КУФ-1,8; Е-280 КПИ-Ф-2,4; Е-281
Доставка измельченной массы к кормохранилищу	ПСЕ-Ф-12,5А; ПСЕ-20; ПИМ-40; автомашины
Разравнивание и трамбование массы в траншее	ДТ-75; Т-130; Т-150
Загрузка сенажной массы в хранилища башенного типа:	ЗБ-50; КТУ-10А
при сроке загрузки 5...7 дней	РМБ-9,15; РБВ-9,15
при сроке загрузки 3...4 дня	ПЗМ-1,5; ЗБ-50 РРС-Ф-50-6
Герметизация заложенной у хранилища сенажной массы	—
Периодическая проверка состояния герметичности укрытия сенажа в процессе хранения и устранения обнаруженных повреждений	—

Независимо от способа заготовки и применяемой системы машин к технологии приготовления сенажа (сенажированию) предъявляют следующие зоотехнические требования.

Скашивание травы на сенаж ежедневно следует проводить только на той площади, с которой в тот же день корм можно провялить и заложить в хранилище. Провяливание резки в течение одного дня позволяет свести к минимуму биохимические и механические потери питательных веществ.

Провяленная трава должна быть измельчена на частицы дли-

ной 15...30 мм, при этом частиц длиной до 30 мм по массе должно быть не менее 75 %. При закладке сенажа в траншеи средняя длина резки может достигать до 50 мм.

Только такое тонкое измельчение массы дает возможность достичь плотной укладки и избежать ее разогрева. Наиболее надежный признак, по которому можно судить, правильно ли идет закладка травы на сенаж, — это температура корма. Она не должна превышать 308...310 К (35...37 °С). Следует помнить, что провяленная трава в отличие от свежескошенной сильнее нагревается при доступе воздуха.

Время загрузки башен не должно превышать пяти дней, траншей — трех дней во избежание сильного разогрева корма во время закладки. Поэтому типы и размеры хранилищ необходимо выбирать с учетом возможной производительности имеющихся в хозяйстве машин.

При закладке в башни влажность резки должна быть в пределах 45...55, а в траншеи — 55...60 %. Нижний предел влажности ограничивается возможностью разогрева массы, верхний — возможностью микробиологических процессов. При закладке корма в траншеи трудно удалить воздух полностью, поэтому допускается закладывать резку влажностью до 60 %. В таком корме возможно неинтенсивное молочнокислое брожение, как и при силосовании, однако роль его ограничена и корм получается пресным, с большим содержанием сухого вещества.

Сенаж требуется надежно защищать от доступа воздуха во время его закладки (укрытии), хранения (герметизации) и при выгрузке для скармливания. Поэтому при отборе порций сенажа от монолита при скармливании требуется ежедневно со всей открытой поверхности снимать слой корма толщиной не менее 300 мм. В противном случае корм даже зимой может сильно разогреваться.

При загрузке хранилищ и выгрузке из них сенажа требуется предохранять его от механических потерь и загрязнения его землей. Последнее особенно важно предотвратить при закладке корма в траншеи и уплотнении его тракторами.

Расчет потребности в кормах и вместимости хранилищ

Годовую потребность в силосе и сенаже определяют исходя из количества поголовья, суточной нормы выдачи каждого вида корма с учетом потерь и продолжительности стойлового периода.

$$G_{\text{год}} = q_{ik} n_{jk} D_{jk} \eta_i, \quad (2.5)$$

где q_{ik} — суточная норма i -го вида корма для k -й группы животных; n_{jk} — число j -х животных в k -й группе; D_{jk} — время стойлового периода j -х животных k -й группы, дней; η_i — сохранность i -го вида корма при хранении.

При планировании потребности хозяйств в хранилищах корма необходимо знать объем хранилища, степень его использования и плотность корма. Вместимость хранилища определяют по формуле

$$G_{xp} = 10^{-3} V_{xp} k_1 \rho_m, \quad (2.6)$$

где V_{xp} — объем хранилища, m^3 ; k_1 — степень использования хранилища, определяемая отношением объема кормового монолита после осадки или принудительного уплотнения V_2 к полному объему хранилища V_{xp} ($k_1 = V_2/V_{xp}$) (согласно исследованиям, наибольшая величина осадки силосуемого материала в башнях диаметром 7,3 и высотой 22 м составляет 2,3...3,6 м, т. е. $k_1 = 0,8$); ρ_m — плотность консервируемой массы, t/m^3 (для силоса при хранении его в башнях ρ_m принимается 0,65...0,75 t/m^3 , в траншеях — 0,55...0,60 t/m^3).

При известном расходе силоса и сенажа на ферме необходимое число хранилищ определяют исходя из двух условий: размещение всего объема корма в хранилищах и использование всего времени, отведенного агротехническими сроками на его уборку.

Потребное число хранилищ, исходя из условия размещения в них всего запаса корма, определяется отношением всей массы корма к массе корма в хранилище, т. е.

$$n_{xp} = G_k / G_{xp}. \quad (2.7)$$

Число силосных и сенажных сооружений зависит от того, сколько и каких животноводческих помещений должно обслуживать проектируемое сооружение, и от его габаритных размеров. Так как полевой комплекс может обслуживать несколько ферм, то необходимое число хранилищ в хозяйстве или на ферме, исходя из условия максимального использования времени, отведенного агротехническими сроками для уборки корма, определяют по формуле

$$n_1 = T / T_{загр} k_2, \quad (2.8)$$

где T — продолжительность уборки кормов, установленная агротехническими сроками, сут; $T_{загр}$ — продолжительность заполнения одного хранилища (принимают обычно 3...5 дней для силоса; при загрузке траншей с торца наклонными слоями продолжительность несколько увеличивается); k_2 — коэффициент, учитывающий число солнечных дней в данной климатической зоне (принимают 0,5...0,7).

При отборе силоса от монолита для раздачи его животным требуется соблюдать определенные условия, связанные с размерами хранилища. Открытая при отборе торцовая поверхность траншеи соприкасается с кислородом воздуха, в результате чего в силосном монолите начинают происходить аэробный процесс и порча корма. Этот процесс проникает в глубь монолита, и, чтобы предотвратить дальнейшее его распространение, удаляют наружный слой толщиной h_{min} не менее 0,05 м зимой и 0,08 м — летом.

С учетом этого требования можно определить максимальную площадь поперечного сечения траншеи

$$F_{\max} = (\sum q_i m_i) / h_{\min} \rho, \quad (2.9)$$

где $(\sum q_i m_i) / \rho = V_{\text{сут}}$ — суточный объемный расход силоса на поголовье, обслуживаемое данным сооружением.

Площадь сечения траншеи зависит от поголовья фермы (табл. 2.10).

2.10. Максимально возможная площадь сечения траншей на фермах с различным поголовьем (по А. В. Алябьеву)

Суточная норма выдачи корма, кг	Максимальное количество условных голов КРС при площади сечения траншеи, м ²				
	12	24	36	48	72
15	200	400	600	800	1200

Действительная площадь F_d поперечного сечения траншеи при высоте ее, равной H , составит

$$F_d = b_{\text{ср}} H = \sum q_i m_i / h_d \rho = V_{\text{сут}} / h_d, \quad (2.10)$$

где $b_{\text{ср}}$ — средняя ширина траншеи, м; h_d — действительная толщина снимаемого слоя силоса, м.

Действительную толщину слоя силоса, которую должен снимать погрузчик ежедневно, можно найти по формуле

$$h_d = V_{\text{сут}} / (b_{\text{ср}} H).$$

Чтобы не допустить порчи силоса с открытой поверхности, необходимо соблюдать условие $h_d \geq h_{\min}$.

Показатель h_d представляет собой темп выгрузки. Он учитывается прежде всего при выборе ширины траншеи, так как для обеспечения скармливания свежего корма с минимальными потерями питательных веществ надо силос и сенаж ежедневно вынимать вертикальными слоями толщиной h_d по всей ширине и высоте хранилища H (рис. 2.6). Толщина выгружаемого слоя h_d (темп выгрузки) зависит от вида корма, типа хранилища и уменьшается при улучшении условий герметизации хранилища (табл. 2.11).

2.11. Темп выгрузки силоса и сенажа из башен и траншей

Корм	Темп выгрузки, м в смену	
	башня	траншея
Силос	0,10	0,30
Сенаж (верхняя выгрузка)	0,25	0,50
Сенаж (нижняя выгрузка)	0,04...0,08	—

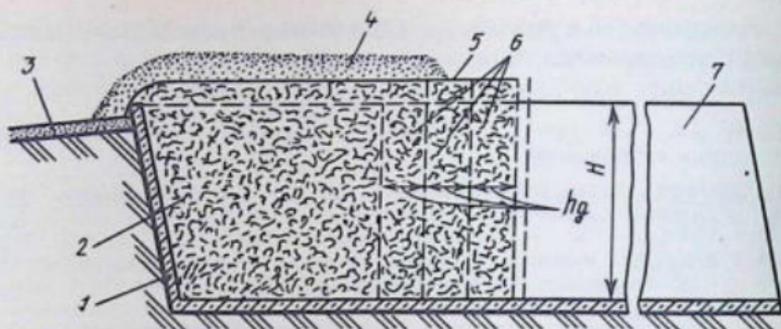


Рис. 2.6. Схема среднесуточной выемки сенажа из траншеи: 1 — облицовка; 2 — сенаж; 3 — твердое покрытие вокруг траншеи; 4 — грунт (торф); 5 — полиэтиленовая пленка; 6 — ежедневно вынимаемый слой; 7 — пустая часть траншеи.

Высота траншей должна быть не менее 3,5 и не более 5 м. Нижний предел высоты устанавливают исходя из того, что значительно сокращаются отходы за счет снижения отношения открытой поверхности корма к его массе, верхний — из расчета свободного въезда транспортных средств по пандусу при загрузке траншей и выемке корма механическими средствами.

Суммарная (расчетная) длина L_p траншей составит

$$L_p = V_{\text{сил}} / F_{\text{д}}, \quad (2.12)$$

где $V_{\text{сил}}$ — объем силоса, закладываемого в проектируемую траншею, м^3 . Если действительная длина траншей по выбранному типовому проекту хранилища составляет $L_{\text{мин}}$, то таких траншей требуется $z_{\text{тр}} = L_p / L_{\text{мин}}$.

НИИ Лесостепи и Полесья УССР рекомендует применять траншеи длиной до 60 м.

Для планирования использования кормов и правильной организации кормления скота необходим точный внутрихозяйственный и статистический учет. Количество сенажа определяют и оприходуют на основании взвешивания закладываемой в хранилища массы со скидкой на потери 4...8%. Через 15...20, но не позднее 30 дней после закладки дополнительно обмеряют сенаж в хранилищах в следующем порядке.

1. Объем сенажа в заглубленных траншеях определяют на основании данных о ширине, глубине и длине траншей, взятых из инвентаризационной описи сооружений и дополнительных измерений — высоты массы над уровнем верхних краев стен траншей (если сенаж выше их), ширины траншей (на уровне корма), расстояния от верхних краев стен траншей до уровня корма (если сенаж осел ниже стен траншей). Объем сенажа определяют для каждого конкретного случая по следующим формулам.

Если сенаж осел ниже верхних краев стен траншеи или находится на их уровне,

$$V_{ca} = \frac{L+L'}{2} \frac{b+b'}{2} h_1, \quad (2.13)$$

где L, L' — длина траншеи по дну и на уровне поверхности сенажа, м; b, b' — ширина траншеи по дну и на уровне поверхности сенажа, м; h_1 — глубина траншеи на уровне поверхности сенажа, м.

Если сенаж находится выше верхних краев стен траншеи,

$$V_c = \frac{L+L'}{2} \frac{b+b'}{2} H_7 2/3 (h_2 L_1 b_1), \quad (2.14)$$

где H_7 — глубина траншеи, м; h_2 — средняя высота слоя сенажа выше стен траншеи (замеряется в девяти местах по длине траншеи через равные расстояния), м; L_1, b_1 — длина и ширина траншеи по верху, м.

2. Объем сенажа в наземных траншеях определяют по формуле

$$V_c = b_{cp} h_{cp} L_{cp}, \quad (2.15)$$

где b_{cp} — среднее значение ширины траншеи сверху и внизу, м; $b_{cp} = (b_1 + b_2)/2$; h_{cp} — средняя высота слоя в траншее (замеряется в 9 точках по длине траншеи. Она складывается из высоты стен траншеи над уровнем стен (плюс или минус расстояние от края траншеи до уровня корма), м; L_{cp} — средняя длина слоя корма (принимается равной $9/10L$), м.

3. Объем сенажа в башнях и круглых ямах определяют исходя из геометрических размеров хранилищ и заложенного в них корма по следующим формулам.

Если сенаж находится на уровне или ниже краев сооружения,

$$V_c = \pi D_6^2 / 4 H_6, \quad (2.16)$$

где D_6, H_6 — диаметр и высота башни, м.

Если корм находится выше уровня краев ямы,

$$V_c = \pi D_n^2 / 4 (H_n + 2/3 h'), \quad (2.17)$$

где D_n, H_n — диаметр и глубина ямы, м; h' — высота корма над краем ямы, м.

Масса корма в хранилищах определяется произведением его объема на плотность. Плотность сенажа, приготовленного из различных трав при влажности 45...55%, утрамбованного трактором, принимают равной 489...612 кг/м³.

Плотность силоса, приготовленного из различных трав, приведена в таблице 2.12.

2.12. Примерная плотность силоса

Тип силоса	Плотность (кг/м ³) силоса	
	в траншее	в башне при высоте слоя более 6 м
Кукуруза (стебли и листья вместе с початками) при фазе спелости початков:		
молочной	700	800

Тип силоса	Плотность (кг/м ³) силоса	
	в траншее	в башне при высоте слоя более 6 м
молочно-восковой	650	750
восковой	600	700
Кукуруза (стебли и листья без початков) при фазе спелости:		
молочно-восковой	600	700
восковой	575	675
Ботва корнеплодов	700	800
Ботва картофеля	600	700
Трава луговая с большим содержанием злаков, измельченная	525	625
Трава крупностебельных растений	425	525

Для более точного учета наличия силоса и сенажа в хозяйствах определяют плотность корма в каждом хранилище.

Силосные и сенажные сооружения

Специальные емкости, предназначенные для силосования (сенажирования) и хранения консервированных кормов, называются силосными сооружениями, или силосохранилищами. Для обеспечения необходимых условий нормального протекания процесса силосования и сенажирования, получения и сохранения высококачественного корма хранилища должны удовлетворять следующим требованиям:

предохранять консервируемую массу от проникновения воздуха, который способствует развитию в ней нежелательных микробиологических процессов, приводящих к развитию плесени и гниению;

не допускать утечки выделяющегося при силосовании сока наружу через стены и дно; защищать силосную массу от проникновения воды извне, так как вода выщелачивает корм, выносит с собой кислоты и питательные вещества, делая его либо непригодным к скармливанию, либо значительно снижая качество;

защищать массу от промерзания, так как процесс получения силоса и сенажа требует сохранения в массе положительных температур, а выгрузка и скармливание смерзшегося корма затруднены;

ограждения (стены и днища) должны быть стойкими против действия молочной и уксусной кислот с концентрацией 2...3%, которые содержатся в силосном соке, а материалы внутренних

поверхностей ограждений не должны влиять на вкусовые качества корма;

иметь ровные, гладкие поверхности стен и закругленные углы, так как выступы, шероховатости и острые углы затрудняют свободную осадку корма, вызывают его разуплотнение и образование воздушных прослоек, способствующих загниванию массы; шероховатости и острые углы затрудняют очистку ограждений от остатка корма, окраску и дезинфекцию хранилища;

обеспечивать максимальную механизацию работ по загрузке и уплотнению консервируемой массы, а также выгрузке из хранилища готового корма.

Силохранилища разделяют на две группы — горизонтальные (траншеи) и вертикальные (башни).

Хранилища траншейного типа дешевы и относительно просты по устройству и в эксплуатации. Из числа применяемых хранилищ силоса и сенажа примерно 90 % общей вместимости составляют траншеи. Преимущества их перед другими типами хранилищ состоят в следующем:

для строительства траншей широко используют местные материалы, бетон, железобетон и достаточно простые подъемно-транспортные механизмы;

относительная простота конструкции хранилищ;

простота процесса загрузки траншей силосной или сенажной массой и выгрузки готового корма;

невысокая строительная и эксплуатационная стоимость.

К недостаткам хранилищ этой группы можно отнести:

увеличение площади застройки кормовой зоны из-за небольшой полезной высоты траншей (площадь участка, необходимая для их устройства, примерно в 4...5 раз превышает площадь, занимаемую башенными хранилищами);

относительно высокую удельную открытую поверхность корма (отношение массы корма к его открытой поверхности), способствующую увеличению в нем потерь питательных веществ (величина открытой поверхности в хранилищах траншейного типа в 3...6 раз больше, чем в башнях).

В зависимости от размещения днища (пола) траншей относительно уровня планировочной отметки траншеи подразделяют на заглубленные, полузаглубленные и наземные. В заглубленных траншеях днище располагается ниже уровня планировочной отметки на половину и более высоты, в полузаглубленных выше, а в наземных совмещается с этим уровнем.

Заглубленные и полузаглубленные траншеи представляют собой облицованные выемки в грунте в форме вытянутой призмы с наклонными продольными стенками. В этих хранилищах корм не промерзает даже в очень холодные зимы. Однако строительство их возможно только в местах с низким стоянием грунтовых

вод. Уровень грунтовых вод должен быть не менее 500 мм от подошвы фундамента и днища траншей. Для уменьшения давления грунта на стены траншей и самоуплотнения массы при ее осадке их делают с наклоном к вертикали. Величину наклона (отношение горизонтальной проекции к высоте) принимают в зависимости от плотности и вида грунта: на глинистых и суглинистых — от 1 : 10 до 1 : 5; при супесчаных и влажных песчаных — от 1 : 5 до 1 : 3; при песчаных и сухих грунтах — от 1 : 2 до 1 : 1,3. При строительстве полузаглубленных траншей их заглубляют с таким расчетом, чтобы объем вынутого грунта примерно равнялся объему грунта, необходимого для обвалования стен.

Для заезда в траншею автомашин или погрузчиков в ее торцах (с одной или с обеих сторон) устраивают пандусы с уклоном 1 : 5. Для защиты траншей от попадания в нее дождевых и талых вод верх пандуса должен быть на 0,15...0,20 м выше спланированной поверхности земли у сооружения. Вдоль траншей устраивают открытые водоотводы — лотки или канавы с продольным уклоном не менее 0,003.

Заглубленные траншеи для силоса и сенажа применяют реже. Это связано с требованиями к уровню грунтовых вод, который должен быть не выше 4,2 м от поверхности, а также значительным объемом земляных работ при строительстве. Высота стен заглубленных траншей, как правило, не превышает 500...700 мм над уровнем земли.

Наземные траншеи — наиболее распространенный тип силосных сооружений. В отличие от заглубленных и полузаглубленных их можно строить при любых условиях, в том числе и с очень высоким уровнем грунтовых вод. При сооружении наземных траншей значительно сокращается объем земляных работ, упрощается выгрузка корма за счет свободного въезда погрузочных и транспортных средств, отпадает необходимость в сложных подземных сооружениях для отвода атмосферных вод и сока, получающегося в процессе консервирования корма. Стены наземных траншей выполняют с наклоном по вертикали во внешнюю сторону не более 1 : 10 (рис. 2.7). Они могут быть стационарными и в отдельных случаях сборно-разборной конструкции, что позволяет при необходимости переносить силосохранилище. Стены наземных траншей могут быть выполнены из сборного железобетона, бетона, камня и кирпича. Для большей устойчивости их усиливают вертикальными выступами — контрфорсами, которые располагают через 3...4 м один от другого.

От промерзания корма и его перегрева по всей длине и высоте стен предусматривают обваловывание грунтом с тщательным его уплотнением. По верху обваловывания делают отмостку шириной 700 мм.

Днища траншей выполняют из монолитного бетона и устраи-

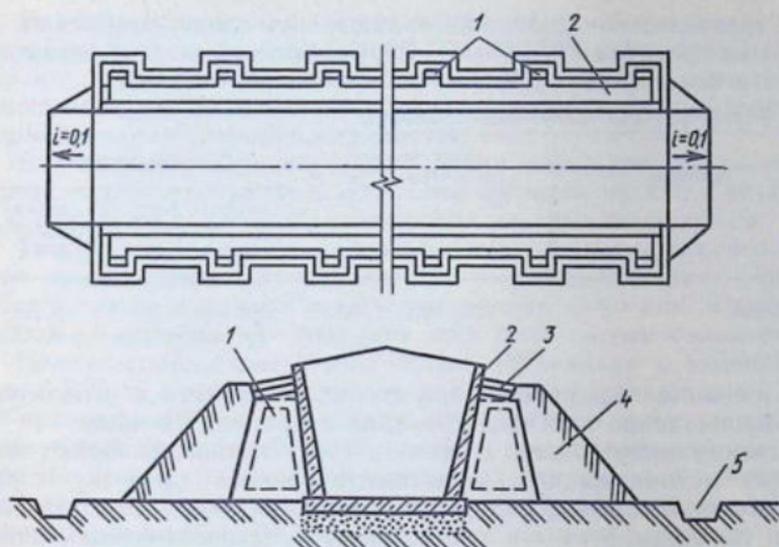


Рис. 2.7. Элементы конструкции траншейного хранилища кормов:
 1 — контрфорс; 2 — железобетонная плита; 3 — отстойка; 4 — уплотненный грунт; 5 — лоток для отвода поверхностных вод.

вают в них температурные швы, которые заполняют просмоленной паклей или досками для водонепроницаемости. Поверхность днищ тщательно планируют с уклоном к приемкам для сбора силосного сока. Приемки соединяют сокоотводными каналами с наружными колодцами — приемниками сока.

Дренажная система траншей состоит из водосборных колодцев, закрытых решетками и расположенных по длине траншеи, и жижеборника вместимостью не менее 20 м^3 . Водосборные колодцы и жижеборники соединены между собой дренажными трубами диаметром 200...250 мм. Размеры колодцев и приемков определяют расчетом, исходя из условий сбора силосного сока, не более чем за двое суток.

Для свободного въезда в траншею средств механизации в ее торцах устраивают наружные пандусы с уклоном не более 1:5 (отношение высоты к заложению). По окончании закладки массы торцы траншей заделывают деревянными щитами, тюками или рулонами соломы и т. д.

Внутренние поверхности хранилищ защищают от агрессивного воздействия силосного сока, а также от их водонасыщения, согласно требованиям СНиП II 28—73 «Защита строительных конструкций от коррозии». Наиболее распространенный способ герметизации — покрытие поверхностей горячим битумом по холодной грунтовке.

Строительство хранилищ траншейного типа выполняют по типовым проектам 811-29 и 811-36, рассчитанным на вместимость 500 т и более (табл. 2.13).

2.13. Характеристика траншейных хранилищ

Траншеи	Номинальная вместимость, м ³	Размеры хранилищ, м	
		глубина (высота) стен	ширина траншей по дну
Наземные	500, 750, 1000, 1500	Не менее 3	6...18
Заглубленные и полузаглубленные	2000, 3000, 4000, 5000, 6000	Не менее 3,5	6...18

Хранилища башенного типа строят наземными и используют преимущественно для приготовления и хранения сенажа.

Преимущества башен состоят в том, что они позволяют полностью механизировать и автоматизировать выгрузку корма и требуют меньшей площади участка застройки. По Д. Н. Топчому, площадь фермы и протяженность технологических линий кормораздачи при замене траншей башнями уменьшаются на 30 %. В башенных хранилищах при соблюдении условий технологии потери питательных веществ меньше в 1,5...2 раза по сравнению с траншеями.

Недостатком хранилищ башенного типа являются высокая их стоимость, а также низкая производительность и надежность средств загрузки и выгрузки корма.

Хранилище башенного типа состоит из вертикального ствола (корпуса) с разгрузочными люками и шахтой, фундамента, днища с дренажной системой, купола и в некоторых случаях тамбуров. Герметические башни для защиты конструкций от недопустимого по условиям прочности колебания внутреннего давления газов с изменением температуры имеют «дыхательную систему». Корпус башни воспринимает давление сенажной массы и ограждает ее от проникновения наружного воздуха. Корпуса башни круглой или многоугольной формы могут быть изготовлены из металла, железобетона, бетонных блоков, кирпича и др. В зависимости от степени агрессивного воздействия среды, возникающей при ферментации сенажной массы на внутреннюю поверхность корпуса, его по высоте разделяют на две зоны:

нижнюю — до $\frac{1}{3}$ высоты сооружения (днища и стены в пределах этой зоны должны быть изготовлены из наиболее стойких и прочных материалов и иметь более надежные защитные покрытия);

верхнюю — в пределах $\frac{2}{3}$ высоты (в этой зоне можно применять материалы несколько пониженной кислотостойкости и использовать более простые защитные покрытия).

Для выгрузки корма в стене башни на одной вертикали устраивают люки с шагом не более 1,8 м. Люки представляют собой проемы с размером не менее $0,6 \times 0,8$ м, оборудованные герметическими дверками, открывающимися внутрь и плавно сопрягающимися с внутренней поверхностью стен.

Для предотвращения разбрасывания корма при его выгрузке через люки монтируется шахта. Она крепится вместе с внутренней лестницей к стенке башни против разгрузочных люков.

Тамбур предназначен для размещения в нем приемного бункера транспортера линии выгрузки и раздачи корма. Против каждого люка в кожухе шахты устраивают окна для освещения шахты и тамбура.

Водонепроницаемые днища башен устраивают с уклоном не менее 2 % в сторону приемков для сбора растительного сока. Из приемков излишняя жидкость отводится по чугунной или керамической трубе в сборный колодец, расположенный на расстоянии 2...3 м от башни. В некоторых случаях для отвода излишнего сока в корпусе башни предусматривают отверстия, расположенные на 50...100 мм выше отстойка и закрываемые после удаления жидкости пробками.

Сокоотводящие трубы в герметических хранилищах снабжают вентиляемыми запорами или гидравлическими затворами, препятствующими проникновению атмосферного воздуха в хранилище и утечке из него газа.

Кровлю над башнями изготавливают, как правило, купольной, или шатровой, формы. Такая форма позволяет полностью использовать вместимость сооружения и выполнять работы по уплотнению и укрытию массы. Для загрузки массы в кровле устраивают один или два загрузочных люка тех же размеров, что и выгрузные.

«Дыхательная система» герметических хранилищ состоит из «дыхательных камер». «Дыхательные камеры» предназначены для стабилизации давления газов в хранилище при суточных и сезонных колебаниях температуры. Их устраивают в виде подвешенных под крышей мешков из эластичного материала, сообщающихся с наружным воздухом через отверстия в крыше. При повышении температуры газ, находящийся в башне, расширяется и выжимает воздух из эластичных мешков в атмосферу. И наоборот, при снижении температуры давление в хранилище уменьшается и наружный воздух заполняет «дыхательные камеры».

Предохранительный клапан служит для поддержания внутреннего давления газов внутри башни в установленных пределах (500...2000 Па).

В хозяйствах различных зон нашей страны построены и действуют башенные хранилища отечественного и зарубежного производства (табл. 2.14).

2.14. Основные показатели башенных хранилищ

Изготовитель	Вместимость башни, м ³	Внутренний диаметр, м	Высота, м	Материал корпуса
ГСКБ (Рига)	400	6	16	Крупнопанельные железобетонные блоки крупного профиля
Брестский ремонтно-механический завод	500	6	18	
Гипронисельхоз	800	6	18	Кирпич, армированный стальной сеткой
Гипронисельхоз	900	7,34	22	Крупнопанельные железобетонные блоки
Комбинаты сенажных башен (Барановиченский, Нижнекамский, Гулькевичский, Плуинганский)	1600	9,15	24,2	Крупнопанельные железобетонные блоки
Витковице (ЧССР)	405	6	15,6	Эмалированная сталь

Основной вид башенного хранилища в нашей стране — башня БС-9,15 (рис. 2.8), сооруженная из крупнопанельных железобетонных блоков вместимостью 1600 м³, внутренним диаметром ствола 9,15 м, высотой 24,4 м. Строительство таких башен ведется по типовому проекту 811-035 пятью комбинатами — Барановиченским, Нижнекамским, Коростеньским, Гульневичским и Плуинганским.

Во многих хозяйствах страны установлены и эксплуатируются башни «Витковице» производства ЧССР. Корпус башни монтируют из стальных листов, с двух сторон покрытых стеклоэмалью. Толщина листа составляет 3...5 мм, высота 1350 мм, ширина 2450 мм. Все соединения элементов болтовые, а герметичность стыков достигается за счет промазки швов герметизирующей кислотостойкой мастикой.

Сенажные башни HS-09 и HS-25 производства ГДР, выполненные из бетонных блоков, могут быть использованы в хозяйствах с поголовьем 1600 и более коров. В отличие от других конструкций башня имеет плоскую крышу с люком в центре для монтажа разгрузчика-распределителя. Если башни устанавливаются в батарее по 4...6 шт., то на крыше монтируют пешеходный мостик и рельсовый путь для распределительного конвейера массы.

Одна из отличительных особенностей сенажных башен — способ разгрузки корма. Различают башни с верхней (БС-9,15), нижней («Витковице», ЧССР), комбинированной (HS-25, ГДР) разгрузкой.

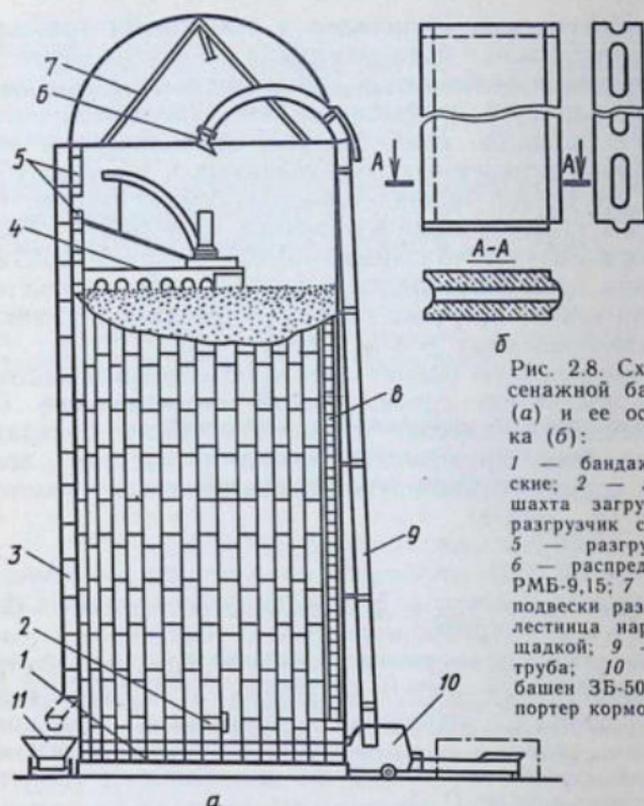


Рис. 2.8. Схема бетонной сенажной башни БС-9,15 (а) и ее основного блока (б):

1 — бандажи металлические; 2 — лебедка; 3 — шахта загрузочная; 4 — разгрузчик сенажа РВВ-6; 5 — разгрузочные люки; 6 — распределитель массы РМБ-9,15; 7 — тренога для подвески разгрузчика; 8 — лестница наружная с площадкой; 9 — загрузочная труба; 10 — загрузочная башен ЗБ-50; 11 — транспортер кормов ТКС-6.

Силосные и сенажные хранилища устанавливают в кормовых зонах ферм с учетом следующих условий:

траншеи размещают на площадке рядами, параллельно одна другой;

расстояние между траншеями зависит от вида грунта, от высоты обваловывания и размеров транспортных средств, применяемых при загрузке и выгрузке силоса или сенажа;

допускается блокирование траншей;

башни могут быть сблокированы в один или два параллельных ряда с выходом шахт во внутреннее пространство между этими рядами с устройством крытого коридора, соединяющего башни с животноводческими помещениями;

расстояние между шахтами противостоящих башен в параллельных рядах обусловлено размерами механизмов, применяемых при транспортировке кормов;

при необходимости башни могут блокироваться с животноводческими помещениями.

Между заглубленными силосными и сенажными траншеями и жижесборниками должен быть выдержан разрыв не менее 10 м.

При планировании размещения хранилищ в кормовой зоне и определении их размеров необходимо знать удельную площадь хранилища, т. е. площадь пола (днищ), приходящуюся на 1 т корма. Для силоса в наземных, заглубленных и полузаглубленных траншеях, а также башнях площадь соответственно 0,51, 0,38; 0,09 м² на 1 т: для сенажа в наземных траншеях — 0,65 м², в заглубленных и полузаглубленных — 0,49, в башнях — 0,12 м².

Площади для хранилищ силоса и сенажа (м²) в расчете на 1 т указаны при высоте загрузки наземных траншей 3 м, заглубленных и полузаглубленных — 4 м, башен — 15 м.

Технико-экономическую оценку хранилищ кормов определяют путем расчета показателя сравнительной эффективности. Профессор В. С. Сечкин предлагает в качестве такого показателя использовать величину приведенных затрат на загрузку, хранение и раздачу кормов, отнесенную к единице массы сухого вещества кормов ($z_{уд}$, руб/т).

$$z_{уд} = \frac{\sum_{i=1}^n c_i}{G_{xp}(1-p_k)\delta_s} = \frac{1}{G_{xp}(1-p_k)\delta_s} \left[\sum_{i=1}^n \Theta_i + E_n \sum_{i=1}^n k_i \right] \rightarrow \min, \quad (2.18)$$

где c_i — приведенные затраты на выполнение i -й операции, руб.; G_{xp} — количество заложенного в хранилище корма, т; p_k , δ_k — коэффициенты, учитывающие потери сухого вещества в готовом корме и при хранении; Θ_i — эксплуатационные затраты на выполнение i -й операции, руб.; k_i — капитальные вложения на средства механизации и строительные сооружения, руб.; E_n — нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений; n — число машин и сооружений, входящих в состав ПТЛ.

Дополнительно рассчитывают следующие показатели: стоимость теряемых при хранении кормов

$$c_n = G_{xp} p_k c_0, \quad (2.19)$$

где c_0 — стоимость 1 т кормов, руб/т;

капитальные вложения на сооружение подземных путей

$$k_{n.n} = S_{n.n} k_n, \quad (2.20)$$

где $S_{n.n}$ — площадь подъездных путей с твердым покрытием, м²; k_n — стоимость 1 м² твердого покрытия, руб/м²;

годовые эксплуатационные издержки на содержание подъездных путей

$$c_{n.n} = k_{n.n}(c_a + c_m), \quad (2.21)$$

где c_a , c_m — коэффициенты, учитывающие отчисление на амортизацию и текущий ремонт;

стоимость земли, изъятой из сельскохозяйственного пользования под строительство хранилищ, рассчитывается по следующей методике

$$c_{\text{сх}} = yF_c A_c k'_1 k'_2, \quad (2.22)$$

где y — условная цена 1 га угодий, руб/га; F_c — площадь, занятая под строительство, га; A_c — срок службы сооружения; k'_1 — коэффициент доходности производства на перспективу (принимают равным 1,5); k'_2 — коэффициент перехода от средней цены угодий к чистому доходу;

при расчете экономической эффективности башенных и траншейных хранилищ потери кормов учитывают как дополнительные затраты при хранении кормов в траншеях

$$\Delta \Delta_n = c'_0 \Delta n, \quad (2.23)$$

где Δn — разность потерь кормов в траншеях и башнях (в долях единицы); c'_0 — стоимость 1 т сухого вещества корма, руб/т.

Средства механизации для выемки силоса и сенажа из траншей, загрузки и выемки сенажа из башен

Загрузка траншей силосной или сенажной массой производится несколькими способами. При быстром темпе работ (3...5 дней) траншею начинают загружать с середины в обе стороны с постепенным увеличением образующегося вала. Если темп работы более низкий и поступление массы затягивается, то траншею загружают с одного из торцов наклонными слоями. Для этого массу сгружают и перемещают в нужное место бульдозером. Это устраняет попадание на нее комьев почвы и ускоряет разгрузку транспортных средств. Консервируемая масса, распределяемая по траншее, уплотняется колесными или гусеничными тракторами с давлением на дорожное полотно от 40 до 85 кПа.

При закладке силоса влажностью 80 % и выше уплотнять его следует только в процессе разравнивания. Если влажность сырья менее 75 %, то весь корм, находящийся в траншее, уплотняют ежедневно в процессе загрузки и после ее окончания в течение 3...4 ч.

Оборудование для выемки силоса и сенажа из траншей. По данным ВИЭСХ, для кормов с содержанием сухого вещества 25...50 % при первом уплотнении объем уменьшается на 38...58 %, при втором — на 7...13; при третьем — на 4...8, при четвертом — на 3...7 и при пятом — на 3...4 % от общего объема монолита перед очередным нагружением. Корм из траншей вынимают с помощью разгрузчиков периодического (грейферы, экскаваторы) или непрерывного действия, оборудованных фрезерно-сдвигающими рабочими органами (фрезбарабаны) и вентиляторами-швырялками для погрузки корма в транспортные средства.

Отношение суммарной силы отрыва порции материала грейфером от монолита к площади проекции этой порции на горизон-

тальную плоскость называется коэффициентом отрыва. Значения коэффициента отрыва для сена и соломы в скирдах колеблются от 0,9 до 3,0. Важным преимуществом погрузчиков непрерывного действия является то, что они оставляют поверхность монолита ровной. В хозяйствах широко распространены навесные погрузчики силоса ПСК-5А; ПСС-5,5; ФН-1,4 «Фуражир», а также навесной погрузчик-экскаватор ПЭ-0,8.

Погрузчик-измельчитель силоса и грубых кормов ПСК-5 мобильный, непрерывного действия, навешивается на трактор «Беларусь», снабжен раздельно-агрегатной системой управления с гидравлическим приводом. Погрузчик отбирает силос и сенаж из траншей, а солому или сено — из наземных хранилищ (скирд), дополнительно измельчает корм и погружает в транспортные средства. Для сбора остатков корма и для более равномерного распределения нагрузок по опорам спереди трактора навешивают серийный бульдозер БН-1В.

Погрузчик ПСК-5 (рис. 2.9) состоит из рамы 2, стрелы 9, левого и правого фрезбарабанов 8, выгрузной трубы 10 с дефлектором, шнека 1, вентилятора-швырялки 3, механизмов передач и гидроцилиндра 6. В нижней части рамы размещен приемный ковш со шнеком, вентилятор и нижний распределительный редуктор 4. К верхней части рамы с помощью кронштейнов 11 шарнирно крепят стрелу 9 фрезбарабанов 8 и щиток 7. Стрела под-

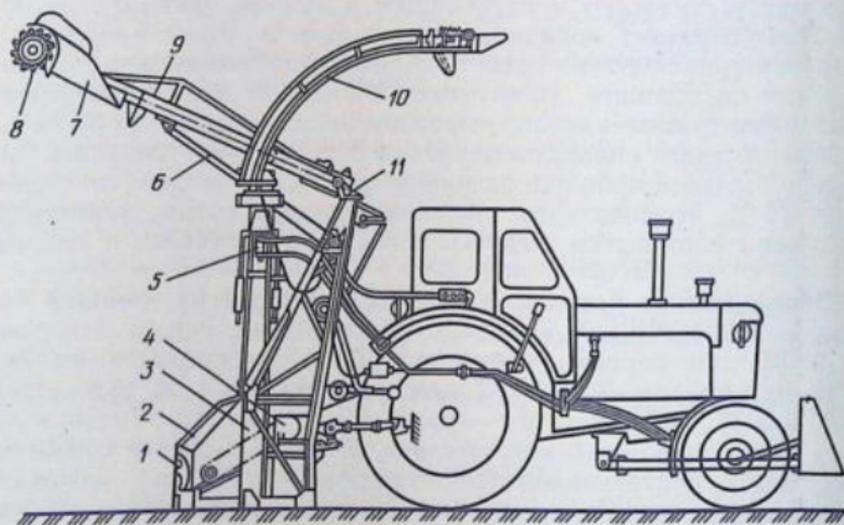


Рис. 2.9. Погрузчик-измельчитель силоса и грубых кормов ПСК-5:

1 — шнек; 2 — рама; 3 — вентилятор-швырялка; 4 — редуктор; 5 — механизмы передачи; 6 — гидроцилиндр; 7 — щиток; 8 — фрезбарабаны; 9 — стрела; 10 — выгрузной ковш; 11 — кронштейны.

нимается с помощью гидроцилиндра 6, а опускается под действием силы тяжести. Скорость опускания стрелы регулируют дроссель-регулятором гидросистемы. Время опускания фрезбарабанов при включении рычага в положения: I — 252 с, II — 127 с, III — 34 с. Фрезбарабаны — основной рабочий орган погрузчика. Они отбирают силос от монолита и направляют его в приемный ковш. Фрезбарабан представляет собой цилиндр, на поверхность которого прикреплены по винтовой линии Г-образные ножи. На торцах фрезбарабана установлены два подрезных ножа, а в середине между ними — небольшая четырехлопастная фреза с режущими гранями, служащая для разрушения остающейся части монолита.

Шнек в приемном ковше погрузчика представляет собой вал с левым и правым зубчатыми витками. Он направляет измельченную массу к вентилятору, который далее подает ее через выгрузную трубу с дефлектором в транспортные средства. Выгрузная труба 10 представляет собой корытообразную конструкцию с шарнирно укрепленным дефлектором на верхнем ее конце. Труба может поворачиваться на угол 30°. Гидросистема погрузчика служит для управления работой стрелы, выгрузной трубой и бульдозерной навеской 12.

После окончания работ тракторист включает кран-переключатель на управление бульдозером и собирает остатки обрушенного корма к бурту с помощью бульдозерной навески.

Погрузчик силоса и сенажа ПСС-5,5 также представляет собой мобильный погрузчик непрерывного действия, навешивается на трактор «Беларусь» и применяется для тех же целей. Состоит из рамы, бункера, стрелы, отделителя, транспортера, гидросистемы (рис. 2.10).

Бункер 4 для приема массы, сгребаемой отделителем, сварной, в нижней части его установлен шнек. Стрела 2 служит для подъема и опускания отделителя и передачи к нему крутящего момента. Отделитель 3 предназначен для отделения слоя силоса или сенажа и подачи его в бункер. Он состоит из рамы, двух цепных контуров, к которым прикреплены планки с подрезающими и сгребующими штифтами.

Конвейер для погрузки отделенной массы в транспортное средство состоит из прямоугольного желоба, в котором расположена цепь со скребками.

Рабочий процесс погрузчика происходит следующим образом. Силос или сенаж, отделенные от бурта отделителем, попадают в приемный бункер. Шнек сдвигает массу на конвейер, который подает ее в транспортное средство. По данным ВНИИМОЖ и Северо-Кавказской МИС, погрузчик ПСС-5,5 по сравнению с ПСК-5,0 менее энергоемок (потребляемая мощность в 2,7, а удельная энергоемкость в 7,6 раза меньше ПСК-5,0), имеет

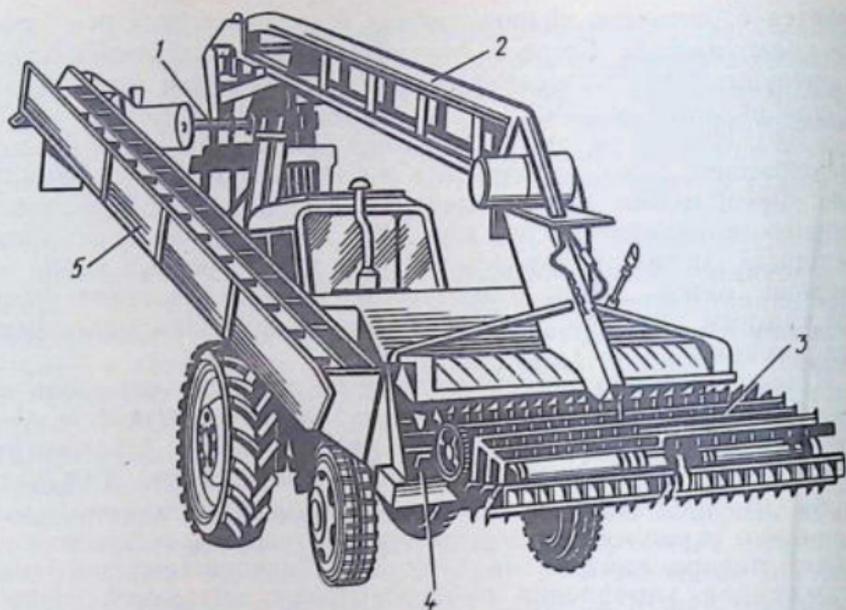


Рис. 2.10. Погрузчик силоса и сенажа ПСС-5,5:

1 — рама с системой навески; 2 — стрела; 3 — отделитель; 4 — приемный бункер со шнеком; 5 — загрузочный транспортер.

более высокую (в 4,8—5,4 раза) производительность и более надежен в работе.

Целесообразность применения универсальных и специализированных погрузчиков сенажа и силоса на фермах с различным поголовьем просматривается из анализа графика (рис. 2.11). На небольших фермах (до 250...300 гол.) наиболее выгодно использовать универсальные погрузчики типа ПЭ-0,8 или ПГ-0,2.

При этом приведенные затраты на 1 т погруженного силоса или сенажа минимальные. Погрузчик ПСК-5 эффективно использовать на фермах до 500 гол., а ПСС-5,5 — на фермах свыше 500 гол.

Производительность фрезерных погрузчиков циклического действия определяют по

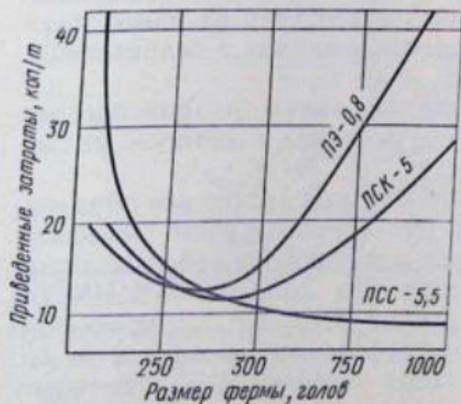


Рис. 2.11. Экономическая эффективность использования погрузчиков в зависимости от размера фермы (по В. А. Ясенецкому).

формуле

$$Q = V/t_{цр}, \quad (2.24)$$

где V — объем массы, срезаемой за один рабочий цикл, m^3 ; $t_{цр}$ — продолжительность цикла, ч; ρ — объемная плотность срезаемого материала, τ/m^3 .

Погрузчики с вертикальным перемещением фрезерного барабана срезают слой объемом

$$V = hBH,$$

где h — глубина фрезерования, м; B — ширина фрезерных барабанов, м; H — высота фрезерования, м.

Глубина фрезерования h для фрезерных погрузчиков маятникового типа является переменной величиной, а высота фрезерования (бурта) H определяется дугой окружности, описываемой стрелой.

Для эксплуатационных расчетов с достаточной степенью точности объем врезанной массы корма V за один цикл можно определить по формуле

$$V = hBHk_n, \quad (2.25)$$

где k_n — высотный коэффициент (при высоте бурта до 1,25 м; 2,5; 3,75 и 5,0 м коэффициент k_n соответственно равен 0,63; 0,75; 0,81; 0,72).

Продолжительность рабочего цикла равна

$$t_{ц} = t_1 + t_2 + t_3, \quad (2.26)$$

где t_1 , t_2 , t_3 — время на фрезерование, подъем фрезбарабана в верхнее положение и время установки на заданную глубину фрезерования, с.

Оборудование для загрузки и разгрузки сенажных башен.

При достаточно больших объемах заготовки кормов в хозяйствах применяют следующую систему механизации. Сырье подвозят с поля в самосвальных и саморазгружающихся транспортных средствах и выгружают на площадку около башен, используя ее в качестве регулирующей емкости в поточной линии загрузки. С площадки корм загружается грейферным погрузчиком ПЭ-0,8 в стационарно установленный кормораздатчик-питатель КТУ-20, который затем подает ее в транспортер-загрузчик башен ЗБ-50. Питатель-дозатор КТУ-20.000 представляет собой кормораздатчик КТУ-10А, оборудованный комплектом сменных частей КТУ-20. При работе питателя на стационаре от электропривода управляет машиной оператор (машинист IV разряда) с площадки (рис. 2.12), где установлены кнопочный пост пуска и установки питателя и подающего транспортера ЗБ-50. Там же имеется рукоятка «в» привода механизма и регулировки подачи корма путем изменения скорости питающего транспортера. Для предохранения оператора от попадания на него частиц корма впереди установлена защитная сетка 2, а для предотвращения переваливания корма на кузов через верхний битер 3 над битерами

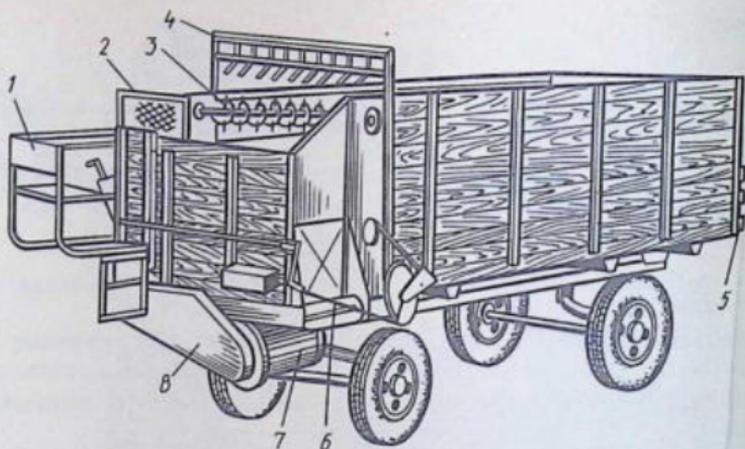


Рис. 2.12. Питатель-дозатор КТУ-20.000, смонтированный на раздатчике КТУ-10. 1 — площадка оператора; 2 — защитная сетка; 3 — верхний битер; 4 — граблевидное ограждение; 5 — дополнительное днище; 6 — рукоятка привода механизма регулировки подачи массы; 7 — электродвигатель; 8 — защитный кожух.

установлено граблевидное ограждение 4. Дополнительное днище 5 исключает потери корма. Электродвигатель 7 мощностью 7,5 кВт подвешен под рамой в передней части питателя. Движение механизмов от электродвигателя 7 передается цепной передачей 8, закрытой кожухом.

В качестве питателей-дозаторов сенажной массы используют также КТУ-40.000, ПДК-Ф-40, ПДК-Ф-12 и ПДК-Ф-3. Конструктивные особенности дозаторов типа ПДК состоят в возможности транспортным средством разгружаться непосредственно в питатель (аналогично ПЗМ-1,5).

Для механизации работ по загрузке башен, разравниванию в них сенажа, выгрузке его из башен и последующей транспортировки в коровники каждую башню комплектуют транспортером-загрузчиком башен ТЗВ-50 и распределителем-разгрузчиком сенажа РРС-Ф-50-6. Последний заменяет две машины: распределитель массы в башне РМБ-9,15 и разгрузчик башни верхний РБВ-6, применявшиеся в башнях БС-9,15 выпуска до 1983 г.

Транспортер-загрузчик башен ЗБ-50 (рис. 2.13) предназначен для загрузки сенажа в башню с подачей его по трубе на высоту до 24 м. Загрузчик представляет собой передвижной пневматический транспортер, рабочими органами которого являются вентилятор-швырялка и питающий механизм. Питающий механизм состоит из приемной камеры, в которой расположены два диска, вращающиеся в разные стороны с высокой частотой. Механизм привода включает электродвигатели привода вентилятора-швырялки и дисков, цепную и клиноременную передачи.

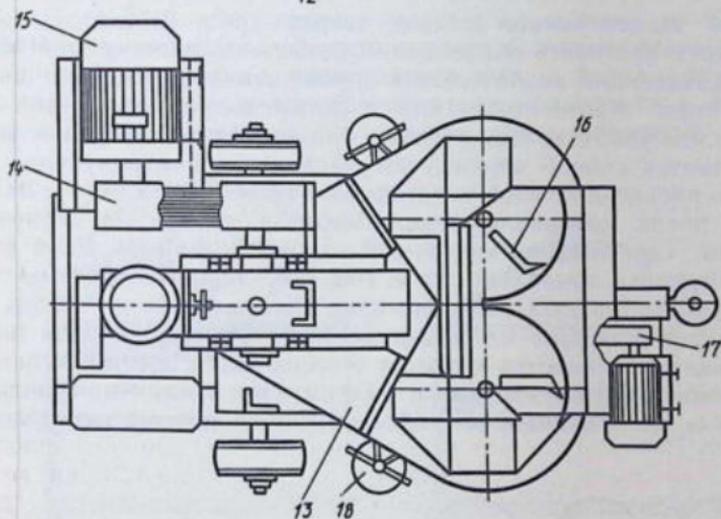
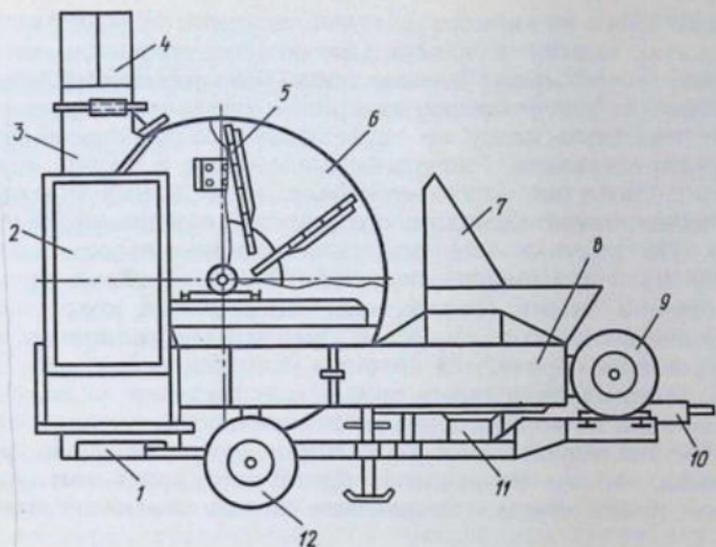


Рис. 2.13. Схема пневматического конвейера-загрузчика башен ЗБ-50:

1 — рама; 2 — шкаф управления; 3 — выходная горловина; 4 — соединительный телескопический патрубок; 5 — ротор швырялки; 6 — кожух швырялки; 7 — приемная камера; 8 — камера питателя; 9 — электродвигатель питателя; 10 — прицепная серьга; 11 — редуктор привода питателя; 12 — ходовые колеса; 13 — переходный патрубок; 14 — клиноременная передача; 15 — электродвигатель; 16 — диск питателя; 17 — цепная передача; 18 — домкрат.

Сенажная масса из кормораздатчика-питателя КТУ-20 поступает в приемную камеру к дискам питающего аппарата, которые разделяют поток массы на две примерно одинаковые части и направляют их к вентилятору-швырялке. Воздушный поток перемещает сенажную массу по трубе пневмозагрузчика в башню через распределитель. Распределение сенажа в башне необходимо проводить так, чтобы его поверхность всегда оставалась практически ровной. Однако добиться этого в реальных условиях сложно. На рисунке 2.14 показаны разные способы верхней загрузки башен. Наиболее простой способ — подача корма в центр сечения башни (рис. 2.14, а). Однако так можно загружать башни небольшого диаметра (до 6 м), так как при загрузке в центре башни образуются колонны уплотненного корма. Такие колонны, сформировавшись в разные дни загрузки, редко располагаются одна на другой, и возникает опасность, что они, оседая, создают столь значительное несимметричное давление на стенку хранилища, что она разрушится. Кроме того, при таком способе загрузки общая степень заполнения башни оказывается невысокой.

При эксцентричной подаче сверху (рис. 2.14, б) у стенки возникает опасность образования наклонной уплотненной колонны, вызывающей значительный опрокидывающий момент внутри хранилища. Кроме того, как и в предыдущем случае, корм остается неуплотненным у стенок башни. Наиболее эффективным оказывается способ верхней загрузки через центр купола с помощью распределителей метательного типа (рис. 2.14, в). Важно, чтобы поток материала падал ближе к стенке, на периферию сечения, где больше места для хранения корма. Если поток ориентировать правильно, то в этой зоне образуется симметричный кольцеобразный слой плотного силоса. Если же поток располагается кольцом непосредственно у стенки, то при осадке материал заваливается к центру и образуются пустоты как внутри кормового монолита, так и у стены. При увеличении диаметра башни более 9 м качество работы распределителей метательного

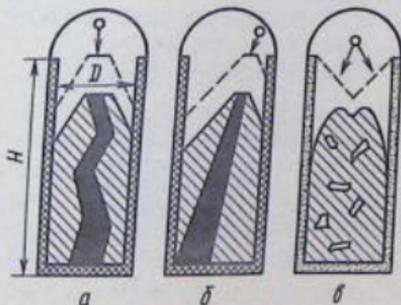


Рис. 2.14. Схема загрузки сенажных башен:

а — сверху в центр без распределения массы; б — сверху от стены башни; в — сверху по центру с применением распределителей метательного типа.

типа улучшается и в этих случаях применяют распределители более сложной конструкции, например шнековые.

Распределитель-разгрузчик сенажа РРС-Ф-50-6. Распределитель-разгрузчик предназначен для равномерного принудительного распределения измельченного сенажируемого сырья при закладке его на хранение и выгрузке сенажа из башенных хранилищ БС-9,15. Распределитель-разгрузчик может работать в двух технологических режимах: распределение измельченного сенажного сырья по всей открытой поверхности монолита в башне; выгрузка сенажа из башни (после некоторой переналадки).

Разгрузчик предназначен для верхней боковой выгрузки сенажа из хранилищ башенного типа. Разгрузчик двухшнековый с однотросовой подвеской состоит из двух основных частей: подвижной — вращающейся вокруг вертикальной оси и неподвижной — подвешенной к потолку башни на тросе 3 (рис. 2.15). Свободный конец троса намотан на барабан электролебедки 4, смонтированной на стене башни 2 с наружной стороны на высоте, доступной для управления положением разгрузчика с земли.

К опорному треугольнику 13 прикреплены выгрузная труба с дефлектором 11 и подвижная часть разгрузчика, состоящая из вентилятора-швырялки 7, двух шнеков 6, механизма привода с цепочным зацеплением, электродвигателем и рамы с противовесами. При включении электродвигателя приводятся в работу ведущий механизм движителя, шнеки и ротор швырялки. Веду-

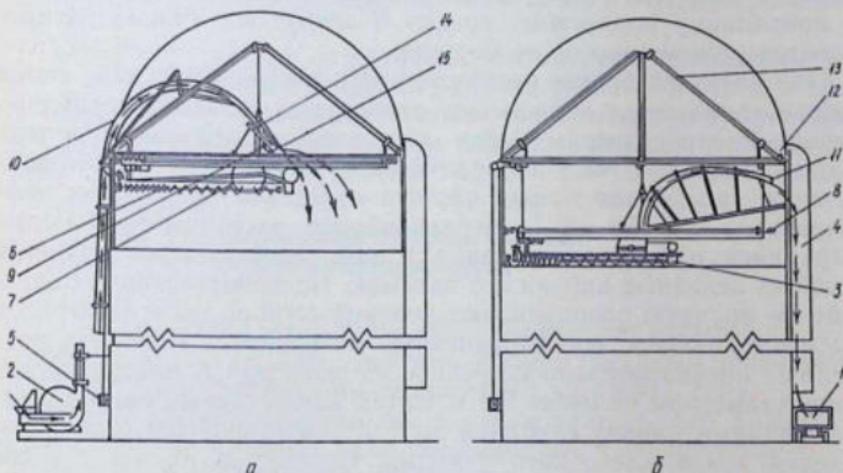


Рис. 2.15. Схема работы распределителя-разгрузчика сенажной массы:

1 — транспортное средство; 2 — загрузчик башни; 3 — раздаточная коробка; 4 — выгрузная шахта; 5 — электролебедка; 6 — шнек; 7 — швырялка; 8 — подвесное кольцо; 9 — распределительный механизм; 10, 11 — загрузочный и разгрузочный дефлектор; 12 — башня; 13 — тренога; 14 — лоток распределительного механизма; 15 — битер распределительного механизма.

щая звездочка цепочного зацепления поворачивает разгрузчик вокруг вертикальной оси башни, шнеки фрезеруют поверхностный слой сенажного монолита и транспортируют сенаж к швырляке, которая через дефлектор 11 и выгрузной люк выбрасывает его в шахту и далее в транспортное средство.

Рабочие органы собственно разгрузчика — питатель и швырляка. Питатель состоит из двух шнеков, рыхлителей и приводного механизма. Шнеки вращаются в противоположных направлениях, на их витках укреплено по 600 режущих ножей. На наружном конце вала каждого шнека установлен рыхлитель-фреза с шестью ножами, которые разрушают промерзлые слои сенажа около стены башни. Швырляка состоит из камеры, вала крестовины и четырех лопастей. Ротор швырляки приводится во вращение клиноременной передачей от электродвигателя, ток к которому подводится при помощи токосъемника (коллектора), смонтированного на опорном треугольнике подвески. Для работы разгрузчика в режиме распределения на выгрузную горловину швырляки 7 устанавливают распределительный механизм 9. После этого распределитель-разгрузчик с помощью треноги 13 (рис. 2.15, а) и электролебедки 2 переводят в верхнее положение, то есть под купол башни. Подаваемый загрузчиком через загрузочный дефлектор 10 материал поступает на лоток 14 распределительного механизма и далее на лопасти вращающегося бitera 15. Под действием центробежных сил сенажная масса сходит с лопаток и при вращении распределителя-разгрузчика по приводному подвесному кольцу 8 вокруг оси башни распределяется равномерно по ее сечению.

При загрузке башни распределитель настраивают так, чтобы измельченное сырье осаждалось равномерно по всему периметру башни. Распределитель сырья допускает регулировку частоты вращения крыльчатки и периодически настраивается оператором. По мере заполнения башни частота вращения крыльчатки увеличивается с 5 до 15^{-1} . Неравномерное распределение сырья затрудняет работу разгрузчика и при эксплуатации является одной из основных причин его поломок. После заполнения башни рабочие вручную разравнивают верхний слой сырья и уплотняют его утаптыванием. На выровненную поверхность монолита растапливают предварительно склеенное из полимерной пленки полотно диаметром не менее 9,5 м. Затем вдоль стены башни вырывают вилами канаву глубиной до 1 м и шириной 0,4...0,5 м для заделки краев пленочного укрытия. Сверху на пленку подают загрузчиком свежескошенную траву (4...5 т) и после укрытия в последующие 20 дней наблюдают за усадкой сенажа и пленки. Подготавливая башню к разгрузке, необходимо выполнить следующие операции: открыть выгрузной люк над сенажем и дверь купола; хорошо проветрить башню, соблюдая указания по тех-

нике безопасности; подготовить разгрузчик к работе, руководствуясь инструкцией по его эксплуатации; удалить пленку укрытия с оставшейся на ней присыпкой.

Для работы распределителя-разгрузчика в режиме выгрузки сенажа из башни взамен распределительного механизма 9 на выгрузную горловину швырялки 7 устанавливается разгрузочный дефлектор 11 (рис. 2.15, б). При вращении распределителя-разгрузчика по приводному кольцу вокруг оси башни шнеки фрезеруют поверхностный слой сенажа и транспортируют его в швырялку. Швырялка через дефлектор 11 выбрасывает сенаж в выгрузную шахту 4 и далее в транспортное средство 1 или через установленный транспортер в линию раздачи кормов. Распределитель-разгрузчик через каждый оборот вокруг оси башни автоматически опускается на заданную глубину в строгом соответствии с нормами кормления. Производительность механизма при распределении сенажа 50 т/ч, а при выгрузке — от 6 до 10 т за 1 ч чистой работы. Суммарная установленная мощность электродвигателей — 22 кВт.

При разгрузке башни необходимо следить, чтобы дефлектор разгрузчика находился на высоте 2,5...3,5 м от поверхности монолита. Чтобы остающийся сенаж в башне не портился, рекомендуется первые 1,2...2 м высоты монолита выбирать слоем 20 см, а в дальнейшем — не менее 7 см, если расход сенажа по графику кормления не требует большого расхода. Разгрузчик опускается через каждые 2 мин работы. Величину опускания или подъема разгрузчика контролируют по меткам на тросе (подвязкой узелков).

Перед остановкой разгрузчика его следует приподнимать на 150...200 мм для самоочистки рабочих органов, а перед следующим пуском в работу убеждаются, что разгрузчик приподнят. После полной выгрузки сенажа башню очищают и закрывают нижний люк выгрузной шахты.

Хранилища грубых кормов и корнеклубнеплодов

Хранилища грубых кормов предназначены в основном для размещения в них сена. Их конструкция и применяемое оборудование обусловлены технологией заготовки сена.

Неизмельченное рассыпное и прессованное сено хранится в сараях и под навесами. Для досушивания и последующего хранения прессованного сена используют сенохранилища, построенные по типовым проектам 817-140; 817-150; 801-306 и др. В зависимости от размеров хранилища и особенностей его строительных конструкций, природных условий, уровня грунтовых вод и материально-технических возможностей хозяйства хранилища оборудуют внутривольными или напольными вентиляционными уста-

новками. Главный воздухопроводящий канал и отходящие от него в одну или обе стороны решетчатые настилы изготовляют из деревянных брусков, жердей, металлических прутьев и др.

Хранилища с внутрипольными заглубленными установками имеют главные распределительные каналы переменного сечения и разную степень заглубления (рис. 2.16). При использовании напольных вентиляционных установок (рис. 2.17) главный воздухопроводящий канал сообщается с каналами решетчатых настилов. Исследования, проведенные НИПТИМЭСХ НЗ, показали, что более удобны в эксплуатации хранилища с внутрипольными вентиляционными установками, однако они дороже и требуют низкого стояния грунтовых вод. Напольные установки позволяют эффективно досушивать тюки сена, их можно установ-

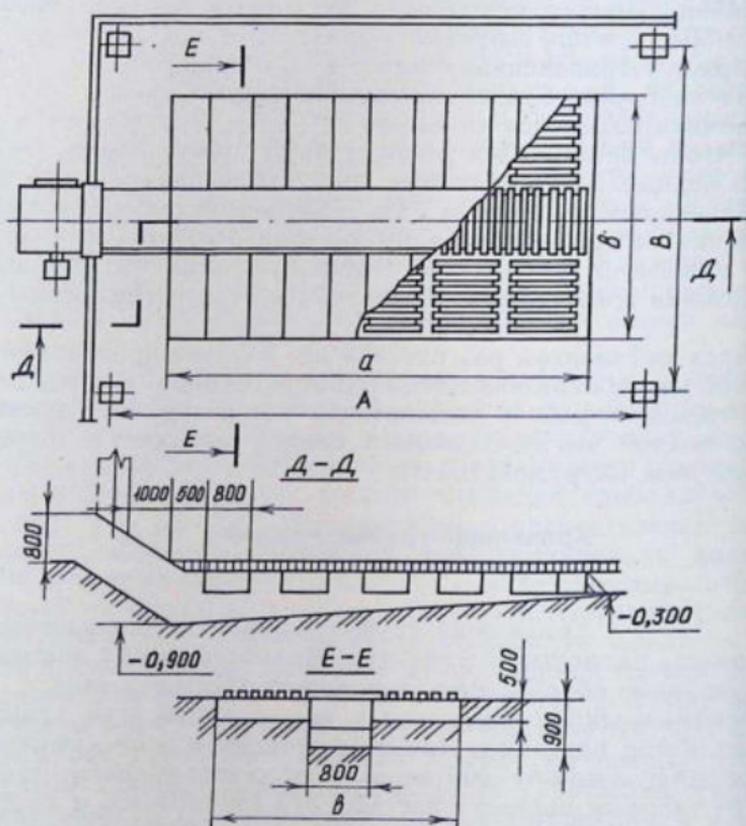


Рис. 2.16. Схема внутрипольной вентиляционной установки с двусторонним расположением боковых воздухопроводящих каналов и решетчатых настилов.

ливать практически в любом хранилище, и они дешевы в изготовлении.

При проектировании и сооружении вентиляционных установок в хранилищах грубых кормов необходимо выполнять следующие требования.

Площадь вентиляционной установки S (главный канал, боковые решетчатые настилы и безрешетчатая зона по периметру хранилища) должна быть такой величины, чтобы вентилятор обеспечивал удельную подачу воздуха около 800 м^3 в час на 1 м^2 площади в районах с сухим климатом и до $1200 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 м^2 — в районах с повышенной влажностью;

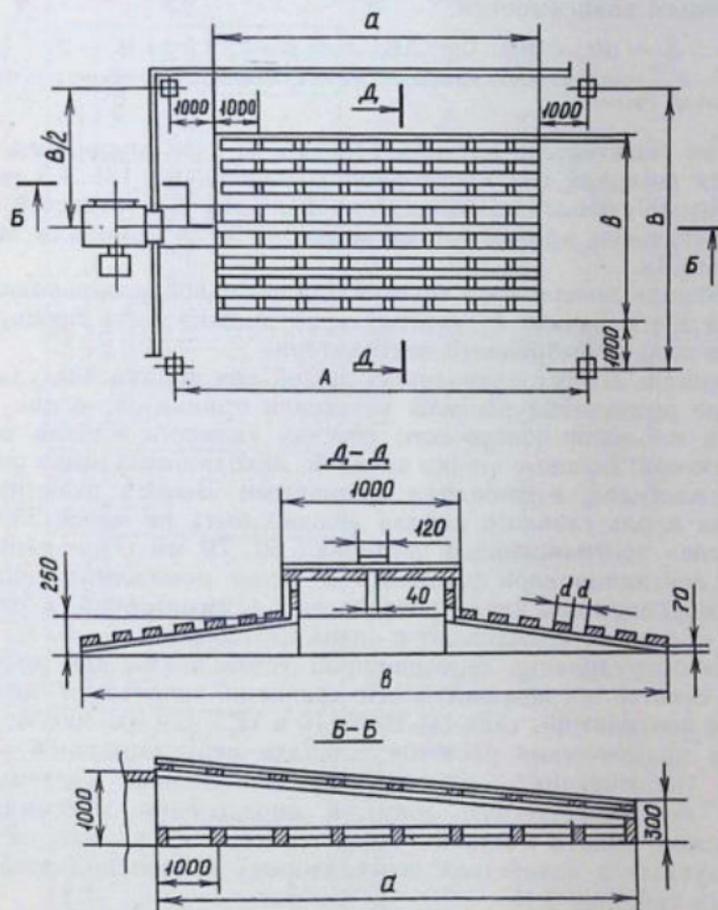


Рис. 2.17. Схема напольной вентиляционной установки с двусторонним расположением боковых решетчатых настилов.

основные размеры вентиляционной установки определяют (по проф. В. С. Сечкину) исходя из условия

$$S = Q/q = AB, \quad (2.27)$$

где Q — подача вентилятора, $\text{м}^3/\text{ч}$; q — требуемая в условиях хозяйства удельная подача воздуха, равная $800\text{--}1200 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 м^2 площади; A, B — длина и ширина установки (включая безрешетные зоны), м (см. рис. 2.17).

$$A = \sqrt{1,5Q/q}; \quad B = A/1,5. \quad (2.28)$$

Воздухораспределительная система установки (главный канал и боковые решетчатые настилы) должна быть таких размеров, чтобы ее площадь составляла не менее $50\text{--}60\%$ от всей площади вентиляционной установки; ее размеры определяют по следующим зависимостям:

$$S = ab = (0,5\text{--}0,6) AB; \quad a = A - 2; \quad b = B - 2, \quad (2.30)$$

где S, a, b — соответственно площадь сечения, длина и ширина воздухораспределительной системы.

Края решетчатого настила удаляют от стен хранилища и от настила соседней вентиляционной установки на $1,0\text{--}1,5 \text{ м}$.

Суммарную площадь воздухопроводящих поверхностей (щелей) установки принимают не менее 40% от площади общей поверхности.

Площадь поперечного сечения главного воздухопроводящего канала в его начале (у вентилятора) должна быть пропорциональна подаче выбранного вентилятора.

Площадь воздухопроводящих щелей для подачи воздуха под боковые решетчатые настилы установки принимают в два раза больше площади поперечного сечения главного канала около вентилятора. Боковые стенки каналов, находящиеся выше решетчатых настилов, изготавливают сплошными. Высота решетчатого настила вдоль главного канала должна быть не менее 250 мм , а у краев вентиляционной установки $50\text{--}70 \text{ мм}$. При оборудовании вентиляционной установки в узком помещении главный воздухопроводящий канал располагают асимметрично, а решетчатый настил устанавливают с одной его стороны.

При оборудовании сенохранилищ установками для досушивания сена и последующего его хранения используют центробежные вентиляторы типа Ц4-70 № 10 и 12,5 или 0,6-300 № 12,5.

Для практических расчетов площади вентиляционной установки (включающую воздухораспределительную систему и вокруг нее безрешетную зону) и определения максимально допустимой высоты загрузки тюков (исходя из характеристики используемых в хозяйствах вентиляторов) можно пользоваться данными таблицы 2.15.

Хранилища в период досушивания прессованного сена работают в следующем режиме. Доставленные с поля тюки равно-

2.15. Характеристика вентиляционных установок, рекомендуемых для досушивания прессованного сена в хранилищах
(по В. С. Сечкину)

Техническая характеристика вентилятора при КПД 0,6...0,7		Размер вентиляционной установки, м, при удельной подаче воздуха, м ³ /(м ² ·ч)													
		800					1200								
		тип и марка вентилятора		номер вентилятора	мощность электродвигателя, кВт	частота вращения ротора, мин ⁻¹	подача, тыс. м ³ /ч	номер (давления) воздушного потока, Па	длина	ширина	длина	ширина	высота слона тюков, м		
10	Ц4-70	10	7,5	750	33	588	7,9	5,9	5,2	3,2	6,4	4,4	4,3	2,3	3,7
10		10	10	845	38	735	8,4	6,4	5,6	3,6	6,9	4,9	4,6	2,6	4,6
10		10	17	970	42	931	8,9	6,9	5,9	3,9	7,3	5,3	4,8	2,8	5,8
12,5		12,5	10	600	53	568	10,0	8,0	6,7	4,7	8,1	6,1	5,4	3,4	3,6
12,5		12,5	17	670	60	755	10,6	8,6	7,1	5,1	8,7	6,7	5,8	3,8	4,7
12,5	0,6-300 (соединенные последовательно попарно)	12,5	3,5+3,5	730	35	441	8,1	6,1	5,4	3,4	6,6	4,6	4,4	2,4	2,8

мерно загружают на вентиляционную установку слоем 1 м и сразу же включают вентиляторы. Далее при работающем вентиляторе высоту слоя увеличивают до 1,5...2 м. В течение первых двух суток, а при неблагоприятной погоде трех вентилярование проводят непрерывно. В последующие двое суток вентиляторы работают только в дневное время (с 9 до 20 ч). По истечении 4...6 суток, когда сено в верхних тюках первого слоя подсохнет до влажности 20...25 %, укладывают второй ряд тюков высотой 1...1,5 м и в течение последующих двух суток вентилируют все загруженное в хранилище сено. Затем на двое суток вентиляторы включают только в дневное время — с 9 до 20 ч.

Допускаемая высота слоя тюков на вентиляционной установке хранилища может быть определена по формуле

$$H = p/q,$$

где p — напор, создаваемый вентилятором, Па; q — сопротивление слоя тюков толщиной 1 м, Па/м (принимают равным около 160 Па/м).

Общая продолжительность вентилирования в процессе досушки тюков зависит от погодных условий и может колебаться в значительных пределах от 120 до 220 ч.

После просыхания верхних тюков последнего загруженного слоя до кондиционной влажности (17 %) вентилирование прекращают. Через несколько дней сено проверяют на готовность к длительному хранению. С этой целью включают вентилятор и по температуре выходящего из хранилища воздуха определяют наличие или отсутствие в нем очагов самосогревания сена. При обнаружении таких очагов (температура воздуха в этом случае повышается) сено дополнительно вентилируют один или несколько раз в течение 4...6 ч.

Для досушивания и хранения рассыпного измельченного сена используют решетчатые башни (рис. 2.18). Башня состоит из каркаса — 8...10 деревянных столбов, установленных

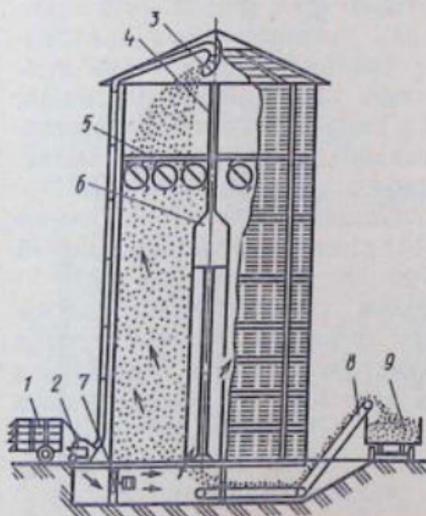


Рис. 2.18. Схема решетчатой башни для хранения и досушивания измельченного сена:

1 — дозатор; 2 — пневмотранспортер; 3 — распределительное устройство; 4 — штанга; 5 — выгрузное устройство; 6 — цилиндр-шахтообразователь; 7 — вентилятор; 8 — транспортер ленточный; 9 — кормораздатчик.

на железобетонных пасынках по окружности диаметром 8 м. Внизу, на расстоянии 2 м от грунта, укрепляют радиальные бруссы, пространство между которыми наглухо зашивают досками. В центре оставляют отверстие диаметром в 1,5 м для подключения воздухопроводов и устройства выгрузки сена. На вертикальные столбы крепят жалюзи из деревянных планок для предохранения наружного слоя сена от атмосферных осадков и прямых солнечных лучей. Крышу башни покрывают кровельным материалом. Общая высота башни 14 м, вместимость — около 100 т.

Технологический процесс заполнения башни массой и выгрузки сена заключается в следующем. Провяленную измельченную массу влажностью не более 45 % выгрузным механизмом прицепа-кормораздатчика КТУ-10А подают на пневматический транспортер ТЗ-50 и далее в башню, где по распределительному лотку воздушным потоком она забрасывается по ее периметру. В процессе загрузки лоток поворачивают, а шахтообразователь (пробка) должен находиться постоянно у верхнего уровня насыпи. Если пробка поднимается несвоевременно и на ней образуется большая насыпь загружаемой массы, то в этом случае значительно увеличивается усилие подъема и может оборваться трос.

Башню загружают в два этапа. Сначала на ее дно укладывают слой травы высотой 1,0...1,5 м, высушенной до влажности 35...45 %, а затем дополняют его до 5,0...6,0 м и вентилируют в течение 4...5 дней. После этого загружают второй слой и вентилируют до полного высыхания (16...18 %). Режим сушки массы в хранилище башенного типа контролируют либо установкой дистанционных термометров, либо по температуре выходящего из башни воздуха при вентилировании сена.

Литовским НИИМЭСХом (г. Каунас) разработан экспериментальный проект механизированной сушилки-хранилища сена на 1200 т за сезон, где использованы принципы нагрева вентилируемого воздуха солнечной энергией. Сушилка-хранилище представляет собой каркасное одноэтажное производственное здание (рис. 2.19, а) с шириной пролета 18 м, в полу которого устроены вентиляционные каналы и уложены деревянные решетки. Кровельным покрытием служат коллекторы, которые выполняют функцию несущей и ограждающей конструкции, а также являются устройством, аккумулирующим солнечную энергию. Коллектор (рис. 2.19, в) состоит из трех заблокированных между собой стеклопластиковых оболочек желобчатого профиля, внутренней поверхность которых окрашена в черный цвет. Коллектор покрыт прозрачной армированной полихлорвиниловой пленкой. Площадь солнечного коллектора, включающего кровельное и боковое покрытие (рис. 2.19, б), составляет 2000 м². Техноло-

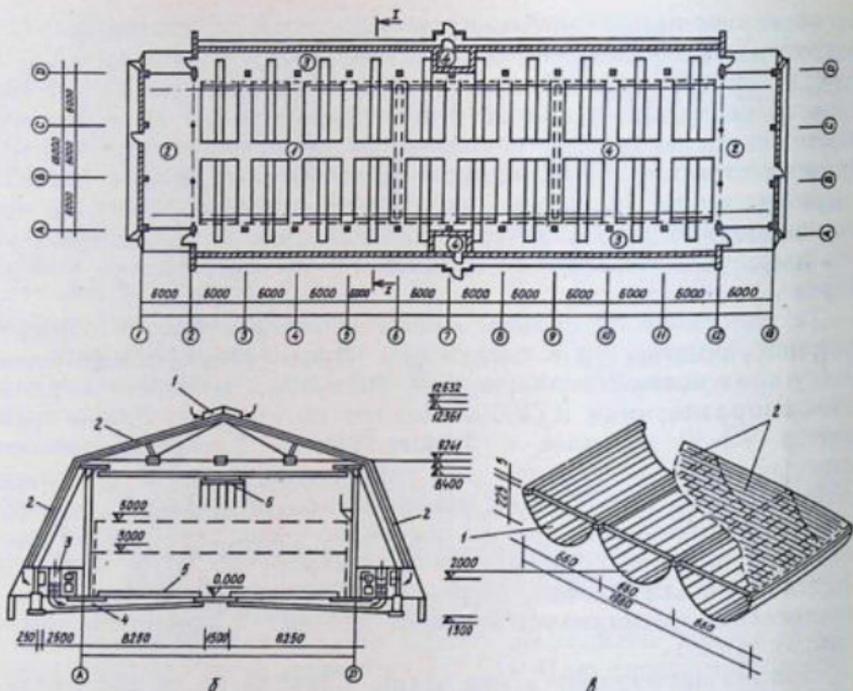


Рис. 2.19. План сушилки-хранилища сена (а) и ее разрез (б) и фрагмент солнечного коллектора (ЛитНИИМЭСХ):

а) 1 — сушилка; 2 — погрузочно-разгрузочная площадка; 3 — вентиляционная; 4 — электрошитовая; б) 1 — воздухозаборная шахта; 2 — канал солнечного коллектора; 3 — вентиляторы ВЦ-70 № 10; 4 — заглубленные вентиляционные каналы; 5 — вентиляционная решетка; 6 — грейферные погрузчики; а) 1 — стеклопластиковая оболочка, покрытая черной краской; 2 — прозрачная армированная пленка.

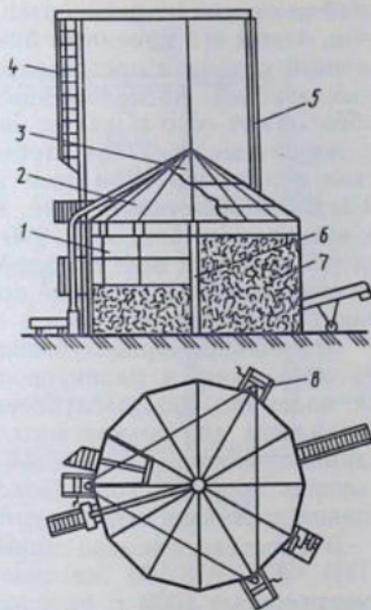
гический процесс получения высококачественного сена состоит в том, что массу, подвяленную до 40...45 %, подвозят и разгружают на специальные площадки, расположенные в торцах здания (рис. 2.19, а), откуда ее двумя грейферными погрузчиками производительностью 20...26 т/ч каждый равномерно укладывают высотой слоя 3 м на вентилируемый пол. Досушка массы до 25 %-ной влажности производится интенсивным продуванием слоя теплым воздухом, который засасывается двадцатью вентиляторами из солнечного коллектора. Затем массу догружают до высоты слоя 5 м и высушивают до установленной влажности.

Общая сметная стоимость сушилки-хранилища составляет 170 тыс. руб., площадь застройки — 1750 м², установленная мощность электродвигателей — 310 кВт.

Бесстенные сенные башни (рис. 2.20) дают возможность вести заготовку сена при любых погодных условиях, полностью меха-

Рис. 2.20. Схема бесстенной башни для хранения и досушивания сена:

1 — стогообразователь; 2 — крыша; 3 — распределительное устройство; 4, 5 — направляющие опоры; 6 — шахтообразователь; 7 — измельченная масса; 8 — лебедка.



низировать все процессы, хорошо сохранить питательные вещества в сене при длительном ее хранении.

Башня состоит из установленных по окружности на одинаковом расстоянии опор (труба диаметром 250 мм, уголок 40×40 при форме сечения 450×450) высотой 14 м. К каждой опоре крепится лебедка или электро-трольфер для подъема крыши-шатра. Диаметр крыши 10 м. По окружности крыши крепится «юбка», которая состоит из двух частей: верхняя — высотой 0,9...1,0 м из

готовлена из цельного листового железа; нижняя часть высотой 1,00...1,2 м из металлической сетки с ячейками 100×100 мм. Крыша с «юбкой» придает укладываемой массе форму стога. Сверху в вершину куполообразной крыши вставляют трубу диаметром 400 мм, по которой измельченная масса подается в пространство, образованное поверхностью цилиндра с конусной пробкой, и равномерно укладывается с помощью распределителя 3. Пробка диаметром 1,3 м и высотой 1,8 м (высота цилиндрической части 1,25 м) подвешивается к внутренним фермам на специальном тросе. По мере наполнения башни крышу-шатер поднимают вместе с конусной пробкой, которая и образует вертикальный дренажный канал — шахту 6.

Измельченную массу влажностью 35...45 % подвозят к башне, выгружают на площадку и погрузчиком ПЭ-0,8 подают в стационарно установленный кормораздатчик КТУ-10К, откуда он пневмотранспортером перемещается в верхнюю часть стогообразователя.

После досушивания первого слоя крышу поднимают при помощи лебедок и процесс загрузки повторяют. Закладку ведут слоями по 2,0...2,5 м в сутки, при этом получают сено определенной влажности и плотности укладки.

По окончании досушивания снимают пробку-шахтообразователь и распределительное устройство, устанавливают разгрузоч-

ный механизм и транспортер. Последний монтируют таким образом, чтобы его приемный бункер находился под шахтой. Разгрузочный механизм представляет собой три линии валковых роторных граблей, расположенных под углом 120°. Вращаясь, они сбрасывают сено в шахту, которое транспортером подается либо в мобильные средства, либо непосредственно в животноводческие помещения. При этом крыша периодически опускается на 0,3...0,4 м. Плотность сена в башне составляет 130...150 кг/м³, а вместимость башни до 150 т. По данным специалистов, такой способ загрузки сена позволяет снизить затраты труда в 1,4 раза по сравнению с заготовкой прессованного и в 2,2 раза по сравнению с досушиванием сена в скирдах.

Хранилища корнеклубнеплодов в зависимости от уровня пола по отношению к планировочной отметке грунта подразделяют на наземные, полузаглубленные и заглубленные. Вместимость хранилища для конкретного хозяйства выбирают исходя из заданного рациона и поголовья скота. Разработано большое число типовых проектов корнеплодохранилищ для различных районов разной вместимости и объемно-планировочных решений.

В качестве примера приведем следующие типовые проекты (ТП). ТП 813-160 механизированного корнеплодохранилища вместимостью 1000 т, разработанного БелНИИ Гипросельстрой. Корнеплодохранилище предназначено для хранения картофеля на свиноводческих фермах совхозов и колхозов. Проектом предусматривается блокировка хранилища с кормоцехом. Картофель хранится навалом в помещении (рис. 2.21) с высотой насыпи 4,6 м в условиях активной вентиляции с подачей воздуха непосредственно в насыпь. Загружают картофель в хранилище самоходным транспортером-погрузчиком ТЗК-30 (2), выгружают и транспортируют в кормоцех транспортерами СТХ-30А (1) и ТПК-30 (3).

Корнеплодохранилище вместимостью 1000 т (ТП 8313-76/75) и 2000 т (ТП 813-154), разработанное Гипронисельпромом (г. Орел), включает: помещение для хранения корнеплодов 1, тамбур 2, вентиляционную камеру 3, электрощитовую 4, помещение для мойки и резки корнеплодов 5, экспедицию 6 (рис. 22.2). Проекты различаются вместимостью хранилищ и внутренней планировкой помещений. При проектировании и сооружении корнеплодохранилищ особое внимание уделяют созданию такого микроклимата, при котором все жизненные процессы в продукте максимально замедляются. Основные требования, предъявляемые к хранилищам, сводятся к следующему:

полная изоляция корнеклубнеплодов от действия внешних факторов — высокой и низкой температуры, влажного наружного воздуха, атмосферных осадков, вредного влияния дневного света; сохранение внутри хранилища на весь период хранения неза-

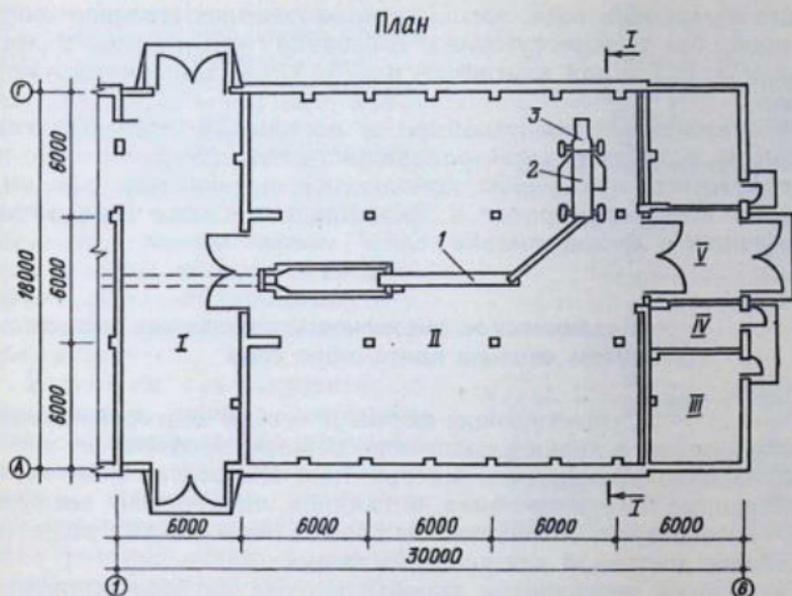
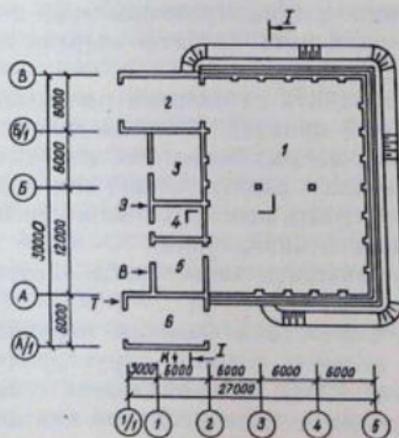


Рис. 2.21. План механизированного корнеплодохранилища вместимостью 1000 т (ТП № 813-160):

I — кормозагрузочная; *II* — помещение для хранения картофеля; *III* — венткамера; *IV* — электрощитовая; *V* — тамбур. *1* — система транспортеров СТУ-40А; *2* — транспортер-разгрузчик ТЗК-30; *3* — транспортер-подборщик ТПК-30.

Рис. 2.22. План механизированного корнеплодохранилища вместимостью 1000 т с помещением для мойки и резки корнеплодов (ТП № 813-76/75):

1 — помещение хранения; *2* — тамбур; *3* — венткамера; *4* — электрощитовая; *5* — помещение для мойки и резки корнеплодов; *6* — экспедиция.



который непосредственно вводится в рацион животных. В нашей стране созданы соковые линии КЗП-2,0 (РИСХМа), ЦНИИПТИМЭЖа и др. Такая технология проста по структуре и не требует сложного оборудования. Однако при ее практической реализации встречается ряд трудностей: свежееотжатый сок летом скисает через несколько часов, а для его полного использования хозяйствами необходимо иметь большое поголовье животных. Например, одна установка производительностью 5 т/ч по зеленой массе и 50 % отжима сока может обеспечить им (из расчета 1 кг сока на голову) 25 тыс. свиней. Сок растений содержит малое (не более 10 %) количество сухого вещества, поэтому даже при успешном решении вопроса его консервации экономическая эффективность использования хранилищ будет низкой. В этой связи соковая технология не нашла широкого практического применения как в нашей стране, так и за рубежом.

Второе направление — **пастовая технология**. Здесь сок подвергают коагуляции и разделяют на зеленую протеиновую пасту и коричневый сок, который используют в качестве удобрения. ПЗП непосредственно скармливают животным или консервируют и закладывают на хранение. Такая технология и оборудование несколько сложнее, чем в предыдущем варианте, однако в плане практических реализаций не представляют трудностей.

У нас в стране разработаны пастовые линии РИСХМа совместно с ВНИИКОМЖем (КЗК-6, производительностью 6 т/ч), а также ОКБ Электротехнологии ВНИИ кормов и др. К недостатку пастовой технологии следует отнести трудность хранения зеленой протеиновой пасты, для которой требуются специальные емкости. Эти емкости даже при использовании консервантов следует заполнять в сжатые сроки (1...2 дня) и тщательно герметизировать. Консистенция же пасты затрудняет последующую разгрузку хранилищ и ее транспортирование. При таком варианте технологии неизбежны потери части питательных веществ вместе с коричневым соком. Эти потери могут достигать 15...17 % сухого вещества и протеина от исходных в зеленой массе.

Третье направление — **выделение и переработка растительного сока в сухой протеиновый зеленый концентрат (КЗП) кормового назначения**. По такой технологии измельченную массу отжимают на прессах с выделением волокнистой и жидкой фракции. Жом скармливают животным, закладывают в сенаж или перерабатывают в травяную муку. Зеленый сок коагулируют путем нагрева до температуры 353 К с последующим механическим разделением на ПЗП и СК. Протеиновую зеленую пасту (ПЗП) высушивают на различного рода сушилках и хранят в виде муки или гранул. ПЗП можно получать путем непосредственной сушки зеленого сока на распылительных сушилках.

Такая технология упрощает вопросы хранения протеинового

зеленого концентрата, позволяет использовать серийно выпускаемое оборудование для получения травяной муки и гранул, внесения их в кормовые смеси. «Узким» звеном в этой технологии является утилизация коричневого сока (СК).

Четвертое направление — переработка зеленого сока в белковый концентрат не только кормового, но и пищевого назначения. В основу одного из наиболее отработанных вариантов такой технологии в условиях экспериментального производства положен принцип последовательной двукратной тепловой коагуляции зеленого сока при температуре 323...333 К и 353...363 К. Первая коагуляция и последующая переработка позволяют получить хлоропастовый концентрат — продукт кормового назначения с содержанием в сухом веществе 45...55 % протеина. Второй этап коагуляции дает светлый цитоплазмennyй концентрат пищевого назначения с содержанием сырого протеина до 88 %. Такое направление развития технологии влажного фракционирования наиболее перспективно.

Механизация процесса влажного фракционирования кормов предусматривает следующий набор машин и оборудования: измельчители, дезинтеграторы, прессы для отжима сока, коагуляторы, разделители, сушилки.

Предварительно зеленую массу измельчают косилками-измельчителями при скашивании травы. Дезинтеграция массы в линиях серии КЗК, которые разработаны РИСХМом и ВНИИКОМЖем, производится измельчителем ИЗМ-10. В основу его конструкции положен измельчающий аппарат «Волгарь-5». На раме 1 (рис. 2.24) установлены два электродвигателя 2, которые через муфты приводят во вращение шнеки 7 и 8. На концах валов этих шнеков установлены аппараты вторичного резания «Волгарь-5» (подвижные и неподвижные ножи). Зеленую массу подают в загрузочную горловину 4, которая шнеками 7 и 8 перемещается к измельчающим аппаратам 6, измельчается и далее поступает в приемный бункер отжимного пресса.

Прессовое оборудование, применяемое для отжима жидкой фракции из растительных материалов, подразделяется на два основных типа: периодического и непрерывного действия, которые выполняют на базе шнековых, вальцовых и ленточных конструкций. Подробный анализ конструкций прессов, теоретические предпосылки и методика их расчета проведены С. А. Пимкиным [15]. Им же предложен ленточный пресс оригинальной конструкции. Наибольшее распространение получили шнековые прессы. Повышение эффективности работы обеспечивается увеличением диаметра шпинделя шнека от загрузочного окна к выходу массы (конус), уменьшением диаметра камеры сжатия и соответственно диаметра шнека, уменьшением шага шнека, прессованием материала свободным витком шнека в камере давления.

который непосредственно вводится в рацион животных. В нашей стране созданы соковые линии КЗП-2,0 (РИСХМа), ЦНИИПТИМЭЖа и др. Такая технология проста по структуре и не требует сложного оборудования. Однако при ее практической реализации встречается ряд трудностей: свежееотжатый сок летом скисает через несколько часов, а для его полного использования хозяйствами необходимо иметь большое поголовье животных. Например, одна установка производительностью 5 т/ч по зеленой массе и 50 % отжима сока может обеспечить им (из расчета 1 кг сока на голову) 25 тыс. свиней. Сок растений содержит малое (не более 10 %) количество сухого вещества, поэтому даже при успешном решении вопроса его консервации экономическая эффективность использования хранилищ будет низкой. В этой связи соковая технология не нашла широкого практического применения как в нашей стране, так и за рубежом.

Второе направление — **пастовая технология**. Здесь сок подвергают коагуляции и разделяют на зеленую протеиновую пасту и коричневый сок, который используют в качестве удобрения. ПЗП непосредственно скармливают животным или консервируют и закладывают на хранение. Такая технология и оборудование несколько сложнее, чем в предыдущем варианте, однако в плане практических реализаций не представляют трудностей.

У нас в стране разработаны пастовые линии РИСХМа совместно с ВНИИКОМЖем (КЗК-6, производительностью 6 т/ч), а также ОКБ Электротехнологии ВНИИ кормов и др. К недостатку пастовой технологии следует отнести трудность хранения зеленой протеиновой пасты, для которой требуются специальные емкости. Эти емкости даже при использовании консервантов следует заполнять в сжатые сроки (1...2 дня) и тщательно герметизировать. Консистенция же пасты затрудняет последующую разгрузку хранилищ и ее транспортирование. При таком варианте технологии неизбежны потери части питательных веществ вместе с коричневым соком. Эти потери могут достигать 15...17 % сухого вещества и протеина от исходных в зеленой массе.

Третье направление — **выделение и переработка растительного сока в сухой протеиновый зеленый концентрат (КЗП) кормового назначения**. По такой технологии измельченную массу отжимают на прессах с выделением волокнистой и жидкой фракции. Жом скармливают животным, закладывают в сенаж или перерабатывают в травяную муку. Зеленый сок коагулируют путем нагрева до температуры 353 К с последующим механическим разделением на ПЗП и СЖ. Протеиновую зеленую пасту (ПЗП) высушивают на различного рода сушилках и хранят в виде муки или гранул. ПЗП можно получать путем непосредственной сушки зеленого сока на распылительных сушилках.

Такая технология упрощает вопросы хранения протеинового

зеленого концентрата, позволяет использовать серийно выпускаемое оборудование для получения травяной муки и гранул, внесения их в кормовые смеси. «Узким» звеном в этой технологии является утилизация коричневого сока (СК).

Четвертое направление — **переработка зеленого сока в белковый концентрат не только кормового, но и пищевого назначения.** В основу одного из наиболее отработанных вариантов такой технологии в условиях экспериментального производства положен принцип последовательной двукратной тепловой коагуляции зеленого сока при температуре 323...333 К и 353...363 К. Первая коагуляция и последующая переработка позволяют получить хлоропастовый концентрат — продукт кормового назначения с содержанием в сухом веществе 45...55 % протеина. Второй этап коагуляции дает светлый цитоплазменный концентрат пищевого назначения с содержанием сырого протеина до 88 %. Такое направление развития технологии влажного фракционирования наиболее перспективно.

Механизация процесса влажного фракционирования кормов предусматривает следующий набор машин и оборудования: измельчители, дезинтеграторы, прессы для отжима сока, коагуляторы, разделители, сушилки.

Предварительно зеленую массу измельчают косилками-измельчителями при скашивании травы. Дезинтеграция массы в линиях серии КЗК, которые разработаны РИСХМом и ВНИИКОМЖем, производится измельчителем ИЗМ-10. В основу его конструкции положен измельчающий аппарат «Волгарь-5». На раме 1 (рис. 2.24) установлены два электродвигателя 2, которые через муфты приводят во вращение шнеки 7 и 8. На концах валов этих шнеков установлены аппараты вторичного резания «Волгарь-5» (подвижные и неподвижные ножи). Зеленую массу подают в загрузочную горловину 4, которая шнеками 7 и 8 перемещается к измельчающим аппаратам 6, измельчается и далее поступает в приемный бункер отжимного пресса.

Прессовое оборудование, применяемое для отжима жидкой фракции из растительных материалов, подразделяется на два основных типа: периодического и непрерывного действия, которые выполняют на базе шнековых, вальцовых и ленточных конструкций. Подробный анализ конструкций прессов, теоретические предпосылки и методика их расчета проведены С. А. Пимкиным [15]. Им же предложен ленточный пресс оригинальной конструкции. Наибольшее распространение получили шнековые прессы. Повышение эффективности работы обеспечивается увеличением диаметра шпинделя шнека от загрузочного окна к выходу массы (конус), уменьшением диаметра камеры сжатия и соответственно диаметра шнека, уменьшением шага шнека, прессованием материала свободным витком шнека в камере давления.

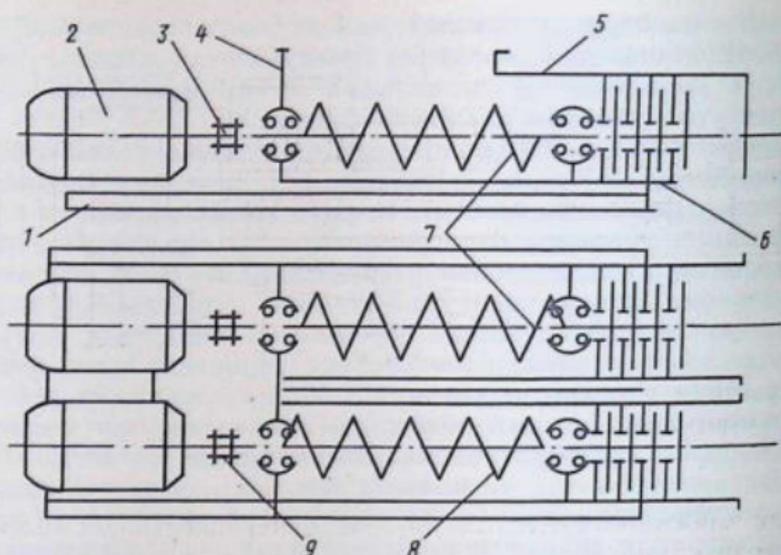


Рис. 2.24. Схема измельчителя ИЗМ-10:

1 — рама; 2 — электродвигатель; 3 — муфта; 4 — горловина; 5 — кожух;
6 — режущий аппарат; 7, 8 — шнеки; 9 — предохранительный штифт.

В поточных линиях серии КЗК предусмотрена установка шнекового пресса типа Т1-ВПО (рис. 2.25). Питающий шнек 6 здесь выполнен пустотелым и имеет левую навивку. Внутри него проходит вал 5, который приводит в действие прессующий шнек 4, имеющий правую навивку. Такая конструкция обеспечивает переориентацию массы и улучшает условия отжима продукта. Рабочий процесс пресса состоит в том, что исходную массу подают в загрузочный бункер 7 и питающим шнеком 6 она частично отжимается и перемещается в прессующий шнек 4. Окончательный отжим происходит в зерной камере 3, а степень отжима автоматически устанавливается упорным конусом 2 с помощью гидрорегулятора 1. Сок отводится через патрубки 8, 9, 10.

Производительность пресса обусловлена геометрией, скоростью вращения питающего участка шнека и свойствами зеленой массы. Для одношпindelных прессов типа Т1-ВПО ее рассчитывают по формуле

$$Q = (\pi D_0^2 / 4) S_0 n \rho \varphi, \quad (2.32)$$

где D_0 — внутренний диаметр зерного цилиндра в месте поступления в него массы из питателя ($D_0 = 0,523$ м); S_0 — шаг винта ($S_0 = 0,3$ м); n — частота вращения шнека ($n = 2,7$ мин⁻¹); ρ — плотность прессуемой массы (для люцерны после измельчения ее на дезинтеграторе $\rho = 210...320$ кг/м³); φ — коэффициент заполнения зерна (при $Q = 2000$ т/ч $\varphi = 0,872$).

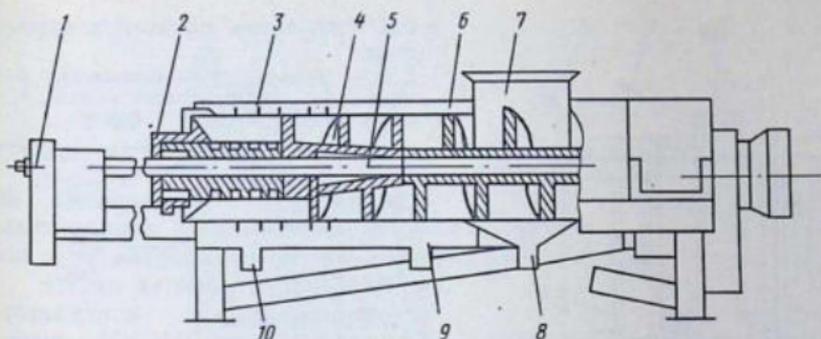


Рис. 2.25. Схема пресса типа Т1-ВПО:

1 — гидрорегулятор; 2 — упорный конус; 3 — зерная камера; 4 — прессующий шнек; 5 — вал; 6 — питающий шнек; 7 — загрузочный бункер; 8, 9, 10 — патрубки.

Для многошпindelных прессов с параллельными шнеками производительность

$$Q_m = \varphi r V n, \quad (2.33)$$

где V — рабочий объем по длине, равной шагу витка, m^3 .

Для схемы, включающей k шнеков,

$$V = k(V_m - V_{ш} - V_c) - (k - 1)V_n, \quad (2.34)$$

где соответствующие объемы для одного питающего витка, m^3 : V_m — полный по диаметру шнека; $V_{ш}$ — шпindelа; V_c — спирали; V_n — объем зоны перекрытия двух смежных шнеков.

Коагуляция зеленого сока — это процесс, при котором протеин в нем переходит из растворимой в нерастворимую форму с образованием агрегатов, включающих еще и витаминные фракции (каротин, ксантофилл и др.). Коагуляция сока может осуществляться тепловым, химическим и электрофизическим (воздействием электроразряда, ТВЧ и т. д.) способами. В практике наибольшее применение нашел тепловой способ коагуляции зеленого сока.

Коагулятор поточной линии КЗК, разработанный РИСХМ, представляет собой теплообменный аппарат прямого смешивания зеленого сока с паром (рис. 2.26). В корпусе 4 установлен завихритель 3, выполненный в виде витка шнека. Сок подается через патрубок 2 по касательной к внутренней поверхности корпуса 4 и, приобретая вращательное движение, выходит в смесительную камеру 6. Здесь происходит контакт сока с паром, выходящим из многосоплового насадка 5, и дальнейший нагрев продуктов в смесительной камере 6. Коагулянт отводится по трубе, присоединяемой к фланцу 7.

В процессе работы аппаратов к зеленому соку добавляют

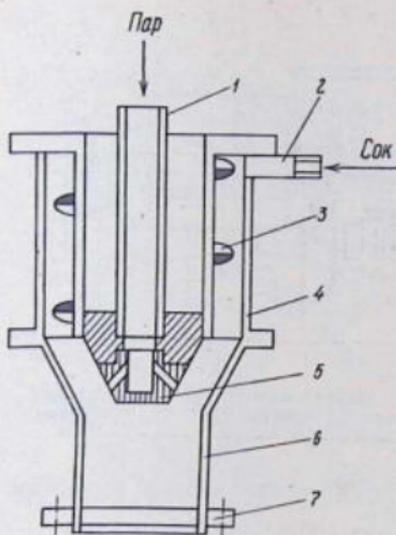


Рис. 2.26. Схема коагулятора зеленого сока:

1, 2 — патрубок; 3 — завихритель; 4 — корпус; 5 — многослопый насадок; 6 — смесительная камера; 7 — фланец.

конденсат (в количестве до 13 %), что ведет к дополнительным затратам энергии при последующей обработке пасты.

Фрикционный коагулятор, разработанный РИСХМ, свободен от названных недостатков. Он представляет собой аппарат, выполненный на базе гидромуфты (рис. 2.27). В корпусе 5 на двух подшипниках 6 установлен вал 7. На передний конец вала 7 насажен чашеобразный ротор 4,

снабженный радиальными лопатками 11. Крышка 3 имеет неподвижные лопатки 12, образующие с лопатками ротора кольцевую камеру. Зеленый сок под давлением по патрубку 1 вводится в кольцевую камеру 13, где приобретает вихревое движение и за счет интенсивного трения нагревается. Коагулянт отводится через патрубок 2. Привод ротора через эластичную муфту 8 осуществляется электродвигателем 9. Производительность коагулятора регулируется степенью заполнения ротора соком. Здесь значительно упрощается процесс коагуляции, так как отпадает необходимость в паре, а КПД аппарата приближается к 100 %. Сгущенная протениновая фракция коагулянта (ПЗП) по виду представляет собой творожную массу (в зарубежных источниках называется, зеленый творог), а жидкая — сверло-коричневую жидкость (коричневый сок).

Выделение протениновой зеленой пасты из общей массы коагулянта проводят в один, два или три последовательных этапа. Выбор технологии и оборудования зависит от требований к влажности пасты и допустимого уровня ее потерь. Находят применение флотационные разделители периодического и непрерывного действия, а также отстойные центрифуги, ленточные и ротационные фильтры-прессы. Основным недостатком работы такого оборудования является низкая производительность на единицу площади фильтрующей поверхности. Наиболее совершенна с точки зрения выделения пасты центрифуга с центробежной очисткой фильтрующей ткани конструкции РИСХМ. Основным элементом центрифуги является ротор 4 (рис. 2.28), цилиндрическая часть которого перфорирована. Ротор соединен с полым валом 7, вра-

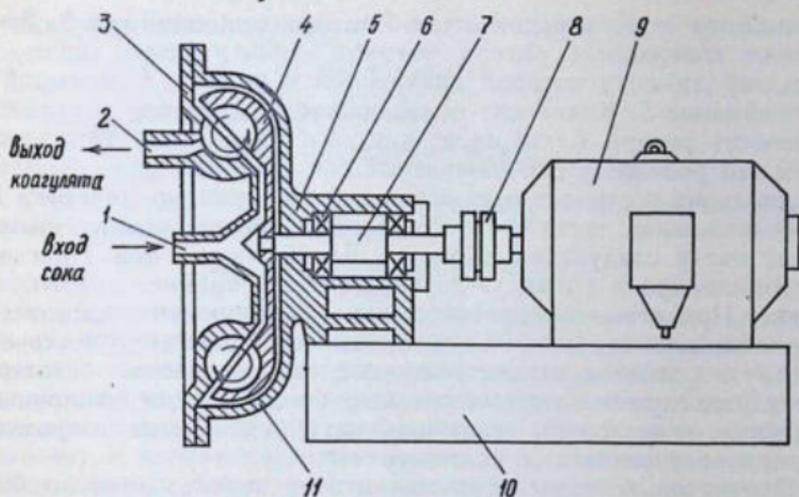


Рис. 2.27. Схема фрикционного коагулятора (РИСХМ):

1, 2 — патрубки; 3 — крышка; 4 — ротор; 5 — корпус; 6 — подшипник; 7 — вал; 8 — муфта; 9 — электродвигатель; 10 — рама; 11 — лопатки.

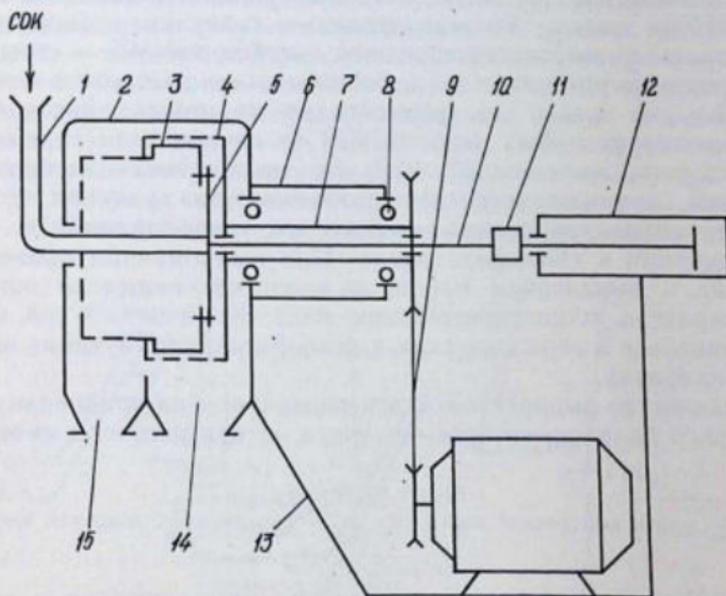


Рис. 2.28. Схема разделяющей центрифуги (РИСХМ):

1 — патрубок; 2 — кожух; 3 — фильтрующая ткань; 4 — ротор; 5 — диафрагма; 6 — корпус; 7 — полый вал; 8 — подшипник; 9 — клиноременная передача; 10 — шток; 11 — муфта; 12 — гидроцилиндр; 13 — рама; 14, 15 — окно.

щающимся от электродвигателя 9 в двух подшипниках 8. Внутренняя поверхность ротора покрыта фильтрующей тканью 3, большой диаметр которой прикреплен к ротору 4, меньший — к диафрагме 5. Коагулянт по подвижному патрубку 1 подается в полость ротора 4, где происходит его разделение. Под действием центробежных сил коричневый сок проходит через фильтрующую ткань и отводится из кожуха 2 по сливному патрубку 14, а обезвоженная паста остается на ткани внутри ротора. Выгружают пасту следующим образом. Диафрагма 5 под действием гидроцилиндра и штока 10 перемещается в крайнее левое положение. При этом внутренняя стенка фильтрующего элемента 3 с прилипшим к ней слоем пасты оказывается вывернутой наружу. Паста под действием центробежных сил удаляется с поверхности фильтрующей ткани через патрубок 15. Такая конструкция центрифуги позволяет исключить затирание пасты в фильтроткань и обеспечивает ее надежную очистку.

Протеиновый концентрат хранить и использовать удобнее всего в виде порошка или гранул. С этой целью его сушат на различного типа сушилках. Наибольшее распространение в технике обезвоживания протеиновой зеленой пасты получил конвективный метод с применением барабанных, пневмобарабанных и распылительных сушилок, а также сушилок с кипящим и виброкипящим слоем. Жидкая фракция коагулянта (коричневый сок) также подвергается дополнительной обработке — сгущению. В сгущенном состоянии он может быть использован в качестве питательной среды для ферментации кормовых дрожжей или в кормовых рационах животным. Сок сгущают до содержания в нем сухого вещества 30...40 % для предупреждения брожения и порчи, а также уменьшения объема при хранении.

Для концентрирования жидких продуктов применяют метод выпаривания и гиперфильтрации. При выпаривании происходит кипение с выделением паров, а нелетучее вещество остается в аппарате в концентрированном виде. Коричневый сок может выпариваться в периодических и непрерывнодействующих выпарных аппаратах.

Количество выпаренной влаги определяют из уравнения материального баланса, которое без учета потерь раствора имеет вид

$$m_v = m_n - m_k, \quad (2.35)$$

где m_v — масса выпаренной влаги; m_n , m_k — начальная и конечная масса раствора.

Массу сухого (безводного) растворенного вещества m_c можно определить по формуле

$$m_c = c_n m_n / c_k = c_k m_k / 100,$$

где C_n , C_k — начальная и конечная массовая концентрация раствора.

Конечная масса раствора

$$m_k = c_n m_n / c_k.$$

Отсюда масса выпаренной влаги

$$m_n = m_n - c_n m_n / c_k = m_n (1 - c_n / c_k).$$

В расчете на 1 кг исходного продукта начальной концентрации количество выпаренной влаги

$$m'_n = 1 - c_n / c_k = (c_k - c_n) / c_k.$$

Сгущение сока методом гиперфльтрации основано на явлении обратного осмоса. Осмос — процесс самопроизвольного прохождения менее концентрированного раствора в более концентрированный через разделяющую их полупроницаемую мембрану. Различие в концентрации растворов по обе стороны мембраны приводит к неравенству химических потенциалов, в результате чего возникает избыточное давление со стороны растворителя, называемое осмотическим. Явление обратного осмоса получается, если к раствору приложить избыточное давление, превышающее осмотическое.

На основе обратного осмоса разработаны установки для сгущения сока, однако их производительность крайне низка.

Ростовским институтом сельхозмашиностроения (РИСХМ) совместно с ВНИИ кормов для животноводства разработаны поточные технологические линии для влажного фракционирования зеленых кормов, производительностью 2 и 6 т/ч — КЗК-2 и КЗК-6. Поточная линия КЗК-6 (рис. 2.29) производительностью по исходной массе 6 т/ч позволяет получать протеиновую зеленую пасту и коричневый сок из кормовых трав. Зеленую массу, убрannую в поле косилкой-измельчителем, подают в при-

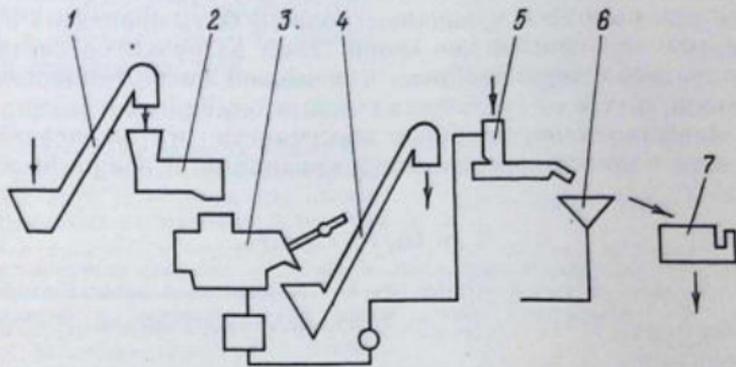


Рис. 2.29. Технологическая схема поточной линии КЗК-6:

1 — транспортер; 2 — измельчитель; 3 — пресс; 4 — транспортер; 5 — коагулятор; 6 — отстойник; 7 — сливной бак.

емный бункер и далее транспортером 1 в измельчитель 2, откуда попадает в семишнековый пресс 3. Отжатую массу транспортером 4 загружают в транспортные средства и направляют на скармливание животным или приготовление сенажа. Зеленый сок насосом 8 подают в коагулятор 5, где он коагулируется паром при температуре 353 К. Коагулянт сливают в отстойники 6, где он под действием флотации разделяется на коричневый сок и протеиновую зеленую пасту.

Поточная организация работ при заготовке кормов

Процесс заготовки кормов по организации выполнения работ разделяют на два этапа: выполнение полевых и транспортных работ (работа полевого комплекса машин) и заполнение хранилищ (работа машин загрузочного комплекса). Комплект машин, работающих в составе поточных технологических линий получения кормовой массы, должен обеспечивать заданное количество ее поступления к местам загрузки в хранилища. Поточная линия загрузки хранилища формируется с учетом вида хранилища, его объема, способа и темпа загрузки кормовой массы.

Машины и оборудование, входящие в состав технологической линии приема и загрузки кормов, должны обеспечить прием его из транспортных средств, погрузку в хранилище и распределение, а также уплотнение и герметизацию корма с соблюдением требований, установленных технологией. При этом производительность технологической линии определяют исходя из двух условий: первое условие — должен быть выдержан заданный темп загрузки корма, обусловленный толщиной слоя уплотненного корма, ежедневно закладываемого в хранилище; второе условие — загрузка всего корма в хранилище должна быть проведена в установленные агротехнические сроки. Темп загрузки рассчитывают с учетом опережения развития в кормовой массе температурных процессов, а также количества корма, ежедневно закладываемого в хранилище, площади поверхности его распределения, плотности, степени использования хранилища и величины потерь корма.

$$h_3 = G_d / 10^3 F \rho_n k_1 k_2, \quad (2.36)$$

где h_3 — темп загрузки зеленой массы в день; F — площадь поверхности, ежедневно закрываемая новым кормом, m^2 ; k_1 — коэффициент использования хранилища; k_2 — коэффициент потерь корма при заполнении и ферментации ($k_2 = 1,10 \dots 1,15$).

Для получения качественного сенажа темп загрузки хранилища траншейного типа должен быть не менее 0,8, а башенных — 5 м в день.

Массу корма, которую необходимо загрузить в хранилище, выдерживая заданный темп загрузки, определяют по формуле

$$G_d = G_{xp} k_2 / t_{зар}, \quad (2.37)$$

где G_{xp} — вместимость хранилища, т; $t_{зар}$ — продолжительность заполнения одного хранилища (принимают 3...5 дней; для силоса при загрузке траншей с конца наклонными слоями продолжительность увеличивают).

Ежедневное количество массы для загрузки башенных хранилищ диаметром 7,3 м при установленном темпе загрузки (5 м в день) составляет 100 т, при диаметре башни 9,15 м — 160 т, а для хранилищ диаметром 12 м — 225 т.

Производительность линии загрузки хранилищ

$$Q_{зар} = G_d / (t_3 k_3), \quad (2.38)$$

где t_3 — продолжительность работы линии в течение дня, ч; k_3 — коэффициент использования сменного времени.

При заготовке силоса и сенажа специалисты предлагают такую оценку организации работ. При $k_3 < 0,5$ имеет место низкий, при $k_3 = 0,5...0,7$ — средний и при $k_3 > 0,7$ — высокий уровень организации работ.

Производительность полевого комплекса машин загрузки хранилищ башенного типа различного диаметра в зависимости от величины коэффициента использования сменного времени может быть определена из графика (рис. 2.30). При $k_3 = 0,6$ производительность машины полевого комплекса и линии загрузки для башен диаметром 7,3; 9,15 и 12 м должна составить соответственно 17; 27 и 46 т/ч.

Исходя из условия приема всей кормовой массы в период, отведенный агротехническими сроками, общую производительность поточных линий за чистое время определяют как

$$Q' = G_k k_2 / (t_3 T_a k_3 k_4), \quad (2.39)$$

где T_a — продолжительность уборки кормов, установленная агротехническими сроками, дней; G_k — масса всех кормов, закладываемых на хранение; k_4 — коэф-

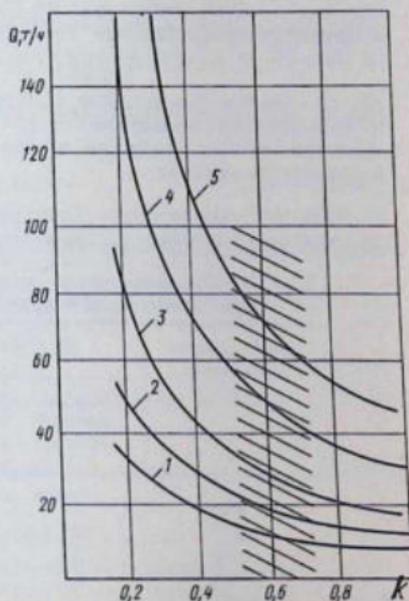


Рис. 2.30. Производительность линии загрузки башенных хранилищ в зависимости от уровня организации работ:

1, 2, 3, 4, 5 — производительность соответственно для башен 6,0; 7,3; 9,15; 12,0; 15,0 м.

(2...5) · 10⁻⁵. Меньшее значение назначают для сухих пылевидных материалов.

Приведенная длина транспортирующих трубопроводов

$$L_n = \sum l_r + \sum l_b + \sum l_k + \sum l_n,$$

где $\sum l_n$, $\sum l_r$ — соответственно длина вертикальных и горизонтальных звеньев, м; $\sum l_k$ — длина, учитывающая сопротивление колен трубопроводов, м; $\sum l_n$ — длина, учитывающая сопротивление перемычек трубопроводов, м.

Количество воздуха (м³), требуемое в 1 с,

$$V_n = \pi d_r^2 v_n / 4, \quad (2.50)$$

где d_r — внутренний диаметр трубопровода.

$$d_r = 2\sqrt{V_n / \pi v_n}. \quad (2.51)$$

Напор воздуха в начале транспортного трубопровода для установок напорного типа

$$P_{н.т} = \sqrt{1 + \frac{\beta \mu L_{н.т} v_n^2}{d_r}} \pm \frac{H \rho_n \mu}{104}, \quad (2.52)$$

где β — опытный коэффициент; H — высота подъема материала, м.

При формировании поточной линии заготовки силоса и сенажа необходимо выполнить условие $Q_{п.к} < Q_n < Q_d < Q_t$,

2.17. Значение коэффициента

Материал	Наибольшая крупность частиц, мм	Коэффициент
Мучнистый	0,1...1,0	10...16
Мелкокусковой	1,0...10	17...20
Среднекусковой	10...50	20...25

т. е. производительность машин полевого комплекса должна быть меньше производительности оборудования загрузочного комплекса.

Полевой комплекс машин для заготовки кормовой массы включает косилки-измельчители или косилки-плющилки, подборщик-измельчитель и транспортные средства. Этот комплекс машин сосредоточен в руках отряда по заготовке кормов (табл. 2.18).

Производительность косилки-измельчителя или комбайна определяют исходя из сменной нормы выработки $Q_{см}$, коэффициента сменности $\alpha_{см}$ и коэффициента, учитывающего снижение производительности вследствие утомляемости механизаторов при удлинённом рабочем дне, k_n , т. е.

$$Q_k = Q_{см} \alpha_{см} k_n, \quad (2.53)$$

где Q_k — дневная производительность комбайна (косилки), га в день; при девятичасовом рабочем дне принимают равной 1,43 при тех же условиях, что и $\alpha_{см}$ равна 0,82.

Тогда при указанных значениях коэффициентов $Q_k = 1,17 Q_{см}$. Если урожайность зеленой массы 160 ц/га (сенажа 80 ц/га) и норма выработки комбайна Е-280 составляет 84 т/см, тогда $Q_k = 97$ т в день. Число агрегатов для скашивания травы при заготовке сенажа и сена определяют по формуле

$$n_a = F_{уб} / (Q_k D_p), \quad (2.54)$$

где D_p — число дней работы отряда по заготовке кормов; $F_{уб}$ — уборочная площадь, га.

$$F_{уб} = G_c / \beta_c Y, \quad (2.55)$$

где G_c — планируемая масса сенажа в хозяйстве, т; β_c — коэффициент выхода массы заготавливаемого корма из свежескошенной травы влажностью 70...80%. Ориентировочные значения β_c равны: для сенажной массы 0,50; силосной массы — 0,75; сена — 0,25; травяной муки — 0,20%; Y — урожайность травы, т/га.

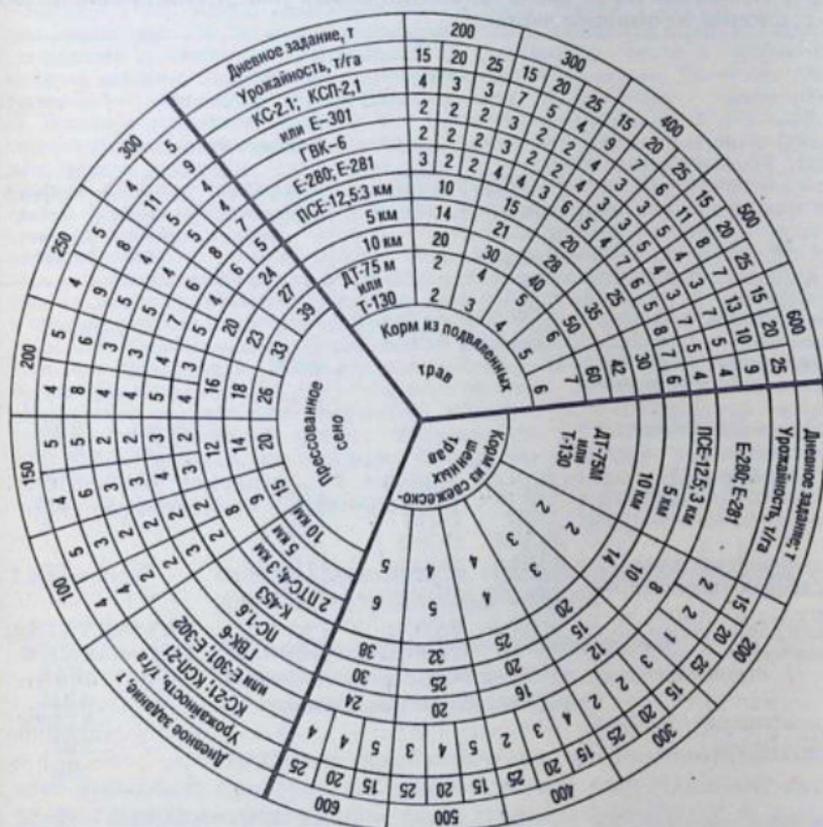


Рис. 2.31. Круговая таблица для выбора состава техники при комплектовании универсального комплексного отряда (дневные задания даны из расчета 10-часовой рабочей смены по В. С. Сечкину).

Таким же образом рассчитывают и число подборщиков-измельчителей.

Число машин полевого комплекса с учетом дневного задания и урожайности массы можно определить по круговой таблице (рис. 2.31).

Порядок пользования таблицей следующий. Например, производится заготовка корма из подвяленных трав при дневном задании 200 т и урожайности зеленой массы 15 т/га. Для выполнения этого задания требуется иметь на скашивании травы четыре косилки КС-2,1 или две косилки Е-301, трое граблей Е-247 и двое ГВК-6; пять измельчителей КУФ-1,8 или три комбайна Е-280; 10...20 прицепов с тракторами МТЗ (в зависимости от

2.18. Примерный состав машин при комплектовании универсального комплексного отряда по заготовке кормов

Технологическая операция	При заготовке				
	прессованного сена	рассыпного сена	кормов из подвяленных трав	кормов из свежескошенных трав	травяной резки и муки
Скашивание травостоя в прокосы	КСФ-2,1Г КРН-2,1А	КСФ-2,1Г КРН-2,1А	—	—	—
Скашивание травостоя с плущением и укладкой в валки	—	—	Е-301 Е-302	—	—
Скашивание травостоя с измельчением и погрузкой в транспорт	—	—	—	Е-281 КСК-100А	Е-281 КСК-100А
Ворошение и сгребание в валки подвяленной травы	ГВР-6 Е-318	ГВР-6 Е-318	ГВР-6 Е-318	—	—
Сгребание остатков	ГПП-6	ГПП-6	ГПП-6	—	—
Подбор подвяленной травы	ПС-1,6	ПК-1,6	Е-281	—	—
Транспортировка к месту хранения	2ПТС-4	2ПТС-4 ГАЗ-53Б	ГАЗ-53Б ПСЕ-12,5	ГАЗ-53Б ПСЕ-Ф-12,5А	ГАЗ-53Б ПСЕ-Ф-12,5А АВМ 0,65РЖ АВМ 1,5Б
Приготовление травяной резки (муки)	—	—	—	—	—
Закладка кормов в хранилище	ПЭ-08 ПФ-0,5	ПЭ-0,8 ПФ-0,5	ДТ-75М Т-130	ДТ-75М Т-130	—

Вентиляторы

Ц4-70 № 12,5; 10,8

2.19. Показатели качества травяной муки и резки (ГОСТ 18691—83)

Показатель	Норма для классов		
	1-го	2-го	3-го
Цвет и запах	Темно-зеленый или зеленый без признаков горелости, а также затхлого, плесневелого, гнилостного и других посторонних запахов		
Влажность, %:			
муки	9...12	9...14	9...12
гранул и брикетов	9...14	9...14	9...14
резки	10...15	10...15	10...15
Массовая доля сырого протеина в сухом веществе, %, не менее	19	16	13
Массовая доля сырой клетчатки в сухом веществе, %, не более	23	26	30
Массовая концентрация каротина в 1 кг сухого вещества, мг, не менее	210	160	100
Токсичность	Не допускается		
Крупность размола муки:	Не допускается		
остаток на сите с отверстиями	Не допускается		
Ø 5 мм, %	Не допускается		
остаток на сите с отверстиями	5	5	5
Ø 3 мм, %, не более	Не допускается		
Массовая концентрация металломагнитной примеси:	Не допускается		
частиц размером более 2 мм с острыми краями	Не допускается		
частиц размером до 2 мм включительно в 1 кг корма, мг, не более	50	50	50
Массовая доля песка, %, не более	0,7	0,7	0,7
Диаметр гранул, мм	4,7...12,7	4,7...12,7	4,7...12,7
Длина гранул, мм	Не более двух диаметров		

Примечания: 1. Токсичность искусственно высушенных кормов определяют при дозирании на недоброкачественность кормов, повышении их влажности в процессе хранения, а также в случаях хранения кормов свыше трех месяцев. 2. Допускается при хранении искусственно высушенных кормов на предприятиях комбикормовой промышленности в течение трех месяцев снижение массовой концентрации каротина до 30 %, при хранении свыше трех месяцев показатель «массовая концентрация каротина» не учитывается.

используют для кормления всех видов животных и птицы, и в первую очередь для молодняка, как белково-витаминную добавку для сбалансирования кормовых рационов по протеину и каротину (провитамин А). Один килограмм травяной муки содержит 0,7...0,9 корм. ед.; 12...20 % переваримого протеина, 80...230 мг каротина. Потери белка при искусственной сушке травы составляют 4...5, а каротина 5...8 %. Стоимость 1 кг каротина в травяной муке в три раза меньше стоимости витамина А в витаминизированном рыбьем жире. Использование травяной муки в качестве добавки к основному корму весьма эффективно. Так, при скармливании ее курам-несушкам их яйценоскость

повышается на 12...17 %, удой у коровы — на 17...24 %, настриг шерсти у овец — на 15 %.

Сырьевая база для производства травяной муки и высушенной резки представляет собой определенный набор различных кормовых культур.

Для получения дешевой травяной муки высокого качества в хозяйствах создают «зеленый конвейер», обеспечивающий ежедневное скашивание такого количества травы, которое было бы достаточным для полной загрузки имеющихся агрегатов АВМ при работе их в 2...3 смены в течение сезона не менее 100...120 дней при сезонной наработке 2000 часов.

Особое значение для получения качественной резки и травяной муки имеют ботанический состав растений и сроки их уборки (табл. 2.20).

2.20. Оценка пригодности растительного сырья для заготовки кормов искусственной сушки в зависимости от ботанического вида и сроков уборки

Кормовая культура	Фаза развития	Оценка пригодности
Люцерна	До полной бутонизации (при первом укосе) или до начала цветения при 2...4-м укосе	Отлично
	До начала цветения (при 1-м укосе)	Очень хорошо
	До 50 % цветения	Хорошо
Клевер луговой	В фазу полного цветения	Не рекомендуется
	До полной бутонизации	Очень хорошо
Злаковые травы при внесении азота под каждый укос 100 кг/га	До начала цветения	Хорошо
	В фазу полного цветения	Не рекомендуется
Зерновые на зеленый корм	В начале выметывания	Очень хорошо
	При выметывании	Хорошо
Кормовые культуры с высоким содержанием сырой клетчатки	После выметывания	Хорошо
	Перестоявшие	Не рекомендуется Непригодно

Количество влаги в зеленых растениях зависит от вида трав, фазы вегетации, погодных условий и др. Для характеристики содержания влаги применяют две величины: влагосодержание и влажность.

Влагосодержание — это отношение массы воды к массе абсолютно сухого вещества, содержащегося в материале, т. е.

$$U = 100 M_w / M_c, \quad (2.56)$$

где U — влагосодержание, %; M_w , M_c — масса воды и абсолютно сухого вещества в материале, г.

Влажность — это отношение массы влаги, содержащейся в материале, к общей массе материала, т. е.

2.19. Показатели качества травяной муки и резки (ГОСТ 18691—83)

Показатель	Норма для классов		
	1-го	2-го	3-го
Цвет и запах	Темно-зеленый или зеленый без признаков горелости, а также затхлого, плесневелого, гнилостного и других посторонних запахов		
Влажность, %:			
муки	9...12	9...14	9...12
гранул и брикетов	9...14	9...14	9...14
резки	10...15	10...15	10...15
Массовая доля сырого протеина в сухом веществе, %, не менее	19	16	13
Массовая доля сырой клетчатки в сухом веществе, %, не более	23	26	30
Массовая концентрация каротина в 1 кг сухого вещества, мг, не менее	210	160	100
Токсичность	Не допускается		
Крупность размола муки:	Не допускается		
остаток на сите с отверстиями	Не допускается		
Ø 5 мм, %			
остаток на сите с отверстиями	5	5	5
Ø 3 мм, %, не более			
Массовая концентрация металломагнитной примеси:	Не допускается		
частиц размером более 2 мм с острыми краями	Не допускается		
частиц размером до 2 мм включительно в 1 кг корма, мг, не более	50	50	50
Массовая доля песка, %, не более	0,7	0,7	0,7
Диаметр гранул, мм	4,7...12,7	4,7...12,7	4,7...12,7
Длина гранул, мм	Не более двух диаметров		

Примечания: 1. Токсичность искусственно высушенных кормов определяют при дозировании на недоброкачественность кормов, повышении их влажности в процессе хранения, а также в случаях хранения кормов свыше трех месяцев. 2. Допускается при хранении искусственно высушенных кормов на предприятиях комбикормовой промышленности в течение трех месяцев снижение массовой концентрации каротина до 30 %, при хранении свыше трех месяцев показатель «массовая концентрация каротина» не учитывается.

используют для кормления всех видов животных и птицы, и в первую очередь для молодняка, как белково-витаминную добавку для сбалансирования кормовых рационов по протеину и каротину (провитамин А). Один килограмм травяной муки содержит 0,7...0,9 корм. ед.; 12...20 % переваримого протеина, 80...230 мг каротина. Потери белка при искусственной сушке травы составляют 4...5, а каротина 5...8 %. Стоимость 1 кг каротина в травяной муке в три раза меньше стоимости витамина А в витаминизированном рыбьем жире. Использование травяной муки в качестве добавки к основному корму весьма эффективно. Так, при скармливании ее курам-несушкам их яйценоскость

повышается на 12...17 %, удой у коровы — на 17...24 %, настриг шерсти у овец — на 15 %.

Сырьевая база для производства травяной муки и высушенной резки представляет собой определенный набор различных кормовых культур.

Для получения дешевой травяной муки высокого качества в хозяйствах создают «зеленый конвейер», обеспечивающий ежедневное скашивание такого количества травы, которое было бы достаточным для полной загрузки имеющихся агрегатов АВМ при работе их в 2...3 смены в течение сезона не менее 100...120 дней при сезонной наработке 2000 часов.

Особое значение для получения качественной резки и травяной муки имеют ботанический состав растений и сроки их уборки (табл. 2.20).

2.20. Оценка пригодности растительного сырья для заготовки кормов искусственной сушки в зависимости от ботанического вида и сроков уборки

Кормовая культура	Фаза развития	Оценка пригодности
Люцерна	До полной бутонизации (при первом укосе) или до начала цветения при 2...4-м укосе	Отлично
	До начала цветения (при 1-м укосе)	Очень хорошо
Клевер луговой	До 50 % цветения	Хорошо
	В фазу полного цветения	Не рекомендуется
	До полной бутонизации	Очень хорошо
Злаковые травы при внесении азота под каждый укос 100 кг/га	До начала цветения	Хорошо
	В фазу полного цветения	Не рекомендуется
	В начале выметывания	Очень хорошо
Зерновые на зеленый корм	При выметывании	Хорошо
	После выметывания	Не рекомендуется
Кормовые культуры с высоким содержанием сырой клетчатки	Перестоявшие	Непригодно

Количество влаги в зеленых растениях зависит от вида трав, фазы вегетации, погодных условий и др. Для характеристики содержания влаги применяют две величины: влагосодержание и влажность.

Влагосодержание — это отношение массы воды к массе абсолютно сухого вещества, содержащегося в материале, т. е.

$$U = 100 M_w / M_c, \quad (2.56)$$

где U — влагосодержание, %; M_w , M_c — масса воды и абсолютно сухого вещества в материале, г.

Влажность — это отношение массы влаги, содержащейся в материале, к общей массе материала, т. е.

$$W = 10^2 M_n / M = 10^2 M_n / (M_n + M_c), \quad (2.57)$$

где W — влажность, %; M — масса материала, г.

Влагосодержание и влажность связаны между собой зависимостями

$$U = 10^2 W / (100 - W); \quad W = 10^2 U / (1 + U). \quad (2.58)$$

По данным ЛИТНИИМЭСХ, люцерна в начале фазы бутонизации в солнечную погоду имеет влажность 80...82 %, в стадии начала цветения — 77...79, в стадии полного цветения — 76...77 и в конце цветения — 72—74 %. Наименьший процент влажности трав в течение суток наблюдается около 16—17 ч, а наибольший — около 4—6 ч. Максимальное влагосодержание в течение суток превышает минимальное примерно в 1,5 раза, а в дождливую погоду увеличивается на 12...17 %.

Масса сырья, необходимая для получения одной тонны готового корма, зависит в основном от влажности, частично от влажности конечной продукции и потерь (при уборке и транспортировке 2...3 %, сушке 3...5 %, прессовании 1 %), которые составляют в среднем 6...9 % и определяется по формуле

$$G_c = (1,06...1,09) [(100 - W_c) (100 - W_1)], \quad (2.59)$$

где G_c — масса сырья, необходимая для получения одной тонны травяной муки, т; W_1 , W_c — влажность сырья и конечного продукта, %.

Количество готового продукта, получаемого из одной тонны исходного сырья при различной его влажности, приведено в таблице 2.21.

2.21. Выход травяной резки и муки и масса испаряемой влаги в зависимости от влажности используемого растительного сырья

Показатель	Значение показателей при влажности используемого сырья, %					
	85	80	75	70	65	60
Содержание сухого вещества в 1 т сырья, кг	150	200	250	300	350	400
Выход травяной резки (при влажности 16 %) из 1 т сырья, кг	178	238	298	357	417	476
Масса воды, испаряемой из 1 т сырья при получении резки, кг	822	762	702	643	583	524
Масса сырья, потребная для получения 1 т резки, т	5,9	4,4	3,5	2,9	2,5	2,2
Выход травяной муки (при влажности 10 %) из 1 т сырья, кг	167	222	278	333	389	444
Масса воды, испаряемой из 1 т сырья при получении муки, кг	833	778	722	667	611	556
Масса сырья, потребная для получения 1 т травяной муки, т	6,4	4,8	3,8	3,2	2,7	2,4

При работе агрегата на зеленой массе из бобовых растений производительность его снижается на 20 % из-за повышенной влажности исходного сырья и трудности испарения влаги из стеблей растений.

Технология производства травяной муки и резки заключается в выполнении строго определенных операций в установленной последовательности.

При кошении трав не допускаются высокий срез и пропуски растений. Величину потерь от повышенного среза и несрезанных растений определяют по следующей методике. По диагонали загона раскладывают в десять местах рамки на равных расстояниях одна от другой. Внутри рамки срезают не срезанные косилкой растения и растения, расположенные выше предусмотренной агротехническими требованиями высоты среза, а также подбирают срезанные растения. Полученную массу взвешивают и определяют величину потерь по формуле

$$П = 10^2(0,2m_{р.м}/У), \quad (2.60)$$

где $m_{р.м}$ — масса растений, полученная с площади рамки (0,5 м²), кг; $У$ — урожайность травы на данном участке, ц/га.

Допустимые потери массы — 1,5 %, а с учетом погрузки ее в транспортные средства — не более 2 %. Размеры частиц резки длиной до 30 мм должны составлять не менее 80 % всей массы, а длиной 100 мм и выше — не более 2 %. Интервал между скашиванием и сушкой массы не должен превышать двух часов. На площадке перед агрегатами должен быть определенный запас массы. Это обусловлено тем, что недостаточный подвоз сырья вызывает остановку агрегата, а большое скопление его на площадке приводит к самосогреванию и потере каротина.

При загрузке резки в сушильный барабан особое внимание уделяется точности ее дозирования. Равномерность поступления измельченной зеленой массы характеризуется коэффициентом вариации

$$V = \pm 10^2 \sigma / Q, \quad (2.61)$$

где σ — дисперсия дозы, кг/с; Q — среднеарифметическое значение расхода, кг/с.

В результате сушки зеленой массы относительная влажность сырья снижается от 75...80 до 10...12 % при производстве муки и до 12...15 % при производстве резки.

Температура травяной муки при упаковке в мешки не должна превышать температуру окружающего воздуха более чем на 8 °С.

Мука — продукт мало теплопроводный, и, будучи нагретой, она длительное время сохраняет теплоту. Это связано с интенсивным распадом каротина. Надлежащее охлаждение получае-

мой муки достигается правильной эксплуатацией пневмосистемы отвода муки.

Получаемую муку затаривают в многослойные бумажные крафтмешки. Мешки с мукой должны не менее суток храниться на складе предварительной выдержки во избежание загорания от случайно попавших в муку металлических раскаленных частичек. Нарушение правил предварительной выдержки может привести к пожару на складе и потере всей продукции.

Гранулирование травяной муки производится на прессах-грануляторах ОГМ-0,8Б или ОГМ-1,5А. Наиболее совершенным является хранение травяной муки (в гранулах или россыпью) в среде инертных газов (CO_2 , и др.) в герметических хранилищах типа ОЗВ-1. В этих условиях потери каротина при хранении в течение года не превышает 1 %.

Агрегаты для сушки кормов. Устройство и работа

Агрегаты высокотемпературной сушки АВМ— основное оборудование для выполнения всех технологических операций по производству травяной муки и высушенной резки. Промышленность выпускает агрегаты для производства витаминной муки АВМ-0,65; АВМ-0,65Р; АВМ-1,5А; АВМ-1,5АЖ. Агрегат АВМ-0,65Р оборудован системой рециркуляции с возвратом в топку части отработанного агента сушки для повторного использования. Это позволяет получить экономию топлива от 4 до 15 %. Агрегаты выпускает ПО «Нерис» (г. Вильнюс) в двух исполнениях: с топливной аппаратурой для сжигания жидкого топлива (АВМ-0,65Ж; АВМ-1,5АЖ) и с газогорелочным устройством и газооборудованием среднего давления — 60 кПа для сжигания природного газа с теплотворной способностью не менее $35\,600 \text{ кДж/м}^3$ (АВМ-0,65Г; АВМ-1,5АГ).

Агрегат АВМ состоит из следующих основных сборочных единиц: конвейера, транспортера подачи резки, теплогенератора, сушильного барабана, системы отвода сухой резки, дробилки, системы отвода и охлаждения муки и системы управления.

Рабочий процесс агрегата происходит следующим образом (рис. 2.32). Сырье из транспортных средств сгружают непосредственно в лоток 14. После разгрузки прицепа свободный конец лотка поднимается с помощью двух гидроцилиндров 15 и зеленая резка по наклонному лотку направляется на конвейер 13. Конвейер поднимает сырье и подводит его к отбойному бите-ру 12, который излишки резки отбрасывает обратно. Далее сырье битером 11 подается на винтовой транспортер 10 (шнек), который изменяет направление его движения и перемещает на транс-

портер 9. Над транспортером установлен битек 8, регулирующий поток материала по толщине слоя (подачу) и подающий его во внутренний цилиндр сушильного барабана 7. Сушильный барабан АВМ-0,65 трехходовой, состоит из внутреннего и наружного барабанов.

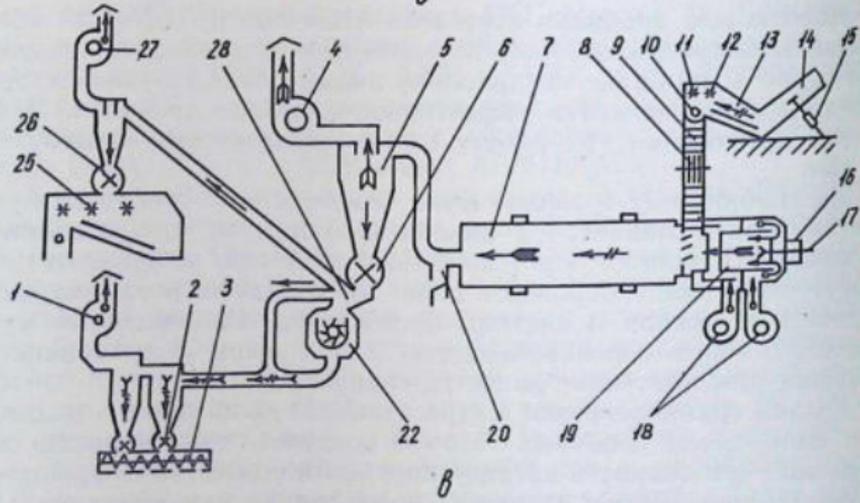
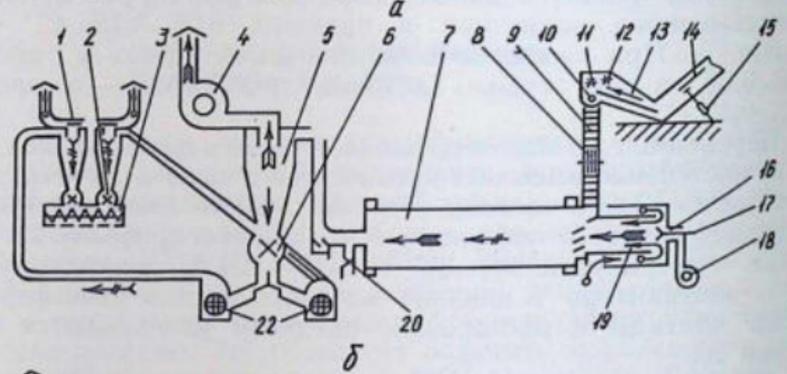
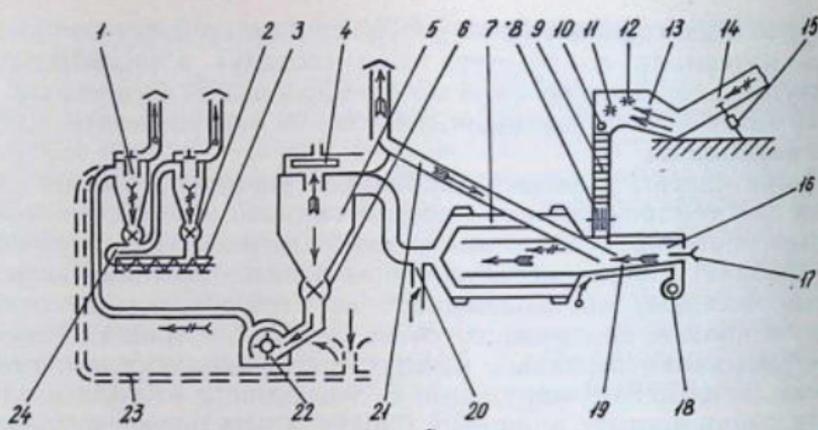
Поток частиц в пневмобарабанных сушилках обладает свойством самосепарации. Более легкие частицы, образовавшиеся из листьев растений, быстрее высыхают и потоком газов выносятся из барабана, избегая пересушивания и воспламенения. Более тяжелые частицы, образовавшиеся из стеблей, труднее отдают влагу и дольше задерживаются на сушильном тракте. Резка по мере высыхания переходит из внутреннего барабана в промежуточный, а из него в наружный. В зависимости от вида и влажности сырья частоту вращения барабана регулируют с помощью клиноременного вариатора в пределах $0,06...0,16 \text{ с}^{-1}$ ($3,5...10 \text{ мин}^{-1}$). При сушке бобовых она должна быть в пределах $0,06...0,08$, а при сушке злаковых травосмесей — в пределах $0,08...0,13 \text{ с}^{-1}$.

Перемещаясь в потоке теплоносителя и перемешиваясь с ним, резка постепенно высыхает и выносится в циклон системы отвода сухой резки. Здесь частицы отделяются от теплоносителя и через шлюзовой затвор 6 поступают в молотковую дробилку 22. Агент сушки температурой $380...390 \text{ К}$ ($110...120 \text{ °C}$) через выпускную трубу вентилятора 4 циклона выбрасывается в атмосферу. Тяжелые частицы и посторонние предметы улавливаются отборщиком 20.

Молотковые дробилки агрегатов АВМ-0,65 и АВМ-1,5А оборудованы вихревой камерой, позволяющей организовать воздушный поток в дробилке по принципу диаметрального вентилятора и значительно повысить эффективность работы дробилки. Дробилка приводится в работу электродвигателем мощностью 55 кВт.

Из дробилки 22 травяная мука через решето потоком воздуха вентилятора 1 подается в циклон отвода муки, где, отделяясь от воздуха и пройдя через шлюзовой затвор 2, попадает в промежуточный воздухопровод и далее атмосферным воздухом мука подается в циклон 3 системы охлаждения. Охлажденная мука проходит через шлюзовой затвор 2 и шнеком 3 затаривается в мешки или поступает далее на гранулирование.

Сушка травяной резки в агрегате АВМ происходит в подвижном слое смеси топочных газов с воздухом при скорости газа меньшей, чем скорость витания крупных и более тяжелых частиц. Перемещение частиц по сушильному тракту в направлении потока сушильного агента осуществляется за счет совместного воздействия газового потока и пересыпания частиц с одной лопасти



○ → Воздух ⇨ → Теплоноситель ⇨ → Зеленая масса
 ⇨ → Отработавший теплоноситель ⇨ → Сечка ⇨ → Мука

на другую при повороте барабана с небольшой частотой вращения.

Прямоточное движение высушиваемого материала (см. рис. 2.32, б, в) позволяет подавать сырую массу в зону наивысших температур, при этом исключается опасность перегрева материала, имеющего большой «запас» свободной влаги, на испарение которой требуется много теплоты.

По В. Ю. Валушису, температурное поле сушильного барабана агрегата АВМ-0,65 представляется следующим образом. По выходе из топки сушильный агент имеет температуру 770...1370 К (500...1000 °С), которая затем быстро снижается, так как подводимая теплота в этот момент затрачивается на испарение свободной влаги, легко отдаваемой зеленой массой. При этом материал нагревается всего лишь до 288...298 К (15...25 °С). В топке агрегата АВМ-0,65 начальная температура теплоносителя снижена до 1173 К (900 °С) за счет более интенсивной подачи свежего воздуха. На выходе из барабана отработанные газы имеют температуру 373...398 К (110...125 °С), а высушенная резка нагревается до 330...340 К (60...70 °С). При таком режиме потери каротина сведены к минимуму (5...7 %).

Испарительная способность сушилки — 0,47 кг воды в 1 с (1690 кг воды в 1 ч). Расход теплоты на испарение 1 кг воды при сушке травы начальной влажности 78...80 % до конечной 10...12 % составляет 3,34 мДж/кг, расход топлива — до 160 кг/ч.

Характерная особенность рабочего процесса высокотемпературных пневмобарабанных сушилок — избирательное удаление высушенных частиц из зоны сушки. При средней скорости сушильного агента во внутреннем цилиндре барабана, равной 4,92 м/с, скорость витания частиц зеленой резки в среднем составляет 12...15 м/с, а наиболее легких высушенных частиц, полученных из листьев — 1,5...3,5 м/с. В результате этого подсохшие частицы быстрее удаляются из сушильного барабана, что ускоряет процесс сушки.

Агрегаты АВМ-1,5 и АВМ-3,0 имеют одноходовые прямоточные барабаны 12 (см. рис. 2.32, в, б), внутри которых размещены лопасти. В передней части барабан соединен с теплогенератором 19, а в задней — с циклоном 5 отвода сухой резки и через него — с главным вентилятором 4. Главный вентилятор (дымосос) служит для засасывания сушильного агента в барабан, от-

Рис. 2.32. Технологическая схема агрегатов:

а) АВМ-0,65Р; б) АВМ-1,5А; в) АВМ-3,0; 1 — вентилятор; 2, 6 — шлюзовые затворы; 3 — шнековый транспорт; 4 — вентилятор дымососа; 5 — циклон; 7 — барабан; 8, 11 — битеры; 9 — транспортер; 10 — винтовой транспортер; 12 — отбойный битер; 13 — конвейер; 14 — лоток; 15 — гидроцилиндр; 16 — горелка; 17 — форсунка; 18 — вентилятор теплогенератора; 19 — топка; 20 — отборщик; 21 — рециркуляция; 22 — дробилка; 23 — пневмопровод зерна; 24 — система охлаждения муки; 25 — бункер-накопитель; 26 — шлюзовой затвор сечки; 27 — вентилятор сечки; 28 — заслонка.

сасывания сухой резки из него и подачи по трубопроводу в циклон 5 для отделения ее от отработанного агента сушки. В нижней части циклона предусмотрен делитель, который направляет поток сухой резки на две дробилки 22. При брикетировании резки дробилки отключаются и сухая масса, минуя их, направляется в бункер-накопитель 25 и систему ввода в смеситель-питатель пресса-брикетировщика. Система отвода травяной муки предназначена для выделения ее из потока и затаривания в бумажные мешки через выгрузной шнек 3.

Техническая характеристика агрегатов для сушки кормов представлена в таблице 2.22.

2.22. Техническая характеристика агрегатов для сушки кормов

Параметры	АВМ-0,65РЖ	АВМ-1,5Б	АВМ-3	СБ-1,5 (М804/0-1,5)
Производительность при влажности резки 75 %, муки 10 %, кг	650	1600	3000	1500
Испарительная способность при сушке травы влажностью не менее 75 %, кг/ч	1690	4200	7800	4000
Расход топлива, кг/ч	150	320...450	780	330
Удельный расход теплоты на испарение 1 кг влаги, кДж/кг	3,34	3,34	3,34	3,01
Установленная мощность электродвигателей, кВт	103,4	232,1	450	250
Габаритные размеры, м:				
длина	20,94	5,4	46,0	21,0
ширина	8,22	13,6	18,0	7,0
высота	5,52	7,81	13,86	7,3
Масса, кг	16 240	37 270	78 000	40 000
Обслуживающий персонал:				
машинистов	1	1	1	1
рабочих	1...2	2	2	4...5

Теплогенератор — одно из основных звеньев технологической линии сушки в системе агрегата АВМ, определяющих эффективность работы при производстве обезвоженных кормов.

Принцип работы теплогенератора (рис. 2.33) сводится к следующему. Жидкое топливо из резервуара по трубопроводу через кран 1 поступает в подогреватель 2. Из подогревателя оно через фильтр 4 насосом 7 под давлением, установленным вентилем давления 30, подается в форсунку 10 и распыляется в камере газификации 17. Давление топлива показывает манометр 8, расположенный на пульте управления работой теплогенератора рядом с вентилем давления. Вентилятор 11 через соединительную трубу, кольцевое пространство камеры газификации, тангенциальные окна 15, 16 подает закрученный воз-

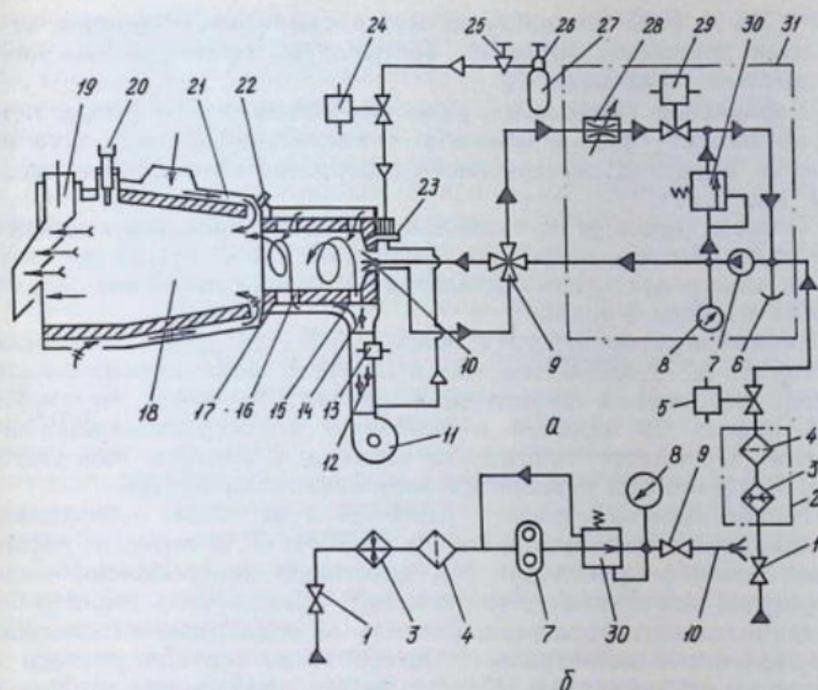


Рис. 2.33. Технологическая схема теплогенератора АВМ-0,65РЖ (а) и АВМ-1,5АЖ (б):

1 — кран; 2 — подогреватель; 3 — нагревательный элемент; 4 — фильтр; 5 — отсекающий электромагнитный вентиль; 6 — сапун; 7 — топливный насос; 8 — манометр; 9 — пусковой кран форсунки; 10 — форсунка; 11 — вентилятор теплогенератора; 12 — регулирующая заслонка; 13 — привод заслонки; 14 — газораспределительная заслонка; 15, 16 — тангенциальные окна; 17 — камера газификации; 18 — камера смешивания; 19 — направляющий желоб; 20 — преобразователь термоэлектрический ТХА-0806; 21 — кольцевое пространство; 22 — датчик прибора контроля пламени; 23 — запальник; 24 — электромагнитный вентиль запальника; 25 — регулятор давления; 26 — вентиль; 27 — баллон с жидким газом; 28 — дроссельный вентиль; 29 — регулирующий электромагнитный вентиль; 30 — регулятор давления; 31 — пульт.

душный поток в камеру 17 газификации, где он интенсивно перемешивается с распыленным топливом.

Образовавшаяся в камере газификации горючая смесь воспламеняется от свечи зажигания 23. Горение происходит с недостатком воздуха. Несгоревшая часть топлива испаряется и перемешивается с воздухом, поступающим через тангенциальное окно вторичной подачи воздуха. Образовавшиеся продукты горения, имеющие высокую температуру, поступают в топку 18 и там догорают.

Воздух, засасываемый вентилятором циклона сухой резки, через кольцевой промежуток поступает в топку 18, где смешивается с продуктами горения, образуя агент сушки температу-

сасывания сухой резки из него и подачи по трубопроводу в циклон 5 для отделения ее от отработанного агента сушки. В нижней части циклона предусмотрен делитель, который направляет поток сухой резки на две дробилки 22. При брикетировании резки дробилки отключаются и сухая масса, минуя их, направляется в бункер-накопитель 25 и систему ввода в смеситель-питатель пресса-брикетировщика. Система отвода травяной муки предназначена для выделения ее из потока и затаривания в бумажные мешки через выгрузной шнек 3.

Техническая характеристика агрегатов для сушки кормов представлена в таблице 2.22.

2.22. Техническая характеристика агрегатов для сушки кормов

Параметры	АВМ-0,65РЖ	АВМ-1,5Б	АВМ-3	СБ-1,5 (М804/0-1,5)
Производительность при влажности резки 75 %, муки 10 %, кг	650	1600	3000	1500
Испарительная способность при сушке травы влажностью не менее 75 %, кг/ч	1690	4200	7800	4000
Расход топлива, кг/ч	150	320...450	780	330
Удельный расход теплоты на испарение 1 кг влаги, кДж/кг	3,34	3,34	3,34	3,01
Установленная мощность электродвигателей, кВт	103,4	232,1	450	250
Габаритные размеры, м:				
длина	20,94	5,4	46,0	21,0
ширина	8,22	13,6	18,0	7,0
высота	5,52	7,81	13,86	7,3
Масса, кг	16 240	37 270	78 000	40 000
Обслуживающий персонал:				
машинистов	1	1	1	1
рабочих	1...2	2	2	4...5

Теплогенератор — одно из основных звеньев технологической линии сушки в системе агрегата АВМ, определяющих эффективность работы при производстве обезвоженных кормов.

Принцип работы теплогенератора (рис. 2.33) сводится к следующему. Жидкое топливо из резервуара по трубопроводу через кран 1 поступает в подогреватель 2. Из подогревателя оно через фильтр 4 насосом 7 под давлением, установленным вентилем давления 30, подается в форсунку 10 и распыляется в камере газификации 17. Давление топлива показывает манометр 8, расположенный на пульте управления работой теплогенератора рядом с вентилем давления. Вентилятор 11 через соединительную трубу, кольцевое пространство камеры газификации, тангенциальные окна 15, 16 подает закрученный воз-

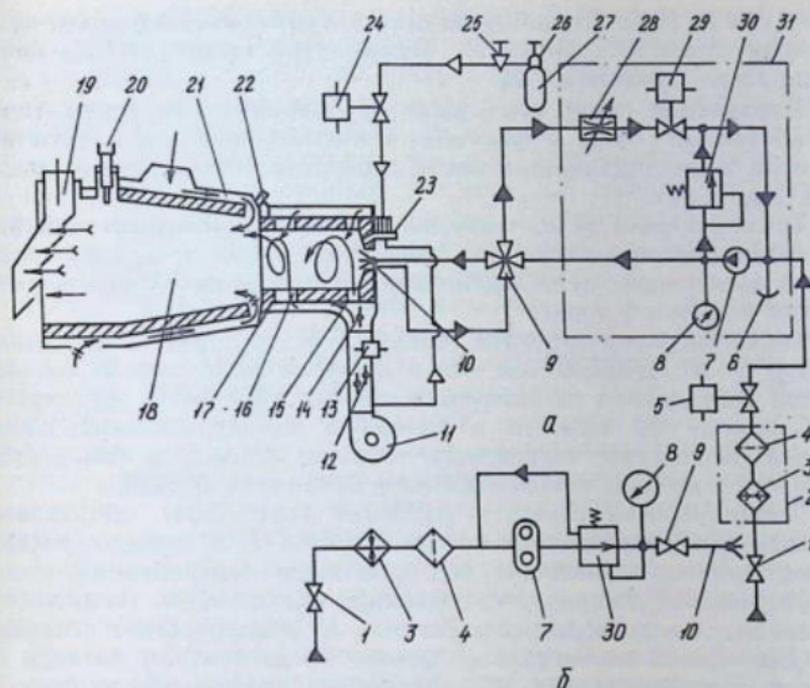


Рис. 2.33. Технологическая схема теплогенератора АВМ-0,65РЖ (а) и АВМ-1,5АЖ (б):

1 — кран; 2 — подогреватель; 3 — нагревательный элемент; 4 — фильтр; 5 — отсекающий электромагнитный вентиль; 6 — сапун; 7 — топливный насос; 8 — манометр; 9 — пусковой кран форсунки; 10 — форсунка; 11 — вентилятор теплогенератора; 12 — регулирующая заслонка; 13 — привод заслонки; 14 — газораспределительная заслонка; 15, 16 — тангенциальные окна; 17 — камера газификации; 18 — камера смешивания; 19 — направляющий желоб; 20 — преобразователь термоэлектрический ГХА-0806; 21 — кольцевое пространство; 22 — датчик прибора контроля пламени; 23 — запальник; 24 — электромагнитный вентиль запальника; 25 — регулятор давления; 26 — вентиль; 27 — баллон с жидким газом; 28 — дроссельный вентиль; 29 — регулирующий электромагнитный вентиль; 30 — регулятор давления; 31 — пульт.

душный поток в камеру 17 газификации, где он интенсивно перемешивается с распыленным топливом.

Образовавшаяся в камере газификации горючая смесь воспламеняется от свечи зажигания 23. Горение происходит с недостатком воздуха. Несгоревшая часть топлива испаряется и перемешивается с воздухом, поступающим через тангенциальное окно вторичной подачи воздуха. Образовавшиеся продукты горения, имеющие высокую температуру, поступают в топку 18 и там догорают.

Воздух, засасываемый вентилятором циклона сухой резки, через кольцевой промежуток поступает в топку 18, где смешивается с продуктами горения, образуя агент сушки температу-

рой 1173 К (900 °С), поступающий в сушильный барабан через жалюзи приемного лотка 19. Температура теплоносителя контролируется термопарой 20.

Управление процессом сушки производится по температуре отработавших газов с помощью температурного реле, установленного в цилиндрической части отборщика тяжелых частиц 20 (см. рис. 2.32).

Температурное реле, включенное в цепь управления электродвигателя насоса, отключает топливный насос в случаях остановки электродвигателя вентилятора 4, отвода сухой массы и гашения пламени в топке.

Теплогенератор агрегата АВМ-1,5БЖ (см. рис. 2.33) отличается от АВМ-0,65Ж тем, что в качестве форсунки 10 используется стандартная газомазутная горелка ГМГ-4М и регулирующий клапан 30 включен в напорную магистраль топливного насоса. Количество сжигаемого топлива и воздуха изменяется плавно с помощью исполнительного механизма МЭОК.

Теплогенератор агрегата АВМ-3Ж (рис. 2.34) оборудован ротационной газомазутной горелкой РГМГ-7, в которой распыление топлива происходит под действием центробежной силы вращающегося стакана. Это позволяет использовать топливо без предварительного подогрева. Вентиль 13 поддерживает постоянное давление в магистрали от насоса 14 до вентиля расхода 9. Механический отсекающий клапан 10 перекрывает диафрагмой входное и выходное отверстия (подачу топлива) при давлении в магистрали ниже 0,1 мПа. Запорный мембранный вентиль с электромагнитным приводом 8 перекрывает подачу топлива в форсунку в аварийных ситуациях: при срыве пламени, загорании сухой массы, отсутствии тяги. Система подачи топлива оборудована счетчиком 5, по показаниям которого определяют количество израсходованного топлива. Вентиль расхода топлива и воздушные

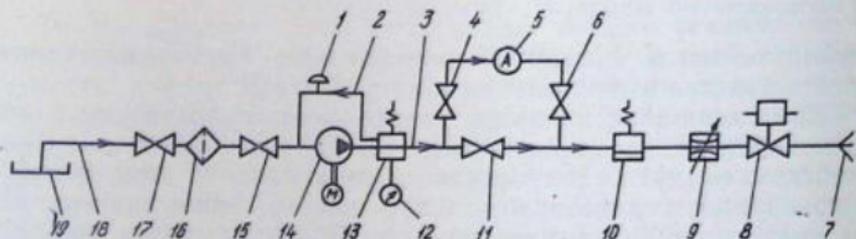


Рис. 2.34. Гидравлическая схема топливной аппаратуры агрегата АВМ-3Ж:

1 — сапун; 2 — линия слива; 3 — линия напора; 4, 6, 11, 15, 17 — пробковые краны; 5 — счетчик расхода топлива; 7 — ротационная форсунка; 8 — запорный мембранный вентиль с электромагнитным приводом; 9 — вентиль расхода; 10 — отсекающий клапан; 12 — электроконтактный манометр; 13 — вентиль давления; 14 — насосный агрегат; 16 — фильтр; 18 — линия всасывания; 19 — емкость с топливом.

заслонки тягами соединены с кривошипом исполнительного механизма МЭО, посредством которого автоматически или вручную плавно изменяют количество воздуха и сжигаемого топлива.

Особенностью сжигания газозвоздушной смеси агрегатов АВМ является то, что ее скорость на выходе из устья горелки должна находиться в определенных пределах. При увеличении скорости происходит срыв пламени, а при малой скорости возможен обратный просок пламени в горелку. Поэтому систему подачи газа и воздуха оснащают контрольно-измерительными приборами, обеспечивающими безопасную работу.

Газооборудование агрегатов включает: блок управления, в котором размещаются манометры, напоромеры, тягомеры, прибор контроля пламени УКФП1, милливольтметры, датчики-реле ДНТ, ДТ, кнопки звуковой сигнализации и др.; импульсные газозвоздушные трубки манометров, датчиков реле, приборов, трубки подвода газа и воздуха к запальнику; газопровод, на котором расположены клапаны с электромагнитными приводами, задвижки и заслонки регуляторов; регулятор расхода газа с приводом от электромагнита или исполнительного механизма.

Требуемый газозвоздушный поток создается насадкой или направляющим устройством, расположенным на коробке в передней крышке теплогенератора.

Пуск в работу теплогенераторов автоматизирован и проходит по программе, установленной на реле времени типа ВС. Программа включает продувку теплогенератора (2...3 мин), продувку магистрали газом (10...20 с), розжиг и выключение запальной горелки (10...15 с). Газ в рабочую горелку поступает по команде прибора контроля типа УКФП1, когда его датчик освещен пламенем запальной или основной горелки.

В системе подачи воздуха теплогенератора агрегата АВМ-0,65РГ (рис. 2.35) давление воздуха, подаваемого вентилятором 7, контролируется напоромером, а разряжение в топке измеряется тягомером. Природный газ через входной вентиль 1 из магистрали поступает в газопровод. Давление на входе контролируется электроконтактным манометром 26. Трехходовые краны 20 и 27 предназначены для подсоединения контрольного манометра. Свеча безопасности 24 и кран 25 служат для продувки магистрали газом. Продувка начинается после открытия вентиля 2 отсечки газа по команде программного реле времени. После продувки, которая длится 15...20 с, кран 25 закрывают. Через 120 с срабатывает электромагнитный вентиль запальника 22, газ через открытый кран 23 подается в запальник, где перемешивается с воздухом, нагнетаемым вентилятором 7, и воспламеняется искрой свечи зажигания. Пламя запального факела освещает датчик 17 прибора УКФП1, и последний открывает рабочий вентиль 3. Газ через открытый вентиль 4, регу-

рой 1173 К (900 °С), поступающий в сушильный барабан через жалюзи приемного лотка 19. Температура теплоносителя контролируется термпарой 20.

Управление процессом сушки производится по температуре отработавших газов с помощью температурного реле, установленного в цилиндрической части отборщика тяжелых частиц 20 (см. рис. 2.32).

Температурное реле, включенное в цепь управления электродвигателя насоса, отключает топливный насос в случаях остановки электродвигателя вентилятора 4, отвода сухой массы и гашения пламени в топке.

Теплогенератор агрегата АВМ-1,5БЖ (см. рис. 2.33) отличается от АВМ-0,65Ж тем, что в качестве форсунки 10 используется стандартная газомазутная горелка ГМГ-4М и регулирующий клапан 30 включен в напорную магистраль топливного насоса. Количество сжигаемого топлива и воздуха изменяется плавно с помощью исполнительного механизма МЭОК.

Теплогенератор агрегата АВМ-3Ж (рис. 2.34) оборудован ротационной газомазутной горелкой РГМГ-7, в которой распыление топлива происходит под действием центробежной силы вращающегося стакана. Это позволяет использовать топливо без предварительного подогрева. Вентиль 13 поддерживает постоянное давление в магистрали от насоса 14 до вентиля расхода 9. Механический отсекающий клапан 10 перекрывает диафрагмой входное и выходное отверстия (подачу топлива) при давлении в магистрали ниже 0,1 мПа. Запорный мембранный вентиль с электромагнитным приводом 8 перекрывает подачу топлива в форсунку в аварийных ситуациях: при срыве пламени, загорании сухой массы, отсутствии тяги. Система подачи топлива оборудована счетчиком 5, по показаниям которого определяют количество израсходованного топлива. Вентиль расхода топлива и воздушные

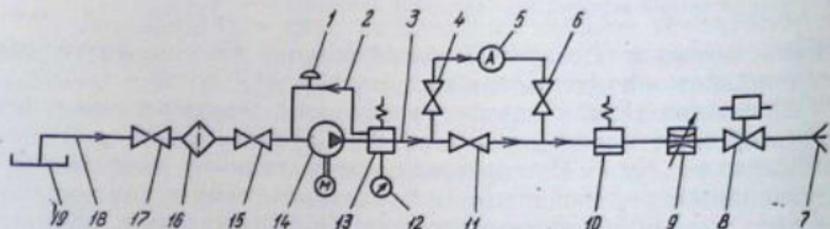


Рис. 2.34. Гидравлическая схема топливной аппаратуры агрегата АВМ-3Ж:

1 — сапун; 2 — линия слива; 3 — линия напора; 4, 6, 11, 15, 17 — пробковые краны; 5 — счетчик расхода топлива; 7 — ротационная форсунка; 8 — запорный мембранный вентиль с электромагнитным приводом; 9 — вентиль расхода; 10 — отсекающий клапан; 12 — электроконтактный манометр; 13 — вентиль давления; 14 — насосный агрегат; 16 — фильтр; 18 — линия всасывания; 19 — емкость с топливом.

заслонки тягами соединены с кривошипом исполнительного механизма МЭО, посредством которого автоматически или вручную плавно изменяют количество воздуха и сжигаемого топлива.

Особенностью сжигания газозвоздушной смеси агрегатов АВМ является то, что ее скорость на выходе из устья горелки должна находиться в определенных пределах. При увеличении скорости происходит срыв пламени, а при малой скорости возможен обратный пророск пламени в горелку. Поэтому систему подачи газа и воздуха оснащают контрольно-измерительными приборами, обеспечивающими безопасную работу.

Газооборудование агрегатов включает: блок управления, в котором размещаются манометры, напоромеры, тягомеры, прибор контроля пламени УКФП1, милливольтметры, датчики-реле ДНТ, ДТ, кнопки звуковой сигнализации и др.; импульсные газозвоздушные трубки манометров, датчиков реле, приборов, трубки подвода газа и воздуха к запальнику; газопровод, на котором расположены клапаны с электромагнитными приводами, задвижки и заслонки регуляторов; регулятор расхода газа с приводом от электромагнита или исполнительного механизма.

Требуемый газозвоздушный поток создается насадкой или направляющим устройством, расположенным на коробке в передней крышке теплогенератора.

Пуск в работу теплогенераторов автоматизирован и проходит по программе, установленной на реле времени типа ВС. Программа включает продувку теплогенератора (2...3 мин), продувку магистрали газом (10...20 с), розжиг и выключение запальной горелки (10...15 с). Газ в рабочую горелку поступает по команде прибора контроля типа УКФП1, когда его датчик освещен пламенем запальной или основной горелки.

В системе подачи воздуха теплогенератора агрегата АВМ-0,65РГ (рис. 2.35) давление воздуха, подаваемого вентилятором 7, контролируется напоромером, а разрежение в топке измеряется тягомером. Природный газ через входной вентиль 1 из магистрали поступает в газопровод. Давление на входе контролируется электроконтактным манометром 26. Трехходовые краны 20 и 27 предназначены для подсоединения контрольного манометра. Свеча безопасности 24 и кран 25 служат для продувки магистрали газом. Продувка начинается после открытия вентиля 2 отсечки газа по команде программного реле времени. После продувки, которая длится 15...20 с, кран 25 закрывают. Через 120 с срабатывает электромагнитный вентиль запальника 22, газ через открытый кран 23 подается в запальник, где перемешивается с воздухом, нагнетаемым вентилятором 7, и воспламеняется искрой свечи зажигания. Пламя запального факела освещает датчик 17 прибора УКФП1, и последний открывает рабочий вентиль 3. Газ через открытый вентиль 4, регу-

рой 1173 К (900 °С), поступающий в сушильный барабан через жалюзи приемного лотка 19. Температура теплоносителя контролируется термопарой 20.

Управление процессом сушки производится по температуре отработавших газов с помощью температурного реле, установленного в цилиндрической части отборщика тяжелых частиц 20 (см. рис. 2.32).

Температурное реле, включенное в цепь управления электродвигателя насоса, отключает топливный насос в случаях остановки электродвигателя вентилятора 4, отвода сухой массы и гашения пламени в топке.

Теплогенератор агрегата АВМ-1,5БЖ (см. рис. 2.33) отличается от АВМ-0,65Ж тем, что в качестве форсунки 10 используется стандартная газомазутная горелка ГМГ-4М и регулирующий клапан 30 включен в напорную магистраль топливного насоса. Количество сжигаемого топлива и воздуха изменяется плавно с помощью исполнительного механизма МЭОК.

Теплогенератор агрегата АВМ-3Ж (рис. 2.34) оборудован ротационной газомазутной горелкой РГМГ-7, в которой распыление топлива происходит под действием центробежной силы вращающегося стакана. Это позволяет использовать топливо без предварительного подогрева. Вентиль 13 поддерживает постоянное давление в магистрали от насоса 14 до вентиля расхода 9. Механический отсекающий клапан 10 перекрывает диафрагмой входное и выходное отверстия (подачу топлива) при давлении в магистрали ниже 0,1 мПа. Запорный мембранный вентиль с электромагнитным приводом 8 перекрывает подачу топлива в форсунку в аварийных ситуациях: при срыве пламени, загорании сухой массы, отсутствии тяги. Система подачи топлива оборудована счетчиком 5, по показаниям которого определяют количество израсходованного топлива. Вентиль расхода топлива и воздушные

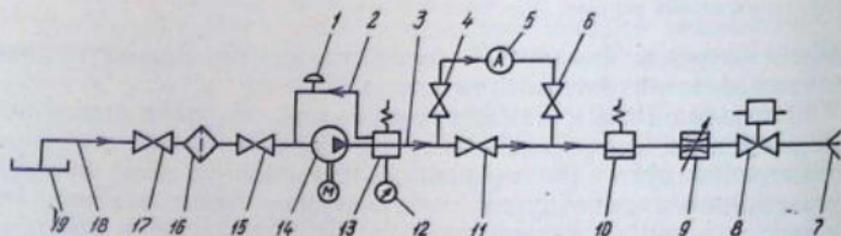


Рис. 2.34. Гидравлическая схема топливной аппаратуры агрегата АВМ-3Ж:

1 — сапун; 2 — линия слива; 3 — линия напора; 4, 6, 11, 15, 17 — пробковые краны; 5 — счетчик расхода топлива; 7 — ротационная форсунка; 8 — запорный мембранный вентиль с электромагнитным приводом; 9 — вентиль расхода; 10 — отсекающий клапан; 12 — электроконтактный манометр; 13 — вентиль давления; 14 — насосный агрегат; 16 — фильтр; 18 — линия всасывания; 19 — емкость с топливом.

заслонки тягами соединены с кривошипом исполнительного механизма МЭО, посредством которого автоматически или вручную плавно изменяют количество воздуха и сжигаемого топлива.

Особенностью сжигания газозвоздушной смеси агрегатов АВМ является то, что ее скорость на выходе из устья горелки должна находиться в определенных пределах. При увеличении скорости происходит срыв пламени, а при малой скорости возможен обратный проскок пламени в горелку. Поэтому систему подачи газа и воздуха оснащают контрольно-измерительными приборами, обеспечивающими безопасную работу.

Газооборудование агрегатов включает: блок управления, в котором размещаются манометры, напоромеры, тягомеры, прибор контроля пламени УКФП1, милливольтметры, датчики-реле ДНТ, ДТ, кнопки звуковой сигнализации и др.; импульсные газозвоздушные трубки манометров, датчиков реле, приборов, трубки подвода газа и воздуха к запальнику; газопровод, на котором расположены клапаны с электромагнитными приводами, задвижки и заслонки регуляторов; регулятор расхода газа с приводом от электромагнита или исполнительного механизма.

Требуемый газозвоздушный поток создается насадкой или направляющим устройством, расположенным на коробке в передней крышке теплогенератора.

Пуск в работу теплогенераторов автоматизирован и проходит по программе, установленной на реле времени типа ВС. Программа включает продувку теплогенератора (2...3 мин), продувку магистрали газом (10...20 с), розжиг и выключение запальной горелки (10...15 с). Газ в рабочую горелку поступает по команде прибора контроля типа УКФП1, когда его датчик освещен пламенем запальной или основной горелки.

В системе подачи воздуха теплогенератора агрегата АВМ-0,65РГ (рис. 2.35) давление воздуха, подаваемого вентилятором 7, контролируется напоромером, а разряжение в топке измеряется тягомером. Природный газ через входной вентиль 1 из магистрали поступает в газопровод. Давление на входе контролируется электроконтактным манометром 26. Трехходовые краны 20 и 27 предназначены для подсоединения контрольного манометра. Свеча безопасности 24 и кран 25 служат для продувки магистрали газом. Продувка начинается после открытия вентиля 2 отсечки газа по команде программного реле времени. После продувки, которая длится 15...20 с, кран 25 закрывают. Через 120 с срабатывает электромагнитный вентиль запальника 22, газ через открытый кран 23 подается в запальник, где перемешивается с воздухом, нагнетаемым вентилятором 7, и воспламеняется искрой свечи зажигания. Пламя запального факела освещает датчик 17 прибора УКФП1, и последний открывает рабочий вентиль 3. Газ через открытый вентиль 4, регу-

рой 1173 К (900 °С), поступающий в сушильный барабан через жалюзи приемного лотка 19. Температура теплоносителя контролируется термопарой 20.

Управление процессом сушки производится по температуре отработавших газов с помощью температурного реле, установленного в цилиндрической части отборщика тяжелых частиц 20 (см. рис. 2.32).

Температурное реле, включенное в цепь управления электродвигателя насоса, отключает топливный насос в случаях остановки электродвигателя вентилятора 4, отвода сухой массы и гашения пламени в топке.

Теплогенератор агрегата АВМ-1,5БЖ (см. рис. 2.33) отличается от АВМ-0,65Ж тем, что в качестве форсунки 10 используется стандартная газомазутная горелка ГМГ-4М и регулирующий клапан 30 включен в напорную магистраль топливного насоса. Количество сжигаемого топлива и воздуха изменяется плавно с помощью исполнительного механизма МЭОК.

Теплогенератор агрегата АВМ-3Ж (рис. 2.34) оборудован ротационной газомазутной горелкой РГМГ-7, в которой распыление топлива происходит под действием центробежной силы вращающегося стакана. Это позволяет использовать топливо без предварительного подогрева. Вентиль 13 поддерживает постоянное давление в магистрали от насоса 14 до вентиля расхода 9. Механический отсекающий клапан 10 перекрывает диафрагмой входное и выходное отверстия (подачу топлива) при давлении в магистрали ниже 0,1 мПа. Запорный мембранный вентиль с электромагнитным приводом 8 перекрывает подачу топлива в форсунку в аварийных ситуациях: при срыве пламени, загорании сухой массы, отсутствии тяги. Система подачи топлива оборудована счетчиком 5, по показаниям которого определяют количество израсходованного топлива. Вентиль расхода топлива и воздушные

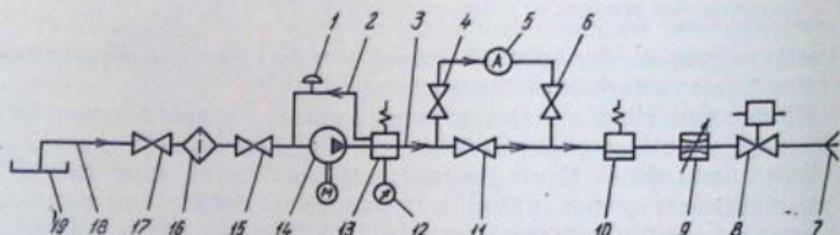


Рис. 2.34. Гидравлическая схема топливной аппаратуры агрегата АВМ-3Ж:

1 — сапун; 2 — линия слива; 3 — линия напора; 4, 6, 11, 15, 17 — пробковые краны; 5 — счетчик расхода топлива; 7 — ротационная форсунка; 8 — запорный мембранный вентиль с электромагнитным приводом; 9 — вентиль расхода; 10 — отсекающий клапан; 12 — электроконтактный манометр; 13 — вентиль давления; 14 — насосный агрегат; 16 — фильтр; 18 — линия всасывания; 19 — емкость с топливом.

заслонки тягами соединены с кривошипом исполнительного механизма МЭО, посредством которого автоматически или вручную плавно изменяют количество воздуха и сжигаемого топлива.

Особенностью сжигания газозвоздушной смеси агрегатов АВМ является то, что ее скорость на выходе из устья горелки должна находиться в определенных пределах. При увеличении скорости происходит срыв пламени, а при малой скорости возможен обратный просок пламени в горелку. Поэтому систему подачи газа и воздуха оснащают контрольно-измерительными приборами, обеспечивающими безопасную работу.

Газооборудование агрегатов включает: блок управления, в котором размещаются манометры, напоромеры, тягомеры, прибор контроля пламени УКФП1, милливольтметры, датчики-реле ДНТ, ДТ, кнопки звуковой сигнализации и др.; импульсные газозвоздушные трубки манометров, датчиков реле, приборов, трубки подвода газа и воздуха к запальнику; газопровод, на котором расположены клапаны с электромагнитными приводами, задвижки и заслонки регуляторов; регулятор расхода газа с приводом от электромагнита или исполнительного механизма.

Требуемый газозвоздушный поток создается насадкой или направляющим устройством, расположенным на коробке в передней крышке теплогенератора.

Пуск в работу теплогенераторов автоматизирован и проходит по программе, установленной на реле времени типа ВС. Программа включает продувку теплогенератора (2...3 мин), продувку магистрали газом (10...20 с), розжиг и выключение запальной горелки (10...15 с). Газ в рабочую горелку поступает по команде прибора контроля типа УКФП1, когда его датчик освещен пламенем запальной или основной горелки.

В системе подачи воздуха теплогенератора агрегата АВМ-0,65РГ (рис. 2.35) давление воздуха, подаваемого вентилятором 7, контролируется напоромером, а разряжение в топке измеряется тягомером. Природный газ через входной вентиль 1 из магистрали поступает в газопровод. Давление на входе контролируется электроконтактным манометром 26. Трехходовые краны 20 и 27 предназначены для подсоединения контрольного манометра. Свеча безопасности 24 и кран 25 служат для продувки магистрали газом. Продувка начинается после открытия вентиля 2 отсечки газа по команде программного реле времени. После продувки, которая длится 15...20 с, кран 25 закрывают. Через 120 с срабатывает электромагнитный вентиль запальника 22, газ через открытый кран 23 подается в запальник, где перемешивается с воздухом, нагнетаемым вентилятором 7, и воспламеняется искрой свечи зажигания. Пламя запального факела освещает датчик 17 прибора УКФП1, и последний открывает рабочий вентиль 3. Газ через открытый вентиль 4, регу-

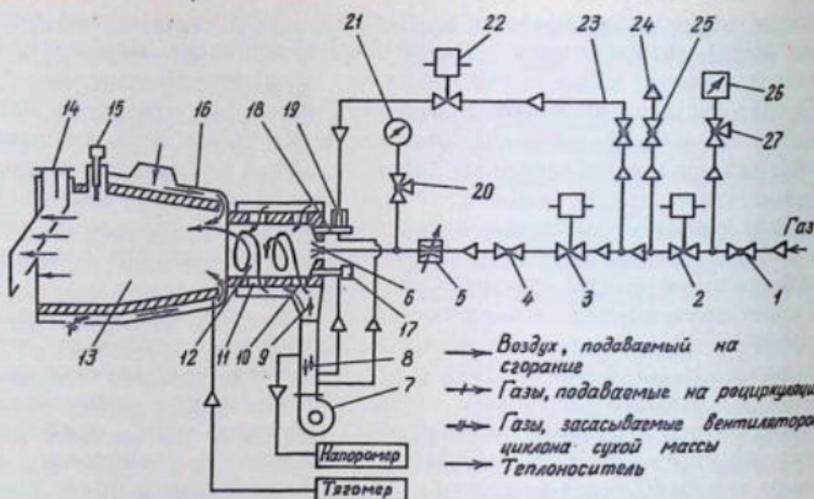


Рис. 2.35. Технологическая схема теплогенератора АВМ-0,65РГ:

1, 4 — вентили; 2 — вентиль отсечки; 3 — рабочий вентиль; 5 — регулятор; 6 — насадка; 7 — вентилятор теплогенератора; 8 — регулирующая заслонка; 9 — распределительная заслонка; 10, 11 — тангенциальные окна; 12 — камера газификации; 13 — камера смешивания; 14 — направляющий желоб; 15 — термоэлектрический преобразователь ТХА-0806; 16 — кольцевое пространство; 17 — датчик прибора контроля пламени; 18 — запальник; 19 — жиклер; 20, 27 — трехходовые краны; 21 — манометр; 22 — вентиль запальника; 23, 25 — краны; 24 — свеча безопасности; 26 — электроконтактный манометр.

лятор 5 и насадку 6 поступает в камеру газификации, где, смешиваясь с воздухом, воспламеняется факелом запальной горелки. Через 10 с вентиль 22 перекрывает подачу газа в запальник. Дальнейший процесс образования теплоносителя протекает так же, как при работе на жидком топливе.

Количество сжигаемого газа изменяют регулятором 5 вручную или с помощью электромагнита, включенного в систему автоматического регулирования процесса сушки агрегата. При срабатывании электромагнита заслонка газа и связанная с ней тросиком заслонка воздуха 8 уменьшают проходные сечения магистралей и снижают расход газа и воздуха. Температура теплоносителя падает. При снятии напряжения с электромагнита расход газа и воздуха увеличивается. Схема газообразования агрегатов АВМ-1,5БГ и АВМ-3Г дополнительно включает датчики-реле напора, тяги и давления газа, которые отключают его подачу при отклонении контролируемых параметров от заданных, обеспечивая безопасную работу теплогенератора в автоматическом режиме.

Автоматическое регулирование процесса сушки позволяет оптимизировать параметры режима работы сушилки, повысить качество получаемого корма и интенсифицировать производст-

2.23. Способы регулирования процесса сушки (по К. С. А. Гицьявичюсу)

Измеряемый параметр	Место измерения	Управляющие воздействия	Регулируемый орган или система	Разработана, используется в сушилках	Примечание
Температура теплоносителя	За барабаном	Расход топлива	Электромагнитный вентиль Регулятор топлива	АВМ-065Р (СССР) МГФ (ВНР) М804/0-1,5 (ПНР) АВМ-1,5А (СССР)	Возможно эффективное и быстрое регулирование. Температуру теплоносителя необходимо изменять в зависимости от влажности травы
То же	То же	Расход травы	Скорость транспорта-питателя	БС-18-Е (ЧССР) АВМ-3 (СССР)	Процесс регулирования медленный, но может протекать при максимальном теплониспользовании
»	В передней части барабана	То же	То же	Разработана Литовским НИИ МЭСХ	Обеспечивает достаточно точное поддержание заданной температуры теплоносителя на выходе из барабана
Температура теплоносителя	За барабаном	Расход топлива и травы	Регулятор топлива и скорость питателя	«Ардрайэр» (США)	Изменение расхода топлива и травы происходит в небольших пределах
Влажность зеленой резки	На входе в сушилку	Расход травы	Скорость транспорта-питателя	«Ван дер Броук» (Голландия)	Применяется совместно с контуром регулирования температуры теплоносителя

венный процесс. Для получения кормов оптимальной влажности, облегчения работы машинистов-операторов, повышения надежности технологического процесса агрегаты оборудуют различными системами автоматического регулирования (табл. 2.23).

Общий и основной недостаток систем регулирования по параметрам теплоносителя заключается в необходимости вручную корректировать температуру теплоносителя на входе в барабан в зависимости от влажности и вида исходного сырья. Более совершенные системы, использующие информацию о влажности и температуре материала, в настоящее время не нашли еще широкого применения из-за отсутствия простых и надежных способов измерения влажности и температуры корма в потоке.

Процесс производства травяной муки и резки в комбинированных агрегатах с двухступенчатым высоко- и низкотемпературным процессом и использованием сушильного агента, обработанного в высокотемпературной ступени, для подогрева в рекуперативном теплообменнике атмосферного воздуха — су-

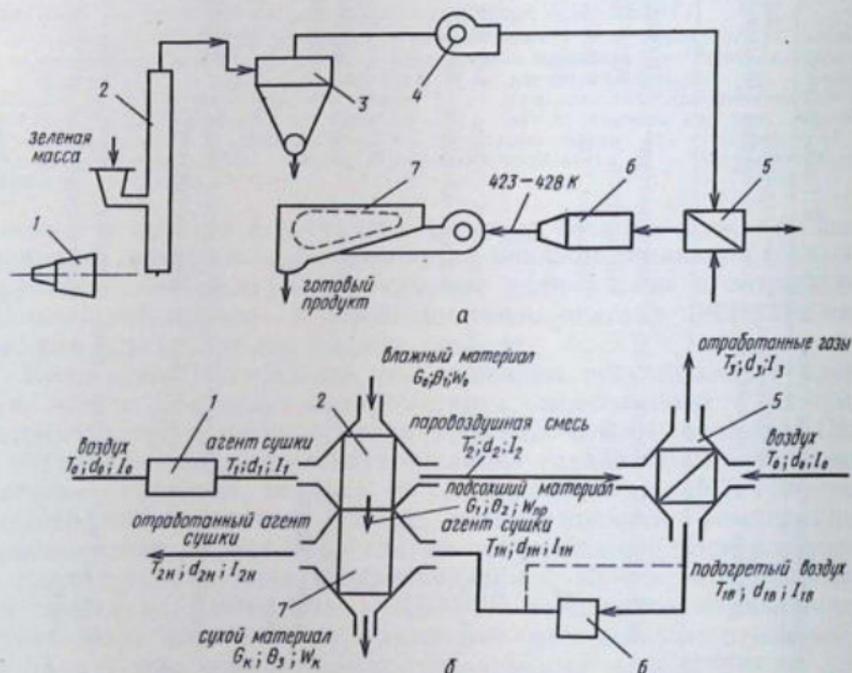


Рис. 2.36. Технологическая (а) и расчетная (б) схемы комбинированного сушильного агрегата с рекуперацией теплоты отходящих газов (по А. В. Демину): 1 — высокотемпературная топка; 2 — высокотемпературная ступень; 3 — теплоуловитель; 4 — вентилятор; 5 — теплообменник; 6 — топка низкотемпературной ступени; 7 — низкотемпературная ступень сушилки. T ; d ; I — соответственно температура, влагосодержание и энтальпия теплоносителя; 0 — температура материала.

шильного агента второй ступени состоит из следующих этапов (рис. 2.36).

Атмосферный воздух температурой t_0 и влажностью d_0 смешивается с горячими топочными газами в высокотемпературной топке 1. Сформированный сушильный агент (параметры t_1, d_1) направляется в высокотемпературную ступень 2, куда одновременно поступает влажный материал с исходной влажностью W_0 и температурой θ_1 . Сушильный агент нагревает его до температуры θ_2 и поглощает испарившуюся из него свободную влагу, а затем он удаляется из сушильной камеры с температурой t_2 и влажностью d_2 .

Подсушенный материал с промежуточной влажностью $W_{пр}$ переходит во вторую низкотемпературную ступень 5 и досушивается до конечной влажности. Высушенная резка из сушильной камеры низкотемпературной ступени выходит при температуре θ_3 . Отработанный агент высокотемпературной ступени направляется в теплоуловитель 3. Пройдя последовательно несколько секций пластинчатых теплообменников рекуперативного типа и отдав большую часть своей теплоты (в том числе и теплоту конденсации паров воды) приточному атмосферному воздуху, отработанный агент с параметрами d_3 и t_3 выбрасывается в атмосферу.

Основы теории и расчета процесса сушки кормов

Кинетика процесса сушки измельченной травы и методика теплового расчета сушилок сельскохозяйственных материалов разработаны академиком В. П. Горячкиным (1907). Теория сушки получила дальнейшее развитие в работах профессора Д. К. Рамзина, академиков А. В. Лыкова, Н. М. Михайлова, А. С. Гинзбурга и других исследователей, разработавших безкалориферный способ сушки зерна и травяной резки топочными газами (1928).

Для сушки кормов применяют только конвективные сушилки, работающие при атмосферном давлении. В зависимости от температуры сушильного агента различают сушилки низкотемпературные ($T_{с.а} \leq 420$ К) и высокотемпературные ($T_{с.а} \geq 420$ К). По характеру работы низкотемпературные сушилки могут быть периодического действия с периодической загрузкой и выгрузкой высушиваемого материала (лотковые) и непрерывного действия (ленточные, конвейерные). Высокотемпературные сушилки работают непрерывно, перемещая высушиваемый материал потоком горячего воздуха или в смеси топочных газов с воздухом. Для сушки кормов применяют главным образом высокотемпературные пневмобарабанные сушилки, работающие по прямоотуку,

венный процесс. Для получения кормов оптимальной влажности, облегчения работы машинистов-операторов, повышения надежности технологического процесса агрегаты оборудуют различными системами автоматического регулирования (табл. 2.23).

Общий и основной недостаток систем регулирования по параметрам теплоносителя заключается в необходимости вручную корректировать температуру теплоносителя на входе в барабан в зависимости от влажности и вида исходного сырья. Более совершенные системы, использующие информацию о влажности и температуре материала, в настоящее время не нашли еще широкого применения из-за отсутствия простых и надежных способов измерения влажности и температуры корма в потоке.

Процесс производства травяной муки и резки в комбинированных агрегатах с двухступенчатым высоко- и низкотемпературным процессом и использованием сушильного агента, отработанного в высокотемпературной ступени, для подогрева в рекуперативном теплообменнике атмосферного воздуха — су-

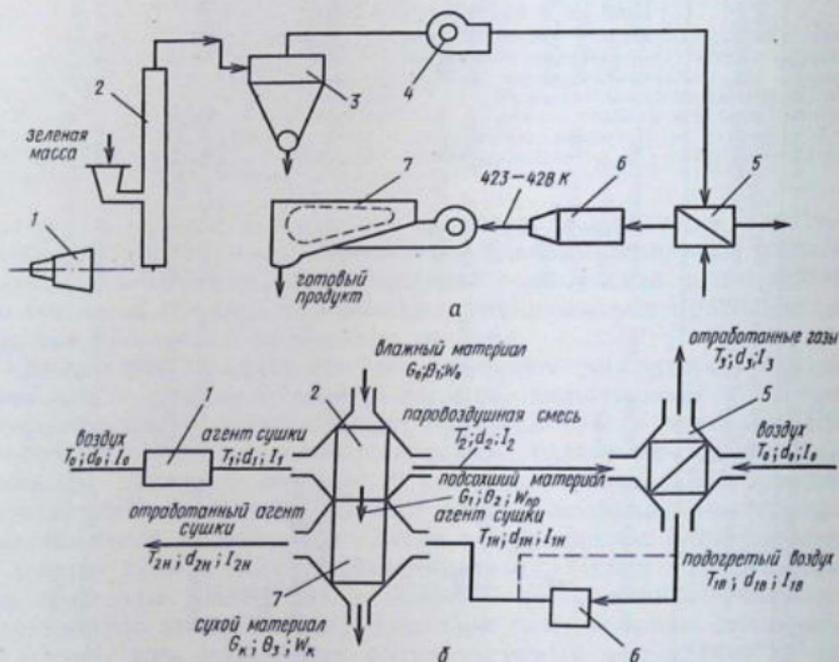


Рис. 2.36. Технологическая (а) и расчетная (б) схемы комбинированного сушильного агрегата с рекуперацией теплоты отходящих газов (по А. В. Демину): 1 — высокотемпературная топка; 2 — высокотемпературная ступень; 3 — теплоуловитель; 4 — вентилятор; 5 — теплообменник; 6 — топка низкотемпературной ступени; 7 — низкотемпературная ступень сушилки. T ; d ; I — соответственно температура, влагосодержание и энтальпия теплоносителя, θ — температура материала.

шильного агента второй ступени состоит из следующих этапов (рис. 2.36).

Атмосферный воздух температурой t_0 и влагосодержанием d_0 смешивается с горячими топочными газами в высокотемпературной топке 1. Сформированный сушильный агент (параметры t_1, d_1) направляется в высокотемпературную ступень 2, куда одновременно поступает влажный материал с исходной влажностью W_0 и температурой θ_1 . Сушильный агент нагревает его до температуры θ_2 и поглощает испарившуюся из него свободную влагу, а затем он удаляется из сушильной камеры с температурой t_2 и влагосодержанием d_2 .

Подсушенный материал с промежуточной влажностью $W_{пр}$ переходит во вторую низкотемпературную ступень 5 и досушивается до конечной влажности. Высушенная резка из сушильной камеры низкотемпературной ступени выходит при температуре θ_3 . Отработанный агент высокотемпературной ступени направляется в теплоуловитель 3. Пройдя последовательно несколько секций пластинчатых теплообменников рекуперативного типа и отдав большую часть своей теплоты (в том числе и теплоту конденсации паров воды) приточному атмосферному воздуху, отработанный агент с параметрами d_3 и t_3 выбрасывается в атмосферу.

Основы теории и расчета процесса сушки кормов

Кинетика процесса сушки измельченной травы и методика теплового расчета сушилок сельскохозяйственных материалов разработаны академиком В. П. Горячкиным (1907). Теория сушки получила дальнейшее развитие в работах профессора Д. К. Рамзина, академиков А. В. Лыкова, Н. М. Михайлова, А. С. Гинзбурга и других исследователей, разработавших безкалориферный способ сушки зерна и травяной резки топочными газами (1928).

Для сушки кормов применяют только конвективные сушилки, работающие при атмосферном давлении. В зависимости от температуры сушильного агента различают сушилки низкотемпературные ($T_{с.а} \leq 420$ К) и высокотемпературные ($T_{с.а} \geq 420$ К). По характеру работы низкотемпературные сушилки могут быть периодического действия с периодической загрузкой и выгрузкой высушиваемого материала (лотковые) и непрерывного действия (ленточные, конвейерные). Высокотемпературные сушилки работают непрерывно, перемещая высушиваемый материал потоком горячего воздуха или в смеси топочных газов с воздухом. Для сушки кормов применяют главным образом высокотемпературные пневмобарабанные сушилки, работающие по прямотоку,

венный процесс. Для получения кормов оптимальной влажности, облегчения работы машинистов-операторов, повышения надежности технологического процесса агрегаты оборудуют различными системами автоматического регулирования (табл. 2.23).

Общий и основной недостаток систем регулирования по параметрам теплоносителя заключается в необходимости вручную корректировать температуру теплоносителя на входе в барабан в зависимости от влажности и вида исходного сырья. Более совершенные системы, использующие информацию о влажности и температуре материала, в настоящее время не нашли еще широкого применения из-за отсутствия простых и надежных способов измерения влажности и температуры корма в потоке.

Процесс производства травяной муки и резки в комбинированных агрегатах с двухступенчатым высоко- и низкотемпературным процессом и использованием сушильного агента, обработанного в высокотемпературной ступени, для подогрева в рекуперативном теплообменнике атмосферного воздуха — су-

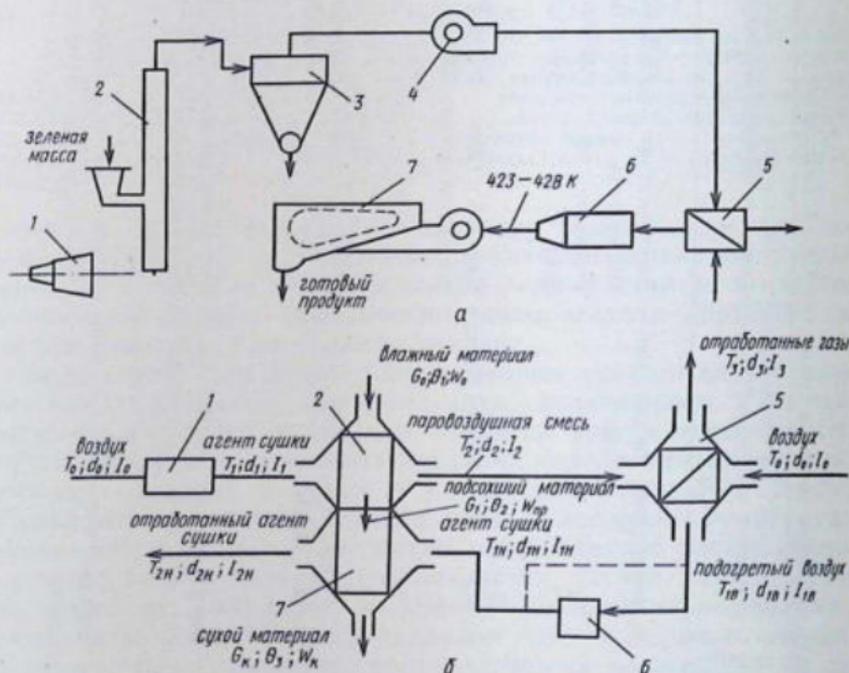


Рис. 2.36. Технологическая (а) и расчетная (б) схемы комбинированного сушильного агрегата с рекуперацией теплоты отходящих газов (по А. В. Демину): 1 — высокотемпературная топка; 2 — высокотемпературная ступень; 3 — теплоуловитель; 4 — вентилятор; 5 — теплообменник; 6 — топка низкотемпературной ступени; 7 — низкотемпературная ступень сушилки. T ; d ; I — соответственно температура, влагосодержание и энтальпия теплоносителя; θ — температура материала.

шильного агента второй ступени состоит из следующих этапов (рис. 2.36).

Атмосферный воздух температурой t_0 и влагосодержанием d_0 смешивается с горячими топочными газами в высокотемпературной топке 1. Сформированный сушильный агент (параметры t_1, d_1) направляется в высокотемпературную ступень 2, куда одновременно поступает влажный материал с исходной влажностью W_0 и температурой θ_1 . Сушильный агент нагревает его до температуры θ_2 и поглощает испарившуюся из него свободную влагу, а затем он удаляется из сушильной камеры с температурой t_2 и влагосодержанием d_2 .

Подсушенный материал с промежуточной влажностью $W_{пр}$ переходит во вторую низкотемпературную ступень 5 и досушивается до конечной влажности. Высушенная резка из сушильной камеры низкотемпературной ступени выходит при температуре θ_3 . Отработанный агент высокотемпературной ступени направляется в теплоуловитель 3. Пройдя последовательно несколько секций пластинчатых теплообменников рекуперативного типа и отдав большую часть своей теплоты (в том числе и теплоту конденсации паров воды) приточному атмосферному воздуху, отработанный агент с параметрами d_3 и t_3 выбрасывается в атмосферу.

Основы теории и расчета процесса сушки кормов

Кинетика процесса сушки измельченной травы и методика теплового расчета сушилок сельскохозяйственных материалов разработаны академиком В. П. Горячкиным (1907). Теория сушки получила дальнейшее развитие в работах профессора Д. К. Рамзина, академиков А. В. Лыкова, Н. М. Михайлова, А. С. Гинзбурга и других исследователей, разработавших безкалориферный способ сушки зерна и травяной резки топочными газами (1928).

Для сушки кормов применяют только конвективные сушилки, работающие при атмосферном давлении. В зависимости от температуры сушильного агента различают сушилки низкотемпературные ($T_{с.а} \leq 420$ К) и высокотемпературные ($T_{с.а} \geq 420$ К). По характеру работы низкотемпературные сушилки могут быть периодического действия с периодической загрузкой и выгрузкой высушиваемого материала (лотковые) и непрерывного действия (ленточные, конвейерные). Высокотемпературные сушилки работают непрерывно, перемещая высушиваемый материал потоком горячего воздуха или в смеси топочных газов с воздухом. Для сушки кормов применяют главным образом высокотемпературные пневмобарабанные сушилки, работающие по прямотоку,

в которых в одном направлении движутся и агент сушки, и материал. Эти сушилки отличаются высокой производительностью и обладают селективным (избирательным) свойством сушки, в результате чего листья и нежные частицы растений быстрее удаляются потоком сушильного агента из зоны высоких температур, а частицы из стеблей и более крупные задерживаются в сушилке на более длительное время.

Разработку технологии сушки измельченной травы и обоснованию показателей режимов пневмобарабанных высокотемпературных сушилок посвятил свои труды заслуженный механизатор Литовской ССР доктор технических наук В. Ю. Валушис.

Биологическая природа материала и необходимость сохранения высоких питательных свойств кормов предъявляют жесткие требования к обоснованию режимных показателей процесса сушки и конструктивных параметров оборудования.

Кинетикой сушки называется раздел теории сушки, в котором рассматривается характер протекания процесса во времени, а также изменение скорости сушки в зависимости от параметров агента сушки. Исследованиями академика А. В. Лыкова установлено, что специфические особенности процесса сушки могут быть наиболее полно охарактеризованы по совокупности кривых сушки. Кривые сушки — это совмещенное графическое изображение основных характеристик сушки материала: температуры, влажности и скорости. На рисунке 2.37 представлены три кривые, характерные для капиллярно-пористых коллоидных материалов, к которым относится растительный корм.

1. Кривая сушки, выражающая зависимость между влагосодержанием (U кг/кг) материала и длительностью (τ) процесса сушки в часах, т. е.

$$u = f(\tau). \quad (2.62)$$

2. Кривая скорости сушки, выражающая зависимость между скоростью сушки (в данный момент) и влажностью материала, т. е.

$$du/d\tau = f(W). \quad (2.63)$$

3. Температурная кривая, выражающая зависимость между температурой высушиваемого

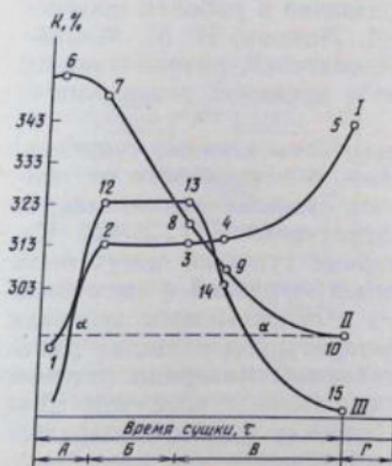


Рис. 2.37. Кривые сушки травяной резки (по Кольваху).

го материала (нагрев резки) в процессе сушки и длительностью сушки, т. е.

$$\theta = f_2(\tau). \quad (2.64)$$

Анализ кривых в их совокупности позволяет вскрыть кинетику всего процесса сушки, который характеризуется наличием трех фаз, или стадий.

Кратковременная стадия прогрева материала в начале процесса характеризуется тем, что температура материала быстро повышается до 308...313 К (кривая I, точки 1—2), влажность снижается на 3...5 % (кривая II, точки 6—7). Скорость сушки возрастает с нуля до некоторого предельного значения (кривая III, точки 11—12) — цикл А.

Вслед за прогревом наступает первый период сушки материала, называемый периодом постоянной скорости сушки, — цикл Б.

Здесь влагосодержание уменьшается по линейному закону (кривая II, точки 7—17), при котором $du/dt = \text{const}$, что на кривой скорости сушки отмечается горизонтальным участком (кривая III, точки 12—13). В этот период вся подводимая теплота расходуется на испарение свободной (сверхгигроскопической) влаги, в результате чего сам материал в это время не нагревается, а влажность снижается до 40...45 %. Температура поверхности материала остается постоянной (кривая I, точки 2—3) и равной температуре мокрого термометра (т. е. адиабатического насыщения воздуха). При этом испаряется 75...80 % общего количества влаги, которая содержится в зеленых кормах, причем эта свободная влага, на разрыв связей которой с материалом требуются незначительные затраты тепловой энергии.

В результате сушка протекает при относительно небольшой температуре корма — 308...313 К, т. е. до которой был нагрет материал в конце первого цикла.

При некотором значении влагосодержания (1-я критическая точка) характер протекания кривых резко меняется — цикл В. Это соответствует началу второго периода (кривая II, точки 8—9—10) и называется периодом падающей скорости сушки (кривая III, точки 13—14—15). При равномерном подводе теплоты уменьшение интенсивности испарения влаги вызывает дальнейший нагрев материала (кривая I, точки 3—4—5), особенностью второго периода сушки является повышение температуры материала.

Кривая сушки в этот период (кривая II, точки 9—10) асимптотически приближается к равновесному влагосодержанию. Когда материал достигнет равновесной влажности, соответствующей условиям заданного режима, сушка прекращается, так как

влагопоглотительная способность агента сушки оказывается исчерпанной, то есть $du/dt = 0$. При этом температура материала должна быть ниже температуры отработанного сушильного агента, так как в этом случае относительно быстрое охлаждение газов и понижение их влагоемкости могут привести к абсорбции паров воды материалом и обратному повышению его влажности. Описанная схема процесса сушки характерна для многих капиллярно-пористых коллоидных тел. Однако процесс сушки травы сопровождается еще более сложными явлениями, обусловленными влиянием различных форм связи с материалом и его неоднородностью.

Расчет высокотемпературной пневмобарабанной сушилки кормов. В зависимости от разрешаемых задач полный расчет сушилок включает две взаимообусловленные части — технологическую и конструктивную. В основе технологической части лежит материальный и тепловой расчет, в результате которого определяются количество влаги, подлежащей испарению, расход воздуха или агента сушки, расход теплоты и топлива на сушку, длительность процесса сушки.

В результате конструктивного расчета определяют основные параметры топки, размеры сушильного барабана, а также вентиляционной системы, системы охлаждения и производят выбор силового оборудования.

В теплофизическом отношении процесс сушки заключается в удалении из высоковлажной зеленой резки определенного количества влаги, для чего к ней в сушильном барабане подводится необходимое количество теплоты. При конвективном способе сушки теплота подводится нагретой смесью топочных газов с воздухом — агентом сушки (теплоносителем). Наряду с теплопередачей газоздушная смесь, в результате непосредственного соприкосновения и теплообмена с высушиваемым материалом, воспринимает из него влагу и эвакуирует ее из зоны сушки.

Агент сушки представляет собой смесь трех компонентов: сухого воздуха, сухих топочных газов и водяных паров. Последние всегда имеются в атмосферном воздухе, в сжигаемом топливе, а также образуются дополнительно при сгорании топлива за счет имеющегося в нем водорода.

Расчетная схема агрегата сушки кормов (рис. 2.38) включает: источник тепловой энергии (теплогенератор), сушильный барабан и охлаждающее устройство.

Газоздушная смесь характеризуется четырьмя основными показателями: температурой T , К; относительной влажностью φ , %, влагосодержанием d , г/кг, и энтальпией I , Дж. В процессе сушки состояние смеси изменяется, в соответствии с чем различают: первое состояние — наружный воздух перед входом в смесительную камеру теплогенератора, характеризуемый парамет-



Рис. 2.38. Схема теплового расчета агрегата.

рами T_0 , φ_0 , d_0 и I_0 ; второе состояние — образовавшаяся газозвудушная смесь (агент сушки) перед входом в сушильный барабан, характеризуемая параметрами T_1 , φ_1 , d_1 и I_1 ; третье состояние — газозвудушная смесь при выходе из сушильного барабана (отработанный агент сушки) с параметрами T_2 , φ_2 , d_2 и I_2 .

Измельченная трава (резка) характеризуется тремя основными показателями режима: массовой подачей G , кг/ч; температурой θ , К и влажностью W , %.

Поступающая резка в сушильном барабане нагревается, а затем в охладительной камере охлаждается. В соответствии с этим различают три состояния резки: первое — перед входом в сушильный барабан с параметрами G_1 , θ_1 и W_1 ; второе — при выходе из сушильного барабана и входе в охладительную камеру с параметрами G_2 , θ_2 , W_2 ; третье — при выходе из охладительной камеры, с параметрами G_3 , θ_3 и W_3 .

Для охлаждения резки (или муки) в охладительную камеру поступает наружный воздух с параметрами T_0 , φ_0 , d_0 и I_0 , который, нагреваясь от резки, изменяет свое состояние и выходит из холодильника с параметрами T_3 , φ_3 , d_3 и I_3 .

Исходным положением расчета является предпосылка, что масса сухого вещества резки и масса сухого воздуха (сухой газозвудушной смеси) в процессе сушки не изменяются и остаются величинами постоянными, вследствие чего все расчеты относят к 1 кг сухого воздуха (газа).

Баланс влаги представляет уравнение, выражающее равенство между приходом и расходом влаги в процессе сушки.

Расход сухого воздуха (сухой газозвудушной смеси) L (кг/ч) в процессе сушки также остается постоянным, а влагосодержание его повышается от d_1 до d_2 на 1 кг сухого воздуха.

Таким образом, влага входит в сушилку в количестве: с зеленой резкой $G_1 W_1 10^{-2}$ и с агентом сушки $L d_1 10^{-3}$ (кг/ч), а выходит из сушилки: с кормом $G_2 W_2 10^{-2}$ и с отработанным агентом сушки $L d_2 10^{-3}$ (кг/ч).

На основании постоянства общего количества влаги, участвующей в процессе, напишем уравнение баланса влаги

$$G_1 W_1 10^{-2} + L d_1 10^{-3} = G_2 W_2 10^{-2} + L d_2 10^{-3}. \quad (2.65)$$

После преобразования (2.65) часовой расход воздуха (агента сушки) на испарение влаги W (кг/ч) можно определить по формуле

$$L = 10^3 W / (d_2 - d_1). \quad (2.66)$$

Удельный расход l сухого воздуха (смеси), т. е. расход, отнесенный к 1 кг испаренной влаги, составляет

$$l = L/W = 10^3 / (d_2 - d_1). \quad (2.67)$$

Это уравнение является основным при расчете расхода агента сушки в сушилках.

Из уравнения (2.67) следует, что расход агента сушки обратно пропорционален влагосодержанию его по выходе из сушки. Учитывая зависимость влагосодержания от основных факторов, следует отметить, что расход сухого газа на сушку корма уменьшается с увеличением степени насыщения (φ_2) отработанной смеси и ее температуры (T_2), а также с уменьшением барометрического давления (B).

Баланс теплоты представляет уравнение, выражающее равенство между приходом и расходом теплоты в процессе сушки, и при расчете задачи сводится к раздельному определению всех статей прихода и расхода теплоты. Теплота в сушилку вносится газозоудной смесью, и в результате расчета определяют две величины: расход сухого газа и расход теплоты, отнесенные к 1 кг испаренной влаги.

Далее выполняют тепловой расчет процесса сушки по общей методике, рассматриваемой в курсе теплотехники.

В завершении теплового расчета сушилки определяют следующие показатели:

массовый часовой расход газозоудной смеси L (кг/ч)

$$L = lW, \quad (2.68)$$

где W — количество испаренной влаги по уравнению (2.66);

Объемный часовой расход смеси V (м³/ч), который составляет

$$V = V_0 L, \quad (2.69)$$

где V_0 — объем влажного воздуха в м³, приходящийся на 1 кг сухого воздуха при температуре T (находят по таблицам), м³/кг;

Часовой расход теплоты Q (кДж/ч)

$$Q = q_{\text{исп}} W, \quad (2.70)$$

где $q_{\text{исп}}$ — удельный расход теплоты на 1 кг испаренной влаги, кДж/кг;

часовой расход условного топлива $G_{y,\tau}$ (кг/ч)

$$G_{y,\tau} = Q/29\,300 \eta_{\tau}, \quad (2.71)$$

где 29 300 кДж — теплотворная способность 1 кг условного топлива; η_{τ} — КПД топки ($\eta_{\tau} = 0,85 \dots 0,90$);

часовой расход топлива G_{τ} (кг/ч)

$$G_{\tau} = 29\,300 G_{y,\tau} / Q_n^p, \quad (2.72)$$

где Q_n^p — низшая теплотворная способность топлива, на которую рассчитывается сушилка, кДж/кг.

Общее количество влаги, участвующей в процессе, т. е. влаги, содержащейся в резке и сушильном агенте (пар), — остается постоянным.

Расход сухого воздуха и теплоты в процессе сушки обычно относят к 1 кг испаренной влаги.

Для расчета сушилки необходимо иметь исходные данные, выбираемые с учетом новейших достижений науки и передового опыта в сушке зеленых кормов. В частности, указывается тип сушилки и ее производительность при снижении влажности резки с 75 до 19 % за один пропуск (при одноступенчатом режиме сушки).

В ходе данного расчета составляют балансы: материальный (по корму), влаги и теплоты. В результате расчета определяют количество испарившейся влаги и равную ему усушку корма, расход газовой смеси на сушку, а также расход теплоты и топлива.

Материальный баланс сушилки представляет уравнение, отражающее постоянство массы $G_{с.в}$ (кг/ч) сухого вещества корма до и после сушки, т. е.

$$G_1 = (100 - W_2)/100 = G_2[(100 - W_2)/100] = \text{const.} \quad (2.73)$$

Из уравнения (2.73) определяют массу сухого продукта (кг/ч)

$$G_2 = G_1 [(100 - W_1)/(100 - W_2)]. \quad (2.74)$$

Количество испарившейся влаги b (кг/ч) или убыль в массе W (кг/ч) корма после сушки составляет

$$W = G_1 - G_2,$$

или

$$W = G_1 \frac{W_1 - W_2}{100 - W_2} - G_2 \frac{W_1 - W_2}{100 - W_1}. \quad (2.75)$$

Расчет процесса охлаждения. Высушенную резку или травяную муку охлаждают продувкой через нее наружного воздуха. При этом высушенную массу дополнительно подсушивают, снижая влажность с W_2 до W_3 . Расчет охладителя также основан на балансах влаги, воздуха и теплоты.

В зависимости от способа воздействия рабочего органа на материал и вида вызываемой в нем деформации измельчение кормов осуществляется ударом на дробилках, размолом на мельницах, резанием на резках.

Современные представления о механизме измельчения кормов

Корма представляют большую группу упруго-вязкопластических материалов, специфическими особенностями которых являются наличие структуры, резко выраженная анизотропия (зависимость свойств среды от направления) и значительная лабильность (подвижность и неустойчивость) прочностных характеристик (по С. В. Мельникову).

Корм состоит из двух структурных элементов — скелета (каркас, арматура), обладающего упругими и пластическими свойствами, и заполнителя, обладающего вязкими свойствами. При многократном ударном воздействии рабочих органов на материал процесс разрушения его можно представить аналогично случаю разрушения материала вследствие циклического действия усталостных напряжений. Под действием внешних сил элементы скелета деформируются, а заполнитель оказывает вязкое сопротивление перемещению частиц скелета, увеличивая тем самым суммарную прочность и жесткость тела. В телах растительного происхождения предел прочности самого скелета не зависит от времени действия статической нагрузки, величина же вязкого сопротивления заполнителя меняется во времени. При длительном действии нагрузки заполнитель почти не оказывает поддерживающего действия скелету и прочность тела определяется только прочностью скелета. Напротив, при малом времени действия силы вязкое сопротивление заполнителя и поддерживающее действие его велики. Поэтому для разрушения структурированного твердого тела необходимо приложить нагрузку более высокую, чем та, которая достаточна для разрушения его статическими силами. При ударном воздействии рабочих органов на материал сопротивление его разрушению определяется прочностью всего комплекса — скелета и заполнителя.

Образование пластической деформации можно представить как появление местных разрушений элементов скелета, первичных трещин, развитие и объединение которых приводит к отделению его частей. Этот процесс во времени протекает с возрастающей скоростью, что позволяет считать разрушение практически мгновенным. При напряжении $\sigma_{разр}$ разрушение тела происходит в течение времени $t \rightarrow 0$, пластические деформации не успевают развиваться, т. е. имеет место хрупкое разрушение с образованием только упругих мгновенных деформаций.

Рассмотренная идеализированная схема может быть применена к таким кормам, как фуражное зерно, сено, солома, корнеклубнеплоды, силос, трава и другие виды, включая мясо-рыбные корма. Причем у зерна и корнеклубнеплодов скелет имеет пространственную структуру в виде множества сот (ячеек), заполненных крахмальными зернами, а у стебельных кормов — волокнистую, аналогичную структуру древесины.

В зависимости от способности того или иного вида кормов сопротивляться определенному виду деформации следует выбирать и способы их измельчения.

Контрольные вопросы и задания

1. Как подразделяются способы обработки кормов по видам затрачиваемой энергии? 2. Что такое механическая технология? Какие операции она включает? 3. Назовите наиболее распространенный вид процесса в механической технологии приготовления кормов. 4. Назовите основные этапы процесса деформации твердого тела. 5. Назовите структурные элементы материалов растительного происхождения (корма). 6. Назовите схему процесса деформирования корма.

Глава II

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОРМОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Статические характеристики прочностных свойств зерновых кормов

В процессе работы кормоприготовительных машин корма подвергаются различным воздействиям рабочих органов и влиянию окружающей среды (влажность, давление, температура воздуха и др.). В результате изменяются их механическая структура, физические и химические свойства. Среди целенаправленных воздействий рабочих органов преобладают механические, при которых изменяются форма, размеры, свойства и физические состояния перерабатываемых кормов.

Впервые рабочие диаграммы сжатия в координатах усилие — деформация для зерен фуражных культур были получены проф. С. В. Мельниковым. На их основе им были построены диаграммы напряжений в координатах истинное напряжение — относительная деформация. Типичные рабочие диаграммы сжатия зерновки ячменя представлены на рисунке 3.1, а их реализация — на рисунке 3.1, б.

Рабочие диаграммы внешне напоминают кривые для мягких металлов. Они отмечают три характерных этапа в развитии деформаций в материале вплоть до разрушения. Начальный этап (0—1) характеризуется крутым подъемом кривой и преобладанием упругих деформаций. Второй этап (1—2) отмечен ярко выраженным изменением направления кривой, что свидетельствует о наличии внутренних сдвигов и быстром развитии пласти-

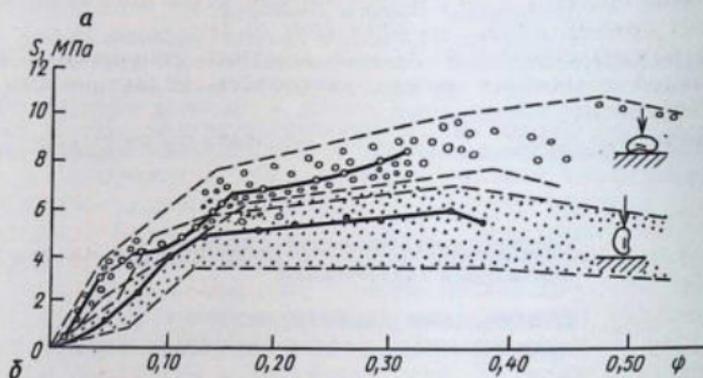
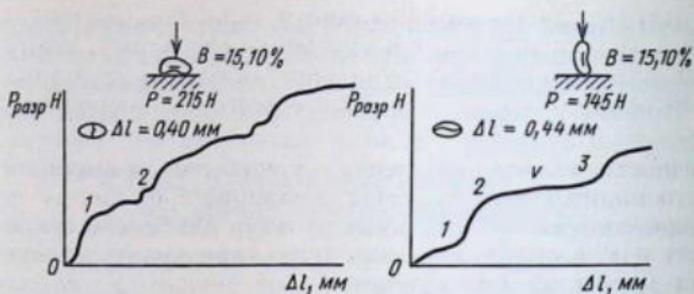


Рис. 3.1. Диаграмма сжатия зерновки ячменя (а) и ее реализации (б): $P_{\text{разр}}$ — разрушающее усилие; Δl — деформация; B — влажность; S — напряжение; ψ — относительная деформация.

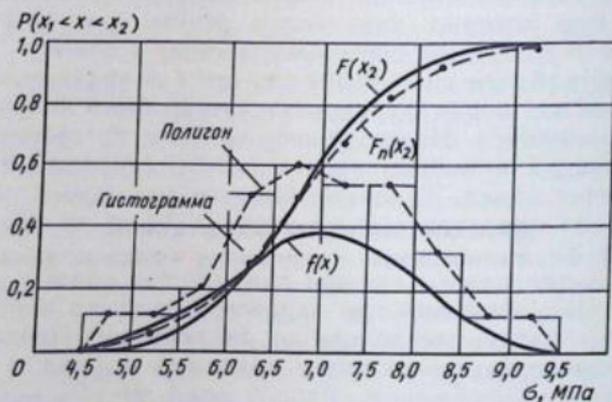


Рис. 3.2. Теоретическое $F(x_2)$ и эмпирическое $F_n(x_2)$ распределение показателей прочности зерен ячменя и плотности вероятности $f(x)$.

ческих (структурных) деформаций в зерновке. Дальнейшее увеличение нагрузки приводит к третьему, конечному, этапу (2—4), который завершается разрушением оболочек с образованием глубокой открытой трещины (чаще всего в поперечном направлении).

Прочность единичных зерен оценивается величиной разрушающего напряжения $\sigma_{\text{разр}}$ (Па), равного временному сопротивлению при сжатии. Из зерновых культур наибольшей прочностью обладает ячмень. Эта основная фуражная культура может быть принята за эталон для сравнительной оценки. Установлено, что показатели прочности зерновых кормов устойчиво следуют нормальному закону распределения (рис. 3.2).

Диаграммы сжатия позволяют получить численные значения показателей прочности и других свойств (пластичность, хрупкость, вязкость).

Показатель пластичности e определяют по формуле

$$e = \ln[1/(1 - \psi)], \quad (3.1)$$

где ψ — относительная деформация сжатия.

Модуль пластичности E_1 может быть найден из выражения

$$E_1 = 100(S_{\text{разр}} - \sigma_s)/e,$$

где $S_{\text{разр}}$ — истинное конечное напряжение (разрушающее), Па; σ_s — предел текучести, Па.

По результатам измерений угла α наклона кривой сжатия в пластической области установлено, что для зерен злаковых культур $E_1 = 9,5 \dots 10$ МПа.

Вязкость материала характеризуется площадью диаграммы сжатия, а показателем вязкости служит удельная работа $a_{\text{разр}}$ разрушения, равная площади диаграммы, отнесенной к единице объема деформированного тела. При общей изменчивости показателей прочности зерна значения удельной работы для зерен разных культур оказались относительно стабильными ($a_{\text{разр}} = 0,7 \dots 0,9$ Дж/м³) и могут служить общей характеристикой энергоемкости зерновых кормов. Из зерен злаковых культур наиболее вязкой является рожь, за ней следуют ячмень и овес.

Динамические характеристики прочностных свойств зерновых кормов

Применительно к технологии измельчения кормов наибольший интерес представляют показатели прочности, полученные в условиях динамических нагружений с учетом скорости деформирования.

Рассматривая явления удара упругих тел, академик В. П. Горячкин отмечает наличие двух фаз — фазы сближения соударяю-

называется углом, заключенный между продольной осью сломанного участка стебля и его первоначальным положением до деформации.

Для описания процесса деформирования стебля как гибкой нити при поперечном ударе используется теория Х. А. Рахматулина, позволяющая установить аналитическую зависимость динамического угла излома γ_d от скорости удара $v_{уд}$.

В результате исследования волнового процесса деформаций и скоростей движения точек нити после поперечного удара Х. А. Рахматулин получил уравнение, устанавливающее зависимость между динамическим углом γ_d излома и скоростью $v_{уд}$ удара

$$\operatorname{tg} \gamma_d = 1,25 \sqrt[3]{v_{уд}/c_0}, \quad (3.1)$$

где c_0 — скорость распространения упругих (продольных) волн.

Эта зависимость справедлива для бесконечной, предварительно натянутой нити, работающей в области упругих деформаций. Понятие бесконечности нити обеспечивается в том случае, когда в образце за время удара продольные волны нагрузки не успевают отразиться от свободных концов нити и вернуться при разгрузке до сечения, в котором действует ударная волна сильного разрыва.

По данным С. В. Мельникова, скорость распространения продольных волн в стеблях люцерны составляет около 1000 м/с, продолжительность удара $t_{уд} = 3 \cdot 10^{-5}$ с. При этих условиях путь пробега волны от точки удара вдоль стебля в каждую сторону составит $S = c_0 t_{уд} = 0,03$ м. Для испытаний поперечным ударом могут быть использованы стебли длиной не менее 0,6...0,7 м. Эти стебли, уложенные на опоры свободно (без заделки концов), могут рассматриваться как имеющие бесконечную длину, т. е. как закрепленные по концам.

Формула (3.13) справедлива для области упругих деформаций, пока напряжения в материале стеблей не достигнут предела упругости (или близкого к нему предела текучести). Получить подобную аналитическую зависимость для пластической области пока не удастся. Приближенно решение задачи может быть найдено экспериментальным путем. Определим предпосылки, необходимые для отыскания подобного решения.

1. Ранее уже отмечалось, что разрушение растительных материалов при ударной нагрузке происходит по схеме хрупкого разрушения, для которого характерны отсутствие пластических деформаций и небольшая разность между пределами текучести и прочности.

2. Скорость удара рабочего органа по материалу на один-два порядка ниже скорости распространения по стеблю продольных упругих волн напряжений. Следовательно, в деформации растя-

жения от поперечного удара будет участвовать только незначительная часть стебля, равная длине пути деформации — $v_{уд} \Delta t$.

3. Для каждого материала свойственна своя определенная скорость удара, при которой возникают разрушающие напряжения. Скорость удара, при которой упругая деформация образца достигает максимального значения, называется критической $v_{кр}$; при $v_{уд} > v_{кр}$ материал разрушается мгновенно.

На основании этого и с учетом формулы (3.1) можно допустить, что для данного материала и критической скорости $v_{кр}$ будет соответствовать также и «свой» критический угол $\gamma_{кр}$ излома. Следовательно, если экспериментально определить угол $\gamma_{кр}$, то по формуле (3.1) можно найти и критическую скорость удара

$$v_{кр} = 0,5 c_0 \operatorname{tg}^3 \gamma_{кр}. \quad (3.2)$$

Рассматривая вопрос о соотношении между критической и разрушающей $v_{разр}$ скоростями, В. Ф. Яценко рекомендует в расчетную формулу вводить коэффициент $k_{уд} = v_{разр}/v_{кр}$.

Для слоистых пластиков $k_{уд} = 1,3 \dots 1,5$.

С учетом этого выражения для разрушающей скорости $v_{разр}$ при ударе будет

$$v_{разр} = 0,5 k_{уд} c_0 \operatorname{tg}^3 \gamma_{кр}. \quad (3.3)$$

Если угол излома использовать как прочностную характеристику для волокнистых растительных материалов, отражающую зависимость $\sigma = f(\gamma)$, то можно найти и соответствующий коэффициент динамичности, выразив его в виде отношения

$$k_d = \gamma_d / \gamma_{ст}. \quad (3.4)$$

По данным наших опытов, коэффициент динамичности сухих стеблей люцерны колеблется в пределах $1,2 \dots 1,5$.

При наличии таких характеристик с учетом формул (3.3) и (3.4) можно найти значение разрушающей скорости поперечного удара

$$v_{разр} = 0,5 k_{уд} c_0 \operatorname{tg}^3 (k_d \gamma_{ст}). \quad (3.5)$$

При $\gamma_{ст} = 15^\circ$ $v_{разр} = 56$ м/с.

Контрольные вопросы и задания

1. Назовите основные этапы в развитии деформаций в зерне при его сжатии. 2. Рассчитайте показатель пластичности I , если относительная деформация зерна ψ равна 0,28. 3. Чем характеризуется вязкость зерна и что является ее показателем? 4. В чем заключается метод динамического испытания зерна (по проф. С. В. Мельникову)? 5. Какие фазы деформаций наблюдаются при ударе зерна о преграду? 6. От чего зависит величина динамических разрушающих напряжений? 7. Что выражает коэффициент динамичности зерновых кормов k_d ? 8. Какой вид разрушающих деформаций является основным при разрушении стеблевых кормов? 9. Что такое коэффициент динамичности при разрушении стеблей волокнистых растительных материалов?

Измельчение как процесс образования новых поверхностей. Основные понятия

В результате измельчения образуется множество мелких частиц с сильно развитой поверхностью. Следовательно, измельчение можно охарактеризовать как процесс производства (приращения) новых поверхностей частиц корма.

Удельной площадью поверхности материала называется суммарная площадь поверхности всех частиц, заключенных в единице массы ($\text{м}^2/\text{кг}$) или объема (м^{-1}).

В теории измельчения принято определять: объемную удельную площадь поверхности $S_{\text{уд.об}}$ (м^{-1})

$$S_{\text{уд.об}} = 6/d; \quad (3.6)$$

массовую удельную площадь поверхности $S_{\text{уд.м}}$ ($\text{м}^2/\text{кг}$)

$$S_{\text{уд.м}} = 6/\rho d, \quad (3.7)$$

где d — средний размер частиц, м; ρ — плотность, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Из формул следует, что для определения удельной площади поверхности материала необходимо знать линейные размеры его частиц. Средневзвешенный размер принято называть диаметром частиц независимо от их действительной формы.

Степень измельчения. С уменьшением размеров частиц удельная площадь поверхности возрастает, поэтому численно степень измельчения λ равна отношению удельной площади поверхности частиц конечного продукта к удельной площади поверхности кусков исходного материала, т. е.

$$\lambda_s = S_k/S_{\text{нач.}} \quad (3.8)$$

В технике степенью измельчения λ материала принято называть отношение среднего размера D кусков исходного материала к среднему размеру d частиц продукта измельчения.

$$\lambda = D/d. \quad (3.9)$$

Если исходный материал — зерно сельскохозяйственных культур, то, учитывая разнообразие и сложность формы, их размеры наиболее удобно характеризовать величиной эквивалентного диаметра D_z . Эквивалентным диаметром зерна называется диаметр шара, объем которого равен действительному объему зерна. Если объем одного зерна V_z , а объем равновеликого шара $V_s = \pi D_s^3/6$, то эквивалентный диаметр зерна будет равен

$$D_s = \sqrt[3]{6V_z/\pi} = 1,24\sqrt[3]{V_z}. \quad (3.10)$$

С учетом этого начальная удельная площадь поверхности зернового материала перед измельчением будет $S_{нач} = 6/\rho D_z$.

Показатель степени измельчения λ характеризует главным образом технологический процесс измельчения, а не крупность частиц дерти. Очевидно, что при одной и той же крупности дерти ($d_{ср}$) крупное зерно дает более высокие значения степени измельчения, и наоборот.

В таблице 3.2 приведены численные значения степени измельчения и удельной площади поверхности дерти, полученной из ячменя, зерна которого имели эквивалентный диаметр $D_z = 4,2$ мм, плотность $\rho = 1300$ кг/м³.

3.2. Степень измельчения и удельная площадь поверхности ячменной дерти

Размол	Крупность частиц, мм	Степень измельчения	Удельная площадь поверхности		Приращение удельной площади поверхности	
			массовая, м ² /кг	объемная, м ⁻¹	м ² /кг	м ⁻¹
Очень мелкий	0,2	21,0	23,0	30·10 ⁴	21,9	28,6·10 ⁴
Мелкий	1,0	4,2	4,6	6·10 ⁴	3,3	4,6·10 ⁴
Средний	1,8	2,3	2,5	3,3·10 ⁴	1,4	1,9·10 ⁴
Крупный	2,6	1,6	1,8	2,3·10 ⁴	0,7	0,9·10 ⁴

При измельчении кормов на молотковых дробилках регулятором тонкости размола является решето, установленное в дробильной камере. Абсолютные значения степени λ измельчения зерна злаковых культур в зависимости от диаметра решета в камере дробилки можно принимать следующими:

Диаметр решета, мм	10	6	3	2
Степень измельчения	1,5...1,6	2,0...2,4	5...7	8,4...9,7

При разработке методики определения степени измельчения следует учитывать специфические свойства различных видов кормов. Так, для частиц стебельных кормов определяющим размером являются исходная длина $L_{ст}$ стеблей и длина $l_{рез}$ частиц резки или $l_{т.м}$ травяной муки.

В случаях измельчения соломы на соломосилосорезке или скошенных растений на измельчающем аппарате косилки-измельчителя достигается степень измельчения, равная

$$\lambda = L_{ст}/l_{рез}. \quad (3.11)$$

Аналогично определяют степень измельчения при размолу сухой сечки в муку, т. е.

$$\lambda = l_{сеч}/l_{т.м}. \quad (3.12)$$

Во всех этих случаях имеет место однократный процесс измельчения. При многократном (многостадийном) процессе конеч-

ная степень измельчения λ_k будет равна произведению частных степеней, характеризующих отдельные ступени процесса

$$\lambda_k = \lambda_1 \lambda_2 \dots \lambda_n. \quad (3.13)$$

Так, при производстве травяной муки общая степень измельчения составляет

$$\lambda_{т.м} = L_{сеч} l_{сеч} / (l_{рез} l_{т.м}). \quad (3.14)$$

Если пренебречь изменением длины частиц резки зеленой массы от усушки и принять, что $l_{рез} = l_{сеч}$, то $\lambda_{т.м} = L_{сч} / l_{т.м}$.

Эффективность и энергоёмкость. Эффективность \mathcal{E}_ϕ измельчителей выражается в тоннах готового продукта на 1 кВт·ч израсходованной энергии, т. е.

$$\mathcal{E}_\phi = Q / N,$$

где Q — производительность, т/ч; N — установленная мощность, кВт.

Величина, обратная эффективности, называется удельным расходом энергии.

При изучении рабочего процесса измельчителей и отыскании оптимальных режимов их работы определяют энергоёмкость процесса

$$\mathcal{E} = N_n / Q \lambda, \quad (3.15)$$

где \mathcal{E} — затраты энергии на 1 т корма с учетом достигнутой степени измельчения, кВт·ч; N_n — полезная мощность, т. е. за вычетом потерь холостого хода измельчителя, кВт.

При оценке способа измельчения и конструировании рабочих органов измельчителей прежде всего надлежит учитывать физико-механические свойства кормов и выбирать такие способы воздействия на перерабатываемый материал, при которых разрушение его может быть достигнуто при наименьших напряжениях и затрате энергии. В этом отношении раскалывание, истирание или резание представляются более выгодными, так как разрушающие напряжения скалывания $\tau_{разр}$ меньше нормальных напряжений $\sigma_{разр}$.

Многообразие видов кормов и их свойств, а также требований к технологии приготовления, обусловленных физиологией кормления, привело к созданию большого числа способов измельчения, каждый из которых имеет свое механико-математическое описание или теорию.

Гранулометрический состав кормов. Крупность сыпучего материала

Крупность всей массы сыпучего материала как статистической совокупности оценивают по содержанию в ней

классов (фракций) определенных размеров, т. е. по гранулометрическому составу.

Гранулометрический состав измельченных кормов можно определить при помощи анализом: ситового — рассевом на ситах на классы, если частицы крупнее 40 мкм; седиментометрического — разделением на фракции по скорости оседания частиц в жидкой среде, если размеры частиц находятся в пределах от 5 до 50 мкм; микроскопического — измерение характерного линейного размера частиц, попавших в поле зрения под микроскопом на мерительную сетку окуляра, если размеры частиц менее 50 мкм.

Ситовой анализ. Рассев навески сыпучего материала на фракции с целью определения его гранулометрического состава называется ситовым анализом. Методы ситовых анализов унифицированы.

Для отсева применяют сита металлические — пробивные и тканые или шелковые тканые. Размеры отверстий испытательных сит с мелкой сеткой выбирают от 40 мкм и выше, а с крупной сеткой — от 1...2,5 мм. Для отсева измельченных кормов с размерами частиц от 1 мм и выше применяют преимущественно пробивные сита с круглыми отверстиями, а для частиц мельче 1 мм — тканые с квадратными отверстиями. Сетки для сит имеют номер, обозначающий число отверстий на 1 см длины. Сита устанавливают в пакеты сверху вниз от крупных отверстий к мелким. Проход с последнего сита собирается на поддоне.

Средневзвешенный диаметр частиц в этих случаях определяют по формуле

$$d = \sum d_i p_i / 100 = (d_1 p_1 + d_2 p_2 + \dots + d_n p_n) / 100, \quad (3.28)$$

где d_i — средний размер отверстий двух смежных сит, мкм; p_i — весовой выход (масса) класса, % (при массе навески 100 г $\sum p_i = 100\%$).

Ситовой анализ проводят на лабораторном отсеве — встряхивателем в течение 20 мин. Операция просеивания считается законченной, если при контрольном просеивании в течение одной минуты количество материала, прошедшего через сито, не будет превышать 1% от количества, оставшегося на сите.

Обработка данных ситового анализа сводится к тому, что все остатки (классы) на ситах взвешивают на технических весах с абсолютной погрешностью измерения не более 0,01 г и определяют их выход в процентах. Потери при отсеве не должны превышать 1%; их распределяют пропорционально выходам каждого класса. Потери свыше 1% не допускаются.

Приближенный метод оценки крупности измельченных кормов. С. В. Мельниковым разработан приближенный экспресс-метод оценки крупности частиц измельченных кормов, рекомендуемый для технологического контроля про-

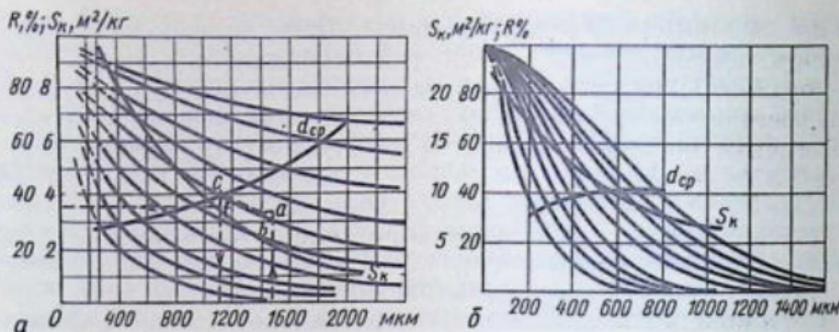


Рис. 3.3. Номограмма для определения крупности частиц и площади их удельной поверхности:
a — зерновой дерти; *б* — травяной муки.

цессов измельчения в кормоцехах животноводческих ферм и комбикормовых заводах.

На номограмме (рис. 3.3, *a*) нанесены кривые, построенные по уравнению Розина—Раммлера:

$$R_x = 100e^{-bx^n}, \quad (3.16)$$

где R_x — остаток на сите с диаметром отверстий x в суммарных «по плюсу» процентах по массе; x — средний размер частиц (d) класса, мкм; b , n — постоянные коэффициенты, или параметры распределения.

Кривые охватывают все степени размола зерна, которые предусмотрены ГОСТ 13496.8—72 и которые может давать молотковая кормодробилка при нормальной влажности материала ($B = 13...15\%$). По оси абсцисс на номограмме отложены размеры частиц в микронах, а на оси ординат — суммарные массовые выходы фракций в процентах.

Помимо выравненных характеристик крупности, на номограмме нанесены кривые значения средних размеров d_{cp} (мкм) и значения удельной площади S_k поверхности частиц корма.

Порядок пользования номограммой следующий. Из имеющегося образца отбирают навеску в 100 г и вручную просеивают ее на одном из сит, например на сите с отверстиями диаметром 1500 мкм. Получившийся после отсева (суммарный) остаток на сите взвешивают с абсолютной погрешностью до 0,01 г. По его величине на оси ординат (например, $R_{1500} = 34\%$), а также по размеру отверстий сита ($x = 1500$ мкм) определяют точку и кривую, наиболее близко расположенную к этой точке (точка *b*). Найденная кривая характеризует всю совокупность размеров частиц рассматриваемой пробы.

Для определения среднего размера нужно провести вертикаль из точки *c* — пересечения найденной кривой распределения с кривой средних диаметров — до оси абсцисс и прочесть значе-

ние d_{cp} (в примере $d_{cp} = 1080$ мкм). Далее из точки c следует продлить вертикаль до кривой удельной площади поверхности S_x — ордината точки f , на которой и определить удельную площадь поверхности проверяемой пробы (в примере $S_x = 3,7$ м²/кг). Аналогичная номограмма для травяной муки построена на рисунке 3.3, б.

Рабочие формулы по теории измельчения

Основываясь на законе измельчения академика П. А. Ребиндера, профессор С. В. Мельников предложил эмпирическую рабочую формулу для определения затрат работы на измельчение. С учетом принятых допущений закон П. А. Ребиндера можно представить в следующем виде:

$$A_T = A_V + A_S; A_{изм} = C_{пр} A_T, \quad (3.17)$$

где A_T — теоретические затраты работы на процесс измельчения, Дж/кг; $A_{изм}$ — полные (расчетные) затраты работы на измельчение с учетом влияния способа измельчения и конструкции измельчителя; $C_{пр}$ — коэффициент, определяемый опытным путем.

Формула для определения затрат работы (энергии) на измельчение представляется С. В. Мельниковым в виде

$$A_{изм} = C_1 \lg \lambda^3 + C_2 (\lambda - 1). \quad (3.18)$$

Такое преобразование дает возможность определять значения коэффициентов C_1 и C_2 по результатам производственных испытаний измельчителей любых типов и использовать величину $A_{изм}$ в качестве критерия энергоемкости при сравнительной оценке разных машин или выборе эффективных режимов их работы.

Формула (3.18) является универсальной, так как она позволяет оценить любой процесс измельчения (дробление, истирание, резание) с позиций современной теории измельчения. Такой подход имеет особое значение для исследования рабочего процесса универсальных дробилок, оборудованных режущим аппаратом и молотковым барабаном, и других измельчителей, которые производят двукратное воздействие разных рабочих органов на материал.

Коэффициенты C_1 и C_2 определяют по способу наименьших квадратов из опытных данных. Так, для ячменя можно принять $C_1 = (10...13) \cdot 10^3$ Дж/кг и $C_2 = (6...9) \cdot 10^3$ Дж/кг, а для грубых стебельных кормов $C_1 = (7,5...8,5) \cdot 10^3$ Дж/кг и $C_2 = (0,6...0,9) \times 10^3$ Дж/кг.

До сих пор рассматривались процессы измельчения зерновых кормов, осуществляемые главным образом за счет ударного воздействия рабочих органов. Однако закон измельчения, предло-

женный П. А. Ребиндером, в равной мере может быть применен и для описания процесса измельчения стебельных кормов резанием на соломосилосорезках.

С учетом формулы (3.30) можно записать

$$A_{\text{ит}} = A_V + A_S = A_{\text{сж}} + A_{\text{рез}}, \quad (3.19)$$

где $A_{\text{сж}}$ — работа сжатия, Дж/кг; $A_{\text{рез}}$ — работа резания, Дж/кг.

Значения работ $A_{\text{сж}}$ и $A_{\text{рез}}$ могут быть определены по характеристикам прочности стебельных кормов $\sigma_{\text{разр}}$. Формула (3.18) дает возможность определить расчетные значения коэффициентов C_1 и C_2 по результатам производственных опытов. Применительно к процессу резания стебельных кормов, когда степень измельчения $\lambda = L_{\text{ст}}/l_{\text{рез}}$ получается весьма высокой, значением первого слагаемого в правой части уравнения (3.31) можно пренебречь, так как оно во много раз меньше численного значения второго слагаемого.

При такой предпосылке затраты работы $A_{\text{рез}}$ можно оценить по упрощенной формуле

$$A_{\text{изм}} = A_{\text{рез}} = C_2(\lambda - 1).$$

Контрольные вопросы и задания

1. Назовите физический смысл понятия «удельная площадь поверхности». Как рассчитать этот показатель? 2. Что такое степень измельчения « λ »? Как рассчитать этот показатель при измельчении кусковых и волокнистых материалов? 3. Назовите методы определения крупности сыпучего материала. Как рассчитать средний диаметр частиц продукта размола? 4. Назовите последовательность определения среднего размера частиц по номограмме профессора С. В. Мельникова. 5. Чему равен средний размер частиц, если масса навески дерти 0,9 кг, а остаток на сите диаметром 800 мкм после просеивания навески 0,27 кг? 6. Назовите физический смысл законов измельчения кусковых материалов (Риттинтера и Кирпичева-Кика). 7. Что отражает основной закон измельчения? Напишите его аналитическое выражение.

Глава I

**ЗООТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ
ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ КОРМОВ**

Классификация измельчителей кормов

К концентрированным кормам относятся зерно злаковых и бобовых культур, а также корма промышленного производства (отруби, кормовые мучки, жмыхи, шроты и др.). Наиболее эффективной формой использования концентрированных кормов и кормовых добавок в животноводстве являются комбикорма.

Комбикорма представляют собой однородную и сложную смесь очищенных и измельченных различных кормовых средств, составленную по научно разработанным рецептам с целью наиболее эффективного использования животными питательных веществ в рационе.

Зоотехническими требованиями обусловлены следующие операции по приготовлению концентрированных кормов.

1. Очистка от земли, камней, семян сорных растений и соломистых примесей на зерноочистительных машинах (сепараторы, бураты, грохоты и др.) и (от металлических примесей) на магнитных сепараторах. Согласно ГОСТ 9268—70, содержание минеральных примесей (песок) в комбикормах допускается не более: 0,3 % — для цыплят, порослят-отъемышей и телят молочного периода; 0,5 % — для молодняка крупного рогатого скота и свиней; 0,7 % — для коров и овец. В травяной муке допускается содержание песка не более 1 % (ГОСТ 18691—83).

Содержание металломагнитных примесей размером до 2 мм с неострыми краями допускается не более 30 мг на 1 кг корма. Комбикорм, содержащий металломагнитные примеси в количестве, превышающем допустимую норму, непригоден к скармливанию, так как может вызвать тяжелые заболевания животных. Особенно опасны крупные металлические частицы с режущими кромками.

2. Измельчение до заданной крупности различными способами на дробилках, мельницах или плющилках. Зоотехнические требования к подготовленному зерновому корму предусматривают размеры частиц: для крупного рогатого скота — не выше 3 мм, для свиней — до 1, для птицы — до 2...3 при сухом кормлении и до 1 мм, если кормление производят влажными мешанками.

Стандарт на комбикорма определяет три степени размола которые характеризуются средними размерами частиц (модуль) от 0,2...1 мм — мелкий размол, от 1...1,8 мм — средний и от 1,8...2,6 — крупный размол.

3. Дозирование и смешивание компонентов при приготовлении кормовых смесей по рецептам на специальных дозаторах и смесителях при универсальных комбикормовых агрегатах.

Однородность состава обеспечивает одинаковую питательную ценность всей полученной кормовой смеси. Для зерновых кормов показатель однородности смеси должен быть не менее 90...95 % (в зависимости от назначения по виду и возрасту животных).

4. Гранулирование зерновых кормовых смесей или травяной муки на прессах-грануляторах.

Измельчители классифицируют по способу организации рабочего процесса, принципу действия и назначению. Наиболее распространенными способами измельчения компонентов концентрированных кормов являются свободный удар, скалывание, крошение, растирание и плющение.

Принцип свободного удара положен в основу работы молотковой дробилки, а резание и скалывание — вальцовых мельниц. Плиточный и брикетный корм дробят на дробилках-ломачах, вальцы которых имеют штифты или тупые грани. Способ растирания реализован в жерновых мельницах, где в рабочем пространстве между жерновами происходит разрушение продукта. Обычно при работе один жернов вращается, а другой неподвижен или может вращаться за счет возникновения фрикционных сил. Помол регулируют изменением величины рабочего зазора между жерновами.

Плющение зерна производят на плющилках в рабочем зазоре между двумя гладкими вальцами, вращающимися с одинаковой рабочей скоростью.

Машины для измельчения концентрированных кормов

В технологии приготовления кормов основными машинами являются измельчители ударного действия — молотковые дробилки. Простота устройства, высокая надежность в работе, компактность установки, динамичность рабочих режимов, высокие скорости рабочих органов и непосредственное соединение вала машины с электродвигателем обусловили возможность широкого применения их во всех отраслях народного хозяйства.

Наряду с этим молотковым дробилкам свойственны существенные недостатки: высокая энергоемкость, неравномерность гранулометрического состава получаемого продукта с повышен-

ным содержанием переизмельченных частиц, интенсивный износ рабочих органов.

Типичные схемы молотковых дробилок сельскохозяйственного назначения представлены на рисунке 4.1. Дробилка состоит из корпуса с загрузочной горловиной, молоткового барабана с шарнирно подвешенными молотками, решета и дек.

В зависимости от организации рабочего процесса в рабочей камере различают дробилки открытого (рис. 4.1, а) или закрытого (рис. 4.1, б) типов. В дробилках открытого типа материал из дробильной камеры быстро удаляется, не замыкая при своем перемещении окружности. В таких дробилках измельчается главным образом крупнокусковой, хрупкий, сухой и немажущийся материал (гранулы, мел, ракушки, соль). Основным механическим фактором процесса является свободный удар молотка по кускам значительной массы.

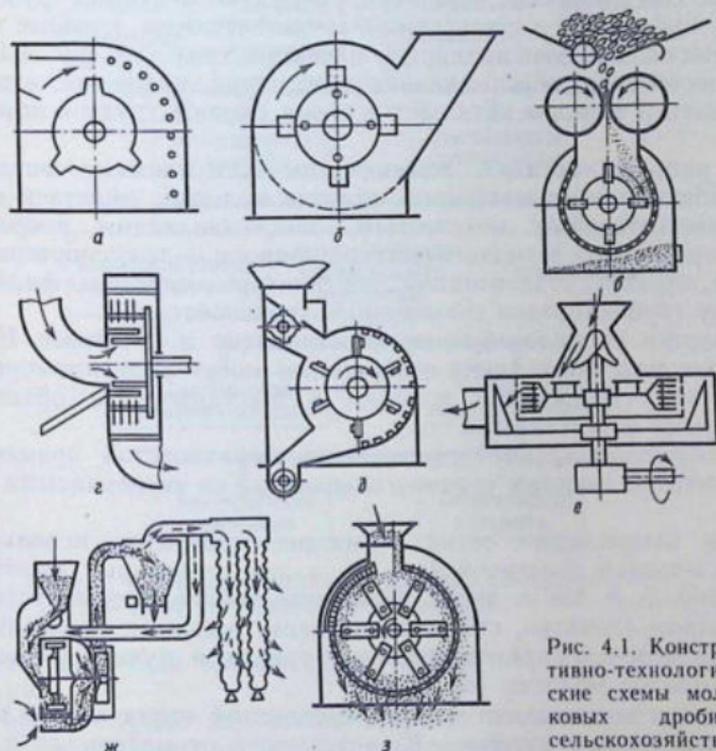


Рис. 4.1. Конструктивно-технологические схемы молотковых дробилок сельскохозяйственного назначения:

а — открытого типа; б — закрытого типа; в, г — двухстадийные; д — с жестким креплением рабочих органов; е — горизонтальная; ж — с замкнутым воздушным потоком; з — с шарнирным креплением рабочих органов.

В дробилках закрытого типа решето и деки охватывают весь барабан, и материал, поступивший в дробильную камеру, при своем перемещении совершает многократные круговые движения, располагаясь в камере в виде рыхлого продуктивно-воздушного слоя. Здесь материал измельчается путем многократного ударного воздействия молотков и истирания при проходе и в среде движущегося слоя.

В кормоприготовлении получили распространение дробилки закрытого типа. Их классификация, отражающая организацию рабочего процесса и типичные конструктивные особенности, приведена на рисунке 4.2. В отличие от молотковых дробилок с жестко закрепленными рабочими органами (билами) их принято называть роторными дробилками.

Дробилки, устанавливаемые в поточных линиях цехов или агрегатов, включаются в общую схему подачи материала и отвода продукта путем аспирации. Дробилки, используемые на фермах как единичные установки, оборудуют системой трубопроводов, циклонами и фильтрами-пылеуловителями, которые в совокупности образуют замкнутую пневмосистему (см. рис. 4.1, ж). Это способствует обеспыливанию помещений, уменьшает взрывоопасность и в целом улучшает условия охраны труда в помещениях.

К рабочим органам, изменяющим качественное состояние перерабатываемого материала, относят молотки, решета и деки; к вспомогательным механизмам, обеспечивающим непрерывность протекания технологического процесса, — транспортеры-питатели, бункеры с дозаторами, вентиляторы, циклоны, фильтры, систему трубопроводов и выгрузные транспортеры.

Молотки дробилок бывают пластинчатые и объемные. Пластинчатые молотки с двумя отверстиями могут быть прямоугольными, со ступенчатыми концами и фигурными, а объемные сплошными и составными.

В кормодробилках отечественного производства применяют пластинчатые молотки (прямоугольные или со ступенчатыми концами).

Для измельчения зерна и мягких продуктов используют тонкие молотки толщиной 2...3 мм, а для стебельных кормов — толщиной 6...8 мм и выше. При измельчении крупнокусковых материалов (початки, стержни початков, жмых) и сухой листостебельной сечки (при производстве травяной муки) применяют более толстые молотки (8...12 мм).

Молотки изготовляют из марганцовистой стали с наплавкой рабочих кромок сормайтотом. В зависимости от материала и термообработки молотки служат от 72 до 280 ч.

На развертке барабана молотки размещают по винтовым



Рис. 4.2. Классификация молотковых кормодробилок по способу организации рабочего процесса.

линиями двух- или трехзаходного винта или же параллельными рядами.

Решета служат для отвода готового продукта из дробильной камеры и регулируют степень измельчения корма. В кормодробилках применяют преимущественно гладкие решета с пробивными круглыми отверстиями, изготовленные из листовой стали.

В дробилках закрытого типа решето и деки охватывают весь барабан, и материал, поступивший в дробильную камеру, при своем перемещении совершает многократные круговые движения, располагаясь в камере в виде рыхлого продуктивно-воздушного слоя. Здесь материал измельчается путем многократного ударного воздействия молотков и истирания при проходе и в среде движущегося слоя.

В кормоприготовлении получили распространение дробилки закрытого типа. Их классификация, отражающая организацию рабочего процесса и типичные конструктивные особенности, приведена на рисунке 4.2. В отличие от молотковых дробилок с жестко закрепленными рабочими органами (билами) их принято называть роторными дробилками.

Дробилки, устанавливаемые в поточных линиях цехов или агрегатов, включаются в общую схему подачи материала и отвода продукта путем аспирации. Дробилки, используемые на фермах как единичные установки, оборудуют системой трубопроводов, циклонами и фильтрами-пылеуловителями, которые в совокупности образуют замкнутую пневмосистему (см. рис. 4.1, ж). Это способствует обеспыливанию помещений, уменьшает взрывоопасность и в целом улучшает условия охраны труда в помещениях.

К рабочим органам, изменяющим качественное состояние перерабатываемого материала, относят молотки, решета и деки; к вспомогательным механизмам, обеспечивающим непрерывность протекания технологического процесса, — транспортеры-питатели, бункеры с дозаторами, вентиляторы, циклоны, фильтры, систему трубопроводов и выгрузные транспортеры.

Молотки дробилок бывают пластинчатые и объемные. Пластинчатые молотки с двумя отверстиями могут быть прямоугольными, со ступенчатыми концами и фигурными, а объемные сплошными и составными.

В кормодробилках отечественного производства применяют пластинчатые молотки (прямоугольные или со ступенчатыми концами).

Для измельчения зерна и мягких продуктов используют тонкие молотки толщиной 2...3 мм, а для стебельных кормов — толщиной 6...8 мм и выше. При измельчении крупнокусковых материалов (початки, стержни початков, жмых) и сухой листостебельной сечки (при производстве травяной муки) применяют более толстые молотки (8...12 мм).

Молотки изготовляют из марганцовистой стали с наплавкой рабочих кромок сормайтотом. В зависимости от материала и термообработки молотки служат от 72 до 280 ч.

На развертке барабана молотки размещают по винтовым



Рис. 4.2. Классификация молотковых кормодробилок по способу организации рабочего процесса.

линиям двух- или трехзаходного винта или же параллельными рядами.

Решета служат для отвода готового продукта из дробильной камеры и регулируют степень измельчения корма. В кормодробилках применяют преимущественно гладкие решета с пробивными круглыми отверстиями, изготовленные из листовой стали.

Живое сечение решета составляет 0,08...0,35. Угол охвата барабана решетом варьирует от 120 до 360°.

Деки бывают чугунные рифленые или стальные с пробивными отверстиями. Вместе со сплошной стенкой корпуса они образуют шероховатую поверхность, задерживающую движение кольцевого слоя материала в камере, и тем способствуют его измельчению.

Технологические схемы измельчителей предусматривают снижение энергозатрат, улучшение качества помола и механизацию загрузки и разгрузки дробильной камеры. Организация рабочего процесса молотковой дробилки с установкой решета непосредственно в камере дробления обладает рядом недостатков. Здесь измельченный материал доводят в дробильной камере до требуемой степени измельчения, после чего его удаляют. При этом образуется большое количество пылевидных частиц, а наличие циркулирующей нагрузки в дробильной камере увеличивает энергозатраты. Структурная схема процесса такой дробилки приведена на рисунке 4.3, а и называется схемой с открытым циклом.

Организация рабочего процесса в дробилке с рециркулирующей материала (рис. 4.3, б) позволяет значительно снизить образование пылевидных частиц за счет установки сепаратора вместо решета. Сепараторы различного типа (решетные, пневматические, инерционные, комбинированные) делят измельчаемый материал

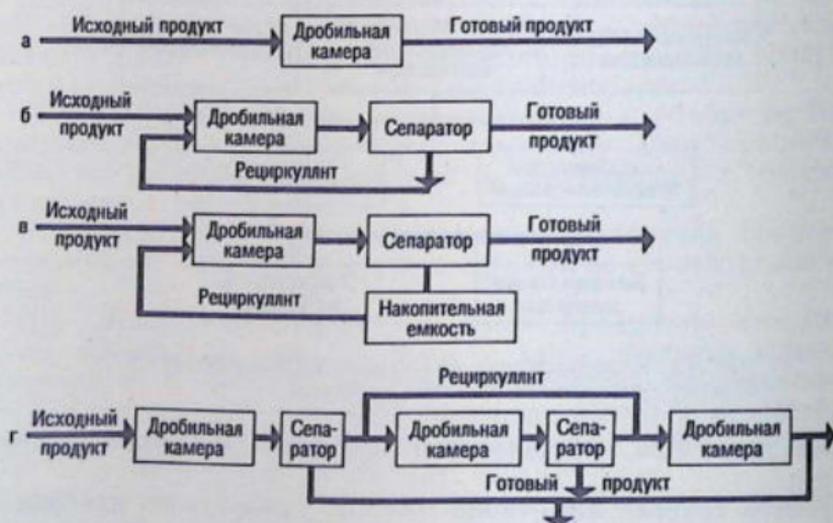


Рис. 4.3. Структурные схемы технологического процесса измельчителей кормов:

а — с открытым циклом; б — с рециркулирующей; в — с рециркулирующей и наличием накопительной емкости рециркулянта; г — с многостадийной рециркулирующей.

на две фракции — готовый продукт и недоизмельченный (рециркулят). Рециркулят после сепаратора направляется на доизмельчение в дробильную камеру. Так как в камеру дробления поступает как исходный продукт, так и рециркулят, все же происходит переизмельчение материала. Этот недостаток устранен при организации процесса измельчения, когда исходный и недоизмельченный продукт поступает в дробильную камеру поочередно за счет накопительной емкости рециркулята (рис. 4.3, в). Недостатком этой схемы является нарушение непрерывности технологического процесса.

Схема работы дробилки, представленная на рисунке 4.3, г, дает возможность не смешивать исходный продукт и рециркулят в дробильной камере за счет ее разделения по длине на ряд параллельных секций, а также использования нескольких независимых сепараторов.

Промышленность выпускает для измельчения фуражного зерна несколько типов молотковых дробилок: КДУ-2; ДКМ-5; ДБ-5 и др.

Универсальная дробилка КДУ-2 «Украинка» (рис. 4.4) состоит из дробильного и режущего аппарата с питающим 13 и прессующим 12 транспортерами, загрузочного бункера 1, вентилятора 4, циклона 10 с шлюзовым затвором 9 и пневмопроводами, рамы, электродвигателя и системы управления.

Дробильный аппарат состоит из камеры, включающей решета, деки и молотковый барабан. Над дробильной камерой установлен приемный бункер для зерна, оборудованный магнитным сепаратором и поворотной заслонкой с рукояткой для регулировки загрузки дробилки.

Измельчающий аппарат состоит из режущего барабана 2, который имеет три спиральных ножа, укрепленных болтами на двух фигурных дисках, противорежущей пластины и двух транспортеров.

Рабочий процесс дробилки КДУ-2 может быть организован по трем схемам настройки: измельчение сыпучих зерновых кормов; измельчение кукурузных початков и грубых кормов (сено, солома); измельчение сочных кормов (трава, силос, корнеплоды).

Для измельчения зерна в камеру дробилки вставляют решето и отключают режущий барабан, снимая с его шкива клиновые ремни. При измельчении грубых кормов шкив режущего барабана соединяют клиноременной передачей со шкивом электродвигателя. При измельчении сочных кормов из дробильной камеры вынимают решета, колено всасывающего трубопровода, соединяющего патрубок дробильной камеры с вентилятором, снимают и устанавливают вместо решет выбросную горловину и дефлектор. В этом случае пневмосистема разомкнута и воздуш-

Живое сечение решета составляет 0,08...0,35. Угол охвата барабана решетом варьирует от 120 до 360°.

Деки бывают чугунные рифленые или стальные с пробивными отверстиями. Вместе со сплошной стенкой корпуса они образуют шероховатую поверхность, задерживающую движение кольцевого слоя материала в камере, и тем способствуют его измельчению.

Технологические схемы измельчителей предусматривают снижение энергозатрат, улучшение качества помола и механизацию загрузки и разгрузки дробильной камеры. Организация рабочего процесса молотковой дробилки с установкой решета непосредственно в камере дробления обладает рядом недостатков. Здесь измельченный материал доводит в дробильной камере до требуемой степени измельчения, после чего его удаляют. При этом образуется большое количество пылевидных частиц, а наличие циркулирующей нагрузки в дробильной камере увеличивает энергозатраты. Структурная схема процесса такой дробилки приведена на рисунке 4.3, а и называется схемой с открытым циклом.

Организация рабочего процесса в дробилке с рециркуляцией материала (рис. 4.3, б) позволяет значительно снизить образование пылевидных частиц за счет установки сепаратора вместо решета. Сепараторы различного типа (решетные, пневматические инерционные, комбинированные) делают измельчаемый материал

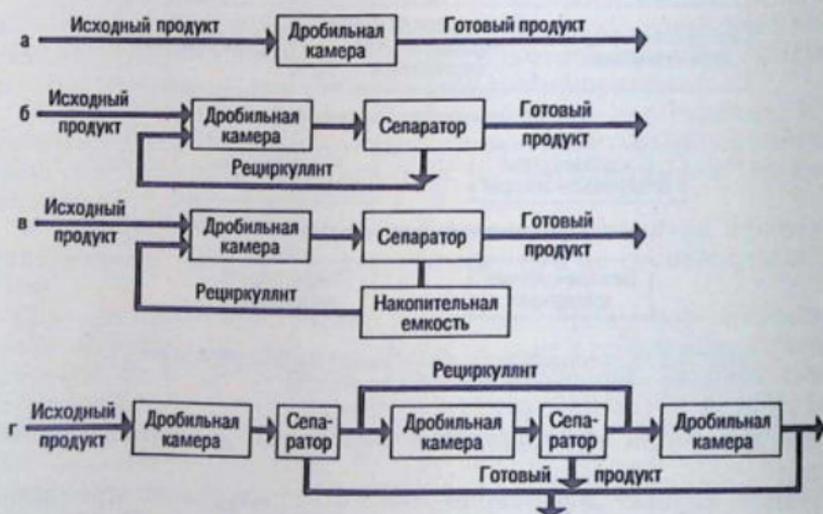


Рис. 4.3. Структурные схемы технологического процесса измельчителей кормов:

а — с открытым циклом; б — с рециркуляцией; в — с рециркуляцией и наличием накопительной емкости рециркулята; г — с многостадийной рециркуляцией

на две фракции — готовый продукт и недоизмельченный (рециркулят). Рециркулят после сепаратора направляется на доизмельчение в дробильную камеру. Так как в камеру дробления поступает как исходный продукт, так и рециркулят, все же происходит переизмельчение материала. Этот недостаток устранен при организации процесса измельчения, когда исходный и недоизмельченный продукт поступает в дробильную камеру поочередно за счет накопительной емкости рециркулята (рис. 4.3, в). Недостатком этой схемы является нарушение непрерывности технологического процесса.

Схема работы дробилки, представленная на рисунке 4.3, г, дает возможность не смешивать исходный продукт и рециркулят в дробильной камере за счет ее разделения по длине на ряд параллельных секций, а также использования нескольких независимых сепараторов.

Промышленность выпускает для измельчения фуражного зерна несколько типов молотковых дробилок: КДУ-2; ДКМ-5; ДБ-5 и др.

Универсальная дробилка КДУ-2 «Украинка» (рис. 4.4) состоит из дробильного и режущего аппарата с питающим 13 и прессующим 12 транспортерами, загрузочного бункера 1, вентилятора 4, циклона 10 с шлюзовым затвором 9 и пневмопроводами, рамы, электродвигателя и системы управления.

Дробильный аппарат состоит из камеры, включающей решета, деки и молотковый барабан. Над дробильной камерой установлен приемный бункер для зерна, оборудованный магнитным сепаратором и поворотной заслонкой с рукояткой для регулировки загрузки дробилки.

Измельчающий аппарат состоит из режущего барабана 2, который имеет три спиральных ножа, укрепленных болтами на двух фигурных дисках, противорежущей пластины и двух транспортеров.

Рабочий процесс дробилки КДУ-2 может быть организован по трем схемам настройки: измельчение сыпучих зерновых кормов; измельчение кукурузных початков и грубых кормов (сено, солома); измельчение сочных кормов (трава, силос, корнеплоды).

Для измельчения зерна в камеру дробилки вставляют решето и отключают режущий барабан, снимая с его шкива клиновые ремни. При измельчении грубых кормов шкив режущего барабана соединяют клиноременной передачей со шкивом электродвигателя. При измельчении сочных кормов из дробильной камеры вынимают решета, колено всасывающего трубопровода, соединяющего патрубков дробильной камеры с вентилятором, снимают и устанавливают вместо решет выбросную горловину и дефлектор. В этом случае пневмосистема разомкнута и воздуш-

в зависимости от вида измельченного зерна: для овса с отверстиями диаметром 16 мм, для других культур — диаметром 8 мм.

На верхней части камеры крепится тканевый фильтр, предназначенный для частичного сброса циркулирующего в дробилке воздуха. В нижней части камеры установлен шнек для выгрузки из нее готового продукта.

Шкаф управления комплектуется: амперметром контроля загрузки основного двигателя, аппаратурой управления приводами и автоматическим регулятором загрузки дробилки.

Электрическая схема дробилки предусматривает два режима работы: наладочный (с независимым включением и отключением приборов) и рабочий (с включением и управлением приборов в соответствии с технологическим процессом).

Модификацией дробилки КДУ-2 служит молотковая дробилка кормов ДКМ-5 с закрытым циклом измельчения (рис. 4.6).

Питатель грубых кормов дробилки ДКМ-5 прикреплен к дробильной камере таким образом, чтобы его можно было поворачивать на 90°. Питатель состоит из неподвижного и подвижного шнеков, рамы, привода и системы управления.

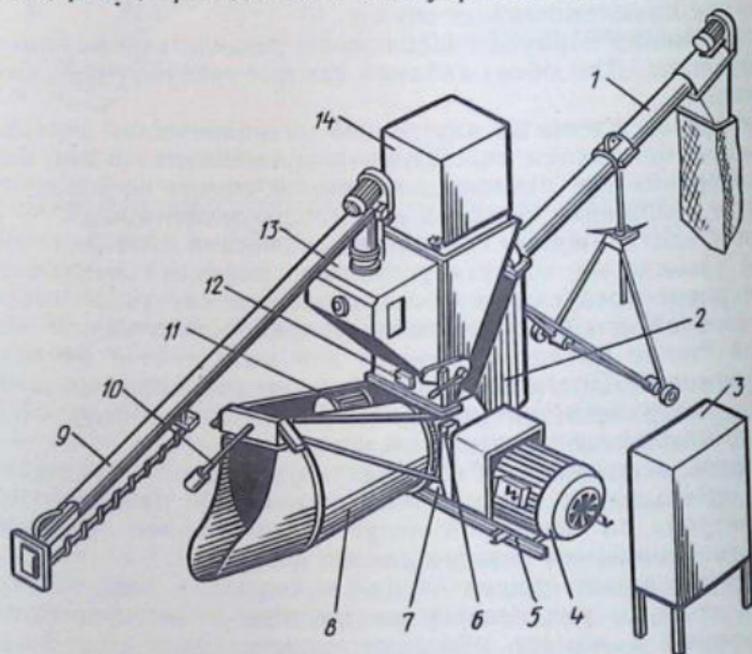


Рис. 4.6. Дробилка кормов молотковая ДКМ-5:

1 — выгрузный шнек; 2 — пылеотделитель; 3 — шкаф управления; 4, 11 — электродвигатель; 5 — рама; 6 — конечный выключатель; 7 — корпус; 8 — питатель грубых кормов; 9 — загрузочный шнек; 10 — рычаг; 11 — фиксатор; 13 — зерновой бункер; 14 — фильтр.

В последнее время большое внимание уделяется разработке дробилок ударно-центробежного действия. Характерной особенностью их рабочего процесса является разгон материала лопастным ротором (разгонным) с последующим ударом его о неподвижную (деку, плиту) или движущуюся преграду (ударный ротор).

В конструктивном исполнении дробилки могут быть как одно-роторные, так и многороторные с расположением роторов на одной и нескольких вертикальных или горизонтальных осях вращения. У однороторных дробилок основными элементами являются разгонный ротор и неподвижные элементы, в результате удара зерна о которые происходит его разрушение. Многороторные дробилки могут иметь только разгонные роторы с увеличением или уменьшением их диаметра в направлении выгрузки материала или один чисто разгонный, а последующие — ударные. При этом смежные ударные роторы имеют встречное вращение и выполняют одновременно с функциями удара и функции разгона.

Технологический процесс в ударно-центробежных дробилках может осуществляться как по открытому, так и по замкнутому циклу измельчения. Замкнутый цикл у дробилок любого типа определяется наличием у них конструктивного элемента, выполняющего функции сепаратора и рециркуляционного потока недоизмельченной фракции. Дробилки ударно-центробежного типа просты по конструкции и менее энергоемки. По данным Ф. С. Кирпичникова, удельные затраты энергии по сравнению с молотковыми снижаются в 1,5...2 раза.

Контрольные вопросы и задания

1. Что такое концентрированные и комбинированные корма?
2. Назовите основные операции приготовления концентрированных кормов.
3. Чем регламентируется содержание в комбикорме минеральных и металломагнитных примесей?
4. Каковы размеры частиц комбикорма при скармливании его крупному рогатому скоту, свиньям и птице? Назовите основные степени размола.
5. Каков показатель однородности смешивания комбикормов?
6. Назовите основные способы измельчения компонентов комбикорма.
7. Назовите основные узлы молотковой дробилки.
8. Как подразделяются дробилки по организации в них рабочего процесса?
9. Назовите основные различия в организации рабочего процесса дробилок ДБ-5 и ДКМ-5.

Глава II

ТЕОРИЯ И РАСЧЕТ МОЛОТКОВОЙ ДРОБИЛКИ КОРМОВ

Аэродинамика молотковой дробилки

Вопросам разработки теории молотковой дробилки посвятили свои труды В. Р. Алешкин, В. А. Елисеев, С. В. Мельников, Ф. Г. Плохов, П. М. Рощин, В. И. Сыроватка и др. Рабочий процесс дробилки характеризуется наличием трех последовательно протекающих этапов, отмечающих продвижение

материала через рабочую камеру: подачи сырья (питание); переработки материала в камере (измельчение); отвода готового продукта (эвакуация).

В дробильной камере всегда находится некоторое количество материала (загрузка камеры), частицы которого подвергаются разной стадии диспергирования. Молотки барабана и создаваемый ими воздушный поток вовлекают материал в круговое движение, располагая его на периферии камеры тонким слоем, в котором частицы находятся во взвешенном состоянии. Наличие циркуляции материала в камере является характерной особенностью дробилок закрытого типа, получивших широкое распространение в животноводстве.

При измельчении зерна, «куски» которого имеют малую массу, первичный удар лишь вводит зерно в сферу действия молотков, отбрасывая его на периферию, но не разрушая на части.

В молотковых дробилках сельскохозяйственного назначения материал измельчается путем многократного ударного воздействия молотков и истирания при проходе их в среде движущегося слоя. Острые грани рифлей, дек и кромки отверстий решета работают как резцы (противорежущая часть), деформируя двигающиеся на них частицы материала, расположенные на внешней стороне циркулирующего кольцевого слоя. Частицы, расположенные в средней части слоя, в зазоре между концами молотков и решетом, скользят по лобовой грани молотка, затем с силой отбрасываются и также подвергаются деформации в результате действия ударной волны от молотков по слою и взаимных перемещений, обусловленных разностью скоростей частиц. После ряда ударов и отражений частица корма распадается на более мелкие части.

Потребное число ударов зависит от прочностных свойств материала и скорости соударений. Так, по опытным данным, для измельчения зерен ячменя до средней крупности требуется нанести до 30...40 ударов влет при скорости 40...45 м/с.

Исследованиями, проведенными В. Р. Алешкиным, установлено, что число ударов, необходимое для достижения степени измельчения λ , будучи также величиной случайной, имеет логарифмически-нормальное распределение.

Круговое движение материала в дробильной камере в количественном отношении характеризуется кратностью циркуляции, отмечающей, сколько полных оборотов совершит материал в камере за время измельчения до заданной крупности.

По опытным данным Ф. Г. Плохова, кратность циркуляции колеблется в широких пределах в зависимости от прочности зернового материала, заданной степени измельчения и скорости молотков.

Циркуляция материала обусловлена наряду с ударным дейст-

вием молотков течениями воздушных потоков в камере. Одни потоки (рис. 4.7) совершают круговые движения и вызывают скольжение продуктово-воздушного слоя по решетке, ограничивая тем самым его пропускную способность. Другие потери наряду с центробежными силами способствуют выносу частиц из зоны измельчения в зарешетное пространство. Пропускная способность решета обусловлена площадью его живого сечения. Площадь F_p живого сечения решета (суммарная площадь отверстий) является регулятором производительности дробилки. Производительность же зависит от интенсивности процесса просеивания, обусловленной скоростью v_p воздушного потока в отверстиях решета. Таким образом, аэродинамические свойства дробилки непосредственно влияют на ее производительность. Это видно из выражения расхода воздуха

$$Q_v = v_p F_p k_{суж}, \quad (4.2)$$

где $k_{суж}$ — коэффициент сужения струи в отверстии.

При относительно постоянной массовой доле μ_n в продуктово-воздушной смеси производительность машины оказывается прямо пропорциональной расходу воздуха через дробилку. Барабан дробилки, создавая круговой воздушный поток, работает подобно вентилятору, у которого в качестве лопастей служат пакеты молотков, навешенных на пальцы.

Воздушный поток в зарешетном пространстве определяет транспортирующую способность дробилки. Относительная скорость воздушного потока в вертикальном канале должна быть больше скорости витания частиц. Минимальная скорость воздушного потока по А. М. Дзядзио и А. С. Креммеру

$$v_{min} = 10 + 0,57 v_{в.ср}, \quad (4.3)$$

где $v_{в.ср}$ — средняя скорость витания, м/с.

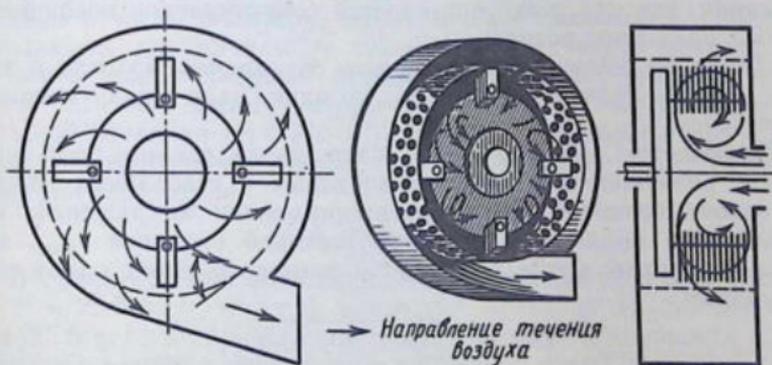


Рис. 4.7. Принципиальная схема потоков воздуха в камере молотковой дробилки закрытого типа.

Однако для надежной транспортировки измельченных кормов, исключающей завалы, рабочая скорость $v_{\text{раб}}$ воздушного потока должна быть выше; с этой целью в формулу вводится коэффициент запаса k_v , равный 1,5...1,6.

Тогда

$$v_{\text{раб}} = k_v(10 + 0,57 v_{\text{в.ср}}). \quad (4.4)$$

Для обеспечения надежной работы дробилки рабочая скорость воздушного потока в замкнутой пневмосистеме принимается в пределах $v_{\text{раб}} = (2...2,5) v_{\text{в.ср}}$ и должна быть не менее 18...20 м/с.

Бараны современных дробилок (при решетке с отверстиями диаметром 6 мм) создают скорость потока в отводящем трубопроводе: КДМ-2 — 5 м/с; АВМ-0,65 — 9,12 м/с.

Сопrotивление решет составляет от 500 до 1800 Па в зависимости от диаметра отверстий и живого сечения. Живое сечение решет с отверстиями диаметром 4; 6; 8; 10 и 18 мм составляет соответственно 0,21; 0,38; 0,52; 0,57 и 0,63.

Окружная скорость молотков в дробилках — один из главных факторов, определяющих эффективность рабочего процесса. В современных конструкциях дробилок сельскохозяйственного назначения окружная скорость молотков находится в пределах 40...80 м/с. Окружная скорость некоторых дробилок составляет 100...117 м/с.

Для достижения наилучших показателей работы дробилки окружная скорость молотков должна быть увязана с другими факторами: зазором между концами молотков и решетом, числом молотков, относительной влажностью перерабатываемого продукта, его прочностью и т. д.

С возрастанием окружной скорости молотков удельные затраты энергии на процесс снижаются, но до определенного значения, так как резко повышается сопротивление воздушного потока вращению ротора.

Какая же должна быть скорость соударения молотка с зерном, чтобы зерно разрушалось за один удар (разрушающая способность)?

Профессор С. В. Мельников и его школа рекомендуют определять разрушающую скорость зерновых и стелеbных кормов на основе волновой теории распространения напряжений. Им предложено выражение для разрушающей скорости $v_{\text{разр}}$, при которой молоток дробилки способен разрушить зерно одним своим ударом:

$$v_{\text{разр}} = \sqrt{k_d \sigma_{\text{ст}} \ln(a/x_1) / \rho}, \quad (4.5)$$

где k_d — коэффициент динамичности ($k_d = 1,4...2,0$); $\sigma_{\text{ст}}$ — статический предел прочности, МПа; a — длина зерна, м; x_1 — длина недеформированной части зерна (оставшейся после удара), м; ρ — плотность зерна, кг/м³.

Формула показывает, что $v_{\text{разр}}$, помимо физико-механических свойств материала, зависит от величины требуемой деформации.

По экспериментальным данным С. В. Мельникова и Ф. Г. Плохова, для зерен ячменя Винер с относительной влажностью 10...12 % имеем $\rho = 1320 \text{ кг/м}^3$, $\sigma_{\text{вст}} = 7 \text{ МПа}$, $k_d = 1,8$, $a/x = 1,8$ (то есть зерно размалывается примерно пополам). Подставляя эти значения в (4.5), получим $v_{\text{разр}} = 75,5 \text{ м/с}$.

Рабочие скорости молотков в дробилках не обеспечивают условия для однородного разрушения зерна в связи с тем, что воздушно-продуктовый слой снижает действительную скорость соударения зерна с молотком. Поэтому скорость молотков для достижения однократного разрушения зерна должна быть

$$v_m = v_{\text{разр}} + v_{\text{сл}} = v_{\text{разр}}(1 - \beta_{\text{сл}}), \quad (4.6)$$

где $v_{\text{сл}}$ — скорость циркуляции воздушно-продуктового слоя; $\beta_{\text{сл}} = v_{\text{сл}}/v_{\text{разр}} \approx 0,4...0,5$.

Для однородного разрушения скорость молотков должна быть выше разрушающей скорости в 1,5...2 раза.

Зависимость между необходимой скоростью соударения $v_{\text{разр}}$ и степенью измельчения зерна λ при многократном ударном воздействии имеет вид

$$v_{\text{разр}} = \sqrt{k_s(0,81 + 2,3) \lg \lambda}, \quad (4.7)$$

где k_s — характеристика физико-механических свойств зерна ($k_s = k_d \sigma_{\text{вст}}/\rho$).

Число ударов определенной интенсивности, которое требуется нанести по зерну для получения заданной степени измельчения, можно определить по формуле

$$z_{\text{уд}} = a/(a - x_1) = \lambda/(\lambda - 0,445). \quad (4.8)$$

Основы расчета молотковых дробилок.

При расчете дробилок определяют: основные размеры ротора; размеры и число молотков; энергетические показатели; производительность дробилки и ее технико-экономические показатели.

Основными размерами ротора являются его диаметр D и длина L , связь между которыми выражается по показателям удельной нагрузки q' [$\text{кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$], то есть отношением секундной расчетной производительности q_p к площади диаметральной проекции DL ротора:

$$q' = q_p/(DL). \quad (4.9)$$

В существующих кормдробилках величина удельной нагрузки $q' = 2...3 \text{ кг/с} \cdot \text{м}^2$ при скоростях молотков 45...55 м/с или $q' = 3...6 \text{ кг/с} \cdot \text{м}^2$ при $v_m = 70...80 \text{ м/с}$ и средней крупности дерти (решето в камере с отверстиями диаметром 6 мм). С учетом (4.9)

$$D = \sqrt{kq/q'}, \text{ или } D = A\sqrt{q}. \quad (4.10)$$

Значения коэффициента A находятся в пределах для барабанов: первого типа $A_1 = 0,7...0,9$; второго типа $A_2 = 1...1,9$.

Размеры и число молотков. Расстояние C от оси подвеса до центра тяжести пластинчатого молотка прямоугольной формы с одним отверстием определяют по формуле

$$c = (a^2 + b^2)/(6a), \quad (4.11)$$

где a — длина, м; b — ширина молотка, м.

Для молотков такой же формы, но с двумя отверстиями диаметром d это расстояние

$$c = -(A/2) + \sqrt{(A^2/4) + B}, \quad (4.12)$$

где $A = [a^2b/(\pi d^2)] - (a/2)$; $B = ab(a^2 + b^2)/(6\pi d) - (d^2/8)$.

При расчете уравновешенных на удар молотков и дисков ротора определяют размеры l и R_n (4.9) по найденному ранее (4.10) диаметру D . Так как $R_n = D/2 - l$, то

$$l = 4/9R_n = 4/9(D/2 - l). \quad (4.13)$$

Отсюда $l = 0,154D$ и $R_n = 0,346D$. При $D < 0,4$ м значение l принимают больше (например, $l = 0,2D$), а длину a и ширину b молотка выбирают по соотношениям $a = 1,5l = 0,23D$ и $b = (0,4 - 0,5)a \approx 0,1D$. Окончательно размеры молотков принимают с учетом требований ГОСТа и результатов расчета на прочность. При определении числа молотков z учитывают следующие требования к размещению их на развертке барабана:

молотковое поле должно быть полностью перекрыто молотками по ширине дробильной камеры;

порядок размещения молотков не должен нарушать условий статической и динамической уравновешенности барабана.

Число молотков определяют по формуле

$$z = (L - \Delta L)k_z/\delta, \quad (4.14)$$

где L — длина барабана, м; ΔL — суммарная толщина дисков, не перекрываемая молотками, м; k_z — число молотков, идущих по одному следу ($k_z = 1...6$); δ — толщина молотка, м.

Энергетические показатели. Распределение затрат энергии по отдельным элементам рабочего процесса дробилки характеризуется уравнением баланса мощности

$$N = N_{изм} + N_{ц} + N_{х,х}, \quad (4.15)$$

где $N_{изм}$ — мощность, расходуемая непосредственно на разрушение материала, Вт; $N_{ц}$ — мощность, расходуемая на создание циркуляции материала в камере, Вт; $N_{х,х}$ — мощность холостого хода дробилки, Вт.

Расход мощности на преодоление полезных сопротивлений составляет

$$N_{изм} = q_p A_{изм}, \quad (4.16)$$

где q_p — заданная производительность дробилки, кг/с; $A_{изм}$ — работа, расходуемая на измельчение материала и определяемая по формуле (4.14), Дж/кг.

Мощность $N_{изм}$ может быть выражена через конструктивные параметры дробилки

$$N_{изм} = q_p \psi DL(1 + f_{сд}) v_{отн}^2 \quad (4.17)$$

При этом производительность дробилки принимается пропорциональной площади диаметрального сечения DL дробилки.

Расход мощности на циркуляцию материала в камере определяют по формуле

$$N_{ц} = k_v (1 + k_{ц\mu_{ц}}) v_m^3, \quad (4.18)$$

где k_v — опытный коэффициент, учитывающий конструкцию и режим работы вентилятора дробилки ($k_v = 0,05$); $k_{ц}$ — кратность циркуляции материала; v_m — окружная скорость молотков, м/с.

Расход мощности на холостой ход дробилки обычно принимают в размере 15...20 % от $N_{изм}$, включая и расход на вентиляцию. Тогда полный расход мощности составит

$$N = (1,15...1,2) N_{изм}. \quad (4.19)$$

Производительность дробилки. Расчетная секундная производительность дробилки может быть определена по формуле

$$q_p = k_{изм} DL, \quad (4.20)$$

где $k_{изм}$ — коэффициент пропорциональности, характеризующий выход готового продукта с 1 м² площади диаметрального сечения камеры ($k_{изм} = \pi h_{сд} \rho \mu_{ц} / t$).

Для зерновых кормов дробилок $k_{изм}$ принимают равной 2,4...2,6; для дробилок агрегатов АВМ при измельчении сухой резки $k_{изм} = 0,5...0,8$.

Производительность дробилки на измельчении зерновых кормов можно определить по эмпирической формуле

$$q = (2...8) 10^{-5} \rho D^2 L \omega. \quad (4.21)$$

Технико-экономические показатели. Для сравнительной оценки проектируемой дробилки и выбора оптимальных режимов работы важное значение имеет технико-экономическая характеристика машины. С этой целью определим показатели, которые могут быть использованы для общей оценки конструкции.

Энергоемкость $\mathcal{E}_н$ (кВт·ч/т) процесса с учетом достигнутой степени измельчения

$$\mathcal{E}_н = N_{изм} / Q \lambda, \quad (4.22)$$

где $N_{изм}$ — мощность, расходуемая на измельчение (за вычетом потерь холостого хода), кВт; Q — производительность, т/ч; λ — степень измельчения.

Удельный расход энергии W (Дж/с) показывает, насколько

полно используется мощность установленного двигателя, и определяется по формуле

$$W = N_{\text{прис}}/q, \quad (4.23)$$

где $N_{\text{прис}}$ — присоединенная мощность, кВт; q — производительность дробилки, кг/с.

Общая эффективность \mathcal{E} (кг/Дж) работы дробилки оценивается величиной удельной производительности, представляющей количество готового продукта, получаемого с единицы установленной мощности,

$$\mathcal{E} = q/N_{\text{прис}}. \quad (4.24)$$

Таким образом, удельная производительность является обратной величиной удельной энергоемкости.

Относительная экономическая эффективность \mathcal{E}_m (т/кВт·ч) разных режимов измельчения или типов дробилок представляет собой удельную производительность дробилки при степени измельчения и определяется по формуле

$$\mathcal{E}_m = Q\lambda/N_{\text{изм}}. \quad (4.25)$$

Контрольные вопросы и задания

1. Перечислите основные этапы рабочего процесса молотковой дробилки. 2. Что такое «кратность циркуляции» материала в дробильной камере и как ее можно рассчитать? 3. Как влияет аэродинамика молотковой дробилки на ее рабочий процесс? 4. От чего зависит пропускная способность решета дробилки? 5. Чем характеризуется воздушный режим в камере дробилки? 6. Что такое «разрушающая скорость» молотка? 7. Назовите номинальную рабочую скорость молотка при измельчении зерен ячменя. 8. Перечислите основные этапы методики расчета молотковых дробилок.

Глава III

ВАЛЬЦОВЫЕ МЕЛЬНИЦЫ И ПЛЮЩИЛКИ

Область применения и основы теории вальцовой мельницы

В отличие от дробилок мельницами называют группу измельчителей, в которых подвижные и неподвижные поверхности рабочих органов соприкасаются одна с другой, образуя через обрабатываемый материал жесткий контакт. Вальцовые мельницы, или станки, применяют в хозяйствах южных районов наряду с молотковыми дробилками для размола зерна в муку. Системой машин предусмотрено использование вальцовых мельниц в восточных линиях кормоцехов и комбикормовых заводов.

Вальцовые мельницы различают: по числу пар вальцов — с одной или двумя парами; по характерным размерам — диаметру и длине вальцов. В зависимости от назначения применяют вальцы нарезные с рифленой, матовой (шероховатой) и гладкой

(полированной) поверхностью. Рабочие органы — два цилиндрических вальца одинакового диаметра, вращающиеся в противоположных направлениях навстречу один другому с различными или одинаковыми окружными скоростями. Исключение составляют вальцедоковые станки, у которых вместо второго вальца установлена дека.

Основной рабочий орган мельниц — нарезные или гладкие вальцы, их рифли характеризуются формой, уклоном, числом на единицу длины окружности вальца и углом резания.

В поперечном сечении рифли имеют две неравные грани: узкую — грань острия (рис. 4.8, а) и широкую — грань спинки. Угол γ (рис. 4.8, б), заключенный между этими гранями, называется углом заострения и по стандарту принят равным 90° . Радиус, проведенный через вершину рифли, делит стандартный угол заострения на два угла: $\alpha = 20^\circ$ — угол острия и $\beta = 70^\circ$ — угол спинки. Тупой угол ψ , заключенный между гранью рифли и касательной к цилиндру, проведенной через вершину рифли, условно называют углом резания. В зависимости от выбранного режима работы вальцов угол резания будет разным ($90^\circ + \alpha$ или $90^\circ + \beta$).

Площадка шириной $S = 0,15$ мм на вершине рифли необходима для сохранения точной формы цилиндра после нарезки валь-

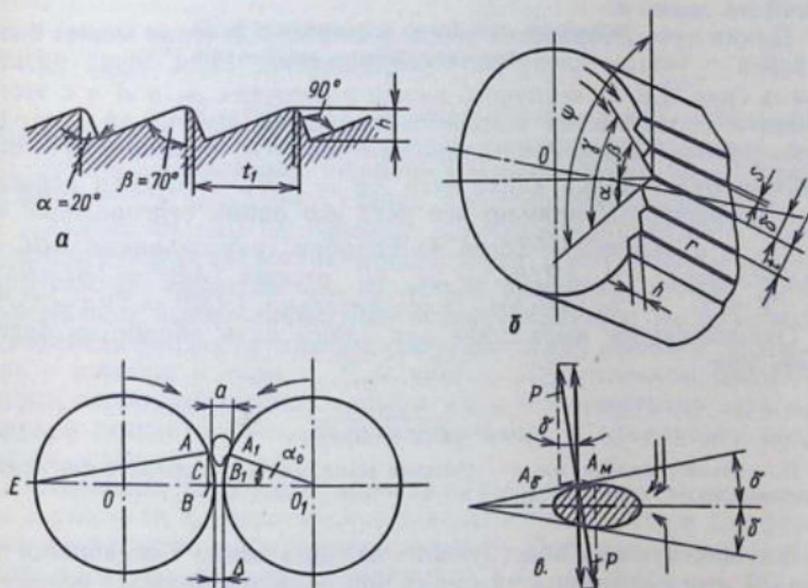


Рис. 4.8. Профиль (а), форма (б) и уклон (в) рифлей быстро вращающегося и медленно вращающегося вальца.

полно используется мощность установленного двигателя, и определяется по формуле

$$W = N_{\text{прис}}/q, \quad (4.23)$$

где $N_{\text{прис}}$ — присоединенная мощность, кВт; q — производительность дробилки, кг/с.

Общая эффективность Θ (кг/Дж) работы дробилки оценивается величиной удельной производительности, представляющей количество готового продукта, получаемого с единицы установленной мощности,

$$\Theta = q/N_{\text{прис}}. \quad (4.24)$$

Таким образом, удельная производительность является обратной величиной удельной энергоемкости.

Относительная экономическая эффективность Θ_m (т/кВт·ч) разных режимов измельчения или типов дробилок представляет собой удельную производительность дробилки при степени измельчения и определяется по формуле

$$\Theta_m = Q\lambda/N_{\text{изм}}. \quad (4.25)$$

Контрольные вопросы и задания

1. Перечислите основные этапы рабочего процесса молотковой дробилки. 2. Что такое «кратность циркуляции» материала в дробильной камере и как ее можно рассчитать? 3. Как влияет аэродинамика молотковой дробилки на ее рабочий процесс? 4. От чего зависит пропускная способность решета дробилки? 5. Чем характеризуется воздушный режим в камере дробилки? 6. Что такое «разрушающая скорость» молотка? 7. Назовите номинальную рабочую скорость молотка при измельчении зерен ячменя. 8. Перечислите основные этапы методики расчета молотковых дробилок.

Глава III

ВАЛЬЦОВЫЕ МЕЛЬНИЦЫ И ПЛЮЩИЛКИ

Область применения и основы теории вальцовой мельницы

В отличие от дробилок мельницами называют группу измельчителей, в которых подвижные и неподвижные поверхности рабочих органов соприкасаются одна с другой, образуя через обрабатываемый материал жесткий контакт. Вальцовые мельницы, или станки, применяют в хозяйствах южных районов наряду с молотковыми дробилками для размола зерна в муку. Системой машин предусмотрено использование вальцовых мельниц в восточных линиях кормоцехов и комбикормовых заводов.

Вальцовые мельницы различают: по числу пар вальцов — с одной или двумя парами; по характерным размерам — диаметру и длине вальцов. В зависимости от назначения применяют вальцы нарезные с рифленой, матовой (шероховатой) и гладкой

(полированной) поверхностью. Рабочие органы — два цилиндрических вальца одинакового диаметра, вращающиеся в противоположных направлениях навстречу один другому с различными или одинаковыми окружными скоростями. Исключение составляют вальцедековые станки, у которых вместо второго вальца установлена дека.

Основной рабочий орган мельниц — нарезные или гладкие вальцы, их рифли характеризуются формой, уклоном, числом на единицу длины окружности вальца и углом резания.

В поперечном сечении рифли имеют две неравные грани: узкую — грань острия (рис. 4.8, а) и широкую — грань спинки. Угол γ (рис. 4.8, б), заключенный между этими гранями, называется углом заострения и по стандарту принят равным 90° . Радиус, проведенный через вершину рифли, делит стандартный угол заострения на два угла: $\alpha = 20^\circ$ — угол острия и $\beta = 70^\circ$ — угол спинки. Тупой угол ψ , заключенный между гранью рифли и касательной к цилиндру, проведенной через вершину рифли, условно называют углом резания. В зависимости от выбранного режима работы вальцов угол резания будет разным ($90^\circ + \alpha$ или $90^\circ + \beta$).

Площадка шириной $S = 0,15$ мм на вершине рифли необходима для сохранения точной формы цилиндра после нарезки валь-

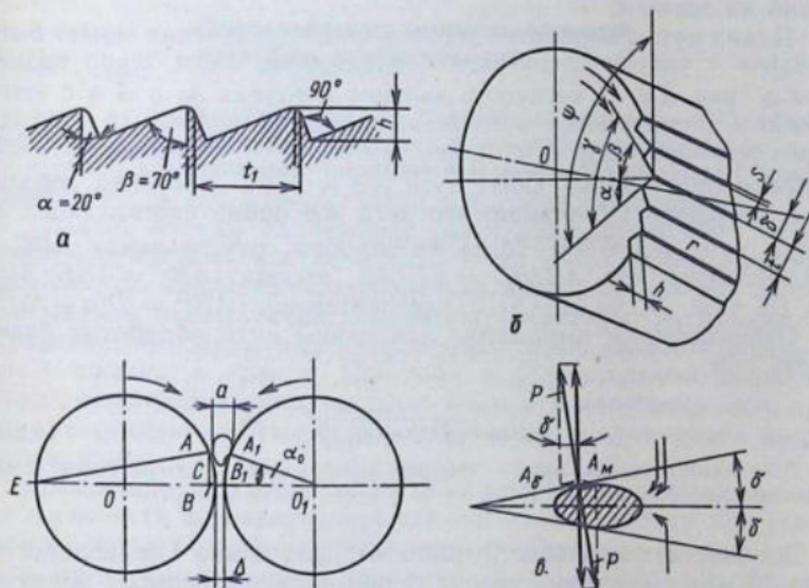


Рис. 4.8. Профиль (а), форма (б) и уклон (в) рифлей быстро вращающегося и медленно вращающегося вальца.

полно используется мощность установленного двигателя, и определяется по формуле

$$W = N_{\text{прис}}/q, \quad (4.23)$$

где $N_{\text{прис}}$ — присоединенная мощность, кВт; q — производительность дробилки, кг/с.

Общая эффективность \mathcal{E} (кг/Дж) работы дробилки оценивается величиной удельной производительности, представляющей количество готового продукта, получаемого с единицы установленной мощности,

$$\mathcal{E} = q/N_{\text{прис}}. \quad (4.24)$$

Таким образом, удельная производительность является обратной величиной удельной энергоемкости.

Относительная экономическая эффективность \mathcal{E}_m (т/кВт·ч) разных режимов измельчения или типов дробилок представляет собой удельную производительность дробилки при степени измельчения и определяется по формуле

$$\mathcal{E}_m = Q\lambda/N_{\text{изм}}. \quad (4.25)$$

Контрольные вопросы и задания

1. Перечислите основные этапы рабочего процесса молотковой дробилки. 2. Что такое «кратность циркуляции» материала в дробильной камере и как ее можно рассчитать? 3. Как влияет аэродинамика молотковой дробилки на ее рабочий процесс? 4. От чего зависит пропускная способность решета дробилки? 5. Чем характеризуется воздушный режим в камере дробилки? 6. Что такое «разрушающая скорость» молотка? 7. Назовите номинальную рабочую скорость молотка при измельчении зерен ячменя. 8. Перечислите основные этапы методики расчета молотковых дробилок.

Глава III

ВАЛЬЦОВЫЕ МЕЛЬНИЦЫ И ПЛЮЩИЛКИ

Область применения и основы теории вальцовой мельницы

В отличие от дробилок мельницами называют группу измельчителей, в которых подвижные и неподвижные поверхности рабочих органов соприкасаются одна с другой, образуя через обрабатываемый материал жесткий контакт. Вальцовые мельницы, или станки, применяют в хозяйствах южных районов наряду с молотковыми дробилками для размола зерна в муку. Системой машин предусмотрено использование вальцовых мельниц в восточных линиях кормоцехов и комбикормовых заводов.

Вальцовые мельницы различают: по числу пар вальцов — с одной или двумя парами; по характерным размерам — диаметру и длине вальцов. В зависимости от назначения применяют вальцы нарезные с рифленой, матовой (шероховатой) и гладкой

(полированной) поверхностью. Рабочие органы — два цилиндрических вальца одинакового диаметра, вращающиеся в противоположных направлениях навстречу один другому с различными или одинаковыми окружными скоростями. Исключение составляют вальцедековые станки, у которых вместо второго вальца установлена дека.

Основной рабочий орган мельниц — нарезные или гладкие вальцы, их рифли характеризуются формой, уклоном, числом на единицу длины окружности вальца и углом резания.

В поперечном сечении рифли имеют две неравные грани: узкую — грань острия (рис. 4.8, а) и широкую — грань спинки. Угол γ (рис. 4.8, б), заключенный между этими гранями, называется углом заострения и по стандарту принят равным 90° . Радиус, проведенный через вершину рифли, делит стандартный угол заострения на два угла: $\alpha = 20^\circ$ — угол острия и $\beta = 70^\circ$ — угол спинки. Тупой угол ψ , заключенный между гранью рифли и касательной к цилиндру, проведенной через вершину рифли, условно называют углом резания. В зависимости от выбранного режима работы вальцов угол резания будет разным ($90^\circ + \alpha$ или $90^\circ + \beta$).

Площадка шириной $S = 0,15$ мм на вершине рифли необходима для сохранения точной формы цилиндра после нарезки валь-

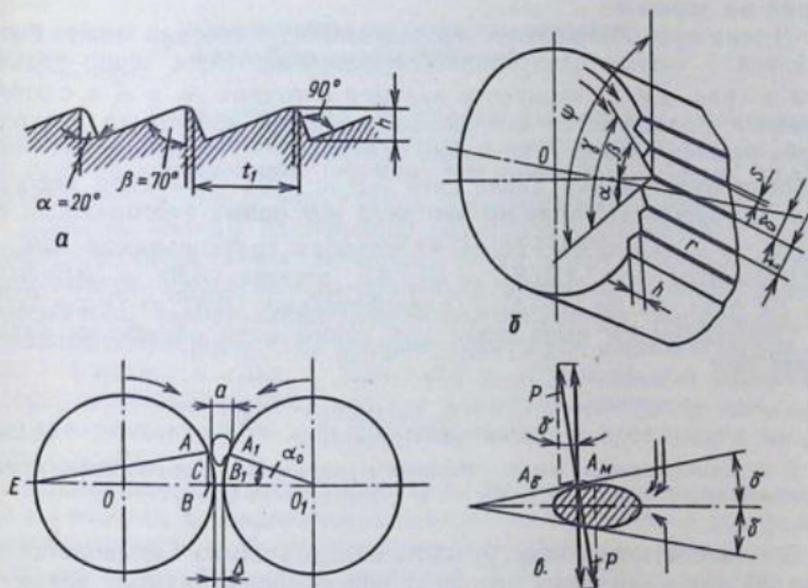


Рис. 4.8. Профиль (а), форма (б) и уклон (в) рифлей быстро вращающегося и медленно вращающегося вальца.

ца. Шаг t рифлей по окружности и их высота h связаны соотношением $h = t(\sin 2\alpha)/2$. Число n_p рифлей на 1 см длины окружности составляет $n_p = 10/t$. На вальцах для грубого помола принимают $n_p = 4...10$, а на вымольных вальцах $n_p = 12...15$.

Для устранения неравномерности нагрузки и вибрации вальцов рифли наносят под некоторым углом δ наклона образующей цилиндра; при встрече они образуют угол χ защемления. При этом $2\delta = \chi \leq 2\varphi$ (φ — угол трения зерна о грань рифли).

Силы P и P_1 (рис. 4.8, θ) направлены в противоположные стороны, а следовательно, и осевые усилия A_0 и A_m , испытываемые парой нарезных вальцов, направлены в противоположные стороны.

Для кинетики измельчения важное значение имеет взаимное расположение рифлей парноработающих вальцов. Из четырех возможных вариантов на мельницах в нашей стране принято устанавливать вальцы с рифлями в положения «острие по острию» или «спинка по спинке». В первом случае имеет место наиболее интенсивное воздействие рифлей на зерно (грубый помол), во втором — самое мягкое. Типоразмеры чугунных вальцов регламентированы ГОСТом.

Анализ процесса измельчения зернового материала в вальцовой мельнице включает определение длины пути обработки зерна l , время пребывания его в зоне измельчения t и число воздействий на зерно z .

Длина пути l обработки зерна в зоне измельчения может быть найдена с учетом следующих соображений. Если зерно размером a (рис. 4.8, ε) коснулось вальцов в точках A_1 и A и с этого момента подвергается воздействию рифлей вплоть до прохода через рабочий зазор Δ на длине центров OO_1 , то длина пути обработки будет равна длине дуги $\overset{\frown}{AB} = \overset{\frown}{A_1B_1}$. Допуская небольшую погрешность, примем, что дуга AB равна стягивающей ее хорде, т. е. $\overset{\frown}{AB} \approx \overline{AB}$. Тогда из подобия треугольников ABC и ABE следует, что $AB/BC = BE/AB$, отсюда $(AB)^2 = (BE)(BC)$. Но $BE \approx D$, $BC = (a - \Delta)/2$, следовательно, $(AB)^2 = D(a - \Delta)/2$. Окончательное выражение для длины пути обработки будет иметь вид

$$l = \sqrt{D(a - \Delta)/2}, \quad (4.26)$$

где D — диаметр вальца, мм; a — толщина зерна, мм; Δ — рабочий зазор между вальцами, мм.

В существующих конструкциях вальцов длина l колеблется от 3 до 20 мм, а величина зазора Δ при обойном размоле зерна — от 0,5 до 1,5 мм.

Зная длину пути обработки и среднюю скорость прохождения

частиц материала, можно найти время t пребывания их в зоне измельчения

$$t = l/v_3 = 2\sqrt{D(a-\Delta)/2}/(v_6 - v_m). \quad (4.27)$$

При принятых размерах валцов и режимах работы время оказывается весьма незначительным и колеблется в пределах $(3,7...4,2)10^{-3}$ с. Это свидетельствует о том, что разрушение зерна валцами носит ударный характер.

Кроме кинематических параметров режима работы валцов (скорость, длина пути обработки), на процесс обработки также влияет число воздействий рифлей быстровращающегося валца на материал во время его обработки.

Число z_n воздействий может быть определено по формуле

$$z_n = 100(v_6 - v_m)tn_p, \quad (4.28)$$

где n_p — число рифлей на 1 см длины окружности валца.

Если в формулу (4.28) подставить значение t из формулы (4.27) и сделать некоторые преобразования, то

$$z_n = 100ln_p(\bar{k} - 1)/(\bar{k} + 1). \quad (4.29)$$

Из этой формулы следует, что при постоянных l и n число воздействий рифлей на материал зависит только от дифференциала \bar{K} .

Относительная скорость валцов, ее выбор и обоснование

Кинематические параметры валцов существенно влияют на все основные показатели процесса измельчения, т. е. на степень измельчения, качество получаемых продуктов, производительность валцового станка, энергоемкость процесса.

Гладкие валцы одинаковых диаметров вращаются с одинаковой окружной скоростью и подвергают зерно деформации чистого сжатия. Такие валцы применяют в зерноплющилках. Нарезные валцы имеют также одинаковые диаметры, но вращаются с различными скоростями и подвергают зерно сложной деформации — сжатию и сдвигу. При этом в относительном движении рифли парноработающих валцов движутся навстречу один другому, в результате чего в рабочем зазоре и происходит разрушение зерна.

Отношение окружной скорости v_6 быстровращающегося валца к скорости v_m медленно вращающегося называется дифференциалом скорости и обозначается через K . При этом $K = v_6/v_m \geq 1$. Для нарезных валцов принимают $K = 1,5...2,5$; для гладких $K = 1,25...1,5$; для валцов зерноплющилок $K = 1$.

Относительная скорость v_6 , характеризующая интенсивность

ца. Шаг t рифлей по окружности и их высота h связаны соотношением $h = t(\sin 2\alpha)/2$. Число n_p рифлей на 1 см длины окружности составляет $n_p = 10/t$. На вальцах для грубого помола принимают $n_p = 4...10$, а на вымольных вальцах $n_p = 12...15$.

Для устранения неравномерности нагрузки и вибрации вальцов рифли наносят под некоторым углом δ наклона образующей цилиндра; при встрече они образуют угол χ защемления. При этом $2\delta = \chi \leq 2\varphi$ (φ — угол трения зерна о грань рифли).

Силы P и P_1 (рис. 4.8, в) направлены в противоположные стороны, а следовательно, и осевые усилия A_0 и A_m , испытываемые парой нарезных вальцов, направлены в противоположные стороны.

Для кинетики измельчения важное значение имеет взаимное расположение рифлей парноработающих вальцов. Из четырех возможных вариантов на мельницах в нашей стране принято устанавливать вальцы с рифлями в положения «острие по острию» или «спинка по спинке». В первом случае имеет место наиболее интенсивное воздействие рифлей на зерно (грубый помол), во втором — самое мягкое. Типоразмеры чугунных вальцов регламентированы ГОСТом.

Анализ процесса измельчения зернового материала в вальцовой мельнице включает определение длины пути обработки зерна l , время пребывания его в зоне измельчения t и число воздействий на зерно z .

Длина пути l обработки зерна в зоне измельчения может быть найдена с учетом следующих соображений. Если зерно размером a (рис. 4.8, г) коснулось вальцов в точках A_1 и A и с этого момента подвергается воздействию рифлей вплоть до прохода через рабочий зазор Δ на длине центров OO_1 , то длина пути обработки будет равна длине дуги $\overset{\frown}{AB} = \overset{\frown}{A_1B_1}$. Допуская небольшую погрешность, примем, что дуга AB равна стягивающей ее хорде, т. е. $\overset{\frown}{AB} \approx \overline{AB}$. Тогда из подобия треугольников ABC и ABE следует, что $AB/BC = BE/AB$, отсюда $(AB)^2 = (BE)(BC)$. Но $BE \approx D$, $BC = (a - \Delta)/2$, следовательно, $(AB)^2 = D(a - \Delta)/2$.

Окончательное выражение для длины пути обработки будет иметь вид

$$l = \sqrt{D(a - \Delta)/2}, \quad (4.26)$$

где D — диаметр вальца, мм; a — толщина зерна, мм; Δ — рабочий зазор между вальцами, мм.

В существующих конструкциях вальцов длина l колеблется от 3 до 20 мм, а величина зазора Δ при обойном размоле зерна — от 0,5 до 1,5 мм.

Зная длину пути обработки и среднюю скорость прохождения

частиц материала, можно найти время t пребывания их в зоне измельчения

$$t = l/v_3 = 2\sqrt{D(a-\Delta)/2}/(v_6 - v_m). \quad (4.27)$$

При принятых размерах валцов и режимах работы время оказывается весьма незначительным и колеблется в пределах $(3,7...4,2)10^{-3}$ с. Это свидетельствует о том, что разрушение зерна валцами носит ударный характер.

Кроме кинематических параметров режима работы валцов (скорость, длина пути обработки), на процесс обработки также влияет число воздействий рифлей быстровращающегося валца на материал во время его обработки.

Число z_0 воздействий может быть определено по формуле

$$z_0 = 100(v_6 - v_m)ln p_r, \quad (4.28)$$

где p_r — число рифлей на 1 см длины окружности валца.

Если в формулу (4.28) подставить значение t из формулы (4.27) и сделать некоторые преобразования, то

$$z_0 = 100ln_p(\bar{k} - 1)/(\bar{k} + 1). \quad (4.29)$$

Из этой формулы следует, что при постоянных l и n число воздействий рифлей на материал зависит только от дифференциала \bar{K} .

Относительная скорость валцов, ее выбор и обоснование

Кинематические параметры валцов существенно влияют на все основные показатели процесса измельчения, т. е. на степень измельчения, качество получаемых продуктов, производительность валцового станка, энергоемкость процесса.

Гладкие валцы одинаковых диаметров вращаются с одинаковой окружной скоростью и подвергают зерно деформации чистого сжатия. Такие валцы применяют в зерноплющилках. Нарезные валцы имеют также одинаковые диаметры, но вращаются с различными скоростями и подвергают зерно сложной деформации — сжатию и сдвигу. При этом в относительном движении рифли парноработающих валцов движутся навстречу один другому, в результате чего в рабочем зазоре и происходит разрушение зерна.

Отношение окружной скорости v_6 быстровращающегося валца к скорости v_m медленно вращающегося называется дифференциалом скорости и обозначается через K . При этом $K = v_6/v_m \geq 1$. Для нарезных валцов принимают $K = 1,5...2,5$; для гладких $K = 1,25...1,5$; для валцов зерноплющилок $K = 1$.

Относительная скорость v_6 , характеризующая интенсивность

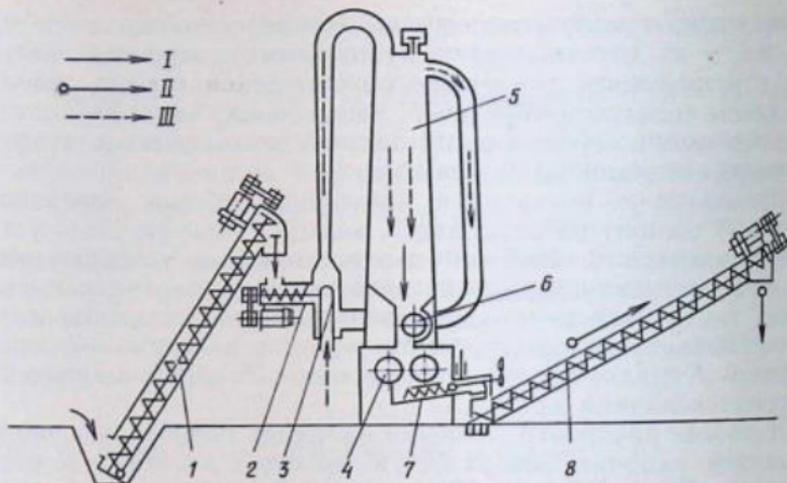


Рис. 4.10. Схема технологического процесса агрегата ПЗ-3:

1 — загрузочный шнек; 2 — шнек эжектора; 3 — эжектор; 4 — плющилка; 5 — пропариватель; 6 — дозатор; 7 — шнек плющилки; 8 — шнек выгрузной; I — зерно; II — хлопья; III — пар.

париватель 5. Обработанное зерно дозатором направляется на вальцы плющилки 4, а готовые хлопья эвакуируются выгрузными шнеками 7 и 8. Пропариватель работает при температуре пара 363...383 К и давлении 0,05...0,07 МПа. Расход пара составляет 350 кг/ч. Конечный продукт представляет собой хлопья влажностью 14...20 % и толщиной 0,77...1,2 мм; время хранения их не более 5...6 ч.

Агрегат ПЗ-3-П предназначен для плющения влажного консервированного или поступающего от уборочных машин зерна основных фуражных культур, по устройству и принципу работы аналогичен ПЗ-3.

По такой же схеме разрабатываются более производительные агрегаты ПЗ-8, которые предназначены для оснащения комбикормоперерабатывающих цехов межхозяйственных откормочных комплексов.

Особенности рабочего процесса плющилок с внешним и внутренним контактом рабочих поверхностей

По конструктивным схемам расположения валцов плющилки могут быть с внешним и внутренним контактом рабочих поверхностей.

Плющилка с внешним контактом поверхностей валцов обеспечивает рабочий процесс путем обработки зерна в зазоре между

двумя вращающимися навстречу один другому вальцами. Вальцы могут быть одинакового и разного диаметра, а линейные скорости их, как правило, одинаковые. Конструктивная схема плющилки с внутренним контактом рабочих органов (рис. 4.11) аналогична прессующему узлу гранулятора, где в качестве матрицы используется сплошной (без отверстий) барабан, внутри которого размещен валец малого диаметра. Барабан и валец имеют индивидуальный привод.

На рабочий процесс плющилки оказывает влияние способность вальцов «затягивать» обрабатываемый материал в зону плющения. Этот показатель характеризуется углом захвата. Захват материала гладкими вальцами одинакового диаметра и вращающегося с одинаковыми окружными скоростями определяют из условия

$$\chi \leq 2\varphi, \quad (4.35)$$

где φ — угол трения между обрабатываемым материалом и рабочей поверхностью вальца.

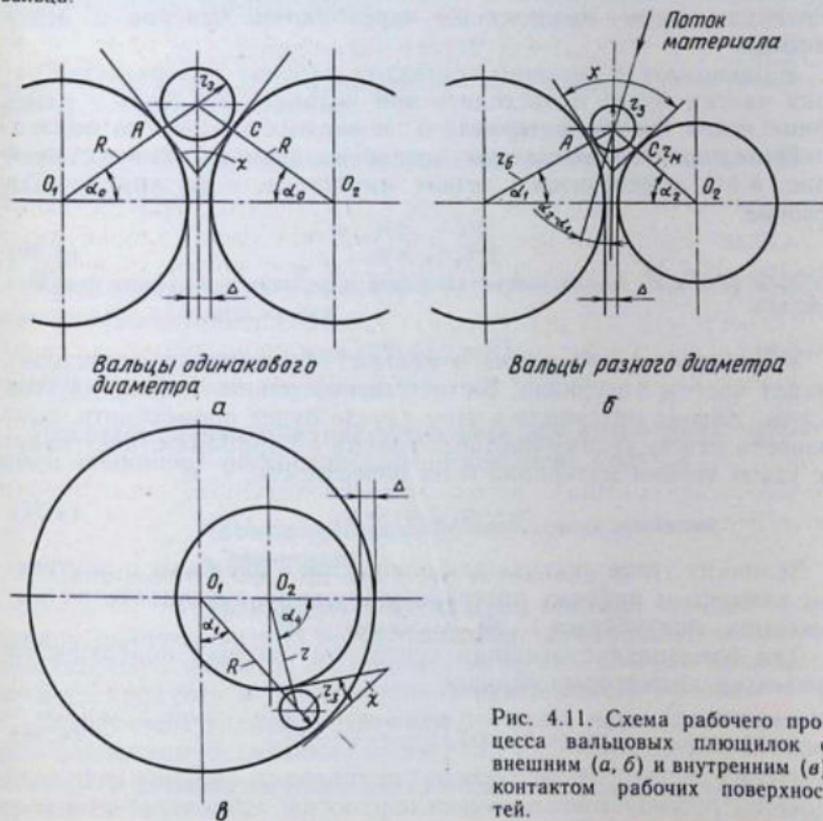


Рис. 4.11. Схема рабочего процесса вальцовых плющилок с внешним (а, б) и внутренним (в) контактом рабочих поверхностей.

Если углы поворота вальцов α равны между собой, то их рабочие поверхности захватывают материал в том случае, когда угол, образованный касательными в точках A и C к этим поверхностям в зоне подачи материала (χ), будет меньше или равен удвоенному углу трения φ (рис. 4.11, a).

Если плющилки имеют вальцы разных диаметров, то угловая скорость их будет разной. Угол поворота вальца большего диаметра, при котором начинает происходить захват материала, обозначим через α_1 , а меньшего диаметра — через α_2 (рис. 4.11, b). Тогда угол захвата будет равен сумме углов трения материала о больший φ_1 и меньший φ_2 валец, т. е. $\chi = \varphi_1 + \varphi_2$. Угол захвата образован пересечением перпендикуляров к радиусам вальцов, проведенных в точках касания поверхности вальцов с материалом. Поток материала в этом случае будет двигаться не строго вертикально (как у плющилок с вальцами одинакового диаметра), а под некоторым углом β , равным $\alpha_2 - \alpha_1$. Этот угол образован лучом, совпадающим с направлением потока материала, и перпендикуляром, проведенным через линию центров и центр частицы.

У плющилок с внешним контактом рабочих поверхностей захват частиц будет происходить при условии, что угол χ равен сумме углов трения материала о поверхность каждого вальца.

Плющилки с внутренним контактом рабочих поверхностей (рис. 4.11) обеспечивают захват материала, если выполняется условие

$$\chi \leq \varphi_1 + \varphi_2, \quad (4.36)$$

где φ_1 и φ_2 — углы трения частиц материала о рабочие поверхности барабана и вальца.

Углы поворота барабана и вальца, при которых происходит захват частиц материала, соответственно равны α_1 и α_2 , причем $\alpha_2 > \alpha_1$. Захват материала в этом случае будет происходить, если разность между углами поворота вальца и барабана станет меньше углов трения материала о их поверхность, т. е.

$$\alpha_2 - \alpha_1 \leq \varphi_1 + \varphi_2. \quad (4.37)$$

Величину углов захвата для плющилок с внешним и внутренним контактом рабочих поверхностей можно рассчитать по выражениям, полученным С. Ф. Колесниковым.

Для плющилок с внешним контактом рабочих поверхностей и равными диаметрами вальцов

$$\chi = \arccos \left[\frac{(2R + \Delta)^2}{2(R + r_s)} - 1 \right], \quad (4.38)$$

где R — радиус вальцов, м; Δ — рабочий зазор между вальцами, м; r_s — радиус зерновки, м.

Угол захвата у плющилок с разными диаметрами вальцов

$$\chi = \arccos \frac{(R_0 + R_n + \Delta)^2 - (R_0 - r_s)^2 - (R_n + r_s)^2}{2(R_0 + r_s)(R_n + r_s)}, \quad (4.39)$$

где R_0 , R_n — радиус большого и малого вальца.

Для плющилок с внутренним контактом рабочих поверхностей угол захвата равен

$$\chi = \arccos \frac{(R - r_s)^2 + (r + r_s) - (R - r - \Delta)^2}{2(R - r_s)(r + r_s)}, \quad (4.40)$$

где R и r — радиусы барабана и вальца, м.

Установлено, что условие захвата материала для одних и тех же соотношений диаметров вальцов лучше у плющилок с внутренним контактом рабочих поверхностей.

Наименьший диаметр вальца плющилки, исходя из условий захвата материала, определяют по формуле, предложенной профессором Л. А. Афанасьевым:

$$D_{\min} = (d_0 - d_k)[(2/f) - 1], \quad (4.41)$$

где d_0 , d_k — толщина частиц материала до и после плющения, м; f — коэффициент трения материала о вальцы.

Длина пути обработки материала на плющилке с одинаковым размером вальца

$$l = \sqrt{(d_0 - \delta)R}.$$

Предельную частоту вращения вальцов (по Л. Б. Левинсону) определяют из выражения

$$n = 308 \sqrt{\bar{f}/(\gamma r \bar{R})}, \quad (4.42)$$

где γ — объемная масса материала, кг/м³.

Плавное расплющивание материала при сохранении целостности «лепешек» обеспечивается при условии $v \leq 5\sqrt{2}$.

Производительность вальцовых мельниц и плющилок

Производительность пары вальцов зависит от величины рабочего зазора между вальцами, длины вальцов, окружной скорости вальцов, физико-механических свойств обрабатываемого продукта и степени заполнения рабочего объема.

Теоретическую производительность одной пары гладких вальцов плющилки определяют с учетом, что через рабочий зазор в единицу времени проходит количество зерна, равное секундной производительности. Тогда производительность плющилки опре-

деляют по формуле

$$Q_n = \Delta L v_3 \gamma_3 \psi, \quad (4.43)$$

где Δ — средняя величина зазора в зоне измельчения, м/с; L — длина вальцов, м; v_3 — средняя скорость зерна в зоне измельчения, м/с; γ_3 — объемная масса материала, кг/м³; ψ — коэффициент, учитывающий степень заполнения материала зоны измельчения.

Опытами, проведенными в УНИИМЭСХ, установлено, что производительность плющилки с гладкими вальцами можно рассчитать по эмпирической формуле

$$Q = (0,02v + 0,028W - 1,02\delta + 5,9 \cdot 10^{-4}W^2 + 4,9 \cdot 10^{-5}vW + 9,94 \cdot 10^{-4}W\delta - 4,8 \cdot 10^{-3}v^2 + 7,24v\delta + 0,58\delta^2 + 0,37)6,65L, \quad (4.44)$$

где v — окружная скорость вальцов, м/с; W — относительная влажность зерна, %; δ — толщина хлопьев, м; L — длина вальцов, м.

При определении производительности рифленых вальцов мельниц, вращающихся с различной окружной скоростью, в расчет принимают среднюю скорость зерна в зоне измельчения

$$Q_m = (\Delta + h)L \left(\frac{v_1 + v_2}{2} \right) \rho \psi, \quad (4.45)$$

где h — высота рифлей вальца, м; v_1, v_2 — окружные скорости быстро- и медленно вращающихся вальцов, м/с; ψ — коэффициент (при размоле зерна принимают равным 0,1...0,2).

Экспериментальными исследованиями установлено, что при износе рифлей по высоте на 25 % производительность падает, а удельный расход энергии увеличивается на 20...25 %.

Энергоемкость процесса плющения

Мощность, расходуемую на плющение материала, определяют по формуле

$$N = 3/2P[f + (3/8)\chi] v, \quad (4.46)$$

где P — распорное усилие, возникающее в процессе работы плющилки, Н; f — коэффициент трения зерна о поверхность вальцов; χ — угол захвата вальцов, рад; v — окружная скорость вальцов, м/с.

Величину распорного усилия можно определить по формуле

$$P = 2/3P_{\text{разр}}LR\chi, \quad (4.47)$$

где L — длина вальца, м; $P_{\text{разр}}$ — разрушающее усилие, кН/м².

По Л. А. Афанасьеву

$$P_{\text{разр}} = 4,5\varepsilon/a, \quad (4.48)$$

где ε — относительное сжатие зерна, кН/м; a — толщина зерна, м.

Для увлажненного зерна В. И. Дешко предлагает распорное усилие определять по формуле

$$P = 2/3\psi_3LR[P_{cp}(\alpha_1 + \alpha_2) - \sigma_\lambda(\alpha_3 - \alpha_2)], \quad (4.49)$$

где ψ_3 — коэффициент заполнения рабочей зоны; L — длина вальца, м; R — радиус вальца, м; P_{cp} — среднее удельное давление на вальцы, МПа; $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ — углы действия зерна на вальцы в зонах сжатия, восстановления, прилипания; σ_λ — напряжение отрыва хлопьев, МПа.

Повышение влажности зерна заметно снижает энергоемкость процесса плющения и производительность плющилки (табл. 4.1).

4.1. Влияние влажности зерна на энергоемкость процесса и производительность плющилки с внутренним контактом вальцов (по С. Ф. Колесникову)

Относительная влажность, %	Производительность плющилки, кг/с	Энергоемкость процесса плющения, кДж/кг
15	0,576	11,031
22	0,571	11,088
28	0,579	10,31
34	0,44	7,743
40	0,384	6,204

Снижение производительности плющилки при повышении влажности зерна объясняется повышенной прилипаемостью обработанных продуктов рабочих органов плющилки.

Контрольные вопросы и задания

1. Назовите принцип работы вальцовой мельницы. 2. Как влияет расположение рифлей вальцов на кинетику измельчения зерна? 3. Как влияют кинематические параметры вальцов на процесс измельчения зерна? 4. Как рассчитать число воздействия рифлей на зерно? Назовите особенности режима вальцовых станков. 6. Назовите рабочий процесс плющилки с внешним и внутренним контактом рабочих поверхностей. 7. Перечислите основные особенности устройства и рабочего процесса агрегата ПЗ-3. 8. В чем различие рабочего процесса плющилки с внешним контактом по сравнению с внутренним? 9. Как подсчитать предельную частоту вращения вальца? 10. От каких факторов зависит производительность вальцовых станков? 11. Как рассчитать величину мощности, расходуемую на плющение зерна?

Глава IV

ИЗМЕЛЬЧИТЕЛИ МЯСО-РЫБНЫХ КОРМОВ, ИХ ТИПЫ И КЛАССИФИКАЦИЯ

Особенности кормления пушных зверей. Зоотехнические и зооветеринарно-гигиенические требования

Эффективность производства пушнины во многом зависит от четкого и своевременного обеспечения зверей кормовыми смесями высокого качества. В состав смесей входят скор

портящиеся мясные и рыбные корма, а также концентраты, соевые и другие виды кормов.

Биологической особенностью разводимых в клетках пушных зверей является то, что они нуждаются в получении с кормом до 80 % переваримого белка животного происхождения. Пушные звери относятся к отряду хищных и имеют следующие отличительные особенности (по Б. И. Вагину):

жевательный аппарат их не приспособлен для тщательного измельчения корма и служит для захватывания и разрывания его на куски;

пищеварительный аппарат не приспособлен к длительному перевариванию корма;

звери обладают высокой чувствительностью к свежести корма.

Сезонность обмена веществ в организме пушных зверей требует разнообразного соотношения компонентов в составе суточного рациона в различные периоды развития (подготовка к гону, гон, беременность, лактация, выращивание молодняка).

Основные корма животного происхождения, включаемые в рацион пушных зверей, — продукты морского промысла, отходы рыбной промышленности, боен, а также молочные продукты (цельное и сухое молоко, творог, ацидофилин, обрат и др.). Перспективным видом являются гранулированные корма, составленные на основе мясо-костной и рыбной муки и других компонентов. Современная технология содержания пушных зверей предусматривает скармливание им кормов в виде влажных смесей, к процессу приготовления которых и оборудованию кормоцехов предъявляются следующие зоотехнические требования.

Корма перед скармливанием подлежат обязательному измельчению. Размер отдельных частиц мясо-рыбных кормов не должен превышать 5 мм, овощей — 1...1,5 мм, зерновых и других сухих кормов — 0,8 мм. Кормовая смесь в виде пасты, состоящая из тонкоизмельченных компонентов, лучше поедается и усваивается зверями, а также снижаются потери корма.

Смесь должна быть однородной, это способствует полному ее поеданию.

Продолжительность смешивания кормов в фаршемешалке должна быть не менее 15...20 мин после подачи последних доз компонентов рациона.

Для предотвращения порчи кормов весь процесс приготовления кормовой смеси и ее раздача не должны превышать 1,5...2,0 ч. После смешивания корм подлежит немедленной раздаче зверям.

Все корма, поступающие в кормоцех для приготовления кормосмеси, должны пройти ветеринарно-санитарную экспертизу. Условно годные корма (недоброкачественные, свиные субпродук-

ты) в обязательном порядке подвергаются тепловой обработке (варке).

При тепловой обработке недопустимы потери жира, а потери теплоты должны быть минимальными.

Зерновые корма очищают от мякины, муку скармливают в сыром виде в смеси с другими кормами, а комбикорм и крупу — только в виде каш.

Готовые кормовые смеси должны соответствовать по консистенции возрасту зверей и сезону. Щенкам в раннем возрасте и лактирующим самкам нужна более жидкая масса. Зимой (особенно в морозную погоду) скармливают более густую смесь.

Перед скармливанием кормовая смесь должна иметь температуру 281...285 К летом, 288...298 К — зимой, что обеспечивает лучшую ее сохраняемость и поедаемость. При таких температурах корма (и без применения консервирующих веществ) допустимое время хранения с момента его приготовления и до раздачи зверям должно быть не более 1 ч.

Кормовые смеси должны быть достаточно вязкими. Это способствует лучшему их удержанию на сетке клетки и лучшему поеданию.

На всех этапах переработки и транспортировки смесь должна быть надежно защищена от загрязнений пылью, сточными водами, насекомыми, грызунами и т. д.

Технологическое оборудование должно иметь высокую эксплуатационную надежность, простоту и безопасность в обслуживании, приборный контроль за режимами работы всех звеньев поточной линии.

Физико-механические и реологические свойства кормов животного происхождения

Корма животного происхождения классифицируют с учетом анатомо-морфологического состава и их механизированной обработки следующим образом:

костное сырье — свежие кости с остатками соединительной ткани, обезжиренные кости и другие виды костей;

мясо-костное сырье — мускулатура вместе с костной и всеми другими прилегающими тканями;

бескостное мясо — мускулатура, освобожденная от костей.

В зависимости от температуры мышц мясо подразделяют на парное — 307...309 К (34...36 °С), остывшее — 283...285 К (10...12 °С), охлажденное — 277...273 К (4...0 °С), замороженное — 268...267 К (-5...-6 °С) и дефростированное (оттаявшее).

По механическим свойствам мясо-рыбное сырье разделяют

портящиеся мясные и рыбные корма, а также концентраты, соевые и другие виды кормов.

Биологической особенностью разводимых в клетках пушных зверей является то, что они нуждаются в получении с кормом до 80 % переваримого белка животного происхождения. Пушные звери относятся к отряду хищных и имеют следующие отличительные особенности (по Б. И. Вагину):

жевательный аппарат их не приспособлен для тщательного измельчения корма и служит для захватывания и разрывания его на куски;

пищеварительный аппарат не приспособлен к длительному перевариванию корма;

звери обладают высокой чувствительностью к свежести корма.

Сезонность обмена веществ в организме пушных зверей требует разнообразного соотношения компонентов в составе суточного рациона в различные периоды развития (подготовка к гону, гон, беременность, лактация, выращивание молодняка).

Основные корма животного происхождения, включаемые в рацион пушных зверей, — продукты морского промысла, отходы рыбной промышленности, боен, а также молочные продукты (цельное и сухое молоко, творог, ацидофилин, обрат и др.). Перспективным видом являются гранулированные корма, составленные на основе мясо-костной и рыбной муки и других компонентов. Современная технология содержания пушных зверей предусматривает скармливание им кормов в виде влажных смесей, к процессу приготовления которых и оборудованию кормоцехов предъявляются следующие зоотехнические требования.

Корма перед скармливанием подлежат обязательному измельчению. Размер отдельных частиц мясо-рыбных кормов не должен превышать 5 мм, овощей — 1...1,5 мм, зерновых и других сухих кормов — 0,8 мм. Кормовая смесь в виде пасты, состоящая из тонкоизмельченных компонентов, лучше поедается и усваивается зверями, а также снижаются потери корма.

Смесь должна быть однородной, это способствует полному ее поеданию.

Продолжительность смешивания кормов в фаршемешалке должна быть не менее 15...20 мин после подачи последних доз компонентов рациона.

Для предотвращения порчи кормов весь процесс приготовления кормовой смеси и ее раздача не должны превышать 1,5...2,0 ч. После смешивания корм подлежит немедленной раздаче зверям.

Все корма, поступающие в кормоцех для приготовления кормосмеси, должны пройти ветеринарно-санитарную экспертизу. Условно годные корма (недоброкачественные, свиные субпродук-

ты) в обязательном порядке подвергаются тепловой обработке (варке).

При тепловой обработке недопустимы потери жира, а потери теплоты должны быть минимальными.

Зерновые корма очищают от мякоти, муку скармливают в сыром виде в смеси с другими кормами, а комбикорм и крупу — только в виде каш.

Готовые кормовые смеси должны соответствовать по консистенции возрасту зверей и сезону. Щенкам в раннем возрасте и лактирующим самкам нужна более жидкая масса. Зимой (особенно в морозную погоду) скармливают более густую смесь.

Перед скармливанием кормовая смесь должна иметь температуру 281...285 К летом, 288...298 К — зимой, что обеспечивает лучшую ее сохраняемость и поедаемость. При таких температурах корма (и без применения консервирующих веществ) допустимое время хранения с момента его приготовления и до раздачи зверям должно быть не более 1 ч.

Кормовые смеси должны быть достаточно вязкими. Это способствует лучшему их удержанию на сетке клетки и лучшему поеданию.

На всех этапах переработки и транспортировки смесь должна быть надежно защищена от загрязнений пылью, сточными водами, насекомыми, грызунами и т. д.

Технологическое оборудование должно иметь высокую эксплуатационную надежность, простоту и безопасность в обслуживании, приборный контроль за режимами работы всех звеньев поточной линии.

Физико-механические и реологические свойства кормов животного происхождения

Корма животного происхождения классифицируют с учетом анатомо-морфологического состава и их механизированной обработки следующим образом:

костное сырье — свежие кости с остатками соединительной ткани, обезжиренные кости и другие виды костей;

мясо-костное сырье — мускулатура вместе с костной и всеми другими прилегающими тканями;

бескостное мясо — мускулатура, освобожденная от костей.

В зависимости от температуры мышц мясо подразделяют на парное — 307...309 К (34...36 °С), остывшее — 283...285 К (10...12 °С), охлажденное — 277...273 К (4...0 °С), замороженное — 268...267 К (-5...-6 °С) и дефростированное (оттаявшее).

По механическим свойствам мясо-рыбное сырье разделяют

на пластичное (мышечная и соединительная ткани, жир-сырец и хрупкое (кость).

Основные физико-механические и реологические свойства мясо-рыбных кормов: влажность, гранулометрический состав, плотность, коэффициент трения, а также предельное напряжение сдвига, коэффициент бокового распора, давление истечения влагоудерживающая способность.

Влажность — показатель, оказывающий существенное влияние на все характеристики корма.

Гранулометрический состав характеризует качество работы измельчающих машин и оказывает влияние на технологическое качество смеси. Состав смеси определяют методом непосредственного измерения измельченных частиц, предложенным Б. В. Горбарцом. Этот метод дает относительно высокую точность, но весьма трудоемок. Для производственных условий М. А. Трутневым разработан экспресс-метод определения среднего размера частиц гомогенизированного корма. Суть его заключается в том, что выбранную навеску корма промывают на одном из трех сит с размерами отверстий 2, 3 и 5 мм. Остаток на сите взвешивают и выражают в процентах к массе навески корма. По найденному значению процентного отношения корма в сите находят средний размер частиц по номограмме (рис. 4.12). Предельное напряжение сдвига для измельченных мясо-рыбных кормов является комплексным качественным показателем, характеризующим способность корма удерживаться на сите, не проваливаясь*. Для определения его величины используют лабораторный пенетрометр ЛП-1, состоящий из штатива с кронштейном и плунжером, шкального индикатора с ценой деления 0,1 мм и набора конусов с углом при вершине (2α) 30°, 60° и 90°. Замер величины предельного напряжения сдвига заключается в определении глубины погружения конуса в кормовую смесь под действием его силы тяжести в течение 30 с и вычисляется по формуле

$$\tau_{\text{пр}} = km/h^2,$$

где $\tau_{\text{пр}}$ — предельное напряжение сдвига, Н/м²; m — масса подвижной части прибора (кронштейн и плунжер), кг; k — константа конуса, определяемая по номограмме (рис. 4.13), Н/кг; h — общая глубина погружения конуса, м.

Характер изменения предельного напряжения сдвига мясо-рыбных кормов в зависимости от глубины погружения конуса (h) изображен на рисунке 4.13.

Плотность кормов находят путем вычисления массы воды, вытесненной известной массой навески, по отношению

$$\rho_{\text{к}} = m/V_{\text{в}}, \quad (4.50)$$

где m — масса навески корма, кг; $V_{\text{в}}$ — объем жидкости, вытесненной навеской.

* Корма на зверофермах подают на верхнюю часть (крышу) клетки.

Рис. 4.12. График-номограмма для определения среднего диаметра частиц (по М. А. Трутневу).

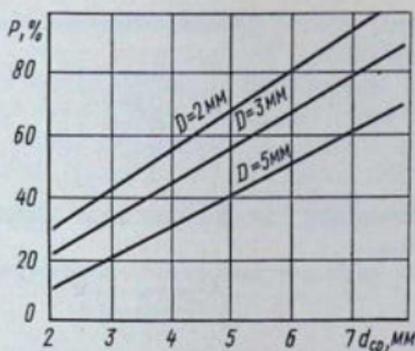
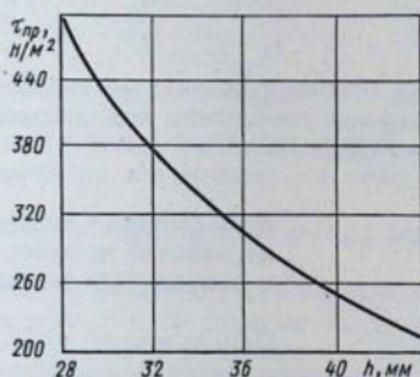
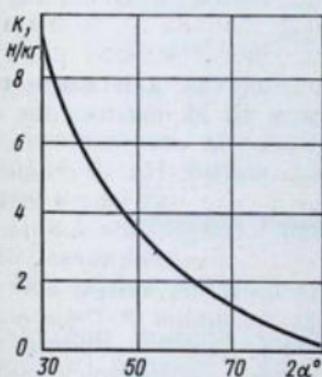


Рис. 4.13. График для определения константы (K) конуса пенетрометра (слева) и (справа) зависимости величины предельного напряжения $\tau_{пр}$ от глубины погружения конуса ($2\alpha = 60^\circ$; $m = 0,183$ кг) (по М. А. Трутневу).



Численные значения показателей физико-механических и реологических свойств кормовых смесей приведены в таблице 4.2.

При указанных значениях корм через сетку клетки проходит в установленных пределах времени, что обеспечивает заданный режим кормления зверей.

4.2. Значения показателей, характеризующих отдельные свойства гомогенизированных мясо-рыбных кормовых смесей (по М. А. Трутневу)

Показатель	Пределы измерений	Среднее значение
Влажность, %	58,5...74,7	64,4
Средний диаметр частиц, мм	2,82...6,36	4,69
Предельные напряжения сдвига (ПНС), Па	220...530	328
Плотность, $\tau/м^3$	1042...1082	1063

Коэффициент трения мясо-рыбных кормов по стальной поверхности при скорости перемещения образца 0,5 м/с составляет:

Коэффициент трения Давление, Па

0,22	749
0,18	1241
0,15	2225
0,12	6654
0,11	7146

Значения коэффициентов бокового распора мясо-костных кормов:

Коэффициент бокового распора	Температура, К
0,07	265
0,21	267
0,31	270
0,40	273
0,43	278

Все основные физико-механические свойства для мясо-рыбных кормов определены под руководством Б. И. Вагина на кафедре МЖФ ЛСХИ.

Измельчители мясо-рыбных кормов, их рабочий процесс и особенности расчета

Измельчители мясо-рыбных кормов предназначены для грубого (дробилки-измельчители) и тонкого (мясорубки) измельчения и отличаются большим разнообразием конструкций.

Оборудование для грубого измельчения представлено следующими видами измельчителей.

Дробилка ДТК-78 служит для грубого измельчения мясо-костных кормов и мороженой рыбы со средними размерами кусков 30...50 мм и суточной производительностью свыше 50 т кормов. Основной рабочий орган дробилки — барабан, на наружной цилиндрической поверхности которого в шахматном порядке размещены активные ножи. Измельчение здесь происходит по принципу строгания. В зависимости от величины вылета ножей толщина стружки может быть от 3 до 9 мм.

Силовой измельчитель К7-ФИС, кроме названных выше кормов, может измельчать сырую кость, головы, конфискаты и др. Состоит из режущего механизма и привода. Режущий механизм представляет собой чугунный корпус, внутри которого вращается рабочий вал с закрепленными на нем по винтовой линии активными ножами. В нижней части корпуса размещены пассивные ножи. Зазор между ними составляет 1...2 мм.

Измельчитель ЦС-253 представляет собой силовой измельчи-

тель с двухступенчатым рабочим органом для грубого и тонкого измельчения. Мороженный корм через загрузочный бункер поступает в зону предварительного измельчения и постепенно перемещается вдоль оси рабочего вала в зону окончательного измельчения, где неподвижные ножи размещены в четыре ряда. Измельченный корм, перемещаясь далее вдоль оси вала, попадает в зону выгрузки. Основные показатели измельчителей приведены в таблице 4.3.

4.3. Техническая характеристика измельчителей мясо-костных и рыбных кормов

Показатель	ДТК-78	Ж9-ФИС	К7-ФИС	ЦС-253
Производительность, т/ч	15,0	1,5	3,0...4,5	10
Частота вращения рабочего органа, с ⁻¹	16,2	0,7	0,77	—
Мощность электродвигателя, кВт	55	10	22	75
Масса, кг	3215	1430	2840	3000

Установлено, что роторные дробилки более экономичны, чем силовые измельчители, удельный расход энергии их ниже примерно на 40 %.

Для более тонкого измельчения мясо-рыбных кормов используют мясорубки.

Мясорубка МТК-78 при работе ее в составе поточной линии размещается вслед за дробилкой ДТК-78. Состоит из корпуса, подающего шнека, режущего аппарата и механизма привода рабочих органов. Режущий аппарат представляет собой три решетки с конусными отверстиями диаметром 20 и 36 мм и два ножа — один перового, а другой винтового типа. Величину зазора в режущих парах регулируют специальными натяжными винтами в пределах 0,10...0,15 мм.

Мясорубка В2-ФДЕ предназначена для тех же целей и имеет аналогичное устройство.

Краткая характеристика мясорубок приведена в таблице 4.4.

4.4. Техническая характеристика мясорубок

Показатель	МТК-78	В2-ФДЕ
Производительность, т/ч	До 20	До 6
Установленная мощность, кВт	75	40
Масса, кг	2275	2610

Для относительно небольших зверохозяйств с поголовьем до 20 000 самок норки рекомендуют комбинированные агрегаты, объединяющие в одной конструкции измельчители грубого и тонкого измельчения и фаршемешалку. Примерами таких агрегатов могут служить И-76, ЦСК-87, ИПА-69.

Коэффициент трения	Давление, Па
0,22	749
0,18	1241
0,15	2225
0,12	6654
0,11	7146

Значения коэффициентов бокового распора мясо-костных кормов:

Коэффициент бокового распора	Температура, К
0,07	265
0,21	267
0,31	270
0,40	273
0,43	278

Все основные физико-механические свойства для мясо-рыбных кормов определены под руководством Б. И. Вагина на кафедре МЖФ ЛСХИ.

Измельчители мясо-рыбных кормов, их рабочий процесс и особенности расчета

Измельчители мясо-рыбных кормов предназначены для грубого (дробилки-измельчители) и тонкого (мясорубки) измельчения и отличаются большим разнообразием конструкций.

Оборудование для грубого измельчения представлено следующими видами измельчителей.

Дробилка ДТК-78 служит для грубого измельчения мясо-костных кормов и мороженой рыбы со средними размерами кусков 30...50 мм и суточной производительностью свыше 50 т кормов. Основной рабочий орган дробилки — барабан, на наружной цилиндрической поверхности которого в шахматном порядке размещены активные ножи. Измельчение здесь происходит по принципу строгания. В зависимости от величины вылета ножей толщина стружки может быть от 3 до 9 мм.

Силовой измельчитель К7-ФИС, кроме названных выше кормов, может измельчать сырую кость, головы, конфискаты и др. Состоит из режущего механизма и привода. Режущий механизм представляет собой чугунный корпус, внутри которого вращается рабочий вал с закрепленными на нем по винтовой линии активными ножами. В нижней части корпуса размещены пассивные ножи. Зазор между ними составляет 1...2 мм.

Измельчитель ЦС-253 представляет собой силовой измельчи-

тель с двухступенчатым рабочим органом для грубого и тонкого измельчения. Мороженный корм через загрузочный бункер поступает в зону предварительного измельчения и постепенно перемещается вдоль оси рабочего вала в зону окончательного измельчения, где неподвижные ножи размещены в четыре ряда. Измельченный корм, перемещаясь далее вдоль оси вала, попадает в зону выгрузки. Основные показатели измельчителей приведены в таблице 4.3.

4.3. Техническая характеристика измельчителей мясо-костных и рыбных кормов

Показатель	ДТК-78	Ж9-ФИС	К7-ФИС	ЦС-253
Производительность, т/ч	15,0	1,5	3,0...4,5	10
Частота вращения рабочего органа, с ⁻¹	16,2	0,7	0,77	—
Мощность электродвигателя, кВт	55	10	22	75
Масса, кг	3215	1430	2840	3000

Установлено, что роторные дробилки более экономичны, чем силовые измельчители, удельный расход энергии их ниже примерно на 40 %.

Для более тонкого измельчения мясо-рыбных кормов используют мясорубки.

Мясорубка МТК-78 при работе ее в составе поточной линии размещается вслед за дробилкой ДТК-78. Состоит из корпуса, подающего шнека, режущего аппарата и механизма привода рабочих органов. Режущий аппарат представляет собой три решетки с конусными отверстиями диаметром 20 и 36 мм и два ножа — один перового, а другой винтового типа. Величину зазора в режущих парах регулируют специальными натяжными винтами в пределах 0,10...0,15 мм.

Мясорубка В2-ФДЕ предназначена для тех же целей и имеет аналогичное устройство.

Краткая характеристика мясорубок приведена в таблице 4.4.

4.4. Техническая характеристика мясорубок

Показатель	МТК-78	В2-ФДЕ
Производительность, т/ч	До 20	До 6
Установленная мощность, кВт	75	40
Масса, кг	2275	2610

Для относительно небольших зверохозяйств с поголовьем до 20 000 самок норки рекомендуют комбинированные агрегаты, объединяющие в одной конструкции измельчители грубого и тонкого измельчения и фаршемешалку. Примерами таких агрегатов могут служить И-76, ЦСК-87, ИПА-69.

Особенности рабочего процесса измельчителей и мясорубок обусловлены технологией переработки мясо-рыбных кормов. Основными операциями их обработки при приготовлении кормовых смесей является ветеринарно-санитарная экспертиза, дефростация (размораживание) и измельчение. Перед закладкой в холодильник мясо-рыбные корма сортируют, моют и проводят санитарно-ветеринарную экспертизу.

Замораживание кормов животного происхождения является обязательной операцией, так как специфика звероводства определяет: большое различие в количестве потребляемого корма в течение года, месяца или даже суток; включение в рацион зверей только свежих мясо-рыбных кормов. В каждом хозяйстве предусмотрен холодильник большой вместимости, температурный режим которого составляет 245...255 К. Механическую обработку кормов проводят либо в замороженном, либо в размороженном (дефростированном) виде. Установлено, что измельчение мясо-рыбных кормов при низких температурах (ниже 263 К) способствует получению фарша, более однородного по структуре. В исследованиях С. В. Мельникова и Б. В. Горбарца равномерность массы частиц при измельчении китового мяса при температуре 262 К по сравнению с измельчением его при температуре хранения 288 К повышается в 4...5 раз. Однако измельчение мясо-рыбных кормов в замороженном виде (ниже 268 К) требует больших затрат энергии, ведет к перегрузкам механизмов, ухудшает условия труда рабочих кормоцеха. По данным анализа А. М. Рыжука, сопротивление статическому резанию мышечной ткани падает с повышением температуры сырья и в пределах 268...293 К оно минимально и практически не меняется. При температуре ниже 270 К напряжение сдвига также возрастает.

Измельчение мясо-рыбных кормов проводят при температуре не ниже 270 К, то есть корма перед измельчением дефростируют. Выбор способов дефростации зависит от источника и метода подвода теплоты и формы дефростируемого материала.

В основу рабочего процесса измельчителей положен принцип раскалывания, дробления, раздавливания и резания. При раскалывании материал разрушается в местах наибольшей концентрации нагрузок под действием клиновидного режущего инструмента. Материал измельчается с образованием непостоянных по размеру кусков. Дробление мясо-рыбных кормов происходит вследствие удара и действия динамических нагрузок на отдельных участках куска. При раздавливании материал деформируется под действием нагрузки по всему объему и, когда внутреннее напряжение достигнет в нем предела прочности сжатия, разрушается. Процесс сопровождается более высокими затратами энергии по сравнению с другими способами. В результате реза-

ния материал разделяется на части заранее заданных размеров и форм.

Б. И. Вагин считает, что из всех перечисленных способов для измельчения мясо-рыбных кормов наиболее приемлемым является способ резания и раскалывания, а также резание пуансоном с вдавливанием.

Контрольные вопросы и задания

1. В чем заключаются особенности кормления пушных зверей?

2. Перечислите основные требования к процессу приготовления кормовых смесей для зверей. 3. Как классифицируются корма животного происхождения? 4. Назовите методику определения гранулометрического состава измельченных кормов животного происхождения. 5. Как определить предельное напряжение сдвига мясо-костных кормов? 6. Назовите основные особенности рабочего процесса измельчителей мясо-костных кормов. 7. Из каких основных сборочных единиц состоит дробилка ДТК-78? 8. Почему замораживание кормов на зверофермах является неизбежной операцией? 9. Назовите особенности измельчения замороженных кормов.

Особенности рабочего процесса измельчителей и мясорубок обусловлены технологией переработки мясо-рыбных кормов. Основными операциями их обработки при приготовлении кормовых смесей является ветеринарно-санитарная экспертиза, дефростация (размораживание) и измельчение. Перед закладкой в холодильник мясо-рыбные корма сортируют, моют и проводят санитарно-ветеринарную экспертизу.

Замораживание кормов животного происхождения является обязательной операцией, так как специфика звероводства определяет: большое различие в количестве потребляемого корма в течение года, месяца или даже суток; включение в рацион зверей только свежих мясо-рыбных кормов. В каждом хозяйстве предусмотрен холодильник большой вместимости, температурный режим которого составляет 245...255 К. Механическую обработку кормов проводят либо в замороженном, либо в размороженном (дефростированном) виде. Установлено, что измельчение мясо-рыбных кормов при низких температурах (ниже 263 К) способствует получению фарша, более однородного по структуре. В исследованиях С. В. Мельникова и Б. В. Горбарца равномерность массы частиц при измельчении китового мяса при температуре 262 К по сравнению с измельчением его при температуре хранения 288 К повышается в 4...5 раз. Однако измельчение мясо-рыбных кормов в замороженном виде (ниже 268 К) требует больших затрат энергии, ведет к перегрузкам механизмов, ухудшает условия труда рабочих кормоцеха. По данным анализа А. М. Рыжука, сопротивление статическому резанию мышечной ткани падает с повышением температуры сырья и в пределах 268...293 К оно минимально и практически не меняется. При температуре ниже 270 К напряжение сдвига также возрастает.

Измельчение мясо-рыбных кормов проводят при температуре не ниже 270 К, то есть корма перед измельчением дефростируют. Выбор способов дефростации зависит от источника и метода получения теплоты и формы дефростируемого материала.

В основу рабочего процесса измельчителей положен принцип раскалывания, дробления, раздавливания и резания. При раскалывании материал разрушается в местах наибольшей концентрации нагрузок под действием клиновидного режущего инструмента. Материал измельчается с образованием непостоянных по размеру кусков. Дробление мясо-рыбных кормов происходит вследствие удара и действия динамических нагрузок на отдельных участках куска. При раздавливании материал деформируется под действием нагрузки по всему объему и, когда внутреннее напряжение достигнет в нем предела прочности сжатия, разрушается. Процесс сопровождается более высокими затратами энергии по сравнению с другими способами. В результате резания

ния материал разделяется на части заранее заданных размеров и форм.

Б. И. Вагин считает, что из всех перечисленных способов для измельчения мясо-рыбных кормов наиболее приемлемым является способ резания и раскалывания, а также резание пуансоном с вдавливанием.

Контрольные вопросы и задания

1. В чем заключаются особенности кормления пушных зверей?
2. Перечислите основные требования к процессу приготовления кормовых смесей для зверей.
3. Как классифицируются корма животного происхождения?
4. Назовите методику определения гранулометрического состава измельченных кормов животного происхождения.
5. Как определить предельное напряжение сдвига мясо-костных кормов?
6. Назовите основные особенности рабочего процесса измельчителей мясо-костных кормов.
7. Из каких основных сборочных единиц состоит дробилка ДТК-78?
8. Почему замораживание кормов на зверофермах является неизбежной операцией?
9. Назовите особенности измельчения замороженных кормов.

Зоотехнические требования

К грубым кормам относятся: сено, солома, мякина, тростник, стебли кукурузы, шелуха семян ряда культур и др.

Грубые корма — необходимый компонент рационов для крупного рогатого скота, овец, лошадей. В небольших дозах грубые корма задают также свиньям и птице. Они содержат большое количество труднопереваримой клетчатки (до 40%), вследствие чего без предварительной подготовки плохо поедаются животными. Для повышения поедаемости их подвергают механической тепловой обработке. Биологические и химические способы обработки грубых кормов позволяют повысить не только поедаемость, но также переваримость и питательность.

Сено хорошего качества, отвечающее требованиям стандарта (ГОСТ 4808—15), коровам и овцам можно скармливать без подготовки, но условия механизации раздачи кормов требуют его измельчения.

Солома, сено низкого качества и другие грубые корма подвергают измельчению с целью повышения поедаемости и создания условий, необходимых для осуществления последующих технологических операций.

При измельчении соломы и сена размер резки должен быть для крупного рогатого скота 40...50 мм, лошадей — 30...40 мм, овец — 20...30 мм. Более мелкую резку (6...10 мм) готовят, если в дальнейшем ее смешивают с сочными кормами.

При измельчении грубостебельных кормов (полюнь и др.) для каракульских овец длина частиц должна быть 3...9 мм.

При производстве травяной муки для свиней и птицы высушенную траву подвергают измельчению до размеров частиц менее 1 мм.

С целью повышения эффективности использования питательных веществ грубых кормов соломенную или сennую резку смешивают с другими видами кормов (корнеплоды, силос, концентраты, кормовые дрожжи и др.).

К сочным кормам относят корнеплоды, картофель, зеленый корм, силос, плоды бахчевых культур, свежую капусту, водоросли.

Корнеплоды и картофель подвергают мойке, резке и смешиванию. Корнеплоды рекомендуется скармливать коровам в цельном виде (кроме мелких), а свиньям и птице — в измельченном. Толщина резки корнеплодов при скармливании крупному рогатому скоту должна быть 10...15 мм, телятам — 5...10, свиньям — 5...10, птице — 3...4 мм.

Картофель скармливают крупному рогатому скоту сырым в измельченном виде, а свиньям — вареным в виде смеси с концентратами и травяной мукой. Вареный картофель перед скармливанием мнут на картофелемялке. Размеры неразрушенных частиц не должны превышать 10 мм, и число таких частиц допускается не более 5% от общей массы.

Все корнеклубнеплоды требуется готовить непосредственно перед скармливанием (не ранее чем за 2 часа) во избежание порчи.

При приготовлении комбинированного силоса для свиней и птицы корнеплоды и картофель силосуют в смеси с измельченными зелеными кормами и травяной мукой. При этом картофель, как правило, предварительно варят и мнут. Если же его силосуют в сыром виде, то измельчают на частицы толщиной не более 5...7 мм. Для скармливания пороссятам корнеплоды и силос измельчают наиболее тонко, до получения пасты.

Физико-механические свойства грубых и сочных кормов

К числу важнейших физико-механических свойств кормов относятся их плотность, коэффициенты трения при различных условиях, крупность частиц и др.

Плотность стебельных кормов и корнеклубнеплодов зависит от их влажности, ботанического состава кормосмеси, вида кормовой культуры и крупности частиц.

Характеристика физико-механических свойств кормов приведена в таблице 5.1.

5.1. Физико-механические свойства стеблей и измельченной массы силосуемых культур (по данным Н. Е. Резника)

Корм	Диаметр стеблей на высоте среза, мм		Высота стеблей, м		Удельная работа резания, Дж/м ² ·10 ³		Плотность измельченной зеленой массы, кг/м ³		Угол естественного откоса неуплотненной массы, град
	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	
Толстостебельные	15	50	1,0	5,0	5,9	23,6	350	475	55
Тонкостебельные	5	15	0,5	3,0	5,9	23,6	300	350	55
Травы	2	5	0,3	0,8	3,9	21,6	300	400	50

Зоотехнические требования

К грубым кормам относятся: сено, солома, мякина, тростник, стебли кукурузы, шелуха семян ряда культур и др.

Грубые корма — необходимый компонент рационов для крупного рогатого скота, овец, лошадей. В небольших дозах грубые корма задают также свиньям и птице. Они содержат большое количество труднопереваримой клетчатки (до 40%), вследствие чего без предварительной подготовки плохо поедаются животными. Для повышения поедаемости их подвергают механической тепловой обработке. Биологические и химические способы обработки грубых кормов позволяют повысить не только поедаемость, но также переваримость и питательность.

Сено хорошего качества, отвечающее требованиям стандарта (ГОСТ 4808—15), коровам и овцам можно скармливать без подготовки, но условия механизации раздачи кормов требуют его измельчения.

Солома, сено низкого качества и другие грубые корма подвергают измельчению с целью повышения поедаемости и создания условий, необходимых для осуществления последующих технологических операций.

При измельчении соломы и сена размер резки должен быть для крупного рогатого скота 40...50 мм, лошадей — 30...40 мм, овец — 20...30 мм. Более мелкую резку (6...10 мм) готовят, если в дальнейшем ее смешивают с сочными кормами.

При измельчении грубостебельных кормов (полынь и др.) для каракульских овец длина частиц должна быть 3...9 мм.

При производстве травяной муки для свиней и птицы высушенную траву подвергают измельчению до размеров частиц менее 1 мм.

С целью повышения эффективности использования питательных веществ грубых кормов соломенную или сенную резку смешивают с другими видами кормов (корнеплоды, силос, концентраты, кормовые дрожжи и др.).

К сочным кормам относят корнеплоды, картофель, зеленый корм, силос, плоды бахчевых культур, свежую капусту, водоросли.

Корнеплоды и картофель подвергают мойке, резке и смешиванию. Корнеплоды рекомендуется скармливать коровам в цельном виде (кроме мелких), а свиньям и птице — в измельченном. Толщина резки корнеплодов при скармливании крупному рогатому скоту должна быть 10...15 мм, телятам — 5...10, свиньям — 5...10, птице — 3...4 мм.

Картофель скармливают крупному рогатому скоту сырым в измельченном виде, а свиньям — вареным в виде смеси с концентратами и травяной мукой. Вареный картофель перед скармливанием мнут на картофелемялке. Размеры неразрушенных частиц не должны превышать 10 мм, и число таких частиц допускается не более 5% от общей массы.

Все корнеклубнеплоды требуется готовить непосредственно перед скармливанием (не ранее чем за 2 часа) во избежание порчи.

При приготовлении комбинированного силоса для свиней и птицы корнеплоды и картофель силосуют в смеси с измельченными зелеными кормами и травяной мукой. При этом картофель, как правило, предварительно варят и мнут. Если же его силосуют в сыром виде, то измельчают на частицы толщиной не более 5...7 мм. Для скармливания пороссятам корнеплоды и силос измельчают наиболее тонко, до получения пасты.

Физико-механические свойства грубых и сочных кормов

К числу важнейших физико-механических свойств кормов относятся их плотность, коэффициенты трения при различных условиях, крупность частиц и др.

Плотность стебельных кормов и корнеклубнеплодов зависит от их влажности, ботанического состава кормосмеси, вида кормовой культуры и крупности частиц.

Характеристика физико-механических свойств кормов приведена в таблице 5.1.

5.1. Физико-механические свойства стеблей и измельченной массы силосуемых культур (по данным Н. Е. Резника)

Корм	Диаметр стеблей на высоте среза, мм		Высота стеблей, м		Удельная работа резания, Дж/м ² ·10 ³		Плотность измельченной зеленой массы, кг/м ³		Угол естественного откоса неуплотненной массы, град
	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	
Толстостебельные	15	50	1,0	5,0	5,9	23,6	350	475	55
Тонкостебельные	5	15	0,5	3,0	5,9	23,6	300	350	55
Травы	2	5	0,3	0,8	3,9	21,6	300	400	50

Коэффициенты трения частиц корма одна о другую (внутреннее трение) и о различные поверхности машин и оборудования (внешнее трение) в момент начала движения корма (статический f_c) и при установившемся движении (динамический f_d) определяют по формуле

$$f_c = \frac{F_c}{P}; f_d = \frac{F_d}{P}, \quad (5.1)$$

где f_c и f_d — соответственно статический и динамический коэффициенты трения; F_c и F_d — сила тяги, необходимая для срагивания навески корма в начальный момент движения корма (F_c) и при установившемся (F_d) движении, Н; P — сила нормального давления на корм, Н.

В. Ф. Некрашевичем проведены исследования физико-механических свойств полнорационного соломистого корма и установлены значения коэффициентов трения при различных условиях и соотношениях компонентов (таблица 5.2).

5.2. Значения коэффициентов трения частиц кормовой смеси на основе соломы (по проф. В. Ф. Некрашевичу)

Условия определения коэффициентов трения	Внутренние динамические (при трогании с места)	Внутренние статические (при движении)	Внешние (по стали) статические	Внешние (по стали) динамические
Влажность, %				
$W_1 = 7$	0,44	0,32	0,18	0,03
$W_2 = 11$	0,49	0,29	0,20	0,04
$W_3 = 15$	0,60	0,32	0,24	0,05
$W_4 = 19$	0,79	0,36	0,31	0,06
Температура, К				
$T_1 = 310$	0,50	0,40	0,26	0,16
$T_2 = 330$	0,44	0,36	0,22	0,12
$T_3 = 350$	0,40	0,32	0,19	0,09
Нормальное давление, Па				
$P_1 = 490$	0,82	0,67	0,42	0,19
$P_2 = 1470$	0,56	0,50	0,32	0,12
$P_3 = 1960$	0,49	0,42	0,27	0,10

Значения коэффициентов трения получены на кормовой смеси, состоящей из измельченной пшеничной и ячменной соломы (60 %), травяной муки (10 %), дерти и других добавок (30 %), при нормальном давлении 1960 Па и при скорости относительного перемещения 0,2 м/с.

Крупность частиц измельченного длинностебельного корма характеризует их длину. По длине частиц оценивают степень измельчения, которая учитывается в зоотехнических требованиях на обработку кормов. Для определения гранулометрического состава используют метод ситового отсева.

Разделение частиц по длине для различных измельчающих машин приведено в таблице 5.3.

5.3. Значения частных выходов измельченных частиц по данным фракционирования (по В. А. Сысуеву)

Класс измельченных частиц, м	ИГК-30 P _i , %	ИГК-30Б P _i , %	ИС-50 P _i , %
0...0,01	14,6	17,0	6,7
0,01...0,02	51,5	51,6	32,1
0,02...0,03	17,5	14,7	44,5
0,03...0,04	9,6	10,4	11,6
0,04...0,05	4,0	4,3	3,4
Более 0,05	2,6	1,8	1,6

**Технологические операции
и поточные линии**

Обработку грубых кормов проводят по одной из следующих схем: 1) измельчение — дозирование — смешивание; 2) измельчение — запаривание — дозирование — смешивание; 3) измельчение — биологическая (биохимическая) или химическая обработка — дозирование — смешивание; 4) сушка — измельчение в муку — дозирование — смешивание; 5) сушка — измельчение в муку — гранулирование.

Большое производственное значение имеет обработка соломы, а процесс измельчения является одним из самых распространенных приемов ее обработки. При скормливании коровам неизмельченной соломы потери составляют 20...30 %, а поедаемость в сутки — не более 2...3 кг. Измельченная солома поедается животными полностью, и ее суточное скормливание может быть доведено до 5 кг. Солому измельчают машинами с ножевыми (РСС-6Б, «Волгарь-5»), молотковыми (ИРТ-165) и шрифтовыми (ИГК-30Б) рабочими органами.

Обработку стебельных зеленых кормов ведут по одной из следующих схем: 1) измельчение — дозирование — смешивание; 2) грубое измельчение — сушка — тонкое измельчение в муку; 3) грубое измельчение — сушка — тонкое измельчение — гранулирование; 4) грубое измельчение — сушка — дозирование — смешивание — брикетирование (с целью получения полнорационных брикетов).

При обработке корнеклубнеплодов применяют следующие схемы: 1) мойка; 2) мойка — измельчение; 3) мойка — измельчение — дозирование — смешивание; 4) мойка — запаривание (варка) — разминание — дозирование — смешивание. Первые две схемы характерны для кормоцехов на фермах крупного рогатого скота, если картофель скормливают без запаривания. По третьей и четвертой схемам обрабатывают картофель, преимущественно на фермах.

Приведенные технологические схемы приготовления грубых и сочных кормов — наиболее распространенные, но они не исчер-

Коэффициенты трения частиц корма одна о другую (внутреннее трение) и о различные поверхности машин и оборудования (внешнее трение) в момент начала движения корма (статический f_c) и при установившемся движении (динамический f_d) определяют по формуле

$$f_c = \frac{F_c}{P}; f_d = \frac{F_d}{P}, \quad (5.1)$$

где f_c и f_d — соответственно статический и динамический коэффициенты трения; F_c и F_d — сила тяги, необходимая для срагивания навески корма в начальный момент движения корма (F_c) и при установившемся (F_d) движении; N ; P — сила нормального давления на корм, N .

В. Ф. Некрашевичем проведены исследования физико-механических свойств полнорационного соломистого корма и установлены значения коэффициентов трения при различных условиях и соотношениях компонентов (таблица 5.2).

5.2. Значения коэффициентов трения частиц кормовой смеси на основе соломы (по проф. В. Ф. Некрашевичу)

Условия определения коэффициентов трения	Внутренние динамические (при трогании с места)	Внутренние статические (при движении)	Внешние (по стали) статические	Внешние (по стали) динамические
Влажность, %				
$W_1 = 7$	0,44	0,32	0,18	0,03
$W_2 = 11$	0,49	0,29	0,20	0,04
$W_3 = 15$	0,60	0,32	0,24	0,05
$W_4 = 19$	0,79	0,36	0,31	0,06
Температура, К				
$T_1 = 310$	0,50	0,40	0,26	0,16
$T_2 = 330$	0,44	0,36	0,22	0,12
$T_3 = 350$	0,40	0,32	0,19	0,09
Нормальное давление, Па				
$P_1 = 490$	0,82	0,67	0,42	0,19
$P_2 = 1470$	0,56	0,50	0,32	0,12
$P_3 = 1960$	0,49	0,42	0,27	0,10

Значения коэффициентов трения получены на кормовой смеси, состоящей из измельченной пшеничной и ячменной соломы (60 %), травяной муки (10 %), дерти и других добавок (30 %) при нормальном давлении 1960 Па и при скорости относительного перемещения 0,2 м/с.

Крупность частиц измельченного длинностебельного корма характеризует их длину. По длине частиц оценивают степень измельчения, которая учитывается в зоотехнических требованиях на обработку кормов. Для определения гранулометрического состава используют метод ситового отсева.

Разделение частиц по длине для различных измельчающих машин приведено в таблице 5.3.

5.3. Значения частных выходов измельченных частиц по данным фракционирования (по В. А. Сысуеву)

Класс измельченных частиц, м	ИГК-30 P, %	ИГК-30Б P, %	ИС-50 P, %
0...0,01	14,6	17,0	6,7
0,01...0,02	51,5	51,6	32,1
0,02...0,03	17,5	14,7	44,5
0,03...0,04	9,6	10,4	11,6
0,04...0,05	4,0	4,3	3,4
Более 0,05	2,6	1,8	1,6

**Технологические операции
и поточные линии**

Обработку грубых кормов проводят по одной из следующих схем: 1) измельчение — дозирование — смешивание; 2) измельчение — запаривание — дозирование — смешивание; 3) измельчение — биологическая (биохимическая) или химическая обработка — дозирование — смешивание; 4) сушка — измельчение в муку — дозирование — смешивание; 5) сушка — измельчение в муку — гранулирование.

Большое производственное значение имеет обработка соломы, а процесс измельчения является одним из самых распространенных приемов ее обработки. При скармливании коровам неизмельченной соломы потери составляют 20...30 %, а поедаемость в сутки — не более 2...3 кг. Измельченная солома поедается животными полностью, и ее суточное скармливание может быть доведено до 5 кг. Солому измельчают машинами с ножевыми (РСС-6Б, «Волгарь-5»), молотковыми (ИРТ-165) и шрифтовыми (ИГК-30Б) рабочими органами.

Обработку стебельных зеленых кормов ведут по одной из следующих схем: 1) измельчение — дозирование — смешивание; 2) грубое измельчение — сушка — тонкое измельчение в муку; 3) грубое измельчение — сушка — тонкое измельчение — гранулирование; 4) грубое измельчение — сушка — дозирование — смешивание — брикетирование (с целью получения полнорационных брикетов).

При обработке корнеклубнеплодов применяют следующие схемы: 1) мойка; 2) мойка — измельчение; 3) мойка — измельчение — дозирование — смешивание; 4) мойка — запаривание (варка) — разминание — дозирование — смешивание. Первые две схемы характерны для кормоцехов на фермах крупного рогатого скота, если картофель скармливают без запаривания. По третьей и четвертой схемам обрабатывают картофель, преимущественно на фермах.

Приведенные технологические схемы приготовления грубых и сочных кормов — наиболее распространенные, но они не исчер-

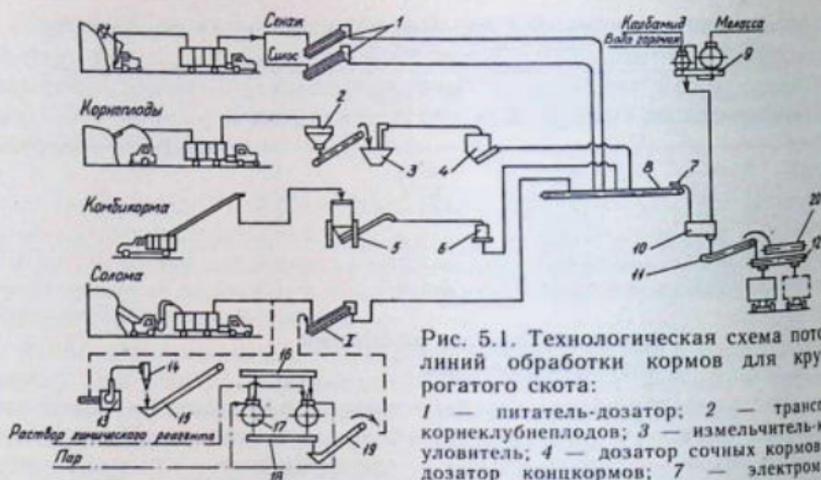


Рис. 5.1. Технологическая схема поточных линий обработки кормов для крупного рогатого скота:

1 — питатель-дозатор; 2 — транспортер; 3 — измельчитель-каменный уловитель; 4 — дозатор сочных кормов; 6 — дозатор концентрированных кормов; 7 — электромагнит; 8 — транспортер; 9 — смеситель мелассы; 10 — смеситель кормов; 11 — транспортер; 12 — распределительный шнек; 13 — измельчитель грубых кормов; 14 — циклон-разгрузчик; 15 — транспортер; 16 — загрузочный шнек; 17 — смеситель-запарник; 18 — выгрузный шнек; 19 — транспортер; 20 — датчик кормов.

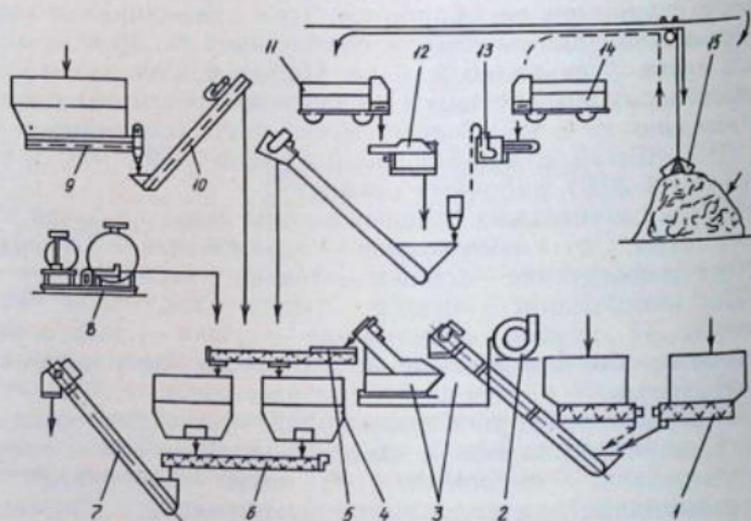


Рис. 5.2. Технологическая схема кормоцеха (ТП 801-323):

1 — питатель корнеплодов ТК-5Б; 2 — насос для удаления грязной воды из мойки 3Ф; 3 — измельчитель ИКС-5М; 4 — смеситель С-12; 5 — загрузочный шнек ШЗС-40М; 6 — выгрузный шнек ШВС-40М; 7 — выгрузный конвейер ТС-40М; 8 — смеситель мелассы СМ-1,7; 9 — бункер-накопитель концентрированных кормов ПК-6Б; 10 — конвейер ТС-40С; 11 и 14 — керамические дозаторы КТУ-10А; 12 — измельчитель «Волгарь-5»; 13 — измельчитель ИГК-5; 15 — погрузчик УМГ-5.

пывают всего многообразия применяемых технологий. Так, в свиноводстве при откорме на пищевых отходах готовят жидкие текучие корма, и среди операций по подготовке их к скармливанию наиболее важное значение имеют стерилизация и варка.

Названные технологические операции выполняют с помощью машин и оборудования, объединенных в поточные технологические линии. Поточные линии обработки грубых и сочных кормов составляют основу кормоцехов для крупного рогатого скота. В качестве примера рассмотрим структурные схемы таких линий, работающих в составе кормоцехов.

Поточная линия грубых кормов кормоцеха для КРС (рис. 5.1) включает погрузчик-измельчитель ФН-1,4 и ПСК-5, транспортное средство, питатель-дозатор ПЗМ-1,5, измельчитель ИГК-30Б, циклон массы, транспортеры загрузки, смесители-запарники кормов, транспортер сборки компонентов, смеситель кормов, транспортеры выгрузки готовой смеси.

Согласно технологическому процессу, солома, размещенная в месте хранения, загружается в транспортное средство с одновременным ее измельчением. В схеме предусмотрены два варианта обработки соломы. По первому варианту солома направляется на дополнительное измельчение и далее в запарники-смесители, где она смачивается раствором химического реагента (кальцинированная сода, раствор щелочи). Пройдя термохимическую обработку, солома транспортерами загружается в питатель-дозатор и далее сборным транспортером — в смеситель кормов. После смешивания ее с другими компонентами смесь поступает в кормушки животным. Второй вариант предусматривает только одностадийное измельчение соломы. В этом случае измельчается только погрузчиком-измельчителем и направляется в питатель-дозатор, откуда она поступает по системе транспортеров в смеситель и далее в виде кормосмеси — животным.

Линия обработки корнеклубнеплодов представляет собой набор машин, состоящий из погрузчика корнеплодов, транспортного средства, транспортера ТК-5, измельчителя ИКМ-5, дозатора измельченных корнеплодов ДС-15 и оборудования линии смешивания. Корнеклубнеплоды в хранилище загружают в самосвальную тракторную тележку, которая доставляет их в приемный бункер транспортера ТК-5Б. Из бункера ТК-5М корнеплоды поступают в мойку-измельчитель ИКМ-5, а после измельчения корнеплоды дозатором выдаются на транспортер сборки компонентов, который загружает их в смеситель.

Линия обработки грубых и сочных кормов кормоцеха молочно-товарной фермы на 800...1200 коров (типовой проект 801-323, рис. 5.2) по функциональной схеме несколько отличается от предыдущей. Здесь грубые корма грейферным погрузчиком УМГ-5 загружают в бункеры-дозаторы, которые обеспечивают работу

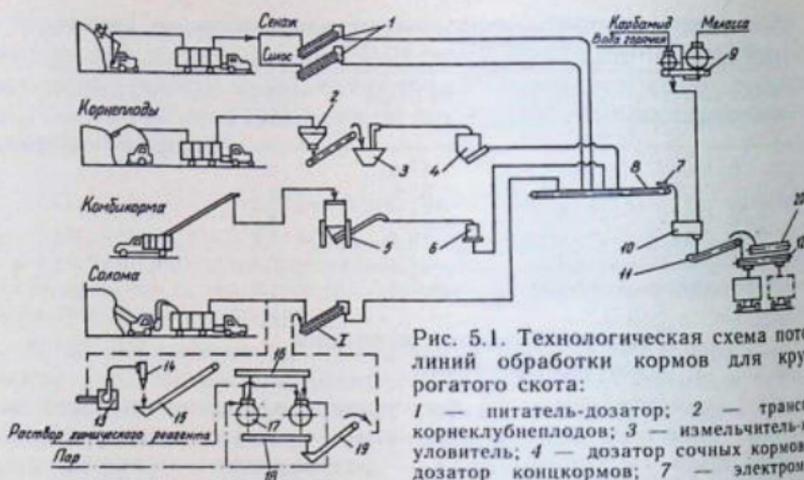


Рис. 5.1. Технологическая схема поточной линии обработки кормов для крупного рогатого скота:

1 — питатель-дозатор; 2 — транспортер корнеклубнеплодов; 3 — измельчитель-калыватель; 4 — дозатор сочных кормов; 5 — дозатор концентратов; 6 — дозатор соломы; 7 — электромагнит; 8 — транспортер; 9 — смеситель мелассы; 10 — смеситель кормов; 11 — транспортер; 12 — распределительный шнек; 13 — измельчитель грубых кормов; 14 — циклон разгрузочный; 15 — транспортер; 16 — загрузочный шнек; 17 — смеситель-запарник; 18 — выгрузочный шнек; 19 — транспортер; 20 — датчик кормов.

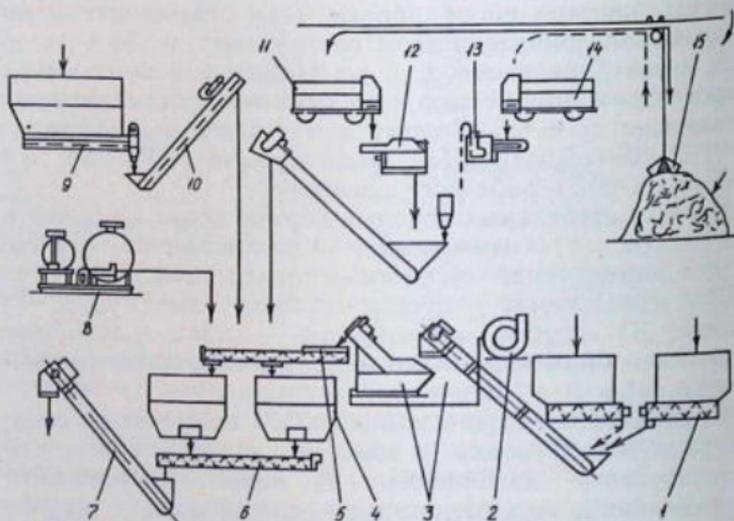


Рис. 5.2. Технологическая схема кормоцеха (ТП 801-323):

1 — питатель корнеплодов ТК-5Б; 2 — насос для удаления грязной воды из мойки 3Ф; 3 — измельчитель ИКС-5М; 4 — смеситель С-12; 5 — загрузочный шнек ШЗС-40М; 6 — выгрузочный шнек ШВС-40М; 7 — выгрузочный конвейер ТС-40М; 8 — смеситель мела-СМ-1,7; 9 — бункер-накопитель концентратов ПК-6Б; 10 — конвейер ТС-40С; 11 и 14 — бункера-дозаторы КТУ-10А; 12 — измельчитель «Волгарь-5»; 13 — измельчитель ИГК-5; 15 — погрузчик УМГ-5.

пьявают всего многообразия применяемых технологий. Так, в свиноводстве при откорме на пищевых отходах готовят жидкие текучие корма, и среди операций по подготовке их к скармливанию наиболее важное значение имеют стерилизация и варка.

Названные технологические операции выполняют с помощью машин и оборудования, объединенных в поточные технологические линии. Поточные линии обработки грубых и сочных кормов составляют основу кормоцехов для крупного рогатого скота. В качестве примера рассмотрим структурные схемы таких линий, работающих в составе кормоцехов.

Поточная линия грубых кормов кормоцеха для КРС (рис. 5.1) включает погрузчик-измельчитель ФН-1,4 и ПСК-5, транспортное средство, питатель-дозатор ПЗМ-1,5, измельчитель ИГК-30Б, циклон массы, транспортеры загрузки, смесители-запарники кормов, транспортер сборки компонентов, смеситель кормов, транспортеры выгрузки готовой смеси.

Согласно технологическому процессу, солома, размещенная в месте хранения, загружается в транспортное средство с одновременным ее измельчением. В схеме предусмотрены два варианта обработки соломы. По первому варианту солома направляется на дополнительное измельчение и далее в запарники-смесители, где она смачивается раствором химического реагента (кальцинированная сода, раствор щелочи). Пройдя термохимическую обработку, солома транспортерами загружается в питатель-дозатор и далее сборным транспортером — в смеситель кормов. После смешивания ее с другими компонентами смесь поступает в кормушки животным. Второй вариант предусматривает только одностадийное измельчение соломы. В этом случае измельчается только погрузчиком-измельчителем и направляется в питатель-дозатор, откуда она поступает по системе транспортеров в смеситель и далее в виде кормосмеси — животным.

Линия обработки корнеклубнеплодов представляет собой набор машин, состоящий из погрузчика корнеплодов, транспортного средства, транспортера ТК-5, измельчителя ИКМ-5, дозатора измельченных корнеплодов ДС-15 и оборудования линии смешивания. Корнеклубнеплоды в хранилище загружают в самосвальную тракторную тележку, которая доставляет их в приемный бункер транспортера ТК-5Б. Из бункера ТК-5М корнеплоды поступают в мойку-измельчитель ИКМ-5, а после измельчения корнеплоды дозатором выдаются на транспортер сборки компонентов, который загружает их в смеситель.

Линия обработки грубых и сочных кормов кормоцеха молочно-товарной фермы на 800...1200 коров (типовой проект 801-323, рис. 5.2) по функциональной схеме несколько отличается от предыдущей. Здесь грубые корма грейферным погрузчиком УМГ-5 загружают в бункеры-дозаторы, которые обеспечивают работу

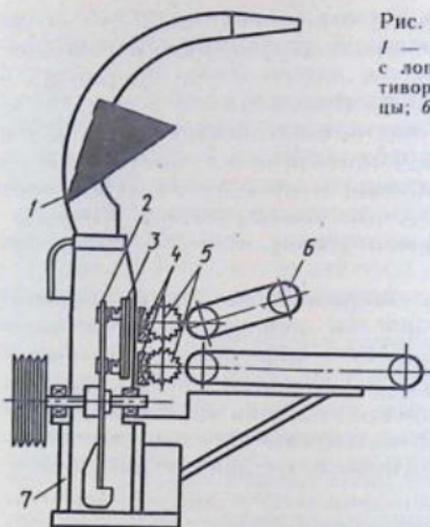


Рис. 5.3. Схема соломосилосорезки РСС-65-1
 1 — поворотный дефлектор; 2 — режущий диск с лопастями; 3 — ножи; 4 — гребенки с противорежущей пластиной; 5 — прессующие валцы; 6 — транспортеры питателя; 7 — рама.

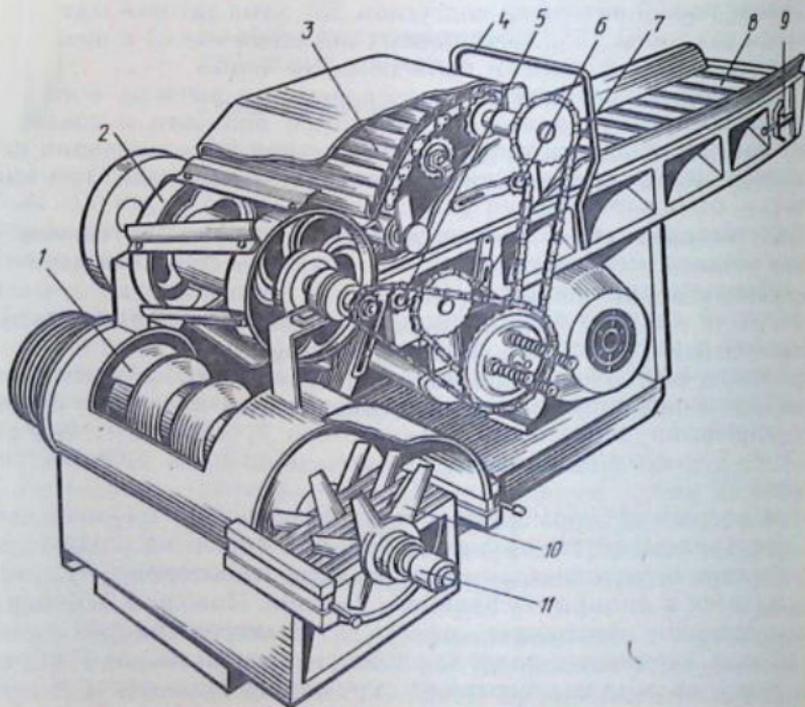


Рис. 5.4. Измельчитель корыто «Волгарь-5А»:

1 — шнек; 2 — аппарат первичного резания; 3 — уплотняющий транспортер; 4 — скоба управления; 5, 6, 7 — натяжные звездочки; 8 — подающий транспортер; 9 — катанное устройство подающего транспортера; 10 — аппарат вторичного резания; 11 — автомат отключения

На барабане установлено 6 ножей с углом заточки $35^{\circ}40'$ и углом подъема винтовой линии 70° . Угол заточки противорежущей пластины 75° . Зазор между лезвием ножей и противорежущей пластиной устанавливают в пределах $0,5 \dots 1$ мм.

Измельченный режущим барабаном корм падает на шнек 1 и направляется им в аппарат вторичного резания, состоящий из 9 подвижных и 9 неподвижных ножей. Этот аппарат измельчает корм до фракции размером $2 \dots 10$ мм. Готовый корм выбрасывается через нижнее окно в корпусе измельчителя на транспортер, расположенный в приемке.

Аппарат вторичного резания устроен следующим образом. В желобе по всей ширине корпуса измельчителя расположен шнек диаметром 440 мм, имеющий на концах консольные валы. На консольный вал со шпоночной канавкой со стороны выхода продукта надета втулка с шлицевой наружной поверхностью. На шлицованную часть этой втулки надеты чередующиеся подвижные (со шлицами) и неподвижные (без шлиц) ножи. Последние своими наружными концами закреплены на неподвижных планках на корпусе.

Таким образом, многоножевой дисковый режущий аппарат щелевого типа осуществляет двухпорное резание ножами с П-образной режущей кромкой и углами заточки, равными 90° . Этот аппарат более энергоемкий по сравнению с соломосилосорезкой, но он позволяет получить тонкое измельчение и более равномерный гранулометрический состав частиц.

«Волгарь-5А» может работать по трем технологическим схемам — измельчение корма для крупного рогатого скота, для свиней и для птицы. При измельчении грубых и сочных кормов для крупного рогатого скота в работу включают только аппарат первичного резания. Необходимую крупность частиц для свиней и птицы достигают путем изменения угла установки лезвия первого подвижного ножа аппарата вторичного резания относительно конца витка шнека. При измельчении корма для птицы этот угол должен быть 9° (по направлению вращения ножей), а для свиней — 54° (против направления вращения). Все последующие ножи располагают по спирали через 72° против направления вращения ножей.

Измельчители стебельных кормов и особенности их рабочего процесса

Измельчители представляют собой большую группу машин с различными принципами действия измельчающих аппаратов и служат для переработки грубых и сочных кормов в состояние, удобное для дальнейшего их использования. Основные из них: ИГК-30Б; ИРТ-80; ИРТ-165; ИСК-3; ИКМ-5 и др.

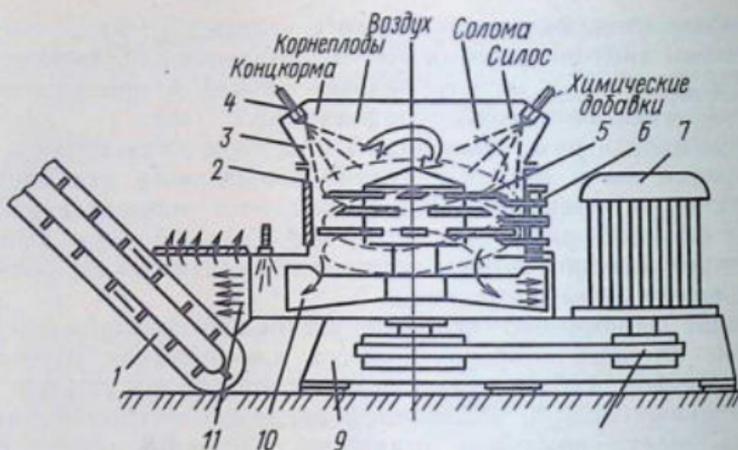


Рис. 5.5. Схема измельчителя-смесителя кормов ИСК-3:

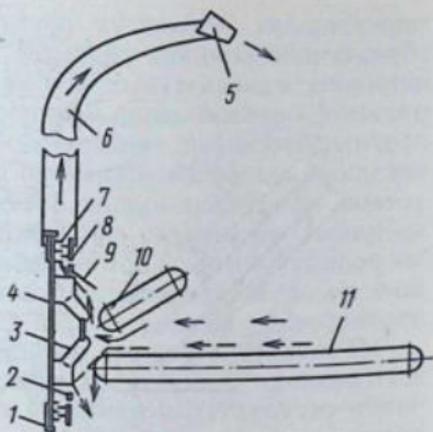
1 — выгрузной транспортер; 2 — рабочая камера; 3 — приемная камера; 4 — форсушка; 5 — ротор с ножами; 6 — противорезущие ножи; 7 — электродвигатель; 8 — клиноременная передача; 9 — рама; 10 — швырляка; 11 — выгрузная горловина.

Измельчитель — смеситель кормов ИСК-3 (рис. 5.5) предназначен для измельчения грубых кормов любой влажности, доизмельчения других компонентов и их смешивания при приготовлении полноценных смесей.

Измельчитель ИСК-3 работает так. Корма, подаваемые в приемный бункер 3 под действием всасывающего эффекта, который создается швырлякой 10, попадают в рабочую камеру 2. Здесь корм под действием центробежных сил вращения распределяется вдоль стенок камеры, измельчается ножами верхнего яруса ротора 5 и ножами противорезов 6, смешивается и по спирали опускается, попадая под действие ножей и противорезов нижних ярусов. Компоненты корма под действием рабочих органов ротора и ножей противорезов интенсивно доизмельчаются и перемешиваются, превращаясь в однородную смесь. В конце процесса кормосмесь опускается в выгрузную камеру и швырлякой 10 выбрасывается на выгрузной транспортер. При попадании в рабочую камеру твердых предметов собранные в пакеты и подпружиненные противорезущие ножи поворачиваются и предметы проходят в выгрузную камеру. После этого ножи автоматически вновь занимают свое рабочее положение. Измельчитель-смеситель кормов комплектуют шестью пакетами сменных рабочих ножей и противорезов. Привод ротора 5 осуществляется электродвигателем 7 мощностью 30 кВт через клиноременную передачу 8. Производительность измельчителя-смесителя ИСК-3 составляет 4...5 т при измельчении соломы влажностью 20...40% при смешивании производительность увеличивается до 20 т/ч.

Рис. 5.6. Схема измельчителя грубых кормов ИГК-30Б:

1 — лопатки; 2 — отражатель; 3 — лопасти ротора; 4 — подвижный диск; 5 — регулируемый козырек; 6 — поворотный дефлектор; 7 — штифты; 8 — неподвижный диск; 9 — приемная камера; 10, 11 — горизонтальный и наклонный уплотняющие транспортеры.



Измельчитель грубых кормов ИГК-30Б (рис. 5.6)

является модернизированной моделью измельчителя ИГК-30 и по сравнению с последним имеет большую производительность, измельчает солому повышенной влажности (до 30%) и обеспечивает более высокое качество измельчения. Измельчитель может применяться в поточных линиях кормоцехов.

Машина состоит из рамы, питающего транспортера, измельчающего аппарата, поворотного дефлектора и электродвигателя мощностью 30 кВт.

Питатель состоит из горизонтального 11 и наклонного уплотняющего 10 транспортеров, обеспечивающих механизацию загрузки корма в машину. Измельчающий аппарат — штифтового типа. Штифты в поперечном сечении имеют клиновидную форму и установлены заостренной гранью вперед по ходу движения, что позволяет осуществлять более интенсивное рубящее действие.

Измельчитель ИГК-Ф-4 служит для измельчения грубых кормов и зерна кукурузы в технологических линиях кормоцехов. Выпускается в двух исполнениях: ИГК-Ф-4 с приводом от электродвигателя и механизированной загрузкой питателями-дозаторами типа ПЗМ-1,5М или БДК-Ф-70 и ИГК-Ф-4-1 с ручной загрузкой и приводом от электродвигателя.

В состав измельчителя входят: питатель, приемная камера, измельчающая камера, поперечный конвейер для выноса тяжелых включений из соломы, выгрузной поворотный дефлектор, электродвигатели привода и шкаф управления. Выгрузной дефлектор и штифтовый измельчающий аппарат ИГК-Ф-4 унифицированы с ИГК-30Б.

Измельчитель ИРМА-15 служит для переработки грубых и сочных кормов, а также приготовления их смесей. Состоит из рамы, измельчающей камеры с барабанами, питателя, дефлектора. Измельчающий аппарат комплектуется двумя горизонтально расположенными барабанами, на дисках которых шарнирно подвешены молотки. На рабочих поверхностях молотков и на про-

фракций (20...50 мм) и под действием центробежных сил и воздушного потока выгружается по дефлектору на кормовую площадку или транспортное средство высотой до 3,5 м.

Подачу кормов регулируют изменением скорости вращения бункера и перестановкой в нем лопастей. Частоту вращения бункера изменяют гидродросселем; при ее увеличении производительность измельчителя растет, при уменьшении — снижается. Если измельчается рассыпная и мелкая масса корма, то обе лопатки в бункере устанавливают широкой частью вниз; при измельчении длинностебельчатого материала (камыша) и рулонов одну лопасть крепят широкой частью вверх, другую вниз.

В зависимости от вида материала и его влажности регулируют зазор между противоштифтами деки и молотками, а также поток воздуха в дефлектор. Эту регулировку выполняют специальной заслонкой (шибером).

Производительность измельчителя при влажности исходного сырья 18 % составляет 4...6 т/ч, при влажности 40 % — 3...4 т/ч. Измельченная масса с длиной частиц от 0 до 50 мм составляет около 76 %, свыше 50 мм — 24 % от общей массы корма.

Стационарный вариант измельчителя ИРТ-Ф-80-1 отличается от прицепного наличием электропривода измельчающего аппарата и вращения бункера. Включение измельчителя в работу происходит в такой последовательности. Сначала включают электродвигатель привода ротора, затем электродвигатель привода бункера. Вращением штурвала вариатора регулируют частоту вращения бункера в зависимости от вида корма и его влажности и погрузчиком загружают корм в бункер. При перегрузке электродвигателя привода измельчителя срабатывает токовая защита и бункер останавливается.

Дробилка-измельчитель ИРТ-165-Ф (рис. 5.8) по назначению, устройству и рабочему процессу аналогична машине ИРТ-Ф-80. Отличается от последней повышенной производительностью и более мощным приводом. В качестве привода используют вал отбора мощности тракторов Т-150К, К-700А, К-701. При измельчении рассыпной соломы влажностью 15,6 % производительность дробилки составляет 6,8 т/ч, а соломы в тюках влажностью 24,6 % — до 11,3 т/ч. По данным С. В. Рыжова, производительность увеличивается на 12...14 %, если привод измельчителя осуществляется тракторами К-700А или К-701.

Дробилка-измельчитель ИРТ-165-02/04 — стационарного исполнения с приводом от электродвигателя мощностью 160 кВт. От базовой модели (ИРТ-165-01) этот измельчитель отличается наличием рамы под приводное устройство от электродвигателя, электрошкафа, мультипликатора с приводным валом, приводом вращения бункера с золотником, который управляется с панели

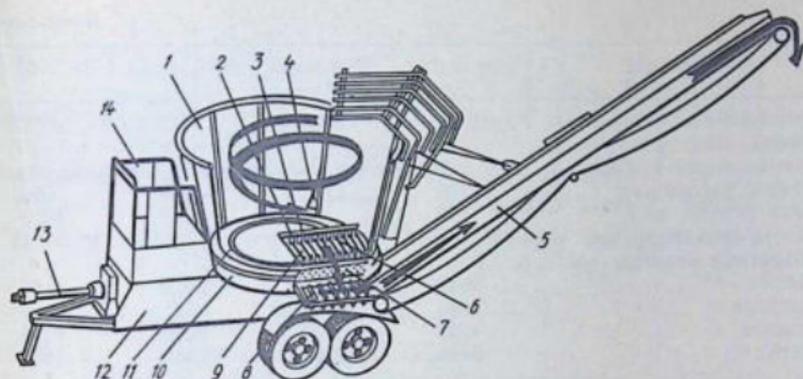


Рис. 5.8. Схема дробилки-измельчителя ИРТ-165-Ф:

1 — бункер; 2 — молотки измельчителя; 3 — отсекаль; 4 — дефлектор; 5 — наклонный транспортер; 6 — гребенка; 7 — решето; 8 — горизонтальный транспортер; 9 — ротор; 10 — направляющее ребро; 11 — днищи; 12 — рама; 13 — вал привода измельчителя; 14 — мостик для обслуживания.

электрошкафа оператором. Электросхема позволяет установке работать в автоматическом режиме.

Для измельчения сена, соломы и других грубых кормов, заготавливаемых в рулонах, тюках и в рассыпном виде влажностью до 4 %, служит дробилка-измельчитель ИРТ-165-03.

Основные технические характеристики измельчителей приведены в таблице 5.4.

5.4. Технические характеристики дробилок-измельчителей грубых кормов

Параметры	ИГК-30Б	ИГК-Ф-4	ИРМА-15	ИРМ-50
Производительность, т/ч:				
на рассыпной соломе	0,8...30	2...5	2,5...7,0	
на тюкованной соломе	—	—	—	
Установленная мощность привода, кВт	30	46,1	55...75	
Измельчающий аппарат	Штифтовый комбинированный молотковый			
Диаметр ротора, мм	1000	1000	630	800
Длина ротора, мм	82	82	800	1078
Частота вращения, мин ⁻¹	1124	1300±10	1300...1900	2000±5
Габаритные размеры, мм:				
длина	3325	3000	4345	3860
ширина	1350	2500	1640	1955
высота	3500	3400	1660	3850
Масса, кг	1320	1223	1625	2355

Продолжение

Параметры	ИРТ-Ф-80-1	ИРТ-Ф-80	ИРТ-165-01	ИРТ-165-03
Производительность, т/ч:				
на рассыпной соломе	6...7,7	3...8	0,6...7,0	7...9,2
на тюкованной соломе	4,2...6,2	4...7	3,1...11,3	5,0...9,2

Параметры	ИРТ-Ф-80-1	ИРТ-Ф-80	ИРТ-165-01	ИРТ-165-02
Установленная мощность привода, кВт	57,2	58,8	132	76...121
Измельчающий аппарат	Штифтовый комбинированный молотковый			
Диаметр ротора, мм	1318	1320	530	650
Длина ротора, мм	180	185	1020	1020
Частота вращения, мин ⁻¹	985±10	1000±8	2000±5	2000±10
Габаритные размеры, мм:				
длина	3635	4400	9670	4720
ширина	5100	5000	3025	7100
высота	4200	3450	3630	4250
Масса, кг	2445	1500	3250	4000

Глава III ТЕОРИЯ РЕЗАНИЯ ЛЕЗВИЕМ

Основы теории резания лезвием

Теорию резания лезвием разработал академик В. П. Горячкин, а дальнейшее развитие она получила в работах академика В. А. Желиговского, проф. Н. Е. Резника и др. советских ученых.

Процесс перерезания слоя стеблей лезвием состоит из двух этапов: предварительное уплотнение и непосредственно резание материала. Силу сжатия ножа, способную возбудить процесс резания, называют критической силой $P_{кр}$ и определяют из выражения (рис. 5.9, а)

$$P_{кр} = P_{рез} + T_1 + T_2 \cos \gamma, \quad (5.2)$$

где $P_{рез}$ — сопротивление резанию лезвием, Н; T_1 — сила трения, обусловленная действием бокового давления $P_{об.б.}$, возникающего при внедрении клина в перерезаемый слой ($T_1 = fP_{об.б.}$, где f — коэффициент трения), Н; T_2 — сила трения на фаске ножа, обусловленная давлением со стороны сдвигаемого материала ($T_2 = fN = fR \cos \varphi$), Н; γ — угол заточки, град.

Из трех составляющих критической силы наибольшее значение имеет сопротивление резанию, величину которого проф. Н. Е. Резник рекомендует определять по формуле

$$P_{рез} = \delta \Delta S \sigma_p, \quad (5.3)$$

где δ — толщина (острота) лезвия, м; ΔS — длина активной части лезвия, м; σ_p — нормальные (контактные) разрушающие напряжения, возникающие в перерезаемом слое, Па.

Различают три общих случая резания лезвием (рис. 5.6, б) в зависимости от угла скольжения ножа (τ), образованного между векторами нормальной силы, и перемещения ножа в любой точке лезвия.

1-й случай (нормальное резание, или «рубка»). Резание мате

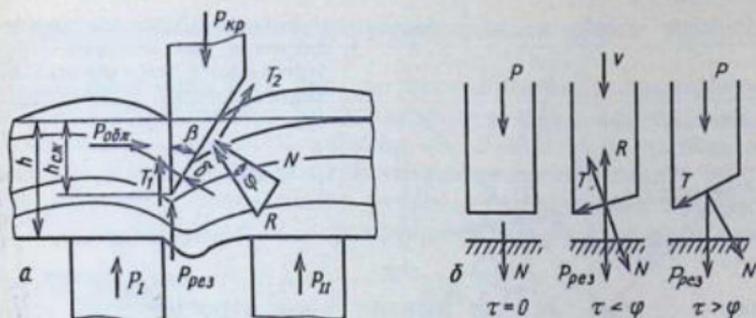


Рис. 5.9. Схема процесса резания лезвием:
 а — двухпорное резание; б — типичные случаи в зависимости от угла скольжения.

риала происходит только нормальной силой N без бокового перемещения ножа, угол скольжения $\tau = 0$.

2-й случай (наклонное резание). Кроме нормального давления, имеет место и боковая сила, но она не может вызвать скользящего движения частиц материала по лезвию, так как угол скольжения меньше угла трения, т. е. $0 < \tau < \varphi$. В этом случае резание производится нормальной силой, но с изменившимся углом заточки лезвия. Уменьшение нормальной нагрузки происходит вследствие уменьшения фактического угла заточки при перемещении косо поставленного клина.

3-й случай (скользящее резание). Угол скольжения больше угла трения ($\tau \geq \varphi$). Резание производится нормальным давлением с участием боковой силы, которая обуславливает скользящее движение частиц материала вдоль лезвия и обеспечивает эффект перепиливания.

Для рабочего процесса режущего аппарата соломосилосорезок существенное значение имеют следующие факторы: скольжение ножа; удельная линейная сила ножа; защемление материала; удельная работа резания; физико-механические свойства материала; рабочая скорость ножа, геометрические параметры ножа (конфигурация и острота лезвия, угол заточки, угол резания, шероховатость лезвия и др.); зазор в режущей паре.

Для выяснения механизма влияния этих факторов рассмотрим схему действия сил со стороны ножа на материал (рис. 5.10). Пусть лезвие ab вращается с постоянной угловой скоростью ω относительно оси O и перерезает материал, расположенный в горловине $ABDK$. По мере перемещения лезвия точка с приложения равнодействующей R сопротивлений будет перемещаться в направлении от a к b , а радиус-вектор r будет увеличиваться от r_{\min} до r_{\max} . Отсюда, даже при постоянной величине, равнодействующий момент сопротивления резанию будет увеличиваться

Параметры	ИРТ-Ф-80-1	ИРТ-Ф-80	ИРТ-165-01	ИРТ-165-02
Установленная мощность привода, кВт	57,2	58,8	132	76...121
Измельчающий аппарат	Штифтовый комбинированный молотковый			
Диаметр ротора, мм	1318	1320	530	650
Длина ротора, мм	180	185	1020	1020
Частота вращения, мин ⁻¹	985±10	1000±8	2000±5	2000±10
Габаритные размеры, мм:				
длина	3635	4400	9670	4720
ширина	5100	5000	3025	7100
высота	4200	3450	3630	4250
Масса, кг	2445	1500	3250	4000

Глава III

ТЕОРИЯ РЕЗАНИЯ ЛЕЗВИЕМ

Основы теории резания лезвием

Теорию резания лезвием разработал академик В. П. Горячкин, а дальнейшее развитие она получила в работах академика В. А. Желиговского, проф. Н. Е. Резника и др. советских ученых.

Процесс перерезания слоя стеблей лезвием состоит из двух этапов: предварительное уплотнение и непосредственно резание материала. Силу сжатия ножа, способную возбудить процесс резания, называют критической силой $P_{кр}$ и определяют из выражения (рис. 5.9, а)

$$P_{кр} = P_{рез} + T_1 + T_2 \cos \gamma, \quad (5.2)$$

где $P_{рез}$ — сопротивление резанию лезвием, Н; T_1 — сила трения, обусловленная действием бокового давления $P_{обж}$, возникающего при внедрении клина в перерезаемый слой ($T_1 = fP_{обж}$, где f — коэффициент трения), Н; T_2 — сила трения на фаске ножа, обусловленная давлением со стороны сдвигаемого материала ($T_2 = fN = fR \cos \phi$), Н; γ — угол заточки, град.

Из трех составляющих критической силы наибольшее значение имеет сопротивление резанию, величину которого проф. Н. Е. Резник рекомендует определять по формуле

$$P_{рез} = \delta \Delta S \sigma_p, \quad (5.3)$$

где δ — толщина (острота) лезвия, м; ΔS — длина активной части лезвия, м; σ_p — нормальные (контактные) разрушающие напряжения, возникающие в перерезаемом слое, Па.

Различают три общих случая резания лезвием (рис. 5.6, б) в зависимости от угла скольжения ножа (τ), образованного между векторами нормальной силы, и перемещения ножа в любой точке лезвия.

1-й случай (нормальное резание, или «рубка»). Резание мате

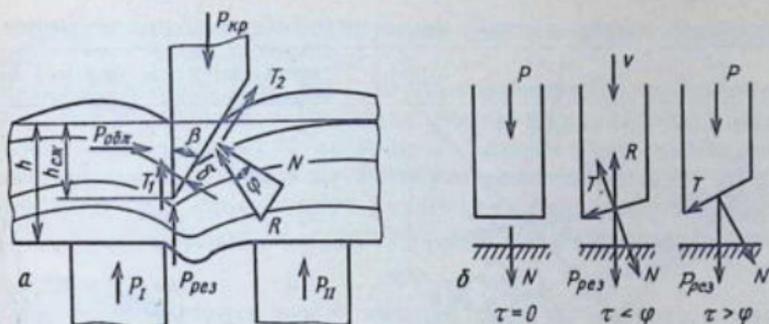


Рис. 5.9. Схема процесса резания лезвием:
 а — духопорное резание; б — типичные случаи в зависимости от угла скольжения.

риала происходит только нормальной силой N без бокового перемещения ножа, угол скольжения $\tau = 0$.

2-й случай (наклонное резание). Кроме нормального давления, имеет место и боковая сила, но она не может вызвать скользящего движения частиц материала по лезвию, так как угол скольжения меньше угла трения, т. е. $0 < \tau < \varphi$. В этом случае резание производится нормальной силой, но с изменившимся углом заточки лезвия. Уменьшение нормальной нагрузки происходит вследствие уменьшения фактического угла заточки при перемещении косо поставленного клина.

3-й случай (скользящее резание). Угол скольжения больше угла трения ($\tau \geq \varphi$). Резание производится нормальным давлением с участием боковой силы, которая обуславливает скользящее движение частиц материала вдоль лезвия и обеспечивает эффект перепиливания.

Для рабочего процесса режущего аппарата соломосилосорезок существенное значение имеют следующие факторы: скольжение ножа; удельная линейная сила ножа; защемление материала; удельная работа резания; физико-механические свойства материала; рабочая скорость резания; геометрические параметры ножа (конфигурация и острота лезвия, угол заточки, угол резания, шероховатость лезвия и др.); зазор в режущей паре.

Для выяснения механизма влияния этих факторов рассмотрим схему действия сил со стороны ножа на материал (рис. 5.10). Пусть лезвие ab вращается с постоянной угловой скоростью ω относительно оси O и перерезает материал, расположенный в горловине $ABDK$. По мере перемещения лезвия точка с приложения равнодействующей R сопротивлений будет перемещаться в направлении от a к b , а радиус-вектор r будет увеличиваться от r_{\min} до r_{\max} . Отсюда, даже при постоянной величине, равнодействующий момент сопротивления резанию будет увеличивать-

Параметры	ИРТ-Ф-80-1	ИРТ-Ф-80	ИРТ-165-01	ИРТ-165-02
Установленная мощность привода, кВт	57,2	58,8	132	76...121
Измельчающий аппарат	Штифтовый комбинированный молотковый			
Диаметр ротора, мм	1318	1320	530	650
Длина ротора, мм	180	185	1020	1020
Частота вращения, мин ⁻¹	985±10	1000±8	2000±5	2000±10
Габаритные размеры, мм:				
длина	3635	4400	9670	4720
ширина	5100	5000	3025	7100
высота	4200	3450	3630	4250
Масса, кг	2445	1500	3250	4000

Глава III ТЕОРИЯ РЕЗАНИЯ ЛЕЗВИЕМ

Основы теории резания лезвием

Теорию резания лезвием разработал академик В. П. Горячкин, а дальнейшее развитие она получила в работах академика В. А. Желиговского, проф. Н. Е. Резника и др. советских ученых.

Процесс перерезания слоя стеблей лезвием состоит из двух этапов: предварительное уплотнение и непосредственно резание материала. Силу сжатия ножа, способную возбудить процесс резания, называют критической силой $P_{кр}$ и определяют из выражения (рис. 5.9, а)

$$P_{кр} = P_{рез} + T_1 + T_2 \cos \gamma, \quad (5.2)$$

где $P_{рез}$ — сопротивление резанию лезвием, Н; T_1 — сила трения, обусловленная действием бокового давления $P_{обж}$, возникающего при внедрении клина в перерезаемый слой ($T_1 = fP_{обж}$, где f — коэффициент трения), Н; T_2 — сила трения на фаске ножа, обусловленная давлением со стороны сдвигаемого материала ($T_2 = fN = fR \cos \varphi$), Н; γ — угол заточки, град.

Из трех составляющих критической силы наибольшее значение имеет сопротивление резанию, величину которого проф. Н. Е. Резник рекомендует определять по формуле

$$P_{рез} = \delta \Delta S \sigma_p, \quad (5.3)$$

где δ — толщина (острота) лезвия, м; ΔS — длина активной части лезвия, м; σ_p — нормальные (контактные) разрушающие напряжения, возникающие в перерезаемом слое, Па.

Различают три общих случая резания лезвием (рис. 5.6, б) в зависимости от угла скольжения ножа (τ), образованного между векторами нормальной силы, и перемещения ножа в любой точке лезвия.

1-й случай (нормальное резание, или «рубка»). Резание мате-

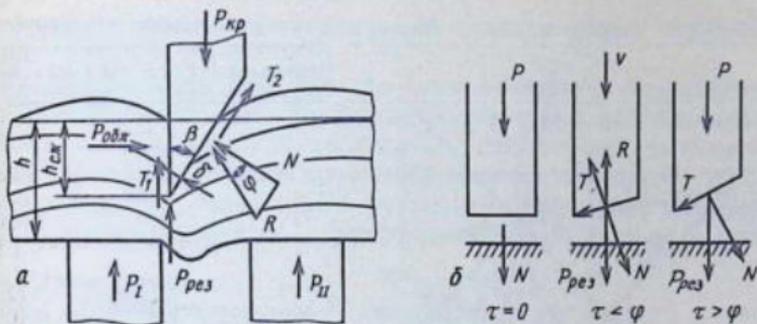


Рис. 5.9. Схема процесса резания лезвием:
 а — двухопорное резание; б — типичные случаи в зависимости от угла скольжения.

риала происходит только нормальной силой N без бокового перемещения ножа, угол скольжения $\tau = 0$.

2-й случай (наклонное резание). Кроме нормального давления, имеет место и боковая сила, но она не может вызвать скользящего движения частиц материала по лезвию, так как угол скольжения меньше угла трения, т. е. $0 < \tau < \varphi$. В этом случае резание производится нормальной силой, но с изменившимся углом заточки лезвия. Уменьшение нормальной нагрузки происходит вследствие уменьшения фактического угла заточки при перемещении косо поставленного клина.

3-й случай (скользящее резание). Угол скольжения больше угла трения ($\tau \geq \varphi$). Резание производится нормальным давлением с участием боковой силы, которая обуславливает скользящее движение частиц материала вдоль лезвия и обеспечивает эффект перепиливания.

Для рабочего процесса режущего аппарата соломосилосорезок существенное значение имеют следующие факторы: скольжение ножа; удельная линейная сила ножа; защемление материала; удельная работа резания; физико-механические свойства материала; рабочая скорость ножа, геометрические параметры ножа (конфигурация и острота лезвия, угол заточки, угол резания, шероховатость лезвия и др.); зазор в режущей паре.

Для выяснения механизма влияния этих факторов рассмотрим схему действия сил со стороны ножа на материал (рис. 5.10). Пусть лезвие ab вращается с постоянной угловой скоростью ω относительно оси O и перерезает материал, расположенный в горловине $ABDK$. По мере перемещения лезвия точка с приложения равнодействующей R сопротивлений будет перемещаться в направлении от a к b , а радиус-вектор r будет увеличиваться от r_{\min} до r_{\max} . Отсюда, даже при постоянной величине, равнодействующий момент сопротивления резанию будет увеличиваться

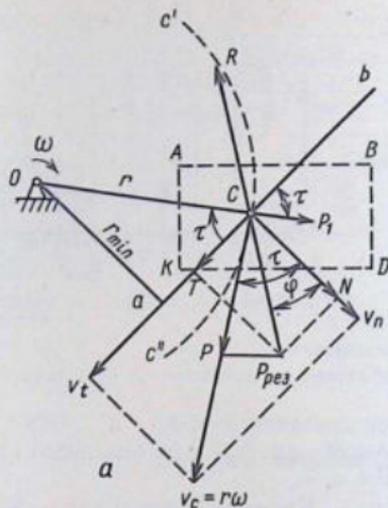
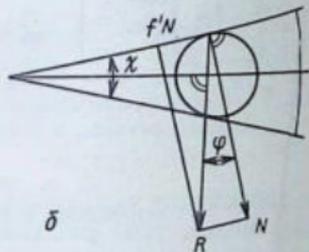


Рис. 5.10. Схема режущего аппарата (а) и схема сил, действующих на материал в момент начала защемления (б).



ся, обуславливая тем самым неравномерность нагрузки на вал машины.

Допустим, что в данный момент времени равнодействующая R приложена к точке c и для ее преодоления требуется приложить со стороны ножа равную ей и противоположно направленную силу $P_{рез}$, составляющими которой являются окружное усилие P , направленное вниз, перпендикулярно радиусу-вектору r , и усилие P_1 , действующее по направлению радиуса-вектора. При этом окружное усилие P резания обеспечивает перемещение точки c ножа по ее круговой траектории $c'c''$, а сила P_1 сжимает стебли, передвигая их к боковой стенке BD горловины. Угол между радиус-вектором и лезвием ножа равен углу скольжения. Разложим окружную скорость точки c , равную $v_c = r\omega$ и отмечающую направление резания, на составляющие: нормальную v_n и касательную v_t , направленную вдоль по лезвию (или по касательной, если лезвие криволинейное). Так как v_c определяет направление резания, а v_n — направление нормальной силы, то угол между ними τ является углом скольжения. Этот угол образуется в любой точке ножа между направлением лезвия (или направлением касательной при криволинейном лезвии) и радиусом-вектором в точке лезвия.

Тангенс угла скольжения представляет отношение тангенциальной составляющей скорости к нормальной составляющей. Это отношение называют коэффициентом ϵ скольжения

$$\epsilon = \operatorname{tg} \tau = v_t / v_n. \quad (5.4)$$

Величина коэффициента скольжения определяет долю уча-

тия бокового скользящего движения ножа в общем процессе резания.

Разложим силу $P_{рез}$ на две составляющие: нормальную N к лезвию и касательную T , направленную вдоль лезвия. Сила $P_{рез}$ отклонена от нормали N на угол φ , равный углу трения между лезвием ножа и материалом. В теории резания лезвием этот угол называют углом скользящего резания, а отношение касательной силы T к нормальной N — коэффициентом скользящего резания

$$f' = T/N = \operatorname{tg}\varphi.$$

Оба коэффициента ϵ и f' зависят один от другого и взаимосвязаны выражением

$$f' = k \operatorname{tg}\epsilon, \quad (5.5)$$

где k — коэффициент пропорциональности, равный 0,176...0,325.

Зачемление материала между лезвием и противорежущей пластиной должно обеспечивать надежный его захват при организации процесса резания.

Допустим, что защемление материала будет обеспечено при угле раствора χ между лезвием ножа и рабочей кромкой противорежущей пластины. Пусть в момент начала защемления материала угол φ оказался таким, что равнодействующая R сил нормального давления N и трения f' получила направление, перпендикулярное биссектрисе угла раствора χ (рис. 5.10, б). Тогда из перпендикулярности сторон двух треугольников следует, что $\chi/2 = \varphi$, или $\chi = 2\varphi$. Это предельно допустимый угол раствора, так как при его увеличении проекция равнодействующей силы R не будет равна нулю и даст составляющую, которая вытолкнет материал из раствора лезвий наружу.

В несимметричной режущей паре два угла скользящего резания φ_1 (лезвия по материалу) и φ_2 (материала по кромке пластины). В этом случае полное защемление наступит, когда

$$\chi \leq 2\varphi_{\min}, \quad (5.6)$$

где φ_{\min} — наименьший из углов φ_1 и φ_2 . По экспериментальным данным, в дисковых соломосилосорезках принимают $\chi = 40...50^\circ$ и в барабанных — $\chi = 24...30^\circ$.

Удельное давление и удельная работа резания являются важнейшими характеристиками процесса резания, определяющими его энергетическую сторону.

Удельным давлением резания называется нормальное усилие со стороны ножа на материал, достаточное для возбуждения процесса резания и отнесенное к единице длины погруженного участка лезвия.

Величина его зависит от физико-механических свойств материала, вида и скорости резания, а также конструктивных параметров режущей пары и ее технического состояния (угла заточ

ки, остроты лезвия, величины зазора между режущей парой и др.). При рубке удельное давление имеет максимальное значение и, по данным проф. В. Э. Вейнла, составляет: для соломы — $(5...12) 10^3$ Н/м, травы — $(4...8) 10^3$ Н/м.

Удельная работа резания представляет собой работу, затрачиваемую на перерезание единицы площади поперечного сечения стеблей (в плоскости разреза), и вычисляется по формуле

$$A_{уд} = q(1 + f' \operatorname{tg} \tau), \quad (5.7)$$

где q — удельное давление резания, Н/м; f' — коэффициент скользящего резания; τ — угол скольжения, град.

Наивыгоднейшей кривой для формы лезвия ножа (по академиком В. П. Горячкину) являются спираль Архимеда и дуга эксцентрической окружности.

Рассмотрим схему режущего аппарата дисковой соломосило-сорезки с криволинейным лезвием, выполненным по форме эксцентрической окружности.

Для этого возьмем две эксцентрично расположенные окружности (рис. 5.11): одну радиусом R_0 и другую радиусом $R_0 + e$, где e — эксцентриситет, и будем вращать эксцентрическую окружность радиусом R_0 вокруг центра O наружной окружности по часовой стрелке. Тогда в качестве лезвия ножа можно использовать дугу 1—2, которая при своем перемещении захватит кольцо, образованное двумя концентрическими окружностями: радиусом $R_0 + e$ с наружной стороны и радиусом $R_0 - e$ с внутренней. Очевидно, что для перерезания слоя стеблей горловины можно расположить только между этими двумя окружностями т. е. внутри кольца шириной, равной $2e$. При этом отношение e/R_0 принимают в пределах от 0,7 до 0,8, а значения $c > R_0 - e$, $b \leq 2e$; $h \leq c$.

Режущий аппарат с лезвием криволинейной формы обеспечивает увеличение скользящего движения ножа, что приводит к уменьшению удельной линейной силы ножа и позволяет несколько стабилизировать нагрузку на вал машины.

При любой конструкции режущего аппарата на эффективность рабочего процесса большое влияние оказывают параметры режущей пары и ее техническое состояние. К ним относятся: угол резания α ; угол установки ножа β ; угол заточки ножа γ ; острота лезвия δ ; величина зазора между лезвием ножа и противорежущей пластиной (рис. 5.12).

Угол резания α представляет собой сумму двух углов — угла установки β и угла заточки ножа γ . Оптимальный угол резания ножа устраняет дополнительное сопротивление и улучшает условия резания. Угол заточки γ ножа у соломосилосорезок принимают равным $12...30^\circ$.

Острота лезвия определяется величиной диаметра окружно-

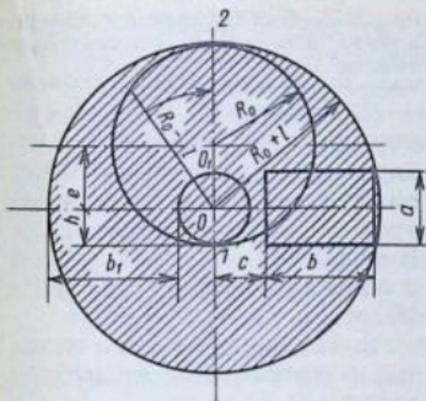


Рис. 5.11. Эксцентрическая окружность, используемая для очерчения лезвия ножа.

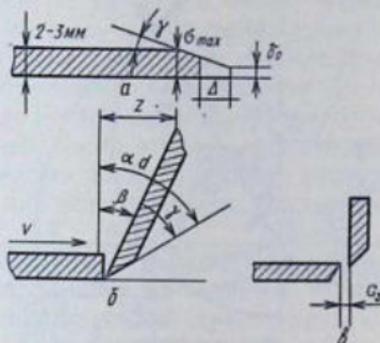


Рис. 5.12. Острота лезвия ножа (а), угол резания (б) и зазор режущей пары (в).

сти, вписанной в контур поперечного сечения его кромки (рис. 5.12). При $\delta_0 = 20 \dots 40$ мкм острота лезвия считается достаточной, а увеличение толщины лезвия при его затуплении допускается до 100 мкм. Чтобы восстановить начальную остроту, нож перезатачивают, снимая полосу шириной $\Delta = \delta_{\max} / \text{tg} \gamma$. При ширине зоны закалки ножа $B = 30$ мм число перезаточек $n = B / \Delta$.

Твердость ножей, изготовленных из стали марок У9, 65Г и 70Г, должна быть в зоне закалки не менее $\text{HRC} = 50 \dots 55$.

Зазор в режущей паре σ_3 (рис. 5.12) оказывает влияние на энергетические и качественные показатели соломосилосорезки. Оптимальная величина зазора для дисковых аппаратов составляет 0,5...1,0 мм, барабанных — 1,5...4,6 мм. Уменьшение вызывает большие трения в режущей паре из-за затаскивания в зазор отдельных стеблей, которые препятствуют прохождению ножа. Увеличение зазора приводит к нарушению нормального процесса резания и повышению энергозатрат за счет излома и смятия стеблей.

Проектирование схемы режущего аппарата с криволинейным лезвием (рис. 5.13) начинают с выбора геометрической формы кривой, по которой будет выполнено лезвие ножа. Учитывая преимущества эксцентрической окружности, положим ее в основу дальнейших расчетов.

Порядок построения схемы следующий.

1. По результатам исследований выбирают максимальные и минимальные значения углов скольжения (например, $\tau_{\min} = 35 \dots 40^\circ$ и $\tau_{\max} = 55 \dots 60^\circ$), а также закон изменения удельного давления $q = f(\tau)$.

ки, остроты лезвия, величины зазора между режущей парой и др.). При рубке удельное давление имеет максимальное значение и, по данным проф. В. Э. Вейнла, составляет: для соломы — $(5...12) 10^3$ Н/м, травы — $(4...8) 10^3$ Н/м.

Удельная работа резания представляет собой работу, затрачиваемую на перерезание единицы площади поперечного сечения стеблей (в плоскости разреза), и вычисляется по формуле

$$A_{уд} = q(1 + f' \operatorname{tg} \tau), \quad (5.7)$$

где q — удельное давление резания, Н/м; f' — коэффициент скользящего трения; τ — угол скольжения, град.

Наивыгоднейшей кривой для формы лезвия ножа (по академик В. П. Горячкину) являются спираль Архимеда и дуга эксцентрической окружности.

Рассмотрим схему режущего аппарата дисковой соломосилосорезки с криволинейным лезвием, выполненным по форме эксцентрической окружности.

Для этого возьмем две эксцентрично расположенные окружности (рис. 5.11): одну радиусом R_0 и другую радиусом $R_0 + e$, где e — эксцентриситет, и будем вращать эксцентрическую окружность радиусом R_0 вокруг центра O наружной окружности по часовой стрелке. Тогда в качестве лезвия ножа можно использовать дугу 1—2, которая при своем перемещении захватит кольцо, образованное двумя концентрическими окружностями: радиусом $R_0 + e$ с наружной стороны и радиусом $R_0 - e$ с внутренней. Очевидно, что для перерезания слоя стеблей горловины можно расположить только между этими двумя окружностями, т. е. внутри кольца шириной, равной $2e$. При этом отношение e/R_0 принимают в пределах от 0,7 до 0,8, а значения $c > R_0 - e$, $b \leq 2e$; $h \leq c$.

Режущий аппарат с лезвием криволинейной формы обеспечивает увеличение скользящего движения ножа, что приводит к уменьшению удельной линейной силы ножа и позволяет несколько стабилизировать нагрузку на вал машины.

При любой конструкции режущего аппарата на эффективность рабочего процесса большое влияние оказывают параметры режущей пары и ее техническое состояние. К ним относятся: угол резания α ; угол установки ножа β ; угол заточки ножа γ ; остроты лезвия δ ; величина зазора между лезвием ножа и противорежущей пластиной (рис. 5.12).

Угол резания α представляет собой сумму двух углов — угла установки β и угла заточки ножа γ . Оптимальный угол резания ножа устраняет дополнительное сопротивление и улучшает условия резания. Угол заточки γ ножа у соломосилосорезок принимают равным 12...30°.

Острота лезвия определяется величиной диаметра окружно-

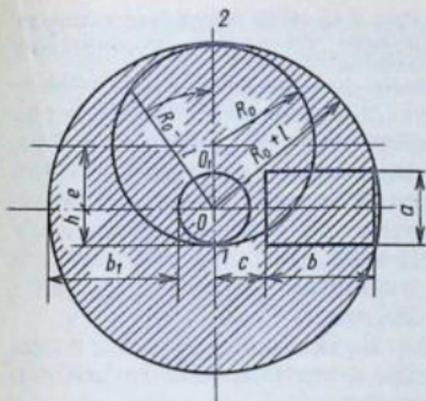


Рис. 5.11. Эксцентрическая окружность, используемая для очерчения лезвия ножа.

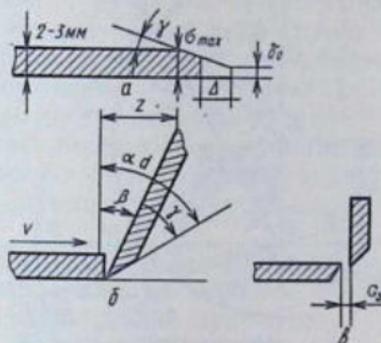


Рис. 5.12. Острота лезвия ножа (а), угол резания (б) и зазор режущей пары (в).

сти, вписанной в контур поперечного сечения его кромки (рис. 5.12). При $\delta_0 = 20 \dots 40$ мкм острота лезвия считается достаточной, а увеличение толщины лезвия при его затуплении допускается до 100 мкм. Чтобы восстановить начальную остроту, нож перезатачивают, снимая полоску шириной $\Delta = \delta_{\max} / \operatorname{tg} \gamma$. При ширине зоны закалки ножа $B = 30$ мм число перезаточек $n = B / \Delta$.

Твердость ножей, изготовленных из стали марок У9, 65Г и 70Г, должна быть в зоне закалки не менее $\text{HRC} = 50 \dots 55$.

Зазор в режущей паре σ_3 (рис. 5.12) оказывает влияние на энергетические и качественные показатели соломосилосорезки. Оптимальная величина зазора для дисковых аппаратов составляет 0,5...1,0 мм, барабанных — 1,5...4,6 мм. Уменьшение вызывает большие трения в режущей паре из-за затаскивания в зазор отдельных стеблей, которые препятствуют прохождению ножа. Увеличение зазора приводит к нарушению нормального процесса резания и повышению энергозатрат за счет излома и смятия стеблей.

Проектирование схемы режущего аппарата с криволинейным лезвием (рис. 5.13) начинают с выбора геометрической формы кривой, по которой будет выполнено лезвие ножа. Учитывая преимущества эксцентрической окружности, положим ее в основу дальнейших расчетов.

Порядок построения схемы следующий.

1. По результатам исследований выбирают максимальные и минимальные значения углов скольжения (например, $\tau_{\min} = 35 \dots 40^\circ$ и $\tau_{\max} = 55 \dots 60^\circ$), а также закон изменения удельного давления $q = f(\tau)$.

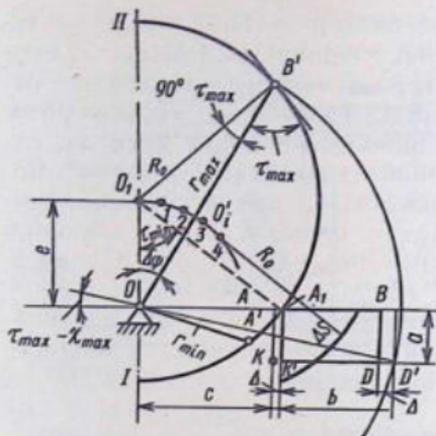


Рис. 5.13. Проектирование схемы режущего аппарата с криволинейным лезвием.

2. Выбирают основной размер ножа — номинальный радиус и из произвольного центра O_1 проводят этим радиусом дугу по I—II окружности. В существующих конструкциях соломосилосорезок $R_0 = 300...450$ мм.

3. Из центра O_1 под углом τ_{\min} к вертикали проводят внешнюю прямую O_1A_1 до пересечения ее с другой окружностью.

4. Из найденной точки A_1 проводят горизонталь A_1O до пересечения ее с вертикальным диаметром ранее проведенной окружности. Полученная точка O отметит центр вращения диска соломосилосорезки, а расстояние O_1O по вертикали — эксцентриситет e . Следует проверить условие $e = (0,7...0,8)R_0$.

5. Последовательным построением находят на дуге окружности такую точку B' , в которой угол между радиусом R_0 ножа и радиусом-вектором $OB' = r_{\max}$ будет равен $90^\circ - \tau_{\max}$. Из построения следует, что в точке B' угол между радиусом-вектором и касательной, то есть угол скольжения, будет иметь максимальное значение.

6. Находят длину лезвия $B'A$, полагая, что центральный угол $B'O_1A'$ охвата ножа составляет примерно 90° , а свободная длина лезвия левее точки A_1 не превышает $30...40$ мм.

7. Определяют ширину горловины B , для этого из центра O вращения проводят дугу $B'D'$ радиусом r_{\max} и прямую OD' вниз под углом $\tau_{\max} - \chi_{\max}$ до пересечения с полученной дугой в точке D' .

Чтобы обеспечить защемление, необходимо выполнить условие $\chi_{\text{заш}} = \varphi_1 + \varphi_2 \leq \tau_{\max}$. При $\tau_{\max} = 55...60^\circ$, $\varphi_1 = 15...17^\circ$ и $\varphi_2 = 25...30^\circ$ допустимый угол раствора $\chi_{\max} = 40...57^\circ$. В этом случае М. В. Сабликов рекомендует принимать $\chi_{\text{заш}} = 2\varphi_{\min}$.

Далее из найденной точки D' проводят горизонтальную линию до пересечения с вертикалью, проведенной через точку A_1 , т. е. горизонтальную прямую $D'K'$, которая и будет искомой шириной горловины.

С учетом износа ножа левый и правый обрез горловины сдвигают к центру вращения на величину $\Delta = 10...15$ мм.

8. Определяют высоту a_p горловины. В существующих соломосилосорезках a_p варьирует от $50...100$ мм.

Окончательный контур горловины отмечен буквами $ABDK$.

9. Из центра O радиусом e проводят дугу O_1O' окружности, которая является траекторией центра кривизны ножа, перемещающегося при повороте диска. На полученной дуге делают отметки 1, 2, 3 и т. д. через интервалы (10°) угла $\Delta\psi$ поворота. Из каждой отметки на сечении горловины проводят дуги Δs , отмечающие нагруженную часть лезвия для соответствующего положения ножа. Затем, ориентируясь по средней высоте горловины, находят для каждого положения ножа текущие значения параметров: r , Δs , τ и χ , а также значения удельного давления q , используя график $q = f(\tau)$.

Проектирование режущего аппарата завершается построением диаграммы моментов резания, расчетом момента инерции маховика и определением потребной мощности двигателя.

Контрольные вопросы и задания

1. В чем состоит особенность процесса резания лезвием? Назовите этапы резания. 2. Назовите основные случаи резания. 3. Что такое коэффициент скольжения « ϵ_0 » и коэффициент скользящего резания « f »? 4. Какова величина удельной работы резания « A », если удельное давление резания $q = 60$ Н/м, коэффициент скользящего резания $f' = 0,38$ и угол скольжения $\tau = 38^\circ$? 5. Чем характеризуется схема режущего аппарата с прямолинейным лезвием? 6. Назовите существенный недостаток режущего аппарата с прямолинейным лезвием. 7. В чем преимущество режущего аппарата с криволинейным лезвием по сравнению с прямолинейным? 8. Определите производительность дискового измельчителя, если $a = 0,15$ м, $b = 0,35$ м, $l = 0,03$ м, $z = 4$, $\rho = 420$ кг/м³, $n_c = 8$ с⁻¹. 10. Поясните основные этапы методики построения режущего аппарата с криволинейным лезвием.

Глава IV МАШИНЫ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ

Корнеклубнемойки

К мойкам корнеклубнеплодов предъявляют следующие требования: универсальность в отношении возможности мытья различных видов продукта; высокое качество мойки при малом расходе воды (до 0,4 л/кг) и кратковременное пребывание корнеклубнеплодов в воде; недопустимость порчи корнеклубнеплодов рабочими органами машины; наличие устройства для удаления камней; возможность механической загрузки и выгрузки; удобство очистки и удаления грязи; возможность регулирования качества мойки.

Корнеклубнемойки по конструкции рабочих органов подразделяют на кулачные (бильные), барабанные, дисковые и шнековые (рис. 5.14). По организации рабочего процесса они могут быть машинами периодического и непрерывного действия.

Кулачная корнемойка состоит из ванной и лопастного вала. Ванная представляет собой желоб, изготовленный из металла, бетона или дерева длиной 3260 и шириной 1400 мм. Ванна по

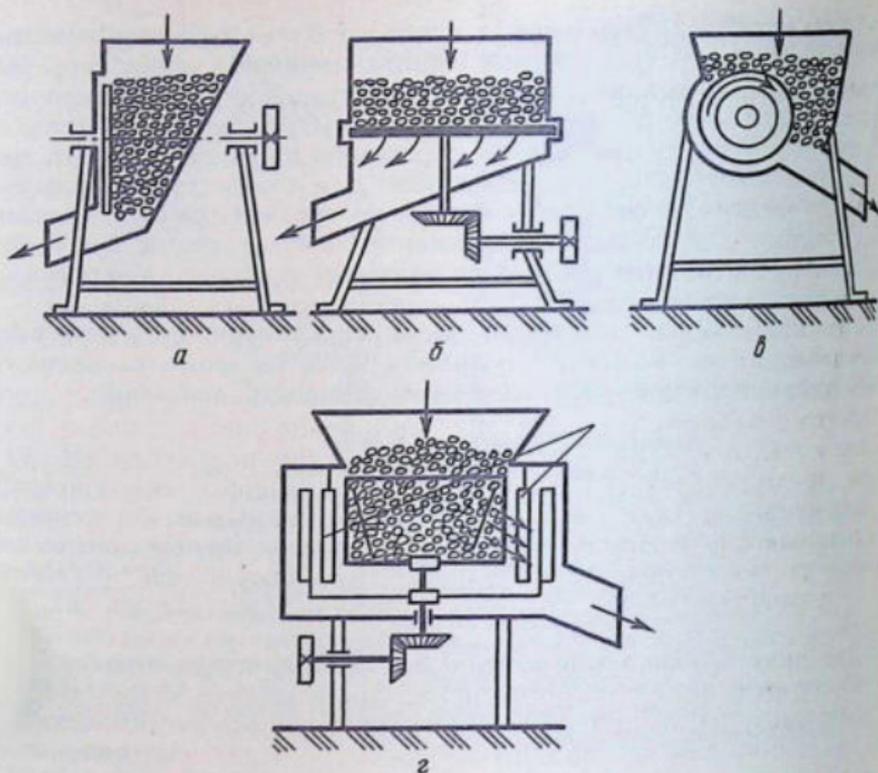


Рис. 5.14. Схемы корнеклубнемоек:
а — кулачной; *б* — барабанной; *в* — шнековой; *г* — дисковой.

длине перегороджена на секции, в которых устроены камнеуловитель и люки для удаления камней, грязи и готового продукта.

В залитую водой ванну из расчета 0,6...0,8 л на 1 кг продукта загружают корнеплоды, которые, перемешиваясь, перемещаются к выгрузному люку. Из выгрузного люка вымытые корнеплоды транспортером направляются на дальнейшую обработку.

Производительность кулачной мойки определяют по формуле:

$$Q_k = \gamma n \beta \sum V, \quad (5.8)$$

где γ — объемная масса корнеплодов, кг/м³; n — частота вращения барабана, с⁻¹; β — коэффициент наполнения лопасти ($\beta = 0,7...0,9$); $\sum V$ — сумма объемов лопастей, выбрасывающих продукт из ванны, м³.

Рабочую длину мойки L_k находят исходя из заданной производительности и степени загрязненности корнеклубнеплодов

$$L_k = \frac{Q_k t_n}{\alpha \gamma n R^2}, \quad (5.9)$$

где t — время мойки корнеклубнеплодов, с ($t = 300...480$ с); α — коэффициент заполнения объема мойки ($\alpha = 0,7...0,8$); R — радиус ванны, м ($R = 0,6...1,0$ м).

Мощность привода мойки рассчитывают по формуле

$$N_k = \frac{\mu Q_k L_k}{3600 \eta}, \quad (5.10)$$

где μ — коэффициент, учитывающий физико-механические свойства корнеплодов ($\mu = 0,2...0,3$); η — КПД передачи ($\eta = 0,92...0,94$).

Если расчетная длина мойки превысит размеры имеющегося помещения, то ванну собирают из отдельных секций, устанавливаемых параллельно, а корнеплоды через секции пропускают последовательно.

Барабанная корнеклубнемойка имеет рабочий орган в виде планчатого барабана, вращающегося в ванне с водой (рис. 5.14). Корнеплоды, поступая с торца ванны и перемещаясь вдоль барабана, проходят путь, во время которого очищаются от грязи. Загрязнения оседают на дно ванны, а вымытые корнеплоды выбрасываются из барабана лопастью, укрепленной на его внутренней стенке у выгрузного торца. Корнеклубнемойки такого типа применяют также для сухой очистки продукта от загрязнений.

Дисковая корнеклубнемойка (рис. 5.14, з) имеет моющий рабочий орган в виде плоского диска, к поверхности которого приварены выступы, выполняющие роль встряхивателей. Корнеклубнеплоды, попадая на вращающийся диск, совершают вместе с ним круговое движение и, пробуксовывая относительно поверхности диска, перемешиваются под действием выступов. Одновременно из кольцевого оросителя поступает вода и отмывает загрязнения.

Шнековая корнеклубнемойка (рис. 5.14, в) представляет собой шнек, установленный в ванне. Шнек уложен в трубе, имеющей наклон к горизонту $25...90^\circ$. Труба решетчатая в нижней части вместе с подающей частью шнека помещена в бункер с водой и корнеклубнеплодами. При вращении шнека его витки захватывают продукт и перемещают его вдоль трубы к выходному окну. Навстречу продукту в трубу шнековой мойки подводят поток воды из отстойника ванны. Загрязнения оседают на дне ванны, которые периодически удаляются через специальный люк.

Измельчители корнеклубнеплодов

Измельчение корнеклубнеплодов происходит по различным схемам рубкой — в машинах ИКМ-5, КПИ-4, «Волгарь-5», ударом штифтами — ИКС-5 и молотками — ИКС-5М, КДУ-2; скоблением стружки — типа КПСК-1000 (ЧССР) и Ф-120 (ГДР). Лучшее качество измельчения при меньшей энер-

гоемкости обеспечивают измельчители, работающие на принципе рубки и скобления стружки (табл. 5.5).

5.5. Показатели работы измельчителей корнеплодов на сахарной свекле влажностью 77...79% (по данным Г. М. Кукты)

Марка измельчителя	Способ измельчения	Скорость рабочих органов, м/с	Производительность, %	Содержание частиц, 3—15 мм, %	Энергоемкость, кДж/кг
ИКМ-5	Рубка	4...25	6,7	86,0	4,1
«Волгарь-5»	То же	17,6	13,8	70,0	4,3
КПИ-4	»	4...25	4,1	84,0	3,6
МРК-5	»	4,3	3,4	35,0	2,5
РКР-2	»	1,2...6,3	2,9	33,1	1,3
ИКС-5	Удар (штифты)	40	5,1	55,0	4,9*
ИКС-5М	Удар (молотки)	40	5,7	61,0	4,3*
КДУ-2	Комбинированный (рубка, удар)	71,3	6,5	46,0	11,9

* Включая работу шнековой мойки.

В хозяйствах большое распространение получили измельчители, работающие по принципу рубки (ИКМ-5). Машины, работающие по принципу скобления стружки, более требовательны к состоянию корнеплодов (засорение их ботвой и другими растительными остатками).

Измельчитель ИКС-5М выпускают в двух вариантах:

- 1) в качестве самостоятельной машины, загружаемой корнеклубнеплодами с автосамосвалов в бункер шириной 2,5 м;
 - 2) в составе поточных технологических линий кормоцехов.
- Во втором случае измельчитель не имеет накопительной емкости, так как его загружают транспортерами ТК-5 или ТК-5Б и управляют работой с центрального пульта.

Измельчитель-камнеуловитель-мойка ИКМ-5 (рис. 5.15) предназначен для очистки корнеклубнеплодов от камней, их мойки и измельчения на частицы размером до 10 мм (для свиней) или ломтики толщиной до 15 мм (для крупного рогатого скота). Измельчитель агрегируется с транспортерами-питателями ТК-5 или ТК-5Б, а также может быть использован как самостоятельная машина при установке в утепленных помещениях, оборудованных водопроводом и простейшей системой канализации.

Измельчитель ИКМ-5 имеет три рабочих органа: моечный шнек 400 мм с электродвигателем мощностью 2,2 кВт; измельчающий аппарат дискового типа с электродвигателем мощностью 7,5 кВт; транспортер, приводимый в работу от мотора-редуктора с электродвигателем мощностью 0,8 кВт.

Рабочий процесс протекает следующим образом. Ванну

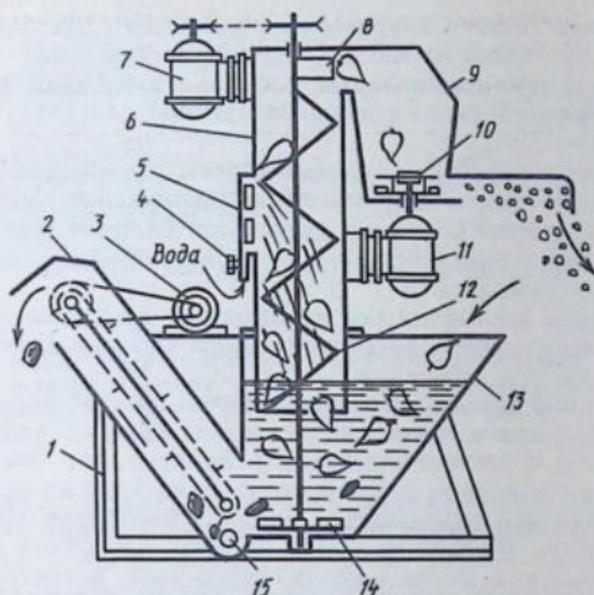


Рис. 5.15. Схема измельчения корнеклубнеплодов ИКМ-5:

1 — рама; 2 — транспортер; 3, 7, 11 — электродвигатели; 4 — вентиль; 5 — душевое устройство; 6 — кожух; 8 — выбрасыватель; 9 — крышка измельчающего аппарата; 10 — измельчающий аппарат; 12 — шнек мойки; 13 — ванна; 14 — диск-крылач; 15 — люк.

заполняют водой до уровня, который поддерживается сливным патрубком на кожухе выгрузного транспортера. Корнеклубнеплоды транспортером-питателем подают в моечную ванну, где их отмывают вихревыми потоками воды, создаваемыми крылачом, и освобождают от камней. Далее корнеклубнеплоды поступают на шнек и вторично отмываются от грязи встречным потоком воды в шнеке, затем по откидному направляющему кожуху отбрасываются в камеру измельчения. Измельчающий аппарат состоит из литого корпуса и двух дисков. На верхнем диске закреплены два горизонтальных ножа, а на нижнем — четыре вертикальных. Оба диска установлены на валу электродвигателя. Переходник (коробка), соединяющий шнек с измельчителем, имеет крышку, которая в случае забивания измельчителя кормом отклоняется и предохраняет шнек от поломок.

Степень измельчения регулируют изменением частоты вращения режущих дисков. С этой целью измельчитель оборудован двухступенчатым электродвигателем, который имеет частоту вращения 465 мин^{-1} при мощности 3,8 кВт и 920 мин^{-1} при мощности 7,5 кВт. Переключатель частоты вращения расположен в шкафу управления.

Для более тонкого измельчения необходимо поставить переключатель на высокую частоту вращения режущих дисков и установить в режущем аппарате рифленую деку. Для получения крупных фракций частоту вращения дисков следует уменьшить и деку снять.

В случае переработки мерзлых корнеклубнеплодов сопротивление резанию возрастает, поэтому и измельчение следует вести на высокой частоте вращения дисков при наличии вертикальных ножей и деки (тонкая резка); при крупной резке вертикальные ножи и деку снимают.

При мойке картофеля без измельчения деку и верхний диск снимают, измельчитель работает с одним нижним диском на пониженной частоте вращения.

Скребок транспортер предназначен для выгрузки из ванны камней, песка и грязи. Он состоит из кожуха, качающегося транспортера с шестью скребками и привода. На кожухе установлен люк с клапаном для очистки и слива воды из ванны.

Модификацией измельчителя корнеклубнеплодов ИКМ-5 является машина ИКМ-Ф-10. Здесь усовершенствована конструкция вертикального шнека и его опорного узла, а также привод измельчающего аппарата. Валы электродвигателя и измельчителя в этом случае соединены не соосно, а со смещением за пределы зоны попадания воды на электродвигатель. При этом применена клиноременная передача. В соответствии с ТУ 105-3-1009-85 обеспечивается качество измельчения корнеклубнеплодов. Для свиней ломтики толщиной до 5 мм — не менее 20 %, до 10 мм — 80 %. Для крупного рогатого скота ломтики до 15 мм составляют 100 % измельченной массы. Расход воды на 1 т корнеплодов составляет 150 л, удельный расход энергии — 1,43 кВт·ч/т, суммарная мощность электродвигателей равна 14,3 кВт, масса машины — 940 кг.

Измельчитель-очиститель корнеклубнеплодов ИКУ-Ф-10 представляет собой аналогичную конструкцию машины ИКМ-Ф-10 с включением аппарата сухой очистки. Рабочий процесс здесь протекает следующим образом. Корнеклубнеплоды из хранилища поступают в барабанный аппарат сухой очистки, где очищаются от избыточной почвы и попадают в моечную ванну измельчителя. Далее процесс протекает аналогично ИКМ-5, описанному выше. Производительность машины составляет 10 т/ч, масса — 1750 кг, суммарная мощность электродвигателей — 12,55 кВт.

Особенности процесса резания корнеплодов

Рабочий орган корнерезок и пастоизготовителей — резец, имеющий форму клина.

В соответствии с теорией клина (И. Тиме) процесс образования

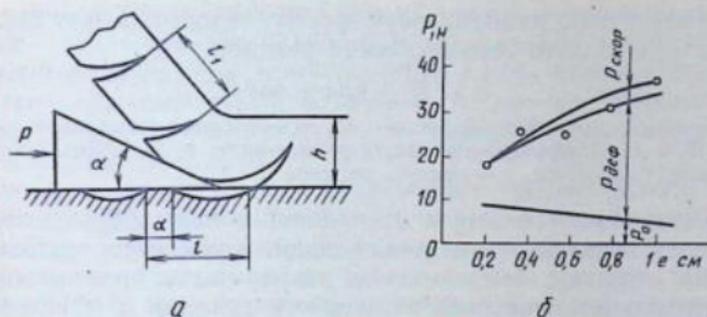


Рис. 5.16. Схема внедрения клина, образования стружки (а) и распределения усилия резания по составляющим сопротивлений (б) при угле $\alpha = 17^\circ$ для кормовой свеклы (по Г. И. Новикову).

ния стружки (резка) при резании корнеклубнеплодов протекает следующим образом. В первый момент клин с углом α (рис. 5.16) внедряется в материал под действием силы P , сжимая его на пути a . В следующий момент, когда сила P достигает некоторого предела, происходит скалывание элемента стружки по длине l , которая всегда больше пути a сжатия. Проведенные исследования позволили установить, что линия скалывания несколько опережает лезвие клина; вначале она углубляется в толщу материала, а затем направляется под некоторым углом вверх. Однако до поверхности разрыв не доходит и скалываемые элементы получают связанными между собой (стружка скалывания). Усадки или укорочения элемента стружки при резании корнеклубнеплодов не наблюдается, т. е. $l = l_1$.

Путь сжатия a и длина элемента стружки l зависят от физико-механических свойств материала и геометрии резца.

При резании корнеплодов резцом скользящее движение материала по лезвию отсутствует, т. е. резание идет по принципу «рубки». Это объясняется тем, что угол φ трения корнеклубнеплодов о грани металлического клина составляет $35...40^\circ$, что значительно больше, чем у других материалов. При данных условиях для облегчения резания пришлось бы значительно увеличить угол скольжения, что конструктивно выполнить весьма трудно. Кроме того, на значительную часть пути в процессе резания резцом лезвие оказывается вообще ненагруженным.

Для измельчения корнеклубнеплодов могут применяться ножи различной формы: плоские с прямым сплошным или гребенчатым лезвием или совочкообразные. Ножи изготовляют из инструментальной углеродистой стали У9 или марганцовистой стали 65Г и 70Г, угол заточки их составляет 25° .

Разрабатывая теорию клина, академик В. П. Горячкин пред-

ложил известную рациональную форму, которая может быть применена для общего сопротивления резанию

$$P = P_0 + kbh + \epsilon abv^2, \quad (5.11)$$

где P — общее сопротивление резанию, Н; P_0 — некоторое постоянное сопротивление, Н; k , ϵ — коэффициенты пропорциональности; b , h — ширина и толщина срезаемой стружки, мм; v — скорость резания, м/с.

Рациональная формула расчленяет общее сопротивление на три части: некоторое постоянное сопротивление, не зависящее от сечения стружки; сопротивление деформации срезаемого слоя; сопротивление, зависящее от скорости резания и обусловленное необходимостью отбрасывания сколотой стружки в сторону со скоростью v .

На рисунке 5.16, б представлен график, показывающий зависимость общего сопротивления P резанию от толщины стружки при угле резания $\alpha = 17^\circ$, и указаны также значения составляющих P_0 , $P_{\text{деф}}$ и $P_{\text{скор}}$. Как видно из графика $P_{\text{скор}}$, третий член формулы (5.11) имеет очень малое значение. Следует заметить, что при изменении угла α резания от 17 до 30° суммарное сопротивление почти не изменяется.

Процесс резания корнеплодов клином протекает с переменным усилием: в первый момент перед врезанием усилие равно нулю, затем при уплотнении по мере продвижения ножа по пути сжатия оно достигает максимума и в момент скалывания снова падает до нуля.

Основы теории и расчет пастоизготовителей

Пастоизготовители предназначены для тонкого измельчения зеленой травы, силоса и корнеклубнеплодов. В режиме пастоизготовителя работают измельчители двух типов: «Волгарь-5» с ножевым аппаратом вторичного резания и измельчитель силоса ИС-2М с питающим шнеком и противорежущей решеткой. Измельчители второго типа, работающие по принципу мясорубки, обладают рядом положительных свойств по сравнению с первым и имеют свои характерные особенности. Первая: измельчаемый материал поступает к режущей паре, пересекая при своем продвижении плоскость вращения ножей. При этом материал подвергается воздействию передних и боковых граней и частично разрушается от перетирания и разделения частиц вдоль волокон. Вторая особенность: наличие противорежущей решетки, которая служит основным регулятором тонкости измельчения. Третья особенность: питающим органом измельчителя может быть только шнек, который заполняет камеру измельчения, проталкивает материал в отверстия решетки и создает необходимые условия для работы режущего аппарата. Четвертая особенность: последовательное расположение в технологической

схеме трех рабочих органов: шнека, ножа и противорежущей решетки. Названные особенности в организации рабочего процесса пастоизготовителя применительно к двум характерным случаям, определенным углом заточки γ , можно представить, рассмотрев схему сил, действующих на передней грани ножа в сечении AA (рис. 5.17, а, б).

Угол заточки $\gamma_1 \leq 90 - \varphi$. Коэффициент трения зеленой массы по стали $f = \text{tg}\varphi$ составляет 0,4...0,6, а угол трения $\varphi = 22...31^\circ$.

При движении ножа со скоростью v_n со стороны лезвия на материал в плоскости резания действует сила $P_{\text{рез}}$ (рис. 5.17, б). Передняя грань ножа сжимает материал. Для преодоления равнодействующей R сил сжатия со стороны ножа надо приложить дополнительное усилие P_1 , отклоненное от нормального давления N_1 на угол трения φ . Вторая составляющая усилия P_1 пред-

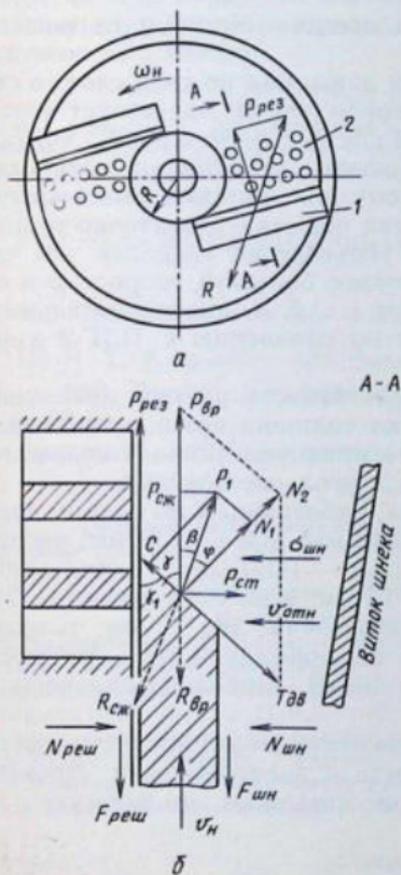
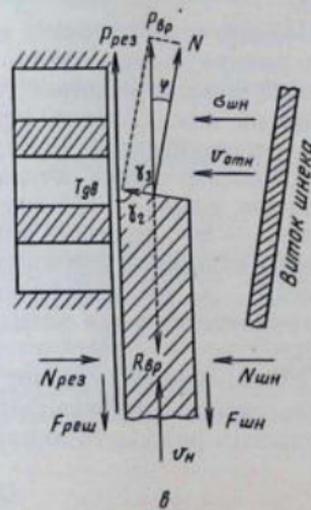


Рис. 5.17. Схема действия сил со стороны лезвия:

а — в плоскости его вращения; б, в — в плоскости потока материала; 1 — нож; 2 — решетка (противорежущая часть).



ставляет силу трения F , удерживающую материал на передней грани ножа (точка c).

Во вращательном движении нож движется в плоскости противорезающей решетки, и для прессования материала будет использована не вся сила P_1 , а только ее вертикальная составляющая $P_{сж}$. Горизонтальная составляющая $P_{ст}$ будет сталкивать материал с передней грани, двигая его против направления подачи шнеком новых порций материала. Весь материал, расположенный впереди реза, не успевает пройти в отверстия решетки, и часть его смещается в направлении вращения ножа. В результате возникает сопротивление $R_{вр}$, для преодоления которого необходимо приложить усилие $P_{вр}$, отклоненное от нормали N_2 на угол $\beta + \varphi$.

Суммарное давление на переднюю грань ножа обуславливает собой наличие составляющей $T_{дв}$, значение которой больше, чем силы трения F .

В результате этого материал всегда отводится от решетки в сторону шнека.

Угол заточки $\gamma_2 > 90^\circ - \varphi$. При движении ножа в слое со стороны лезвия так же, как и в первом случае, действует усилие резания $P_{рез}$ (рис. 5.17, *в*). Но так как $\gamma_2 > \varphi$, то сила $T_{дв}$ удерживает материал на передней грани ножа и отталкивания его в сторону шнека не происходит. Поэтому для проталкивания частиц, отрезанных ножом, через отверстия решетки достаточно небольшое давление со стороны шнека. Наблюдения показали, что частицы выбрасываются через решетку с большой скоростью и отбрасываются от нее на расстояние 1...1,5 м, производительность пастоизготовителя увеличивается по сравнению с ПЗГ-2 в два раза.

Помимо угла заточки, на эффективность работы измельчающего аппарата существенно влияют толщина ножа, зазор между лезвием ножа и решеткой, частота вращения ножа и количество перьев на нем, скорость резания и угол скольжения.

В измельчителе Н. Т. Кузьмова, работающем по такому принципу, диаметр шнека составляет 240 мм; шаг — 130 мм; частота вращения шнека — 126 мин⁻¹, ножа — 1450 мин⁻¹; угол заточки ножа — 80°. толщина ножа — 12 мм, угол скольжения $\tau_{ср}$ 21°, диаметр отверстий смежных решеток — 12, 16, 22 мм; толщина решетки — 7 мм, коэффициент перфорации — 0,5. Мощность электродвигателя при этом равна 13 кВт, производительность — 4,1...4,8 т/ч.

Технологический расчет пастоизготовителя предусматривает определение его производительности и энергоемкости. Производительность режущего аппарата рассчитывают по формуле

$$Q_n = \varphi_0 s_n / s_p, \quad (5.12)$$

где φ_0 — коэффициент использования режущей способности аппарата, обусловленный размерами ножей ($\varphi_0 = 0,7 \dots 0,8$); s_n — режущая способность ножа (суммарная площадь рабочей поверхности, описываемой лезвиями ножа в единицу времени, m^2/c); s_p — площадь поверхности раздела при измельчении 1 кг корма, m^2 .

Для одного ножа режущую способность можно определить по формуле

$$s_n = (\pi D^2/4)(\omega_n/2\pi)z f_p = D^2 \omega_n z f_p / 8, \quad (5.13)$$

где D — диаметр решетки, м; ω_n — угловая скорость вала ножей, рад/с; z — число перьев на одном ноже; f_p — коэффициент использования живого сочетания решетки, т. е. отношение суммарной площади отверстий для прохода пасты ко всей площади решетки.

Площадь s_p поверхности раздела зависит от степени измельчения и осевой скорости перемещения корма через решетку. Для отверстий диаметром 16 мм можно принять $s_p = 0,9 \dots 1 m^2/kg$.

Расход мощности на привод шнекового пастоизготовителя определяют по формуле

$$N = (N_{изм} + N_{ш} + N_{хх})/\eta, \quad (5.14)$$

где $N_{изм}$ — мощность, расходуемая на процесс измельчения; $N_{ш}$ — мощность, расходуемая на работу прессующего шнека; $N_{хх}$ — мощность холостого хода пастоизготовителя; η — КПД трансмиссии от электродвигателя к валу пастоизготовителя ($\eta = 0,85 \dots 0,9$).

Мощность на измельчение определяют по формуле

$$N_{изм} = Q A_{изм}, \quad (5.15)$$

где $A_{изм}$ — работа, затрачиваемая на измельчение.

По Н. Т. Кузьмову, для силоса коэффициенты $c_1 = 660$ Дж/кг, $A_{изм} = 880$ Дж/кг. Средняя степень измельчения в пасту $\lambda = 9 \dots 10$.

Мощность (кВт) на привод прессующего шнека равна

$$N_{ш} = A_{ш} Q_n, \quad (5.16)$$

где $A_{ш}$ — удельный расход энергии на привод к ножам и уплотнение измельченной массы (для силоса $A_{ш} = 14 \dots 15$ кДж/кг).

Контрольные вопросы и задания

1. Перечислите основные требования, предъявляемые к мойке корнеклубнеплодов.
2. Назовите основные типы рабочих органов корнеклубнемоек и особенности конструкции.
3. Назовите основные способы измельчения корнеклубнеплодов.
4. В чем состоит модификация мойки измельчителя-камнеуловителя ИКМ-Ф-10?
5. Назовите основные этапы процесса образования стружки при резании корнеклубнеплодов?
6. В чем состоит преимущество измельчителя ИС-2М по сравнению с машиной «Волгарь-5»?
7. Назовите рабочий процесс измельчителя ИС-2М.
8. Поясните физический смысл понятия «режущая способность ножа» пастоизготовителя.

Общие понятия и термины

Уплотнение кормов проводят с целью улучшения их транспортабельности, более экономного использования складских помещений и тары, а также обеспечения лучшей сохранности питательных веществ и витаминов.

Уплотнением называется процесс сближения частиц зернистого или волокнистого материала под действием приложенных внешних сил с целью повышения его плотности. В качестве готового продукта процесса уплотнения образуется монолит, который в зависимости от его конечной плотности и вязкости может сохранять свою форму под влиянием внутренних сил сцепления или внешних реакций от ограничивающих элементов (обвязка, стенки, емкости).

Уплотнение кормов осуществляют следующими способами: сжатием, скручиванием, виброутряской, экструзией, окатыванием.

Процесс уплотнения сжатием в закрытой камере в технике принято называть прессованием. В зависимости от требуемой плотности монолита в результате прессования стебельных кормов получают тюки (плотность 120...160 кг/м³), требующие обвязки, или брикеты (плотность 600...900 кг/м³), сохраняющие свою форму без обвязки. При прессовании комбикормов или травяной муки получают гранулы (плотность 1200...1300 кг/м³). Плотность рыхлого сухого сена составляет 40...50 кг/м³.

Классификация способов уплотнения стебельных кормов прессованием может быть сделана по их исходным характеристикам и виду конечных продуктов (табл. 6.1). При этом различают способы прессования в тюки (обычные или повышенной плотности), рулоны или жгуты, брикеты и гранулы.

Кроме того, способы прессования различают в зависимости от значений приложенного давления: прессование без связующих добавок при малых давлениях (15...20 МПа); прессование без связующих добавок при высоких давлениях (30...35 МПа); прессование с присадкой связующих веществ при малых давлениях (5...10 МПа).

Из таблицы 6.1 видно, что наиболее совершенными способами прессования являются брикетирование и гранулирование,

6.1. Классификация способов прессования кормов

Показатели	Форма уплотнения корма				
	тюки		рулоны и жгуты	брикеты	гранулы
	обычные	высокой плотности			
Размеры частиц исходного материала, мм	Неизмельченные стебельные корма 400...800			Резка длиной 5—50 мм	Комбикорм, дёрть, травяная мука, 0,3...1,8
Размеры монолита, мм	От 300×400 до 400×600	250...380	Рулоны, 800×1000; жгуты, 80×120	От 30×30 до 100×100	Диаметр 10...20
Длина, мм	600×1300	800...900	Рулоны 1000×1200; жгуты 100×400	20...200	12...30
Плотность, кг/м ³	120...150	220...400	300...600	600...900	1000...1300
Способ сохранения формы монолита	Обвязка проволокой или шпагатом		Рулоны, обвязка шпагатом; жгуты, механическое сцепление частиц	Внутренние силы взаимодействия частиц Механическое сцепление частиц	Адгезионные силы связующих веществ

позволяющие получить наиболее высокую степень уплотнения.

Физическая сущность прессования сводится к сближению и сцеплению частиц твердой фазы, т. е. к уплотнению и упрочнению разрыхленной массы корма путем механического давления.

В качестве характеристики брикетируемости (гранулируемости) корма служит степень уплотнения $\lambda_{упл}$, представляющая собой отношение объема V порции материала до прессования к объему V_k полученного брикета. При уплотнении в камере с постоянной площадью поперечного сечения будет справедливо выражение

$$\lambda_{упл} = V/V_k = h/h_k, \quad (6.1)$$

где h и h_k — высота слоя до и после прессования в камере постоянного сечения.

Если плотность рыхлого материала обозначить через ρ_0 (кг/м³), а плотность полученного монолита ρ (кг/м³), то степень уплотнения

$$\lambda_{упл} = M_p/(\rho_0 M) = \rho/\rho_0, \quad (6.2)$$

где M — масса брикета, кг.

На эффективность процесса уплотнения растительных материалов большое влияние оказывает форма связи влаги с части-

цами. При этом важнейшее значение имеет не только абсолютное количество (влажность), но и состояние, в котором она находится. Классификация форм связи воды с веществом растительных материалов разработана академиком П. А. Ребиндером, она учитывает необходимое количество энергии, расходуемой на процесс обезвоживания. Основные формы связи воды с материалом следующие: химические, физико-химические и механические.

Механическая связь воды с материалом является наименее прочной и характеризуется неопределенностью количественных соотношений. Сюда относятся капиллярная влага и влага смачивания, обладающие свойствами обычной воды.

Контрольные вопросы и задания

1. Что называется уплотнением материалов? 2. Назовите основные способы уплотнения стебельных кормов. 3. Что такое «степень уплотнения» материала и как она определяется? 4. Как влияют на процесс уплотнения различные формы связи влаги с материалом?

Глава II

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА УПЛОТНЯЕМЫХ КОРМОВ

Объемные структурно-механические свойства

Исходные свойства материалов, особенно структурно-механические, оказывают решающее влияние на выбор конструктивных параметров оборудования. По виду приложения усилий или напряжений к перерабатываемому материалу эти свойства делят на три группы: объемные, поверхностные и сдвиговые.

Объемные свойства определяют поведение объема тела при воздействии на него нормальных напряжений в замкнутой форме или между двумя пластинами. К их числу относятся плотность, порозность, пористость и др.

Плотность — это количество вещества, заключенное в единице объема ($\text{кг}/\text{м}^3$). Из всех известных методов экспериментального определения плотности наиболее простым является пикнометрический. При этом плотность $\rho_{с.в}$ сухого вещества кормов определяется по формуле

$$\rho_{с.в} = \rho_{ж} G_2 / (G_1 + G_2 + G_3), \quad (6.3)$$

где $\rho_{ж}$ — плотность жидкости, заполняющей пикнометр (до риски), $\text{кг}/\text{м}^3$ (для гидрофильных материалов во избежание набухания следует применять жидкость бензольного ряда — ксилол, чистый бензин); G_1 — масса пикнометра, заполненного жидкостью, кг; G_2 — масса образца, кг; G_3 — масса пикнометра с образцом и жидкостью, налитой до риски, кг.

Пикнометрическая плотность сухого вещества (при удаленном воздухе) сечки из злаковых трав и полнорационных брикетов колеблется в пределах 1350...1400 $\text{кг}/\text{м}^3$, соломы и комбикормов — 1400...1440 $\text{кг}/\text{м}^3$.

Ранее было указано, что при сушке из материала удаляется только свободная вода, а связанная (адсорбционная) остается, поэтому пикнометрическая плотность характеризует не абсолютно сухое вещество, а вещество, включающее в себя и связанную воду.

При прессовании кормов происходит увеличение плотности по исходной ρ_0 (плотность укладки) до конечной $\rho_{кон}$, которая в производственных условиях всегда меньше пикнометрической плотности $\rho_{с.в.}$, так как часть аклюдированного воздуха остается в гранулах или брикетах.

Если плотность полнорационной смеси 90...95 кг/м³, а установленная плотность приборов 600...900 кг/м³, то в процессе брикетирования происходит уплотнение с уменьшением объема в 6,7...8,4 раза, а при гранулировании травяной муки — в 5,6...6 раз.

Слой зернистого материала занимает больший объем, чем сплошной кусок твердого тела, из которого получены частицы. Это вызвано появлением в слое свободных пространств между зернами. Отношение суммарного объема V_0 пространств между зернами к полному объему V слоя называется порозностью и обозначается через Π_0 :

$$\Pi_0 = V_0/V = 1 - (V_3/V), \quad (6.4)$$

где V_3 — объем частиц твердого тела в слое, м³.

Реальные сыпучие тела состоят не из однородных зерен, а представляют собой сложную смесь из разных по размерам частиц, имеющих внутренние микро- и макрокапилляры, а также трещины и щели, заполненные воздухом. По отношению к отдельному монолиту свойство, аналогичное порозности зернового слоя, называется пористостью и определяется по формуле

$$\Pi'_0 = V'_0/V = 1 - (V'_3/V'), \quad (6.5)$$

где V'_0 — объем свободных пространств внутри монолита; V' — общий объем монолита; V'_3 — объем твердого вещества, заключенного в монолите.

Пористость тесно связана с плотностью сыпучего материала, линейно уменьшается по мере увеличения плотности. Для брикетов обычной плотности ($\rho = 600...800$ кг/м³) пористость составляет 45...60 %. Пористость сечки, измельченной соломы, рассыпной травяной муки составляет 80...85 % при плотности их 200...250 кг/м³.

Поверхностные свойства

Поверхностные свойства характеризуют поведение поверхности тела на границе раздела с другим твердым материалом при воздействии нормальных (адгезия) и касательных

(внешнее трение) напряжений. Эти свойства выражаются различными видами трения — внешнего и внутреннего.

Прессование кормов в камере непосредственно связано с перемещением частиц под влиянием действующих внешних сил и преодолением сил трения.

В момент начала движения материала (его сдвига) возникает трение (трение в покое), величина которого характеризуется статическим коэффициентом трения (f_c), а при движении — динамическим (f_d), или трением в движении.

Величина коэффициентов трения в покое и движении частиц материала зависит в основном от количества контактируемых точек, связности, продолжительности контакта частиц с поверхностью соприкосновения, вида поверхностной влаги и др.

В начальный период движения частиц с малыми скоростями большое влияние на величину трения оказывают вязкие деформации, при которых частицы, сжимаясь и сгибаясь, способствуют образованию неровностей поверхности сдвига. Повышение скорости перемещения частиц снижает влияние вязких деформаций, и сила трения в этом случае зависит от соотношения между приростом количества частиц, сталкивающихся в единицу времени, и прочностью сцепления каждой из них. При этом число частиц, сталкивающихся в единицу времени, возрастает, однако прочность их сцепления вследствие ничтожно малого времени соприкосновения уменьшается, суммарная сила и коэффициент трения снижаются.

В. Ф. Некрашевичем установлено, что при увеличении давления от 6 до 30 МПа статический коэффициент трения уменьшается примерно в пять раз в результате выжимания воды из материала к ограждающим стенкам. На стенках канала пресса вода действует как смазка, и адгезионные силы, проявляющиеся при малых давлениях, уже не играют заметной роли. При увеличении влажности травяной муки от 5 до 20 % (при температуре 378 К) коэффициенты трения уменьшаются примерно в два раза. С увеличением температуры прессуемого материала с 293 до 373 К коэффициенты трения уменьшаются в 2,5...5 раз.

Коэффициенты трения стебельных кормов имеют минимальные значения при давлении свыше 25 МПа, влажности 18 %, температуры свыше 373 К и скорости перемещения более 0,3 м/с.

Реологические свойства и моделирование этих свойств

При уплотнении материалов протекают процессы деформации, возникающие в частицах, из которых формируется твердое тело (монолит).

Внутренний механизм деформационных процессов дисперсных

систем, в том числе и вязкопластичных материалов, изучает реология — наука о деформации и течении различных тел.

Известны три реологических модели идеализированных свойств реальных материалов: модель идеально упругого тела (тело Гука), изображаемая в виде пружины; модель идеально пластического тела (тело Сен-Венана), изображаемая в виде пары скольжения, и модель идеально вязкого тела (тело Ньютона), изображаемая в виде цилиндра с вязкой жидкостью, в котором перемещается поршень с калиброванными отверстиями в его дне. Соединяя последовательно или параллельно элементы, имитирующие разные свойства, можно получить модели многих весьма сложных тел и проследить за протеканием в них деформационных процессов.

Так, в результате исследования процесса гранулирования травяной муки прессованием установлено, что в ходе уплотнения можно отметить три этапа. На первом из системы вытесняется воздух, деформация муки происходит при ничтожно малых нагрузках. После снятия нагрузки деформации не снимаются. Второй этап характеризуется интенсивным развитием упругопластических деформаций и быстрым увеличением давления прессования. На третьем этапе сжимается уже сформированный монолит, в котором преобладают упругие деформации при резко возрастающем давлении. После снятия нагрузки деформации снимаются с некоторым запаздыванием во времени, что связано с наличием упругого последействия.

Для описания процессов гранулирования травяной муки Г. Я. Фарбман предложил трехзвенную реологическую модель (рис. 6.1), в которой первый этап прессования моделируется пружиной E_1 малой жесткости (тело Гука) с защелкой на конце, второй этап — звеном, состоящим из соединенных параллельно тел Ньютона (η_1) и Сен-Венана (G_T). Первое и второе звенья вместе составляют упруговязкопластическое тело Бингама. Деформации в таком теле после снятия нагрузки не исчезают, и в нем сохраняются остаточные напряжения. Третий этап моделируется звеном (тело Кельвина), состоящим из соединенных параллельно тел Ньютона (η_2) и Гука (E_2).

Представленная модель позволяет рассмотреть весь процесс сжатия материала, суммарная деформация которого составит

$$\varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3. \quad (6.6)$$

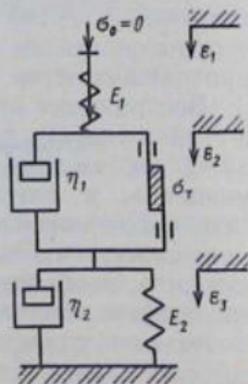


Рис. 6.1. Схема реологической модели процесса прессования травяной муки (по Г. Я. Фарбману).

При уплотнении в материале накапливается потенциальная энергия упругих деформаций, поэтому после снятия давления происходит упругое расширение, преимущественно в направлении прилагавшегося давления.

Отношение объема V_p материала после полного расширения к его объему V_d под давлением называется коэффициентом упругого расширения и обозначается через $k_{y.p}$:

$$k_{y.p} = V_p/V_d. \quad (6.7)$$

Для грубостебельных кормов при однократном сжатии $k_{y.p} = 2...2,5$, при этом монолиты получают непрочными, имеют поперечные трещины и разваливаются. Монолиты получают прочными, если они находятся в канале пресса в течение времени, достаточного для завершения релаксации. В этом случае коэффициент $k_{y.p}$ составляет 1,1...1,15.

При изучении реологических свойств прессуемого материала рассматривают следующие основные показатели.

Напряжение — это мера внутренних сил, возникающих в твердом или твердообразном теле под действием приложенных к нему внешних воздействий (сил, температуры и др.).

В толще сыпучего материала под влиянием массы лежащих выше слоев, а также приложенной внешней силы возникают нормальные напряжения сжатия σ и среза τ , или касательные. При прессовании материала вдоль оси канала действует осевое усилие P_0 прессования, которое на единицу площади S_k поперечного сечения канала оказывает осевое давление $p = P_0/S_k$ (Па).

Деформация — это относительное смещение частиц, при котором не нарушается непрерывность самого тела, т. е. сплошность среды. Способность деформироваться под действием внешних сил — основное свойство всех реальных тел.

Деформация сопровождается возникновением внутренних сил взаимодействия между частицами тела. Мерой интенсивности внутренних сил упругости является напряжение. Напряженное состояние в любой произвольно выбранной точке тела определяется напряжением в трех взаимно перпендикулярных плоскостях, проходящих через эту точку.

Всестороннее неравномерное сжатие осуществляется так, что в стадии упругих деформаций за счет наличия пор и пустот между частицами происходит поперечное удлинение любого элемента монолита, в результате возникают касательные напряжения сдвига. Напряжение сдвига равно отношению силы, действующей в плоскости сдвига, к площади поверхности сдвига. Минимальная сила, необходимая для осуществления сдвига, определяется предельным напряжением τ_0 сдвига (предел текучести).

Вязкость материала — это отношение напряжения сдвига к скорости сдвига. Вязкость является мерой сопротивления сдвигу.

возникающему при вязкопластическом течении, и оценивается динамическим коэффициентом вязкости

$$\eta = \tau / (dv/dy),$$

где dv/dy — градиент скорости.

Релаксацией называется процесс постепенного уменьшения (рассасывания) действующих напряжений до нуля или до какой-нибудь величины при неизменяющейся во времени деформации. В. И. Особов показал, что процесс релаксации клеверо-тимофеечного сена можно условно разделить на две стадии: первую, когда снижение напряжений происходит быстро, и вторую, когда напряжения затухают медленно. Подразделение на стадии имеет практическое значение при организации рабочего процесса прессы, в каналах которого материал может находиться ограниченное время. По данным И. А. Долгова, различие в кривых релаксации разных сеносоломистых материалов незначительно и снижение напряжений составляет 33...37 % от P_{\max} .

Ползучесть — свойство, противоположное релаксации, т. е. постепенное нарастание во времени суммарной деформации при сохранении постоянного напряжения.

Более полное представление о развитии деформаций во времени дают кривые кинетики $\varepsilon = f(t)$, полученные при напряжениях, превышающих предел текучести ($\tau > \tau_T$) при нагрузке, и продолжающиеся после ее снятия. Наблюдения показывают, чем меньше начальная плотность материала, тем больше проявляются явления ползучести.

Контрольные вопросы и задания

1. Что принимается под плотностью материала? Назовите методы его определения. 2. Что выражает понятие «пористость», по какой формуле ее можно вычислить? 3. Поясните методику экспериментального определения коэффициентов трения сыпучих материалов. 4. Назовите основные реологические модели свойств материалов. 5. В чем заключается трехзвенная реологическая модель травяной муки (по Г. Я. Фарбману)? 6. Что называется релаксацией и ползучестью материала? 7. Назовите основные реологические константы.

Глава III

РАБОЧИЙ ПРОЦЕСС ГРАНУЛЯТОРОВ И БРИКЕТИРОВЩИКОВ КОРМОВ

Технологические операции в процессе уплотнения кормов прессованием

Технологический процесс уплотнения кормов сухим способом состоит из следующих основных последовательно осуществляемых операций: кондиционирования сырья, подачи материала в пресс и распределения его по рабочей поверхности матрицы, прессования материала и охлаждения готовых монолитов.

Кондиционирование исходных сыпучих материалов производится с целью направленного изменения их структурно-механических свойств (плотность, вязкость и др.) и физического состояния (влажность, температура) путем воздействия на частицы водой и теплом, а также введения связующих веществ (меласса, жиры и др.), повышающих прочность гранул или брикетов. При этом кондиционирование как обязательную операцию, связанную с уплотнением, не следует отождествлять с операцией смешивания, которая нередко проводится перед уплотнением с целью обогащения рациона питательными веществами.

Подача подготовленного материала на прессование и распределение его по рабочей поверхности матрицы является важнейшей технологической операцией. Равномерность доз подаваемого материала предопределяет и равномерное распределение его под прессующие вальцы и по рабочей поверхности матрицы. Применяют два способа подачи материала в пресс: самотечный и принудительный.

Самотечный способ наиболее распространен при гранулировании сыпучего сырья и представляет собой свободное истечение материала из смесителя — кондиционера в приемное устройство. Приемное и распределительное устройство состоит из приемника конической или цилиндрической формы и распределительных направляющих лопаток. Такой способ подачи и распределения материала между вальцами и по рабочей поверхности матрицы носит случайный характер и зависит от множества факторов. Принудительный способ обеспечивает наиболее равномерное распределение материала при прессовании за счет индивидуальной его доставки к каждой прессующей паре шнековыми питателями. Этот способ требует усложнения конструкции пресса и применяется на брикетировщиках повышенной производительности.

Прессование, будучи основной операцией в процессе, производится с целью получения из рассыпных материалов монолитов необходимой плотности и прочности путем формирования их в закрытой или открытой камере (канале) прессования под воздействием приложенного усилия.

Охлаждение готовых монолитов после выхода из пресса производится для того, чтобы привести их в тепловое равновесие с окружающей средой и снять внутренние остаточные напряжения. При этом влажность несколько понижается (на 1,5...3%) и становится равновесной, что обеспечивает прочность. Температура гранул и брикетов должна превышать температуру окружающей среды более чем на 8...10 К.

Кондиционирование кормового сырья

Основным назначением кондиционирования является повышение пластичности прессуемого материала посредством воды или пара. Необходимым условием выполнения процесса кондиционирования является создание взвешенного состояния обрабатываемого материала и распыленного до туманообразного состояния пластификатора, который осаждается на частицах, обволакивая тонким слоем их поверхность. Наиболее активно протекает процесс при повышенной температуре, когда пластификатор вводится в материал в виде пара.

Время контакта частиц с влагой определяет форму связи и является одним из главных факторов в процессе образования гранул. Для наилучшего протекания процесса прессования необходимо, чтобы время контакта было бы меньше времени капиллярной конденсации влаги и набухания частиц. Время капиллярной конденсации определяется физико-механическими свойствами травяной муки (способностью ее к влагопоглощению и др.), а также физическим состоянием воды и ее температурой.

Физическое состояние воды (сплошная струя, туманообразное состояние, пар) определяет равномерность увлажнения частиц, а температура кондиционирования — скорость протекания физических процессов (пластификации, перемещения влаги и заполнения ее ультра- и микропор, набухания частиц и др.). С повышением температуры снижается плотность воды, проникающая способность ее возрастает и время капиллярной конденсации уменьшается.

Время контакта частиц с влагой складывается (применительно к существующим грануляторам и брикетировщикам) из времени нахождения травяной муки в смесителе и времени перемещения ее по лотку в прессующий узел. Для получения качественных гранул и снижения затрат энергии на прессование время контакта влаги с частицами травяной муки должно быть минимальным.

Исследования по вопросам кондиционирования кормов выполнялись под руководством профессора С. В. Мельникова и В. Ф. Некрашевича.

Известны следующие способы кондиционирования кормов (рис. 6.2): водой (холодной или горячей), сухим паром, введением связующих веществ и комбинированным способом с электронагревом. В зависимости от принятого способа конструктивные схемы кондиционеров будут различными. Основное технологическое требование, предъявляемое к системе кондиционирования, — способствовать возникновению или усилить действие сил сцепления между частицами материала. Частица, попавшая в кондиционер-смеситель, за минимальный промежуток времени

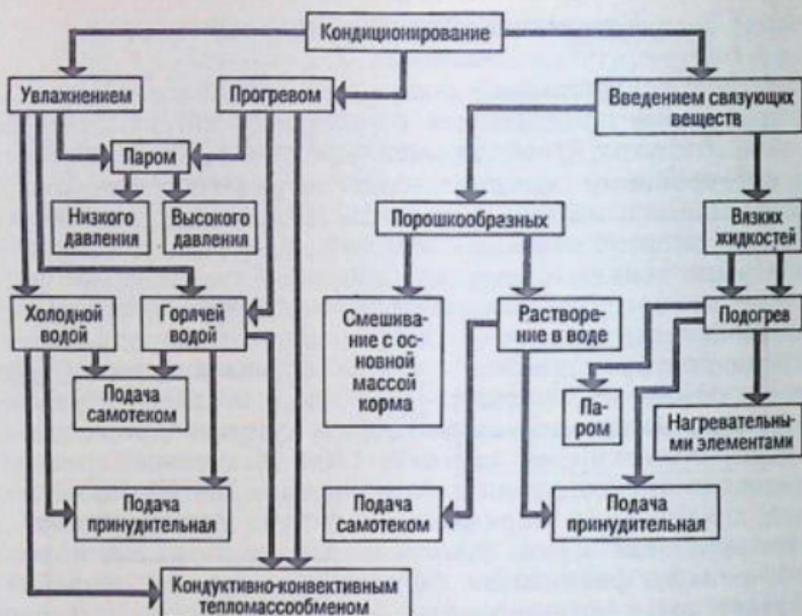


Рис. 6.2. Классификация способов кондиционирования кормов перед гранулированием и брикетированием (по М. В. Орешкиной и В. Ф. Некрашевичу).

должна быть покрыта снаружи молекулами воды или связующих веществ. Проникновение воды внутрь частиц (адсорбция) нежелательно, так как при набухании их труднее прессовать.

Для кондиционирования водой или паром применяют быстроходные лопастные смесители, схемы которых приведены на рисунке 6.3. Основное отличие одного смесителя от другого — расположение патрубков для подвода пара, мелассы и воды к обрабатываемому материалу. При этом достигается эффект наилучшего контакта пластификатора с частицами материала в процессе работы быстроходного смесителя.

Основным способом кондиционирования кормов перед прессованием является увлажнение водой или паром с последующим нагреванием их и тщательным перемешиванием.

Применение пара позволяет повысить производительность процессов и получать монолиты большей прочности. Однако для производства сухого пара давлением до 0,5 МПа требуется иметь специализированную котельную и штат дипломированных кочегаров. В силу этого пар для кондиционирования применяется лишь на предприятиях комбикормовой промышленности и крупных кормобрикетных заводах промышленных комплексов.

На фермах с ограниченным объемом производства уплотненных кормов кондиционирование ведут водой.

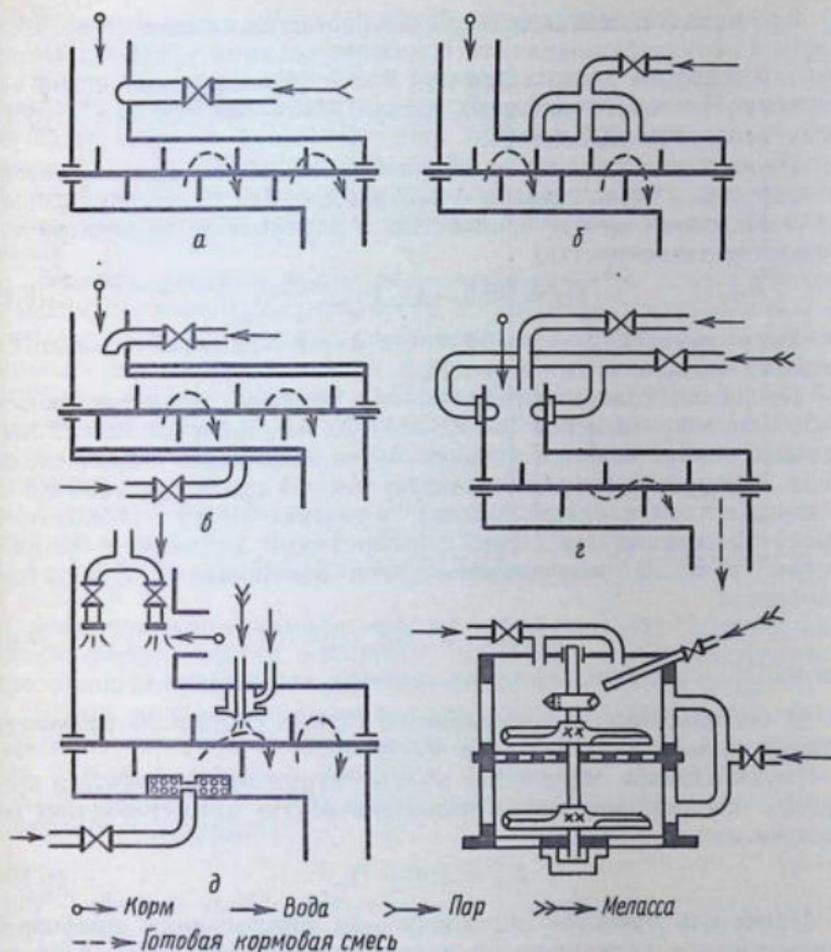


Рис. 6.3. Конструктивно-технологические схемы кондиционеров-смесителей кормов прессовального оборудования:

а — ОГМ-0,8А; б — ОГМ-1,5А; в — Д-63 (ГДР); г — ДПБ (ГДР); д — «Орбит» (Англия).

По данным Ю. П. Гурова, давление впрыска воды в материал через форсунки с выходным отверстием диаметром 1...1,2 мм должно быть не менее 300...600 кПа.

Роль технологических факторов в процессе уплотнения

В процессе формирования гранул и брикетов действует большое количество факторов, которые влияют на его качественные и энергетические показатели. Рассмотрим некоторые из них.

Крупность частиц исходных материалов сказывается на плотности и прочности монолитов. Наиболее плотная упаковка частиц при прессовании достигается при более тонком измельчении материала. Плотность кормовых гранул достигает 900...1300 кг/м³, брикетов — 600...900 кг/м³.

Прочность монолитов в механическом отношении оцениваем их качество и тесно связана с плотностью. По Ю. В. Подкозьину, зависимость между прочностью и плотностью монолитов выражается зависимостью

$$P_p = 98,5 - 44 \cdot 10^3 e^{-0,011\rho}. \quad (6.8)$$

Уменьшение плотности брикетов ниже 800 кг/м³ приводит к резкому снижению их прочности.

Прочность гранул определяют на приборе, представляющем собой коробку размером 300×300×125 мм, которая может вращаться вокруг оси, проходящей через диагональ параллелепипеда. В коробку загружают навеску чистых гранул массой 0,5 кг и вращают ее с частотой 50 мин⁻¹ в течение 10 мин. После этого массу просеивают через сито с отверстиями диаметром 0,8 диаметра гранул и полученный остаток взвешивают. Показатель прочности

$$P_p = (M_{np}/M_{гр})10^2, \quad (6.9)$$

где M_{np} , $M_{гр}$ — масса гранул после просеивания и до испытания, кг.

В соответствии с требованиями ГОСТ 23513—79 прочность гранул должна быть не менее 80...95 %.

Относительное содержание массы разрушенных гранул в процентах представляет собой технологическую характеристику их крошимости

$$k_{кр} = 100 - P_p. \quad (6.10)$$

Прочность брикетов определяют на аналогичном приборе с увеличенными размерами параллелепипеда (300×300×450) по приведенной выше методике.

Влажность материала определяет качество монолитов и энергоемкость процесса прессования. Профессором В. Ф. Некрашевичем установлено, что зона оптимальных технологических режимов лежит в пределах влажности стебельных кормов 14...18%. При увлажнении материала свыше 18 % уменьшаются плотность и прочность гранул, так как вода, находящаяся между частицами корма в процессе его сжатия, мешает сближению частиц и оказывает расклинивающее действие. Это приводит к росту энергоемкости процесса прессования и снижению качества гранул.

Смачивающая способность воды зависит от ее вязкости, которая изменяется с повышением температуры. По Ю. Ф. Баранову, эта зависимость представляется как $\eta_n = 0,1905T^{-0,95}$.

Вязкость воды при комнатной температуре составляет $\eta_n = 0,001 \text{ Па}\cdot\text{с}$.

В процессе прессования происходит нагрев матрицы и материала за счет работы сил трения. Это способствует уменьшению вязкости воды, в результате чего уплотняемый материал становится более пластичным и легче поддается деформации. Кроме того, образуемая в зазоре между поверхностью гранул и прессовального канала паровая рубашка снижает усилия проталкивания.

Теплофизические свойства — коэффициенты теплопроводности λ и температуропроводности a , удельная теплоемкость c — также влияют на процесс прессования и в значительной степени меняют свои характеристики в зависимости от влажности, температуры и приложенного давления. Исследованиями Ю. Ф. Баранова и Н. В. Хилкова установлено, что коэффициент теплопроводности травяной муки λ составляет $(6...7) 10^{-2} \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$, а температуропроводность a — $(19...20) 10^{-2} \text{ м}^2/\text{с}$.

Удельная теплоемкость c с увеличением влажности и температуры возрастает с $(17...18) 10^{-2} \text{ Дж/кг}\cdot\text{град}$ при $B = 17\%$ и $T = 293 \text{ К}$ до $(21...22) 10^{-2} \text{ Дж/кг}\cdot\text{град}$ при $B = 22\%$ и $T = 373 \text{ К}$.

Конструктивно-технологические параметры обусловлены временем формирования монолита, скоростью его перемещения в прессовальном канале, частотой вращения матрицы и др.

Время, необходимое для формирования прочных гранул, складывается из времени пребывания порции материала в зоне сжатия между вальцом и матрицей и временем пребывания ее в канале прессования. Это время определяет также и пропускную способность матрицы

$$q = S_0 L \rho z_0 \beta / t_{\text{обр}}, \quad (6.11)$$

где q — секундная производительность, или подача, кг/с; S_0 — площадь поперечного сечения канала, м^2 ; L — длина канала, м; ρ — плотность монолита, кг/м^3 ; z_0 — число каналов в матрице; β — коэффициент использования живого сечения матрицы; $t_{\text{обр}}$ — время обработки, т. е. пребывания единичной порции (слоя) материала в канале прессования, с.

Пропускная способность матрицы прямо пропорциональна площади поперечного сечения канала, плотности получаемых монолитов и числу каналов в матрице и обратно пропорциональна времени пребывания монолита в канале, или времени обработки.

Средняя скорость продвижения монолита определяется отношением длины канала к времени обработки слоя, то есть $L/t_{\text{обр}}$. При $t_{\text{обр}}$ (по данным Г. Я. Фарбмана), равном 12...16 с, скорость продвижения гранулы зависит от длины канала и частоты вращения матрицы. По Ю. В. Подкозьину, минимальную и максимальную частоту вращения матрицы можно определить по формулам

$$n_{\min} = \sqrt{q/(R_{\text{вн}} \sin\varphi)/2\pi}, \quad (6.12)$$

$$n_{\max} = \sqrt{\sigma/(bR_{\text{вн}}d\rho)/2\pi},$$

где q — ускорение силы тяжести, м/с^2 ; $R_{\text{вн}}$ — радиус матрицы, м ; φ — угол трения, рад; σ — допускаемые напряжения разрыва (для гранул из травяной муки $\sigma = 1300 \dots 1700$ Па); $R_{\text{вн}}$ — наружный радиус матрицы, м ; b — отношение длины монолита к его диаметру (для гранул $b = 1,5 \dots 2$); d — диаметр гранулы, м .

Минимальная частота вращения матрицы обусловлена условиями захвата материала и бесперебойной подачей его к рабочим органам, а максимальная ограничивается прочностью горячих монолитов, выходящих из канала.

Контрольные вопросы и задания

1. Перечислите основные этапы технологического процесса прессования. 2. В чем состоит назначение процесса кондиционирования материала и его физическая сущность? 3. Назовите способы подачи материала в камеру прессования. 4. Перечислите способы кондиционирования материала. 5. Назовите оптимальную величину давления распыления воды при кондиционировании материала. 6. Чему равна прочность брикетов, если плотность их составляет 750 кг/м^3 ? 7. Назовите методику определения прочности гранул и брикетов. 8. Назовите физическую сущность коэффициента крошимости гранул. 9. Что является причиной нагрева матрицы в процессе ее работы и какова ее рабочая температура? 10. От чего зависит пропускная способность матрицы? 11. Каково время нахождения слоя материала в канале матрицы?

Глава IV

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ УПЛОТНЕНИЯ КОРМОВ ПРЕССОВАНИЕМ

Оборудование для гранулирования

В зависимости от типа рабочих органов пресс-грануляторы делятся на формующие (поршневые, штемпельные), прокатывающие (вальцовые), выдавливающие (экструдеры). Классификация прессов для гранулирования сухим способом разработана Г. Я. Фарбманом. В настоящее время наибольшее распространение получили вальцовые прессы с кольцевой матрицей. Отечественная промышленность выпускает оборудование ОГМ-0,8А; ОГМ-0,8Б; ОГМ-1,5А; ОГК-3, сходное по конструкции, но отличающееся размерами.

Рассмотрим устройство и работу оборудования ОГМ-0,8Б, предназначенного для приготовления гранул из травяной муки.

Схема технологического процесса оборудования ОГМ-0,8Б представлена на рисунке 6.4. Травяная мука из агрегата АВМ-0,65Р 18 поступает через заборник 1 в бункер дозатора 2. Ворошилка 3 равномерно подает муку в дозатор, который регулирует ее поступление в смеситель 7 путем изменения частоты вращения шнека 6. По выходе из дозатора мука увлажняется водой, поступающей из емкости 4 с помощью насоса 5 через систему ввода и распылитель. Вместе с водой могут вводиться

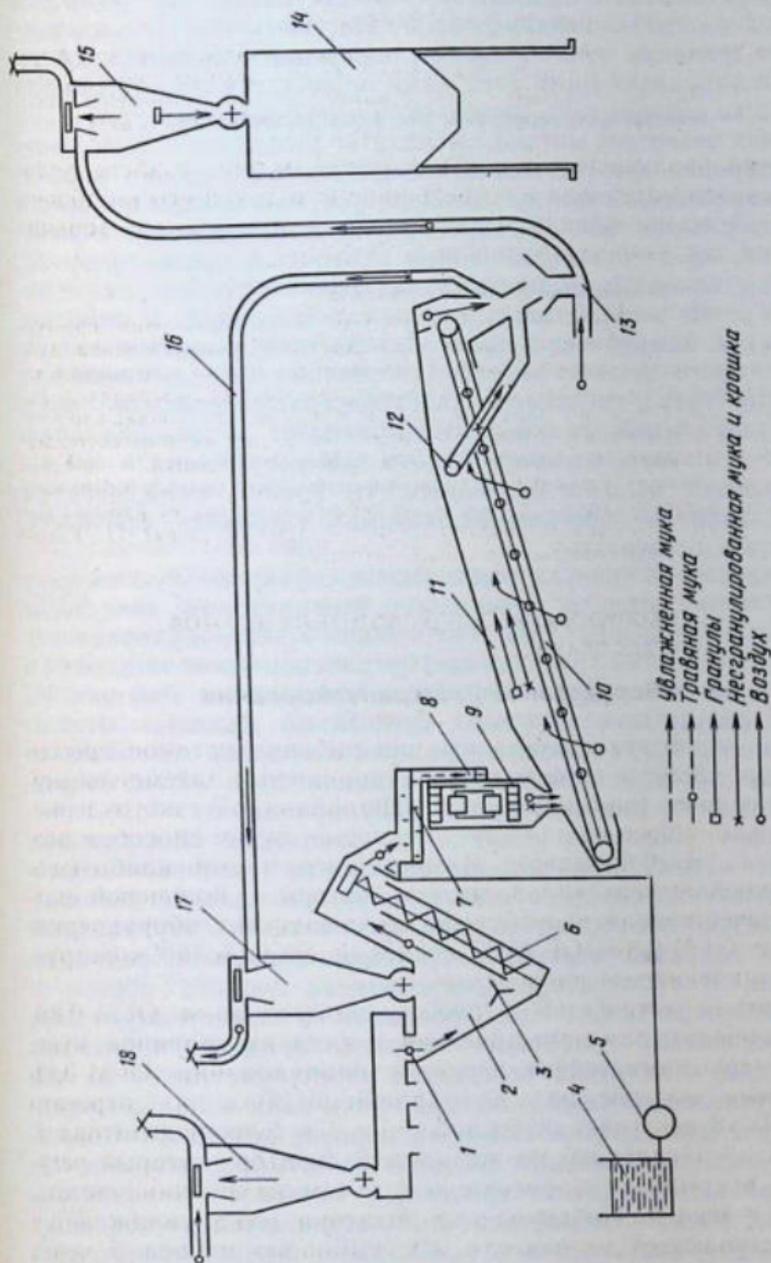


Рис. 6.4. Схема технологического процесса получения гранул на оборудовании ОГМ-0,8Б:
 1 — заборник, 2 — бункер-дозатор; 3 — воронилка; 4 — емкость; 5 — насос; 6 — шнек; 7 — смеситель-кондиционер; 8 — приемник прес-
 са; 9 — матрица; 10 — транспортер; 11 — оладитель; 12, 16 — оладитель; 12, 16 — отборщик гранул; 13 — сортировочная колонка; 14 — бункер временного
 наполнения; 15, 17, 18 — циклоны.

антиоксиданты и связующие вещества. Равномерность увлажнения и однородность смешивания обеспечивает быстроходный лопастной смеситель-кондиционер 7. Из смесителя кондиционированная травяная мука самотеком поступает в приемник пресса 8, откуда направляющими лопатками подводится на внутреннюю поверхность матрицы 9. Выдавленные прессующими вальцами из рабочих отверстий матрицы монолиты (столбики) спрессованного материала встречаются с неподвижными ножами и обламываются, образуя гранулы. Температура выходящих из пресса гранул составляет 350...380 К. Гранулы направляются в охладитель 11, представляющий собой ленточный транспортер 10, сверху и с боков закрытый кожухом. Транспортерная лента состоит из сетки, которая загружается слоем гранул, а через нее и гранулы с нижней части транспортера просасывается воздух, поток которого создает вентилятор циклона 17. Одновременно воздушный поток отсасывает часть несгранулированной муки. Несгранулированная травяная мука оседает в циклоне и направляется в дозатор для повторного гранулирования.

В процессе охлаждения влажность гранул снижается на 1,5...2 %, гранулы обретают необходимые твердость, прочность, влажность и температуру.

Из охладителя гранулы выводятся в сортировочную колонку 13, где в потоке воздуха, создаваемом вентилятором, происходит отделение кондиционных гранул от крошки и несгранулированной муки. Кондиционные гранулы пневмотранспортером подаются в бункер временного накопления 14 или отбираются в мешки. Из бункера гранулы транспортными средствами россыпью отвозят в хранилища. Несгранулированная мука и крошка отсасываются воздушным потоком, создаваемым вентилятором 17, и направляются в дозатор для повторного гранулирования.

Основная сборочная единица в комплекте оборудования ОГМ-0,8Б — гранулятор, который состоит из шнекового дозатора, лопастного смесителя, пресса и редуктора привода дозатора. Пресс гранулятора состоит из узла прессования с вертикальной кольцевой матрицей и двумя пассивными вальцами, редуктора и привода. В грануляторе предусмотрена защита пресса от чрезмерных перегрузок. При попадании в прессующую пару (матрицу и валец) постороннего твердого предмета происходит заклинивание и нагрузка передается через крестовину на вал вальца. Противоположный шлицевой конец вала вальцов закреплен фланцем через срезные штифты к корпусу редуктора. Возросшая нагрузка, передаваемая фланцем на штифты, вызывает их срез, и вал вальцов может вращаться вместе с матрицей как одно целое. Установленный конечный выключатель отсоединяет от сети электродвигатель и останавливает пресс, предохраняя его от поломки.

Между рабочими поверхностями вальцов и матрицы выдерживается зазор 0,3...0,5 мм, который устанавливают развалом вальцов с помощью специальных рычагов и болтов на передней плите прессующего узла.

Оборудование для брикетирования

Несмотря на общность законов уплотнения кормов и единую конструктивную схему, брикетировочные прессы составляют самостоятельную группу машин, отличающуюся от прессов-грануляторов. Эти отличия обусловлены разнообразием свойств уплотняемых кормов, широкой их номенклатурой и различиями в требованиях, предъявляемых к брикетам и гранулам. В частности, необходимость иметь брикеты разной плотности привела к созданию регулируемых каналов прессования, у которых может изменяться площадь поперечного сечения или длина канала. Брикеты, предназначенные для крупного рогатого скота (в состав входят грубые корма), имеют размеры, во много раз превосходящие размеры гранул. Брикетные прессы по конструкции могут быть штемпельные и вальцовые с кольцевой матрицей выдавливающего типа.

Пресс брикетный четырехштемпельный ПБС-3 конструкции ВИМ состоит из рамы, приемной камеры, брикетирующего узла, камеры прессования, увлажнителя-кондиционера и электрооборудования. Брикетирующий узел состоит из двух параллельно работающих кривошипно-шатунных механизмов и делительной камеры. Крейцкопф (ползун) каждого шатуна несет на себе по два штемпеля, формирующих брикеты цилиндрической формы. Производительность пресса — до 3 т/ч, мощность электродвигателя — 55 кВт. Прессы такого типа используют сравнительно редко.

Наибольшее распространение получили вальцовые прессы с неподвижной кольцевой матрицей и приводным водилом вальцов, работающие в составе комплектов оборудования ОПК-2А, ОПК-3, ОПК-5. Оборудование ОПК предназначено для приготовления брикетов из кормовых смесей, включающих сечку из высушенных на агрегатах АВМ трав, измельченную солому, комбикорма и балансирующие добавки, а также для приготовления гранул из травяной муки или комбикормов, получаемых от агрегатов типа ОЦК. Комплекты оборудования имеют единую технологическую схему и различаются между собой производительностью и размерами основных сборочных единиц. В качестве примера рассмотрим универсальный комплект оборудования ОПК-2А, предназначенный для получения гранул и брикетов. Его модификация ОПК-2А-1 служит для гранулирования; ОПК-2А-1СК — для гранулирования комбикормов и получения

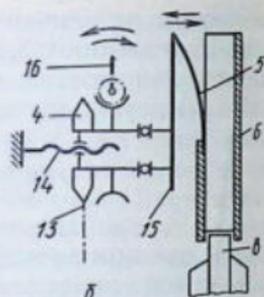
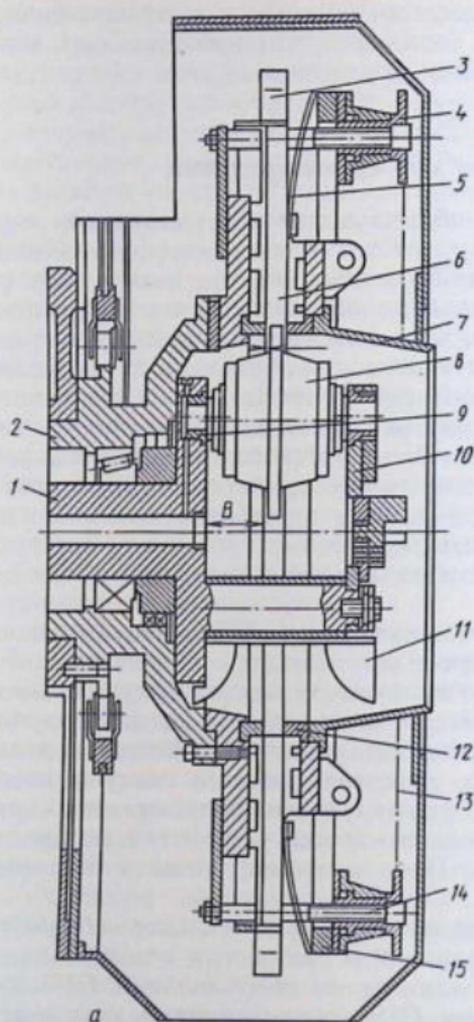


Рис. 6.5. Прессующий узел брикетировщика (а) и схема прижимного механизма (б):

1 — вал-водило; 2 — стакан; 3 — обламыватель брикетов; 4 — звездочка прижимного механизма; 5 — пружина; 6 — сегмент; 7 — приемник; 8 — валец для брикетирования; 9 — уплотнительное кольцо; 10 — плита; 11 — блок лопаток; 12 — кольцо; 13 — цепь; 14 — ходовой винт; 15 — диск; 16 — червячная пара.

крупки для кормления птицы; ОПК-2А-2 — для брикетирования кормов.

Оборудование ОПК-2А состоит из пресса и целого ряда узлов, объединенных в системы: питания, смешивания, накопления корма и его дозирования, кондиционирования, сепарирования зерновых кормов, охлаждения гранул и брикетов.

Основной рабочий орган — пресс, который состоит из редуктора, сменных прессующих узлов, подъемника для смены матрицы и электродвигателя, установленного на общей плите с редуктором. Прессующий узел состоит из сборной неподвижной матрицы

с механизмом для регулирования длины прессующих каналов и двух вальцов, смонтированных на фланце вала-водила (рис. 6.5, а).

Матрица для брикетирования состоит из 44 отдельных сегментов, закрепленных между собой двумя дисками. В собранном виде сегменты образуют прессующие каналы, у которых три стенки имеют постоянную длину, а одна — переменную (рис. 6.5, б). Продолжением этой стенки служит пластинчатая пружина, позволяющая изменять рабочую длину канала и тем самым регулировать плотность получаемых брикетов. Прижим пластинчатых пружин к каналам осуществляется синхронно специальным механизмом, состоящим из четырех звездочек, роликовой цепи и червячного редуктора.

Технологическая схема ОПК-2А представлена на рисунке 6.6. (см. форзац). Проследим, как проходит рабочий процесс при брикетировании травяной сечки, поступающей от агрегата АВМ, брикетировании кормовых смесей, гранулировании травяной муки и комбикормов.

При брикетировании травяная сечка засасывается из агрегата АВМ по пневмопроводу в циклон 15 через заборник 11. Из циклона сечка поступает на транспортер-дозатор 13, далее — в смеситель 3, питатель 4 и прессующий узел 5. Одновременно для кондиционирования из бака 12 в смеситель вводится пластификатор. Полученные брикеты перемещаются горизонтальным 6 и наклонным 7 транспортерами в охладитель 8. После охлаждения брикеты направляются на хранение и неспрессованная сечка и крошка из охладителя засасывается вентилятором 18 в циклон 17 и отправляется на повторное прессование. При брикетировании кормовых смесей из травяной сечки, соломы, комбикормов и добавок соломенную резку вводят через делитель 10 и распределитель 14 в поток травяной сечки. Компоненты перемешиваются в трубопроводе, циклоне 15 и далее подаются транспортером 13 в смеситель 3.

Одновременно комбикорм от агрегата ОЦК шнеком 1 загружается в накопительный бункер 19, и из него дозатором 2 также направляется в смеситель 3, где все поступившие компоненты увлажняются и тщательно перемешиваются. Затем подготовленная смесь питателем 4 подается на прессование. Дальнейший путь брикетов из кормосмесей такой же, как и брикетов из травяной сечки.

Для брикетирования резки биологического урожая зерновых культур безобмолотным способом оборудование укомплектовано сепаратором зерна 10, где в воздушном потоке происходит разделение вороха на соломенную и зерновую часть. Соломенная резка через распределитель 14, циклон 15 дозатором 13 подается в смеситель. Зерно направляется в дробилку агрегата АМВ-1,5,

где оно измельчается, перемещается в бункер муки 19 и дозатором 2 вводится в смеситель 3. Здесь компоненты перемешиваются и увлажняются. Дальнейший процесс происходит по известной нам схеме.

При гранулировании травяной муки и комбикорма необходимо заменить прессующий узел для брикетирования (матрица и вальцы) на прессующий узел для гранулирования.

Травяную муку или комбикорм шнеком 1 загружают в накопительный бункер 19, дозатором 2 подают в смеситель, увлажняют и питателем 4 направляют в пресс.

Оборудование для производства амидоконцентратных добавок

Белковую недостаточность кормовых рационов для жвачных животных восполняют путем скармливания карбамида. Карбамид (мочевина) представляет собой белое кристаллическое вещество, которое само белка не содержит, но в результате гидролиза в рубце животного выделяет азот. Под действием микроорганизмов рубца этот азот синтезируется в бактериальный усваиваемый белок.

Однако простая добавка карбамида к кормам может быть токсичной вследствие быстрого его гидролиза и интенсивного образования аммиака. Поэтому карбамид на фермах применяют в весьма ограниченных дозах, и эффективность от такого использования оказывается невысокой.

Значительно повысить эффективность использования карбамида позволяет карбамидный концентрат; карбамид скармливают животным не в чистом виде, а в виде амидоконцентратной добавки (АКД), состоящей из комбикорма (70...75 %), карбамида (20...25 %) и бентонита натрия (5 %). Приготовленную из этих компонентов смесь тщательно смешивают и прессуют в шнековых прессах высокого давления — экструдерах. В экструдере под влиянием высокого давления (1,4...1,5 МПа) и температуры (400...430 К) происходят клейстеризация крахмала, плавление карбамида, абсорбция (поглощение) расплавленного карбамида бентонитом и диффузия расплава (молекулярное внедрение азота) в массу клейстеризованного крахмала. При этом частицы карбамида оказываются охваченными тонкой пленкой крахмала, и, попав в рубец животного, они гидролизуют не сразу, а постепенно, в течение 3...4 ч. Это повышает общую эффективность его использования и исключает возможность интенсивного хода образования аммиака и отравления животного.

Для получения АКД используют прессы-экструдеры ПЭК-125 × 8 и КМЗ-2.

Экструдер КМЗ-2 (рис. 6.7) состоит из следующих основных

Рис. 6.7. Схема устройства экструдера КМЗ-2:

1 — основание (рама); 2 — основной привод; 3 — бункер; 4 — питающий шнек-дозатор; 5 — приемная камера; 6 — нагнетающий шнек; 7 — сборный корпус; 8 — матрица; 9 — привод питающего шнека; 10 — термометр; 11 — электродвигатель постоянного тока; 12 — редуктор.

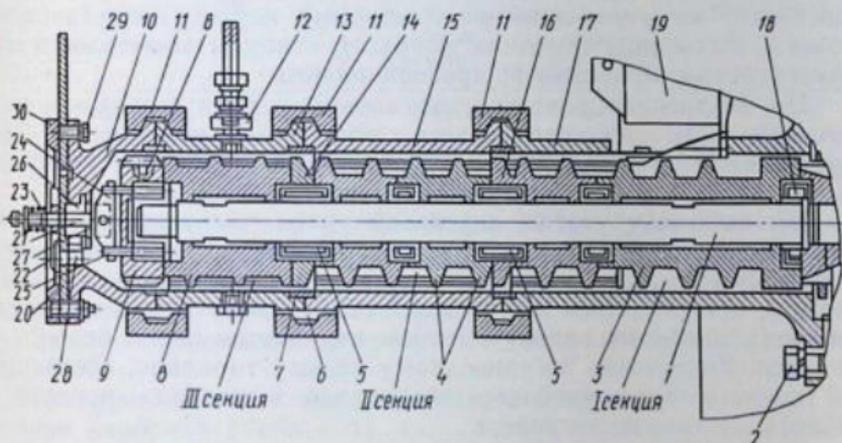
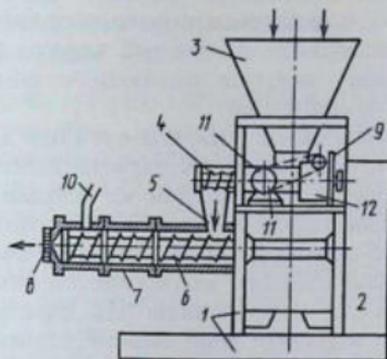


Рис. 6.8. Прессующий узел экструдера КМЗ-2:

1 — шпилька с левой резьбой; 2 — болты крепления цельного корпуса; 3 — шнек первой ступени (входной шнек); 4 — шнек второй ступени (средняя часть); 5 — шпонка для передачи вращения; 6 — шпонки-фиксаторы; 7 — сменные изнашиваемые кольца; 8 — шнек третьей ступени (выходная часть); 9 — гайка поджимная с левой резьбой и наружными пазами; 10 — носовой корпус; 11 — хомуты для соединения половины корпусов; 12 — термомпара; 13 — корпус разъемной наружный; 14, 16 — греющие шайбы; 15 — корпус разъемный (средняя часть); 17 — цельный корпус; 18 — шпонка соединительная; 19 — лоток; 20 — регулировочный диск (матрица) с рукояткой; 21 — приводной валик; 22 — отрезной нож; 23 — пружина; 24 — поводок; 25 — пальцы; 26 — бронзовая втулка; 27 — бронзовое кольцо; 28 — отверстия выхода готового концентрата; 29 — болт-фиксатор регулировочного диска; 30 — прижимной диск.

узлов: основания (рамы); основного привода; бункера; питающего шнека-дозатора; приемной камеры; нагнетающего шнека, помещенного в сборный корпус (цилиндр); матрицы с отрезным ножом; привода питающего шнека-дозатора; система управления и контроля.

Основным рабочим органом экструдера является прессующий узел, состоящий из нагнетательного шнека, сборного цилиндра и матрицы. Рассмотрим их устройство (рис. 6.8).

Основанием составного нагнетающего шнека является шпилька с левой резьбой, которая ввинчивается в вал привода, а с другой стороны поджимается гайкой 9 с наружными пазами для прохода концентрата. На шпильку монтируют шнек в следующем порядке: шнек первой ступени (входной шнек), шнек второй ступени (средняя часть), шнек третьей ступени (выходная часть), греющие шайбы. Передача вращения от основного вала привода сборному шнеку происходит с помощью шпонок.

Сборный шнек закрыт корпусами, состоящими из двух половин каждый, и цельным корпусом. Последний присоединяется болтами к несущему корпусу пресса-экструдера. Прямоугольное окно в корпусе служит для крепления лотка, через который смесь поступает из шнека-дозатора в сборный корпус нагнетающего шнека. Разъемные половины корпусов стянуты хомутами и зафиксированы шпонками от проворачивания.

На внутренних поверхностях корпусов предусмотрены продольные пазы для перемещения смеси вдоль оси шнека. Для уменьшения износа корпусов в местах над греющими шайбами установлены сменные изнашиваемые кольца (три штуки).

На выходном участке шнековой части расположен регулятор-гранулятор, состоящий из носового корпуса, регулировочного диска (матрицы) с рукояткой, приводного валика с отрезным ножом, прижимаемым к регулировочному диску пружиной. Вращение приводному валику с ножом передается через поводок и пальцы. Уплотнение по приводному валику торцевое, состоящее из сменных бронзовых деталей: втулки в носовом корпусе и кольца на приводном валике.

Выход АКД осуществляется по совмещенным отверстиям в носовом корпусе и регулировочном диске. Поворот регулировочного диска изменяет проходное сечение, тем самым регулируя температуру и давление. Регулировочный диск фиксируется в заданном положении болтом и прижимается к носовому корпусу диском. Термопара в корпусе служит для замера температуры в зоне прессования.

При эксплуатации экструдеров нельзя останавливать установку, заполненную массой, на длительное время. Масса в экструдере быстро охлаждается, затвердевает, и повторно пустить в работу экструдер без его разборки становится невозможным.

Накопители кормов.

Оборудование для хранения травяной муки в среде инертных газов

В качестве контролируемых элементов питания в травяной муке учитываются каротин, протеин и клетчатка. Содержание протеина и клетчатки при приготовлении и хранении ее в течение обычного срока меняется мало. Каротин же довольно быстро окисляется в результате контакта травяной муки с кислородом воздуха. Скорость его окисления зависит от совокупного влияния температуры, освещенности и влажности окружающей среды. При повышении температуры потери каротина возрастают. По данным С. Я. Зафрена, хранение травяной муки в течение 6...7 месяцев при температуре 278...278 К снизило содержание каротина на 30 %, а при температуре 288...290 К — на 60...70 %. Динамика роста потерь каротина в течение месяца хранения травяной муки приведена в таблице 6.3.

6.3. Зависимость потерь каротина от температуры в хранилище

Температура воздуха в хранилище, К	Содержание каротина, мг/кг		Потери каротина, %
	в начале хранения	в конце пер- вого месяца	
273...278 (0...5 °С)	240	210	12
288...293 (15...20 °С)	240	200	17
303...308 (30...35 °С)	240	187	22

Наибольшие потери каротина (до 50 %) приходятся на начальный период хранения, то есть на первые 3...4 месяца. Это связано с длительным периодом остывания продукта после его получения.

Зимой среднемесячные потери каротина составляют не более 2...3 %.

Освещенность при хранении травяной муки также влияет на потери каротина (табл. 6.4).

6.4. Влияние освещенности на величину потерь каротина (по И. А. Кольваху)

Условия хранения	Содержание каротина, мг/кг		Потери ка- ротина, %
	в начале хранения	в конце пер- вого месяца	
Естественное и искусственное освещение склада по производственной необходимости	240	200	17
Полное затемнение при одинаковых про- чих условиях	240	205	15

При продолжительном хранении травяной муки исключение отрицательного действия света позволяет снизить потери каротина на 10...20 %.

Влажность травяной муки регулирует окислительные процессы каротина при хранении. Снижение влажности вызывает более интенсивное его окисление и наоборот. Такое явление С. Я. Зафрен объясняет положительным влиянием влаги на ограничение контакта частиц с кислородом воздуха. По данным В. Ю. Валушиса, хранение травяной муки влажностью 12,9 % обеспечивает повышение сохранности каротина по сравнению с пересушенной (4,8 %) в 1,6 раза (табл. 6.5).

6.5. Содержание каротина в травяной муке разной влажности до и после хранения (по В. Ю. Валушису)

Влажность муки, %	Содержание каротина, мг/кг		Потери каротина, %
	в начале хранения	в конце хранения	
4,5	221	73,3	66,7
8,3	216	118,5	45,1
12,9	220	140,0	36,3

Наиболее благоприятное условие с точки зрения сохранности каротина в травяной муке — обеспечение ее влажности в пределах 8...12 %. Отрицательное влияние перечисленных факторов на сохранность травяной муки может быть значительно снижено при организации правильного ее хранения. В качестве хранилищ рассыпной и гранулированной муки используют склады, построенные из железобетонных конструкций, имеющих силоса (ТП 813-33—72; 813-34—72 и др.), в которые корм загружают, а также секционные наземные, полузаглубленные и заглубленные склады (ТП 811-32, Гипросельхозстрой). Такие склады обеспечены средствами загрузки и выгрузки корма.

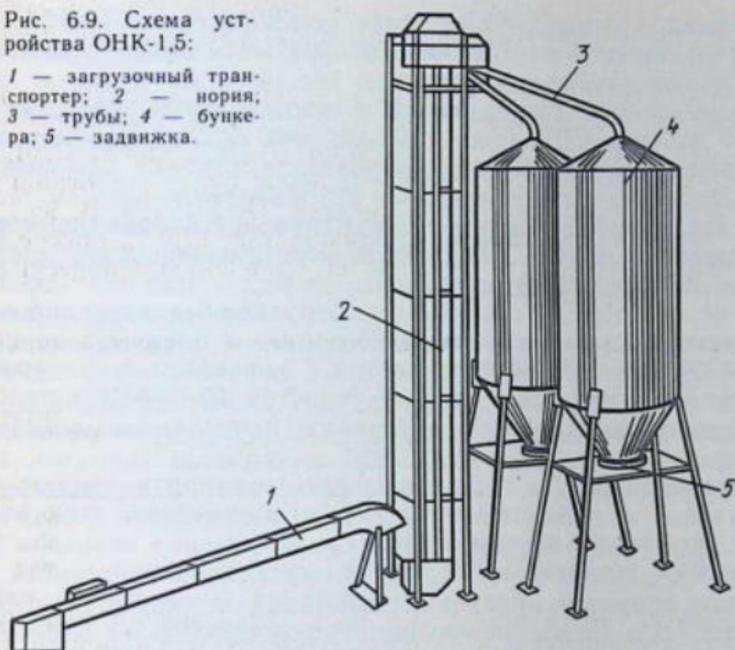
Широкое распространение получили комплекты оборудования для накопления и хранения травяной муки, гранул и брикетов — ОНК-1,5; ОНК-3,0; ОНК-5,0; ОЗВ-1.

Оборудование для накопления кормов ОНК-1,5 и ОНК-3,0 служит для кратковременного накопления и временного хранения гранулированной травяной муки и брикетов. Применяется в комплекте с агрегатами АВМ и оборудованием для гранулирования и брикетирования кормов, а также может быть использовано отдельно при хранении зерна и других материалов.

Основные сборочные единицы оборудования ОНК (рис. 6.9): загрузочный транспортер 1, нория с площадкой для ее обслуживания 2, поворотный узел с системой самотечных труб 3, задвижка 5, два (ОНК-1,5) или четыре (ОНК-3,0) бункера 4, система управления разгрузкой и электрошкаф. Рабочий процесс обо-

Рис. 6.9. Схема устройства ОНК-1,5:

1 — загрузочный транспортер; 2 — нория; 3 — трубы; 4 — бункера; 5 — задвижка.



рудования состоит в следующем. После охлаждения и сортировки гранулы или брикеты поступают в приемный бункер ленточного транспортера ТБ-40-1,5, который загружает норию. Нория поднимает продукт и за счет центробежных сил выбрасывает его в патрубок системы самотечных отводных устройств. Поворотный узел системы автоматически направляет продукт в бункер вместимостью 40 м³ по самотечным трубам. Для распределения гранул по бункерам по мере их заполнения служат перекидной двусторонний клапан (ОНК-1,5) и поворотная труба (ОНК-3). Поворотная труба выполнена в виде конической сварной конструкции, состоящей из рамы поворотного устройства с приводом и конечных выключателей.

Для контроля заполнения бункера готовым продуктом в верхней его части смонтированы два сигнализатора уровня СУ-1. В нижней боковой части корпуса накопителя предусмотрен лаз для входа в бункер и установлен вибратор. Внутри бункера в зоне образования сводов установлен поплавок, выполненный в виде отражательного конуса.

При выгрузке продукт поступает в автотранспортные средства через задвижку, которая обеспечивает дозированную выдачу. Задвижка состоит из конического бункера, поворотной заслонки, привода со звездочкой, ее конечного выключателя.

На цилиндрическом секторе шита установлена цепь, с которой звездочка входит в зацепление и при включении привода открывает или закрывает заслонку.

Оборудование для хранения в газовой среде обезвоженных кормов из трав ОЗВ (рис. 6.10) состоит из системы загрузки и выгрузки кормов бункерных хранилищ, установки для создания газовой среды, системы контроля и управления.

Бункеры загружают или от охлаждающей колонки прессового оборудования (ОГМ, ОПК), или из автотранспорта при доставке гранул из брикетов со стороны.

В первом случае гранулы от оборудования гранулирования (брикетирования) загрузочным конвейером 1 подают в приемный бункер 2, откуда норией 3 в лоток 6 конвейера 8. Тележкой 9 продукт направляется в систему емкостей 10, которые заполняются до установленного в верхних конусах сигнализаторов уровня.

Во втором случае гранулы из автотранспорта подают непосредственно в приемный бункер 2, а дальнейший ход кормов такой же, что и в первом случае.

Система герметичных бункеров, предназначенная для длительного хранения продукта, состоит из 20 емкостей, каждая вместимостью 75 м³. В нижнюю часть емкостей по трубе подается газовая среда, распределение которой внутри бункера

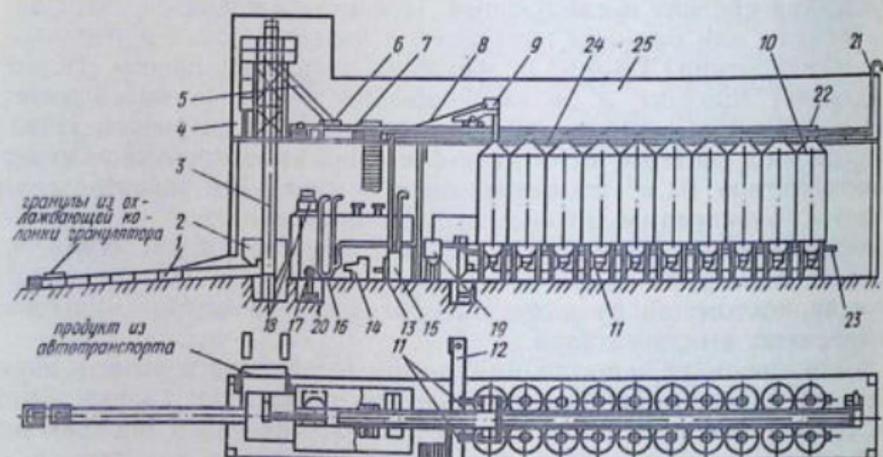


Рис. 6.10. Схема устройства ОЗВ-1:

1 — конвейер загрузочный; 2 — бункер приемный; 3 — нория; 4 — ограждение нории; 5 — труба самотечная; 6 — лоток приемный; 7 — рама; 8 — конвейер; 9 — тележка разгрузочная; 10 — бункер герметичный; 11 — конвейер подающий; 12 — конвейер разгрузочный; 13 — пульт управления; 14 — пункт контроля; 15 — генератор ГНС-2Б; 16 — воздуходувка; 17 — насос; 18 — градирня; 19 — влагоотделитель; 20 — резервуар для воды; 21 — клапан дымчатый; 22 — коллектор верхний; 23 — коллектор нижний; 24 — настил; 25 — галерея.

производится с помощью коллектора. Для сбора и удаления влаги предусмотрен конденсатор-сборник. В верхней части бункеров через дыхательные клапаны газовая среда поступает в сборный коллектор и удаляется в атмосферу. Любой из бункеров отключается от общей системы газопроводов вентилем.

Установка для создания регулируемой газовой среды (РГС) состоит из генератора ГНС 2Б и аппарата очистки АО2Б. Генератор предназначен для снижения содержания кислорода и повышения содержания углекислого газа в атмосфере хранилищ, а аппарат очистки — для регулирования содержания углекислого газа в емкостях хранения продукции.

Получение РГС в генераторе основано на каталитическом сжигании природного или сжиженного газа. Газ и воздух поступают в горелку, откуда горячая смесь направляется в камеру сгорания на катализатор. На выходе из камеры сгорания газовая среда, имеющая температуру 323...343 К, охлаждается в контактном охладителе до температуры 283...298 К и направляется в аппарат очистки или хранилище.

В аппарате очистки газовая смесь очищается от углекислого газа активированным углем. Наличие двух адсорберов обеспечивает непрерывность процесса очистки и регенерации газа. Переключение адсорберов осуществляется четырехходовыми кранами каждые 8...12 мин. Установка работает в автоматическом режиме. В состав газовой среды входит в среднем кислорода 0,6 %, углекислого газа — 13,6 % и азота — 85,8 %.

Расчет шнекового пресс-экструдера

В процессе образования экструдата происходит его перемещение по всей длине рабочей камеры, образованной пространством между витками шнека и внутренней поверхностью корпуса. При этом смесь нагревается и уплотняется.

Рабочую камеру (шнековую часть) экструдера КМЗ-2 условно разделяют на четыре зоны (ступени) (рис. 6.11). В первой зоне происходит загрузка материала, интенсивное его перемешивание, перемещение вдоль оси шнека и начало уплотнения. Вторая зона характеризуется нарастанием давления и уплотнением материала с сохранением его сыпучих свойств. В третьей зоне смесь приобретает вязкопластическое состояние за счет повышения давления и температуры, которая возрастает до 400...430 К. Карбамид, находящийся в смеси, плавится, поглощается бентонитом и массой клейстеризованного крахмала. В завершающей стадии обработки (четвертая зона) вязкопластическая масса продавливается через регулируемые отверстия матрицы, которая ножом экструдера разрезается на гранулы с последующим охлаждением до 298...330 К.

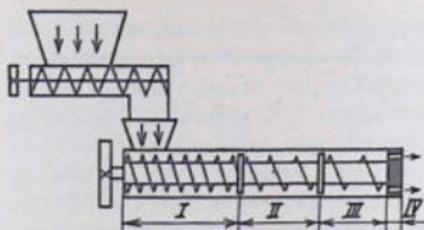


Рис. 6.11. Схема рабочего процесса экструдера КМЗ-2.

Эффективность рабочего процесса экструдера зависит от геометрических форм и размеров прессовальной камеры (шнека и поверхности корпуса), физико-механических свойств материала и кинематических режимов пресса. В. В. Новиков предлагает следующую методику расчета основных показателей рабочего процесса пресса-экструдера КМЗ-2.

1. Производительность экструдера, м³/с,

$$Q = \frac{(\pi D \sin \varphi - b)h(D - h) \sin(\alpha - \varphi)}{2 \sin \alpha} \omega \rho \psi, \quad (6.13)$$

где D — диаметр шнека, м; h — глубина нарезки шнека, м; b — ширина витка шнека, м; α — угол между направлением движения материала и плотностью рабочей боковой поверхности винтового канала, град; ρ — плотность смеси, кг/м³; ψ — коэффициент заполнения межвиткового пространства шнека.

Увеличение глубины нарезки шнека h приводит к повышению производительности экструдера, но при этом возрастает обратный поток смеси и увеличивается ее давление. Поэтому размер глубины канавки шнека ограничен и в конструкциях современных экструдеров принимается в пределах 0,015...0,02 м. Важную роль играет отношение h/s (глубины к шагу нарезки), которое обусловлено значением коэффициентов трения зерновой смеси по поверхности цилиндра и шнека. Экспериментально установлено (В. В. Новиков), что коэффициенты трения зерновой смеси по поверхности цилиндра, имеющего ребристую поверхность, и поверхности шнека с полированной поверхностью соответственно равны $f_n = 0,65$ и $f_w = 0,3$. При данных значениях коэффициентов отношение h/s равно 0,48. Диаметр шнека определяют с учетом шага витка, его ширины и физико-механических свойств материала

$$D = (s + b) / \pi \operatorname{tg} \varphi. \quad (6.14)$$

Угол подъема винтовой линии шнека φ для пресс-экструдеров по переработке зерновой смеси принимают равным 6°, а соотношение между углами φ и α (если приравнять производную $dQ/d\varphi$ нулю) составит $\alpha = 2\varphi$.

2. Соотношение плотности зерновой смеси и усилий прессования определяется по эмпирической формуле

$$\rho = 644,2 e^{0,523 \cdot 10^{-7} p}. \quad (6.15)$$

Рис. 6.12. Схема к расчету параметров прессующего узла КМЗ-2.

3. Коэффициент заполнения межвиткового пространства шнека находят по формуле

$$\psi = \frac{m}{V\rho}, \quad (6.16)$$

где m — масса смеси, находящаяся в межвитковом пространстве нарезки шнека, кг; V — объем межвиткового пространства шнека, м^3 .

В расчетах рекомендуется принимать $\psi = 1$, а толщину витка шнека $b = 6 \dots 8$ мм.

4. Частоту вращения шнека при заданной производительности определяют по формуле

$$\omega = \frac{2Q \sin \alpha}{h(\pi D \sin \varphi - b)(D - h) \sin(\alpha - \varphi) \rho \psi}. \quad (6.17)$$

5. Рабочая длина шнека выбирается из условия обеспечения требуемого давления, развиваемого прессом $P_{кр}$,

$$l \geq \frac{h \sin \alpha}{f_u \cos \alpha - f_m(2h/s + 1) + f_u \sin \alpha} \ln \frac{P_{кр}}{P_0}. \quad (6.18)$$

6. Величину радиального зазора в прессуемой паре можно определить из выражения

$$\delta = R_0 - R_i,$$

где R_0 — внутренний радиус цилиндра, м; R_i — радиус «греющей» шайбы.

При условии биения свободного конца шнека $R_0 = R_i + (3,5 \dots 4)$ мм.

7. Ширину шайбы L (рис. 6.12) принимают равной $10 \dots 20$ мм; увеличение же значения L при одном и том же зазоре δ влечет за собой рост противодействия на шайбе.

Максимальная величина противодействия $P_{кр}$ в отечественных конструкциях экструдеров составляет $30 \dots 50$ МПа.

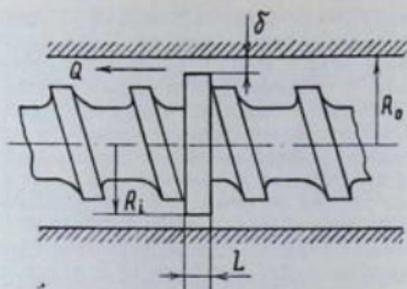
8. КПД пресса-экструдера вычисляется по формуле

$$\eta_0 = \frac{P_u Q}{N_{эл} \eta_1 \eta_2 \eta_3 \rho_0}, \quad (6.19)$$

где P_u — манометрическое давление у головки, Па; $N_{эл}$ — мощность, потребляемая электродвигателем, Вт; Q — производительность пресса-экструдера, $\text{м}^3/\text{с}$; η_1 , η_2 , η_3 — потери мощности соответственно в электродвигателе, клиноремонной передаче и подшипниковых узлах; ρ_0 — объемная плотность смеси, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Контрольные вопросы и задания

1. Назовите марки оборудования для гранулирования и брикетирования кормов. 2. Перечислите технологические операции получения гранул



на оборудовании ОГМ-08Б. 3. Назовите основные сборочные единицы гранулятора и его регулировки. 4. Перечислите основные сборочные единицы штемпельного пресса ПБС-3. 5. Назовите основные конструкции прессов-брикетировщиков. 6. Перечислите основные сборочные единицы вальцового брикетировщика ОПК-2А. 7. Назовите основные операции производства брикетов на оборудовании ОПК-2А. 8. Что такое амидоконцентратные добавки (АКД) и назовите технологию их приготовления. 9. Перечислите основные узлы пресса-экструдера КМЗ-2 и его рабочий процесс. 10. Назовите влияние режимов хранения травяной муки на порции каротина. 11. Назовите комплекты оборудования для накопления и хранения травяной муки и брикетов. 12. Перечислите основные сборочные единицы оборудования ОНК и этапы рабочего процесса. 13. Назовите назначение установки для создания РГС и принцип ее работы. 14. Назовите характерные зоны рабочей камеры экструдера КМЗ-2 и протекающие в них физические процессы. 15. Перечислите основные этапы методики расчета рабочего процесса экструдера КМЗ-2.

Глава V

КОРМОБРИКЕТНЫЕ ЦЕХИ И ЗАВОДЫ

Кормобрикетный цех ГЭКИ

В настоящее время широкое применение находят многокомпонентные прессованные кормовые смеси, сбалансированные по питательности для любой возрастной группы животных. Преимущества таких кормосмесей по сравнению с рассыпными заключаются в том, что они позволяют увеличить в 1,5... 2 раза выход кормовых единиц с единицы площади, в 2,5...3,0 раза уменьшить объем складских помещений, необходимых для хранения готового продукта, снизить потери питательных веществ при длительном хранении, обеспечить полную механизацию и автоматизацию процессов приготовления и раздачи кормов. Корма такого вида пригодны как для непосредственного скармливания, так и создания страхового фонда.

Особенность технологии производства многокомпонентных прессованных смесей состоит в том, что в качестве исходного материала используют отходы растениеводства — солому, которую предварительно обрабатывают раствором едкого натра. Это обеспечивает двукратное повышение ее питательной ценности, а также поедаемость и более рациональное использование.

Для производства многокомпонентных прессованных смесей разработаны комплекты оборудования КУ-2 и КУ-4 производительностью 2 и 4 т/ч, которые работают индивидуально и с существующими линиями по обезвоживанию зеленых кормов (АВМ-1,5Б или АВМ-3). Комплект универсального оборудования прессованных кормосмесей КУ-4 включает следующие технологические линии: обработки соломы; концентрированных кормов; прессования кормовых смесей; мелассы и карбамида.

Технологический процесс приготовления прессованных кормовых смесей комплектом универсального оборудования КУ-4 показан на рисунке 6.13 (см. форзац).

Линия обработки соломы. Солому в тюках, рулонах или россыпью разгружают самосвальным транспортом в питатель 1, который разрыхляет ее, частично измельчает, предварительно дозирует и подает на транспортер-дозатор 2. При дозировании соломы отделяются тяжелые частицы и направляются в измельчитель-смеситель 3, где они измельчаются в резку с длиной частиц до 30 мм. Измельченная солома транспортером 4 направляется в дробилку 5 (в случае ее гранулирования) или с помощью перекидного клапана 7 минует ее (при брикетировании). Далее солома перемещается вентилятором циклона в бункер-дозатор 9, где происходит ее накопление, дозирование и загрузка в смеситель-реактор 10. Одновременно в смеситель-реактор с помощью оборудования для подготовки и дозирования щелочи 11 вводится приготовленный и отдозированный водный раствор щелочи. Обработанную солому транспортером 13 выгружают далее в смеситель компонентов 16.

В технологической линии обработки соломы предусмотрена возможность подсоединения сушильного агрегата АВМ-1,5Б или АВМ-3. В этом случае из-под транспортера 23 измельченная солома поступает на питатель 1 сушильного агрегата, а подсушенная — через перекидной клапан 7 отсасывается вентилятором циклона 8 в бункер-дозатор 9.

Линия концентрированных кормов. Концентрированные корма или их компоненты автосамосвалами или специальными машинами загружают в приемное устройство 24, из которого они с помощью шнека, норри 25 и транспортером с задвижками направляются в емкости неизмельченного 22 сырья и измельченного продукта 21. Из бункера 22 дозатор 27 подает неизмельченные компоненты в дробилку 26, где после измельчения их возвращают обратно в норрию 25. Концкорма или мучнистые компоненты из бункеров 21 через дозаторы 27 поступают в определенной пропорции на транспортер 28, который направляет их в смеситель 29. После интенсивного перемешивания смесь подают в оперативный бункер 14, откуда через дозатор 15 в необходимом количестве концентрированные корма поступают в смеситель компонентов 16.

Линия мелассы и карбамида. Оборудование для мелассы и карбамида 12, представляющее собой комплект ОМК-2,готавливает водный раствор карбамида и мелассы. Компоненты в отдельности подогреваются, дозируются, подаются в форсунку и распыливаются в смесителе.

Линия прессования. Смеситель 16 перемешивает компоненты, и шнековым питателем смесь подается в пресс 17, полученные брикеты транспортером 18 подаются в охладитель 19, где их охлаждают и при помощи перекидного клапана 31 направляют в контейнер 33. Гранулы после их охлаждения с помощью пере-

кидного клапана попадают на транспортер и норией загружаются в оборудование временного хранения кормов 30.

В комплекте оборудования КУ-4 предусмотрена возможность приготовления рассыпных кормосмесей. Здесь самосвальный транспорт разгружает силос, сенаж или солому в питатель 1, который разрыхляет, частично измельчает, предварительно дозирует массу и подает ее на транспортер-дозатор 2. Отдозированная масса направляется в измельчитель-смеситель 3, куда одновременно из дозатора 15 подаются концентрированные корма, а с помощью оборудования ОМК-2 вводятся меласса и карбамид. Измельчитель-смеситель 3 загруженные компоненты измельчает, перемешивает и подает готовую кормовую смесь на транспортер 23, который загружает ее в транспортные средства

Расчет цеха (пункта) производства травяной муки

Расчет цеха (пункта) для производства гранулированной травяной муки выполняют в такой последовательности.

1. Определяют объем производства травяной муки (гранулированной). Годовой объем производства обусловлен потребностями хозяйства с учетом:

полного обеспечения травяной мукой всего поголовья животных;

выполнение плана сдачи части травяной муки государству (комбикормовой промышленности);

покрытия потребности в травяной сухой резке как в компоненте кормовых брикетов в соответствии с заранее установленной долей брикетированных кормов в общем кормовом балансе хозяйства (30...50 %).

Суточная потребность $G_{сут}$ (кг) в травяной муке для скармливания ее животным составит

$$G_{сут} = 0,001 \sum q_i m_i, \quad (6.20)$$

где q_i — масса травяной муки, включаемой в рацион i -й половозрастной группы животных, г; m_i — число животных или птицы в i -й группе.

Средние ежедневные нормы потребления травяной муки животными и птицей приведены в таблице 6.6.

Годовой объем $G_{год}$ (кг) производства травяной муки с учетом продолжительности кормления i -й группы животных в течение D_i дней составит

$$G_{год} = 0,001 \sum D_i q_i m_i + G_{гос} + G_{бр}, \quad (6.21)$$

где $G_{гос}$ — количество муки, подлежащее сдаче государству, кг; $G_{бр}$ — количество сухой резки, идущее на производство брикетированных кормов, кг.

6.6. Ежедневные нормы потребления травяной муки

Животные и птица	Возрастная группа	Норма, г в сутки
Куры	Цыплята до 10 дней	0,1...0,5
	» » 30 »	0,5...2,0
	» » 60 »	3...4
	Ремонтный молодняк 60...200 дней	5...8
	Маточное промышленное стадо	8...12
Свиньи	Поросята-сосуны	30...50
	Поросята-отъемыши	200...400
	Свиньи на откорме	500...1000
	Свиноматки	1000...1500
Крупный рогатый скот	Телята молочного периода	500...1000
	Молодняк 6...12 мес	1000...2000
	Дойные коровы	2000...3000
Овцы	Молодняк	50...100
	Матки	200...300

2. Определяют потребную (расчетную) производительность цеха травяной муки $Q_{ц}$ (т/ч) по формуле

$$Q_{ц} = Q_{год} / (10^3 D_a t_{см} \eta_{см} \eta_a n_{см}), \quad (6.22)$$

где D_a — число дней работы агрегатов в сезоне ($D_a = 100...120$); t — продолжительность смены, ч; $n_{см}$ — число смен ($n_{см} = 2...3$); η_a — коэффициент использования производительности агрегата ($\eta_a = 0,8...0,85$); $\eta_{см}$ — коэффициент использования времени смены ($\eta_{см} = 0,7...0,8$).

При этом сушильные агрегаты должны иметь суммарную производительность Q_a (т/ч) не менее

$$Q_a \geq Q_{ц} / \alpha', \quad (6.23)$$

где α' — коэффициент, учитывающий изменение номинальной производительности агрегата в зависимости от влажности зеленой массы, поступающей в цех (при средней влажности массы $W = 65\%$; 70% ; 75% ; 80% и 85% α' принимают соответственно равным 1,68; 1,30; 1,00; 0,74; 0,51).

По величине Q_a выбирают марку и число z_a агрегатов с номинальной производительностью Q_n (т/ч)

$$z_a = Q_a / (\alpha' Q_n). \quad (6.24)$$

3. Определяют потребную площадь кормовых угодий и разрабатывают организационно-технические мероприятия по созданию сырьевой базы цеха.

Площадь кормовых угодий $S_{к.у}$ (га), необходимая для выполнения годовой программы производства травяной муки и брикетированных кормов, составит

$$S_{к.у} = 10^2 G_{год} / Y, \quad (6.25)$$

где Y — урожай (выход) зеленой массы, ц с 1 га.

При разработке организационно-технических мероприятий по обеспечению выполнения плана производства травяной муки предусматривается создание прочной сырьевой базы, расположенной в радиусе действия проектируемого завода (цеха или отдельного пункта). Правильно организованная сырьевая база предусматривает высокую урожайность кормовых культур и естественных трав, а также строго определенные сроки скашивания зеленой массы, рассчитанные на бесперебойное снабжение сырьем всех агрегатов, работающих полный сезон в три смены. Должен быть создан зеленый конвейер, для которого используют травы, способные быстро отрастать после скашивания и давать несколько укосов за сезон. В схемах зеленого конвейера предусматривают распределение общей площади посевных или луговых трав на 3...4 участка и поочередное скашивание их на 3...4 укоса.

В качестве основы зеленого конвейера предусматривается использовать травостой улучшенных сенокосов, избыток травы с доголетних культурных пастбищ, посеvy люцерны, клевера, ежи сборной и других многолетних трав, а также однолетних бобово-злаковых смесей.

4. Определяют необходимое количество зеленой массы, которое требуется для работы агрегатов в соответствии с их часовой производительностью

$$G_{з.м} = Q_a \frac{1 - z_k}{1 - z_n}, \quad (6.26)$$

где z_n , z_k — начальное и конечное относительное содержание влаги в исходной и высушенной травяной резке или муке.

Пересчет основных показателей количественного состояния исходного и конечного материала в процессе его сушки производят исходя из следующих зависимостей (табл. 6.7).

Укосная площадь суточного сбора резки, которого будет достаточно для полной загрузки всех агрегатов цеха, может быть определена по формуле

$$S_{сут} = 0,012 \alpha Q_n t_{см} n_{см} c \eta_a \eta_{см} / Y, \quad (6.27)$$

где Q_n — номинальная производительность агрегата по готовому продукту, кг/ч. Y — урожай зеленой массы, ц с 1 га; c — количество зеленой резки (кг), необходимое для получения 1 кг травяной муки (при влажности сырья 80, 75 и 70 % показатель c равен соответственно 4,5; 3,6 и 3).

В зависимости от урожайности и состояния сырья по влажности укосная площадь для разных травостоев может существенно отличаться от среднего значения. В процессе эксплуатации оборудования эти различия следует учитывать и при текущем планировании вносить соответствующие коррективы.

5. Определяют годовой объем транспортных работ $A_{тр}$ (т/км) по доставке зеленой массы со всей площади $S_{к.у}$ кормовых угодий, обслуживающей цех травяной муки.

6.7. Расчетные формулы для пересчета показателей изменения состояния материала в процессе сушки (по Г. Я. Фарбману)

Показатель	Начальная масса зеленой резки (кг) $G_n = G_c + G_{нн}$	Конечная масса травяной муки или резки (кг) $G_k = G_c + G_{нк}$
Масса абсолютно сухого материала G_c	$G_n(1 - z_n)$	$G_k(1 - z_k)$
Начальная масса зеленой резки G_n	G_n	$G_n \frac{1 - z_k}{1 - z_n}$
Конечная масса травяной муки G_k	$G_n \frac{1 - z_n}{1 - z_k}$	G_k
Масса испаренной влаги $G_{нн}$	$G_n \frac{z_n - z_k}{1 - z_k}$	$G_k \frac{z_n - z_k}{1 - z_n}$
Начальная масса влаги в зеленой резке $G_{нн}$	$G_n z_n$	$G_n z_n \frac{1 - z_k}{1 - z_n}$
Конечная масса влаги в травяной муке $G_{нк}$	$G_n z_n \frac{1 - z_n}{1 - z_k}$	$G_k z_k$

Если допустить, что завод (цех, пункт) расположен в центре круга, вся площадь $S_{к.у}$ которого занята кормовыми угодьями и используется для производства травяной муки и сухой резки, то радиус R_k такого круга можно найти из следующих соображений.

Годовой сбор зеленой массы $G_{год}$ (т) с площади круга $S_{к.у}$ (км²) составит

$$G_{год} = S_{к.у} q_k = \pi R_k^2 q_k, \quad (6.28)$$

отсюда

$$R_k = \sqrt{G_{год}/(\pi q_k)} \approx 0,565 \sqrt{G_{год}/q_k}, \quad (6.29)$$

где q_k — продуктивность кормовых угодий, т/км² [q_k (т/км²) = 10 У (ц с 1 га)].

При этом весь объем транспортных работ $A_{тр}$ (т·км) по доставке зеленой массы с площади сбора на пункт составит (по Е. Е. Хазанову)

$$A_{тр} = q_k \pi^2 R_k^2 / 3 \approx q_k \pi R_k^2 R_k \approx G_{год} R_k. \quad (6.30)$$

Подставляя R_k из формулы (6.29), получим

$$A_{тр} \approx 0,565 G_{год} \sqrt{G_{год}/q_k}. \quad (6.31)$$

Если полученный объем транспортных работ (в тонно-километрах) разделить на годовой сбор зеленой массы $G_{год}$ (6.28), то найдем среднюю дальность перевозок $L_{з.м}$ (км):

$$\dot{L}_{з.м} = A_{тр}/G_{год} = G_{год} R_k / G_{год} \approx R_k. \quad (6.32)$$

6. Определяют необходимое число косилок-измельчителей с учетом принятого режима работы агрегатов, суточного фонда

рабочего времени $t_{с.п}$ сушильного пункта и t_n измельчителей, а также часового расхода $G_{з.м}$ зеленой массы.

Производительность косилки-измельчителя $Q_{кос}$ (кг/ч) равна

$$Q_{кос} = 0,1B_p v_p, \quad (6.33)$$

где B_p — рабочая ширина захвата косилки, м; v_p — рабочая скорость косилки км/ч.

Из уравнения

$$(z_a G_{з.м} t_{с.п} / \eta_{уд}) \leq z_k Q_{кос} t_n \quad (6.34)$$

находят число косилок-измельчителей

$$z_k \geq z_a G_{з.м} t_{с.п} / (\eta_{ус} Q_{кос} t_n), \quad (6.35)$$

где $\eta_{ус}$ — коэффициент потери сухого вещества от усушки ($\eta_{ус} = 0,95...0,97$).

7. Определяют число транспортных средств

$$z_t = z_k + [z_a G_{з.м} / (10^3 V_t)] (2L_{з.м} / v_{ср}) + t_{пр} + 1, \quad (6.36)$$

где V_t — грузоподъемность транспортного средства, т; $v_{ср}$ — средняя рабочая скорость транспортного средства, км/ч; $t_{пр}$ — время разгрузки и простоев, ч.

Последнее слагаемое в правой части уравнения (6.37) указывает на необходимость иметь один прицеп или другое транспортное средство в качестве резервного.

8. Определяют необходимое число грануляторов $z_{гр}$ травяной муки.

Полученная на агрегатах травяная мука направляется на гранулирование. В летний период некоторая часть ее может расходоваться на текущие нужды. С учетом этого потребная производительность $Q_{гр}$ (кг/ч) отделения гранулирования составит

$$Q_{гр} = 10^3 Q_n - [10^{-3} \sum q_{i,гр} m_i / \tau_{см} n_{см} \eta_a \eta_{см}], \quad (6.38)$$

где $q_{i,гр}$ — суточная норма скармливания гранулированной травяной муки животным i -й группы, г в сутки.

Необходимое число грануляторов выбранного типа (ОГМ-0,8, ОГМ-1,5, ДГ-1 и др.)

$$z_{гр} = Q_{гр} / Q_{гр.н}, \quad (6.39)$$

где $Q_{гр.н}$ — номинальная производительность гранулятора, кг/ч.

9. Определяют размеры склада для хранения гранулированной травяной муки. Для хранения полученных гранул требуется иметь склад, полезная вместимость $V_{гр}$ (м³) которого должна быть

$$V_{гр} = Q_{гр} D t_{см} n_{см} \eta_{гр} \eta_{см} / \rho, \quad (6.40)$$

где ρ — объемная плотность гранул травяной муки (при хранении в складе $\rho = 650...700$ кг/м³); $\eta_{гр}$ — коэффициент использования производительности грануляторов ($\eta_{гр} = 0,85...0,9$).

При хранении гранул на складе «навалом» при высоте слоя до 4 м потребуется иметь полезную площадь $F_{\text{пол}}$ пола склада

$$F_{\text{пол}} = 0,25V_{\text{гр}}/\varphi_{\text{зап}}, \quad (6.41)$$

где $\varphi_{\text{зап}}$ — коэффициент заполнения склада ($\varphi_{\text{зап}} = 0,8...0,9$).

При хранении гранул в герметичных башнях, заполненных инертным газом, вместимость башни определяется с учетом коэффициента $\varphi_{\text{зап}} = 0,95...0,97$ и значений насыпной плотности $\rho = 700...800 \text{ кг/м}^3$.

Расчет линии для производства зеленых концентратов

Для производства протеинового концентрата из зеленых растений отечественная промышленность выпускает комплект оборудования ПЗК, производительностью по зеленой массе 20 т/ч. На таком оборудовании выполняют весь цикл переработки зеленой массы на жом, протеиновый концентрат и коричневый сок. При небольших объемах получения зеленых концентратов хозяйства монтируют поточные линии из серийно выпускаемых машин.

Расчет поточной линии для переработки зеленой массы на протеиновый концентрат и коричневый сок производится в таком порядке.

1. Определяют общую потребность в протеиновом концентрате, исходя из поголовья животных и норм расхода питательных веществ и витаминов на одно животное.

2. Назначают вид исходного сырья и определяют из него выход жома и сока.

Расчет выхода воды, сухого и химического вещества, содержащихся в полученном жоме и соке, можно произвести по методике, предложенной профессором В. И. Фоминым.

Допустим, что в качестве исходного сырья принимаем люцерну с относительной влажностью 80 % и содержанием сырого протеина 20 %. В процессе переработки массы получаем жом влажностью 65 % и сок влажностью 90 %. Содержание сырого протеина в сухом веществе жома — 15 %, сока — 30 %. Определим количество жома, полученного из исходной массы,

$$\lambda_1 = \frac{c_2 - c_0}{c_2 - c_1}, \quad (6.42)$$

где λ_1 — степень выхода жома из исходной массы; c_0 , c_1 , c_2 — соответственно относительное содержание сухого вещества в массе исходного материала и продуктов разделения (для наших условий $c_0 = 0,2$; $c_1 = 0,35$; $c_2 = 0,1$).

Тогда значение λ_1 при данных условиях будет равно 0,4, или 40 %.

Степень выхода сухого вещества с жомом

$$\lambda_{1c} = \lambda_1 \frac{c_1}{c_0} = 0,4 \frac{0,35}{0,2} = 0,7 \text{ (70 \%)} . \quad (6.43)$$

Степень выхода химического вещества (сырого протеина) с жомом

$$\lambda_{1x} = \lambda_1 \frac{x_1}{x_0} , \quad (6.44)$$

где x_0, x_1 — соответственно содержание протеина в сухом веществе исходного сырья, жома и сока ($x_0 = 0,2, x_1 = 0,15; x_2 = 0,3$).

$$\lambda_{1x} = 0,4 \frac{0,15}{0,2} = 0,3 \text{ (30 \%)} . \quad (6.45)$$

Степень выхода воды с жомом

$$\lambda_{1в} = \lambda_1 \frac{1 - c_1}{1 - c_0} = 0,4 \frac{1 - 0,35}{1 - 0,2} = 0,325 \text{ (32,5 \%)} . \quad (6.46)$$

Количество сока, полученного в результате фракционирования,

$$\lambda_2 = 1 - \lambda_1 = 0,6 \text{ (60 \%)} . \quad (6.47)$$

Степень выхода сухого вещества с соком

$$\lambda_{2c} = 2 - \lambda_{1c} = 0,3 \text{ (30 \%)} . \quad (6.48)$$

Степень выхода сырого протеина с соком

$$\lambda_{2x} = 1 - \lambda_{1x} = 0,7 \text{ (70 \%)} . \quad (6.49)$$

Степень выхода влаги с соком

$$\lambda_{2в} = 1 - \lambda_{1в} = 1 - 0,325 = 0,675 \text{ (67,5 \%)} . \quad (6.50)$$

3. Определяют потребное количество зеленой массы. При этом производят расчет суточной укосной площади, выбор вида и количество уборочных агрегатов и транспортных средств. Расчеты выполняют аналогично приведенным выше.

4. Выбирают технологическое оборудование для фракционирования зеленой массы. Сначала принимают технологию фракционирования и определяют основные операции. В качестве примера один из вариантов технологии предусматривает загрузку исходного сырья транспортером в измельчитель, тонкое измельчение сырья, отжатие сока в прессе, удаление жома для дальнейшей его переработки (получения травяной муки, силосование и др.). Зеленый сок направляют в коагулятор, а затем в разделитель, где из него получают протеиновую зеленую пасту (ПЗП) и коричневый сок (СК).

Далее определяют производительность каждой машины в ли-

нии, которые подбирают исходя из условия обеспечения поточности, т. е.

$$Q_1 \leq Q_1 < Q_2 \dots \leq Q_n. \quad (6.51)$$

Производительность скребкового транспортера-загрузчика определяют по формуле

$$Q_T = 3,6hB\varphi\gamma v c, \quad (6.52)$$

где h, B — высота и ширина агрегата, м; c — коэффициент, учитывающий влияние угла подъема транспортера. Для легкосыпучих грузов при $\alpha = 10, 20, 30$ и 45° c равно соответственно 0,85; 0,65; 0,5; 0,35; для плохосыпучих грузов — 1,0; 0,85; 0,75; 0,60; φ — коэффициент наполнения ($\varphi = 0,9 \dots 0,7$); γ — объемная плотность резки, кг/м^3 (для зеленой массы); v — скорость движения тягового рабочего органа транспортера ($v = 0,5 \dots 1,0$ м/с).

Производительность шнекового измельчителя-пастоизготовителя определяют по уравнению

$$Q_{\text{изм}} = 0,33c n_{\text{ш}} \psi \gamma (R^2 - r^2) \frac{R_{\text{ср}}^2 - I_c R_{\text{ср}}}{c^2 + R_{\text{ср}}^2}, \quad (6.53)$$

где c — коэффициент, равный отношению $H:2\pi$ (H — шаг винтовой линии шнека, м); $n_{\text{ш}}$ — частота вращения шнека, мин^{-1} ; ψ — коэффициент наполнения ($\psi = 0,5 \dots 0,92$); R — наружный радиус шнека, м; r — радиус вала шнека, м; $R_{\text{ср}}$ — средний расчетный радиус, зависящий от величины ψ , определяемой по формуле

$$R_{\text{ср}} = \frac{\sqrt{R^2 + \psi(R^2 - r^2)}}{2}. \quad (6.54)$$

Производительность пресса для отжатия сока и коагулянта определяют по формулам (2.32; 2.33; 2.35).

5. Рассчитывают экономическую эффективность технологии, полагая, что полученный в результате фракционирования зеленой массы жом перерабатывается в травяную муку, а из сока выделяется протенновая зеленая паста (ПЗП).

Переработка жома в травяную муку значительно сокращает расход энергии и повышает производительность агрегатов. По данным И. А. Долгова, для выделения 1 т воды из люцерны влажностью 75 % механическим путем требуется затратить 2 кВт·ч, а при выпаривании ее на сушилках — 743 кВт. Сокращается и количество испаряемой воды. Так, для получения 1 т травяной муки из резки требуется испарить от 2,0 до 4,5 т воды, а из жома — только 1,25 т. Производительность агрегатов при этом повышается в 1,6...3,5 раза.

Получаемая из сока протенновая паста отличается высокой питательностью и используется в качестве полноценного заменителя молочного белка при изготовлении искусственного молока.

Расчеты показывают, что из общих затрат на переработку 1 т зеленой массы из люцерны с применением механического отжима сока 50,4 % (17,7 руб.) относится на травяную муку,

48,7 % — на производство ПЗП и 0,9 % — на коричневый сок. Цена реализации травяной муки из жома составляет 72 руб. за 1 т, а протеинового зеленого концентрата на уровне 50 % отпускной цены сухого обрата и составляет 454 руб. за 1 т.

Ю. Ф. Новиков установил, что завод по производству ПЗК производительностью 37...40 т зеленой массы за 1 час (700 т в сутки) за год может произвести 7 тыс. т протеинового концентрата. Чтобы обеспечить все поголовье телят ЗЦМ (заменителем цельного молока) с содержанием 50 % протеина растительного происхождения, необходимо иметь по стране 50...60 таких заводов. Экономические расчеты показывают целесообразность промышленной технологии производства высокопротеиновых концентратов из зеленых растений — полноценных заменителей белков животного происхождения в рационах молодняка сельскохозяйственных животных.

Контрольные вопросы и задания

1. Назовите основное назначение кормобрикетного цеха КУ-2 и этапы технологического процесса. 2. Перечислите основные этапы методики расчета пункта по производству травяной муки. 3. Произведите расчет пункта для приготовления травяной муки, обеспечивающего свинокомплекс на 24 тыс. голов. 4. Перечислите основные этапы методики расчета поточной линии для приготовления зеленых концентратов.

**Зоотехнические требования и технология
влаготепловой обработки кормов**

Влаготепловая обработка кормов предназначена для повышения питательности, поедаемости и усваиваемости его животными, а также уничтожения вредных соединений и болезнетворных бактерий, которые могут вызывать заболевания (грибки, плесень). Влаготепловой обработке подвергаются грубые корма, корнеклубнеплоды, зерно, отходы крахмального и маслобойного производства, корма животного происхождения.

Грубые корма. Для повышения поедаемости грубые корма смачивают горячей или теплой подсоленной водой (80...100 л воды с растворенными в ней 1,5...2 кг соли на 100 кг предварительно измельченного корма). С этой же целью соломенную резку смачивают силосным настоем. Силосный настой получают путем отстаивания в горячей воде (20...30 л) 20 кг силоса в течение 20...30 мин. После тщательного двукратного перемешивания к настою добавляют еще 20...30 л подсоленной горячей воды (из расчета 20...25 г соли на 1 л воды). Для обеззараживания соломы и улучшения ее вкусовых качеств резку закладывают в кормозапарники и смачивают простой или подсоленной водой, подают пар давлением 0,3...0,4 МПа и выдерживают при таком давлении в течение 30...40 мин. После прекращения подачи пара соломенную резку выдерживают 3...12 ч, после чего скармливают.

Корнеклубнеплоды. Перед измельчением и тепловой обработкой корнеклубнеплоды очищают от камней и земли. Загрязненность корнеплодов после их мойки должна быть не более 3%, а расход воды на 1 т корма при прямоточной системе мойки составляет 200 л, при рециркуляции через отстойники — 100 л.

Корнеплоды запаривают при обнаружении их порчи и скармливают их сразу же после обработки, так как входящие в них нитраты преобразуются во вредные для животных вещества — нитриты. Картофель варят в запарниках паром, давление которого не превышает 0,04...0,06 МПа. Продолжительность варки составляет 40...45 мин при расходе пара на 1 т картофеля 200 кг.

Картофельная мезга. Картофельную мезгу (отходы крахмального производства) также варят паром давлением 0,04...

0,06 МПа в течение 30...60 мин. Расход пара составляет 140...160 кг на 1 т мезги.

Зерно злаковых и бобовых культур обрабатывают паром перед его плющением и скармливают затем в виде хлопьев (лепешек) свиньям, овцам и крупному рогатому скоту. Варка зерна производится паром давлением 0,06...0,07 МПа при его расходе 200 кг на тонну. Вареное зерно скармливают свиньям и зверям.

Тепловую обработку зерна инфракрасным излучением применяют при производстве комбикормов для молодняка, а также для других возрастных групп животных. Она включает следующие операции: увлажнение (пропаривание паром давлением 0,06...0,07 МПа из расчета 50...80 кг пара на 1 т зерна); обработку инфракрасным излучением с плотностью теплового потока 45...46 кВт/м² при продолжительности обработки 16...22 с (в зависимости от влажности зерна); охлаждение (до температуры, не превышающей температуру окружающей среды более чем на 10 °С). Допускается также тепловая обработка ИК — излучением сухого зерна.

Отходы свеклосахарного производства. Патоку (мелассу) перед дозированием ее в кормовую смесь разбавляют теплой водой (температурой 313...323 К) из расчета 35...55 кг патоки и 60...75 л воды при приготовлении 100 л раствора. Для сдобривания 1 т соломы расходуют 1000 л раствора.

Отходы масляного производства. Отходы масляного производства (жмых) после измельчения варят при температуре 373 К два часа и затем выдерживают 1,5...2,5 ч. Скармливают крупному рогатому скоту, свиньям, овцам и зверям.

Мясо-рыбные корма. Мясо-рыбные корма обрабатывают перед скармливанием при температуре 373 К продолжительностью 2 ч и последующей выдержкой 1,5...2,5 ч. Расход пара на 1 т корма составляет 200 кг. Мясо-рыбные корма в каждом конкретном случае обрабатывают в соответствии с указаниями ветеринарного врача по режиму, гарантирующему надежную их стерилизацию. При использовании автоклавов и варке под давлением продолжительность тепловой обработки сокращается в два раза.

Обработка пищевых отходов

Пищевые отходы — стабильный источник ценного корма для сельскохозяйственных животных. Ресурсы их в стране огромны, так как в среднем от питания только одного человека остается в год 40...50 кг пищевых отходов. Учитывая, что в городах проживает около 150 млн человек, за один год можно получить 6...7,5 млн т корма.

Состав пищевых отходов зависит от времени года. В августе — сентябре больше отходов фруктов и овощей, в зимнее время

картофеля. К кормовым отходам промышленных предприятий относят мельничную пыль, сметни, выбой, хлебные и кондитерские отходы, соевую лузгу, картофельную мезгу, овощные и фруктовые отходы, пивную дробину, солодовые ростки, отходы мясокомбинатов, рыбные отходы, молочную сыворотку.

Питательность 1 кг кормовых и пищевых отходов составляет от 0,15 до 0,33 корм. ед.

Перед скармливанием пищевые отходы обрабатывают. При этом достигается повышение их перевариваемости, улучшение вкусовых и диетических свойств, а также уничтожение вредной микрофлоры и разложение токсических соединений. Способы обработки могут быть механические, химические, биологические и термические: к механическим способам обработки пищевых отходов относятся удаление посторонних (несъедобных) примесей, измельчение, размол, гранулирование; к химическим — обработка карбамидом, поваренной солью, пиросульфитом натрия и др.; к биологическим — дрожжевание, добавление различных ферментных препаратов заводского изготовления, силосование и др.; к термическим способам обработки пищевых отходов относят их сушку и варку. Режимы варки зависят от структуры кормов и, как правило, протекают в течение 45...60 мин при температуре 378...383 К.

Основными операциями технологического процесса обработки пищевых отходов являются: приемка (складирование); очистка от посторонних примесей; измельчение, запаривание (варка); охлаждение; дозирование; смешивание.

Для приготовления кормовых смесей из пищевых отходов и комбикорма разработан комплект технологического оборудования кормоцеха КПО-150, а на его базе типовой проект кормоцеха 802-250. Кормоцех обеспечивает откорм 54 тыс. свиней в год, производительность его составляет 150 т в смену. Технологический процесс обработки пищевых отходов и получение на их базе кормосмесей состоят в следующем (рис. 7.1). Пищевые отходы сгружают с автотранспортных средств в завальную яму, туда же подают жидкие отходы, соль, мел и воду. Ковшовым погрузчиком ПКК-20 эту массу подают в дробилку ДПО-20, где она измельчается, превращаясь в мезгу. В комплект входят две дробилки ДПО-20 производительностью 20 т/ч и мощностью привода 28 кВт. Измельченная масса поступает в кормоприемник для временного хранения и дополнительной очистки от посторонних примесей с помощью сепаратора СПО-40. Сепаратор представляет собой барабан диаметром 1020 и длиной 2080 мм с прорезанными в нем отверстиями. Частота вращения барабана составляет 9 мин^{-1} , мощность электродвигателя 2,2 кВт.

Шнековым загрузчиком ЗШ-40, состоящим из четырех секций и приводной станции, пищевые отходы подают в запарник-сме-

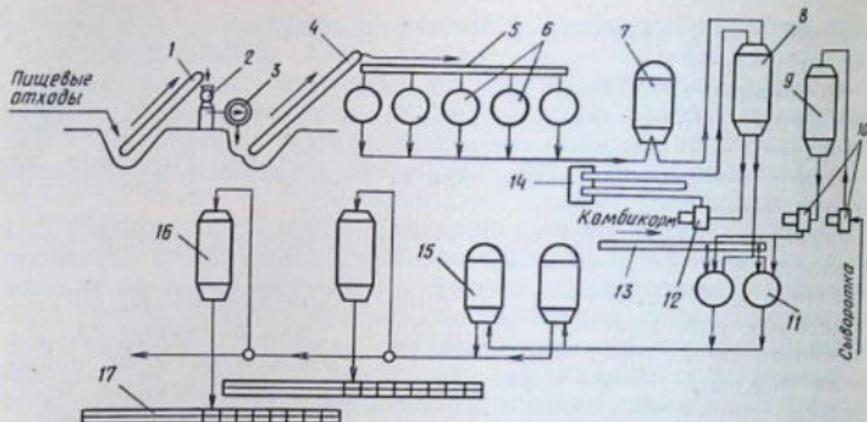


Рис. 7.1. Технологическая схема кормоцеха для приготовления кормовых смесей с использованием пищевых отходов:

1, 4 — погрузчик кормов ПКК-20; 2 — дробилка пищевых отходов ДПО-20; 3 — сепаратор; 5 — шнек загрузочный ШЗ-4; 6 — запарник смеситель ЗС-6; 7 — котел продувочный; 8 — бункер-накопитель; 9 — емкость для сыворотки; 10 — насос; 11 — смеситель; 12 — фекальный насос; 13 — транспортер сухих кормов; 14 — теплообменник; 15 — продувочный котел КП-5; 16 — бункер-накопитель свиначников; 17 — кормораздатчик ПУС-1.

ситель ЗС-6, где они нагреваются паром до 378...380 К и стерилизуются в течение 1,5 ч. Во время прогрева и стерилизации пищевые отходы перемешиваются мешалкой, которая приводится во вращение электродвигателем мощностью 7,5 кВт. Стерилизованные пищевые отходы с помощью разряжения перекачивают в продувочный котел, соединенный через специальные краны с магистральным кормопроводом, а из него в бункер-накопитель ПУС-1,03. С целью охлаждения горячую массу прокачивают через трубчатый теплообменник, состоящий из четырех секций труб длиной 6 м и диаметром 76 мм, циркуляция продолжается до тех пор, пока температура пищевых отходов снизится до 343...353 К. Охлажденная масса стекает в смеситель, где перемешивается с комбикормом, сывороткой или обратом. Воду, подогретую в теплообменнике, используют на технологические цели.

Для обеспечения бесперебойной работы кормоцеха предусмотрена возможность накопления пищевых отходов, консервирования и хранения их в силосной траншее вместимостью 1000 т.

Обработка зерновых кормов

На кормовые цели используют зерно и продукты его переработки почти всех культур. К основным зернофуражным культурам относят кукурузу, ячмень, овес, рожь (нестандартную — мелкую, шуплую), пшеницу (нестандартную, низкокачественную).

венную), сорго, просо, гречиху, горох, кормовые бобы, сою, люпин, вику, чину и т. д.

Немеханические способы обработки кормового зерна следующие: сушка, поджаривание, микронизация, химическое консервирование, охлаждение, создание герметических условий и др.

В основе большинства способов обработки кормового зерна лежит нагрев зерна до определенной температуры с целью снижения влажности, улучшение сохранности и повышение питательности.

Сушка влажного и сырого зерна — один из наиболее распространенных способов его сохранности, сушка позволяет снизить влажность зерна ниже критической. Рекомендуемые в настоящее время режимы сушки кормового и продовольственного зерна предусматривают высокую температуру теплоносителя. Критерием для установления температуры теплоносителя, температуры нагрева зерна, экспозиции, скорости воздушного потока и других показателей режима сушки является кормовая ценность высушенного зерна (по протеину и аминокислотам).

Поджаривание зерна предусматривает его нагрев сухим воздухом, под действием которого происходят физико-химические изменения в структуре зерновки. При этом питательная ценность, усвояемость и другие показатели такого зерна значительно повышаются.

Поджаривание зерна может осуществляться на нагретой металлической поверхности. Здесь нагрев зерна происходит довольно интенсивно. При температуре поверхности $T = 373$ К зерно за две минуты нагревается до 343 К, за четыре — 353 К. Если температура нагрева поверхности составляет 523 К, то зерно за две минуты нагревается до 423 К, за четыре — до 443 К, за десять — 473 К.

Режимы обработки зависят от толщины слоя зерна на нагреваемой поверхности. Зерно в тонком слое нагревают до температуры 373...523 К и выдерживают 2...60 мин (в зависимости от влажности), в утолщенном — при той же температуре время выдержки увеличивают до 90 мин.

В производственных условиях перед поджариванием зерно замачивают в воде до набухания, затем высыпая на металлические листы (противни) и нагревают, перемешивая, до приобретения им светло-коричневого цвета.

Микронизация зерна делает энергетическое содержание зерновки более доступным для усвоения животными за счет разрушения структуры сырого крахмала, переходящего в стадию, близкую к превращению ее в сахар. С этой целью зерно нагревают инфракрасными лучами, которые вызывают интенсивный внутренний нагрев зерновки, в результате чего находящаяся в ней внутренняя влага «закипает», давление паров увеличивается,

крахмал набухает и желатинизируется. При обработке зерна кукурузы и других фуражных культур влажностью 15...18 % температура в зоне воздействия ИК-облучения составляет 423...473 К, а время экспозиции 10...60 с.

Химическое консервирование зерна проводят с целью сохранения его питательных свойств. Для обработки зерна применяют различные химические вещества, в основном органические кислоты: пропионовую, муравьиную, уксусную или их смеси. Применяют для консервирования зерна и аммиак.

Влажное зерно, поступающее от комбайнов, сразу же обрабатывают кислотой, не допуская его самосогревания. Основные преимущества метода химического консервирования зерна: возможность быстрого внедрения, возможность полностью сохранять зерно при неблагоприятных условиях уборки, отрицательное действие кислот на семена сорняков, отсутствие пыли при хранении и переработке. К недостаткам метода химического консервирования относятся: значительное сокращение срока службы емкостей для хранения зерна за счет разрушающего действия кислот; трудности при измельчении зерна, смешивании измельченного (расплющенного) влажного зерна с сухими порошками (БВД); органические кислоты пожароопасны и токсичны.

Метод химического консервирования влажного зерна нашел широкое распространение во многих зарубежных странах.

Зерно охлаждают с целью его сохранения при хранении путем продувания воздухом, охлажденным в рефрижераторных установках (278...283 К). Температура охлаждения зерна влияет на сроки его хранения и качество (табл. 7.1).

7.1. Продолжительность хранения кормового зерна в условиях охлаждения (по Р. Р. Денисовой)

Влажность, %	Температура хранения, К	Продолжительность хранения
12...15	283...287	Длительное
15...16,5	283...285	То же
16,5...18	281...283	10...20 мес
18...20	281...283	8...16 мес
20...22	281...283	16...40 недель
22...25	278...281	10...25 недель
25...30	277...278	14...30 суток
Свыше 30		Несколько суток

Преимущество такого вида хранения зерна заключается в том, что, оставаясь влажным и сохраняя свое первоначальное качество, зерно представляет собой готовый продукт к скармливанию во влажных кормосмесях.

Хранение зерна в герметических условиях при повышенном содержании углекислого газа. Если влажность зерна выше 40 %.

то в процессе хранения оно силосуется. В нем накапливаются органические кислоты: молочная и некоторое количество уксусной. Более спелое зерно влажностью 18...35 % не силосуется, а консервируется. В нем накапливаются эти кислоты в значительно меньших количествах, а также образуется небольшое количество спирта. Такой корм охотно поедают все виды животных и птицы. В зависимости от исходной влажности принято соответственно два названия: сенаж (18...35 %) и силос (40 % и более). При силосовании теряется всхожесть сорняков и зерно скармливают без дополнительной переработки.

Контрольные вопросы и задания

1. Назовите цель влаготепловой обработки кормов.
2. Перечислите основные операции влаготепловой обработки грубых кормов.
3. Назовите технологию влаготепловой обработки корнеклубнеплодов и мясо-рыбных кормов.
4. Назовите основные операции технологии обработки пищевых отходов.
5. Перечислите немеханические способы обработки зерна.
6. Назовите технологию поджаривания зерна. Как производится химическое консервирование зерна?
8. Назовите технологию хранения зерна при повышенном содержании углекислого газа.

Глава II ТЕПЛОВЫЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ КОРМОВ

Известкование соломы

Обработка соломы известью с добавлением карбамида и поваренной соли — дешевый и эффективный способ. Этот способ безопасен по сравнению с обработкой кислотами и сильными щелочами, прост и не требует промывки или нейтрализации обработанного корма.

По данным П. А. Кормщикова, при обработке ячменной, овсяной, пшеничной и ржаной соломы прирост питательности составляет 0,13; 0,15; 0,13; 0,17 корм. ед. и содержание переваримого протеина возрастает на 21,5; 23,5; 20,5; 22,0 г на 1 кг сухого вещества.

Для обработки соломы используют качественную гашеную и негашеную известь. Негашеная известь, предназначенная для обработки соломы, должна отвечать следующим требованиям: она должна быть серого цвета с плотностью 1,27 г/см³; содержать не более 2 % углекислого кальция и не менее 90 % окиси кальция; быть свежееобожженной, жирной, без камней; содержать в своем составе различные примеси (зола, шлака и др.) в установленных нормах. Наиболее предпочтительна гашеная известь. Ее гасят в специальном ящике, где разбавляют водой до консистенции известкового молока.

Предназначенную к обработке солому или грубое сено измельчают на ИГК-30Б, превращая в мякинообразную волокнистую массу с длиной частиц 30...50 мм. При более развитой по-

верхности частиц будет качественнее проведено известкование корма.

Известкование соломы производят в смесителях-запарниках после смачивания ее рабочим раствором.

Для обработки 1 т сухой резки требуется 90 кг известкового теста (или 30 кг негашеной извести), растворенного в зависимости от первоначальной влажности резки в 2000...2500 л воды. Заниженные или завышенные доли извести при приготовлении рабочего раствора в одинаковой мере снижают качество обработки соломы. Для улучшения вкусовых качеств в корм добавляют 10...15 кг поваренной соли, а для обогащения сечки азотом и повышения протеиновой питательности — 10...15 кг мочевины. Для равномерного и полного насыщения измельченной массы раствором ее постоянно перемешивают. Процесс насыщения ускоряется с повышением температуры. Если при обычной температуре увлажненная рабочим раствором масса становится готовой к скармливанию через 24...36 часов, то с применением пропаривания время подготовки корма доходит до двух часов (табл. 7.2).

7.2. Зависимость времени известкования соломы от параметров пара (по В. С. Сечкину)

Температура, К	Давление пара, кПа	Время кальцинирования, ч
384	50	6...7
406	200	3
416	300	2

Действие пара сказывается только на времени кальцинирования и не оказывает прямого воздействия на питательность корма.

В одном килограмме обработанного корма (в расчете на сухую массу) содержится 0,4...0,5 корм. ед. 30...50 г протенна, 18...20 г кальция, 2...3 г фосфора.

Для механизации обработки соломы используют смесители-запарники С-12, С-7-А, различные ящики, траншеи, а также горизонтальные вращающиеся цилиндрические емкости (например, К-1). На крупных фермах целесообразно иметь агрегаты вместимостью 40...60 м³.

Поедаемость обработанной соломы зависит от строгого соблюдения технологии, а также от температуры, при которой происходит скармливание. В холодном помещении этот вид корма животные поедают неохотно.

Обработанную известью солому скармливают животным в сочетании с другими кормами. Ориентировочные нормы дачи влажной обработанной массы на одну голову в сутки коровам и нете-

лям 15...18 кг, взрослому молодняку крупного рогатого скота — 15...20 кг, овцам — 2...3 кг. При этом отмечено положительное влияние обработки на минеральное питание скота.

Обработка соломы щелочью

Способ обработки соломы малыми дозами едкого натра отличается более высокой производительностью и эффективностью по сравнению с известкованием.

Сущность способа заключается в том, что измельченная солома подвергается в течение нескольких часов смачиванию непрерывно циркулирующим 1 %-ным раствором щелочи, в результате чего солома размягчается, приобретает приятный запах и охотно поедается скотом.

Технология ошелачивания соломы без промывки выполняется по следующей схеме. Соломенную резку увлажняют двухпроцентным раствором щелочи в плотно сколоченных ящиках. Для обработки 500 кг соломы требуется ящик вместимостью 5 м³, 1000 л воды и 20 кг едкого натра. В ящик послойно (0,25...0,30 м) загружают соломенную резку и смачивают указанным раствором. По окончании загрузки ящик накрывают крышкой с грузом и оставляют на 8...10 ч. После этого готовую солому скармливают скоту. Если же солому после смачивания запаривают, то ее скармливают сразу же после остывания. Взрослому поголовью крупного рогатого скота скармливают 15...18 кг, молодняку до года — 10...12 кг, овцам — до 2 кг в сутки. Обработка соломы водным раствором кальцинированной соды (карбоната натрия) обеспечивает значительное повышение переваримости соломы. С этой целью измельченную солому смачивают 5...6 %-ным раствором соды из расчета 80...100 л на 1 ц, тщательно уплотняют и укрывают. Через 3...4 дня в результате развития микроорганизмов на смоченной соломе температура ее достигает 313...318 К и корм готов для раздачи. Вместо самосогревания соломы применяют запаривание, что ускоряет процесс подготовки корма и дает значительный эффект.

В качестве примера рассмотрим процесс обработки соломы щелочью на технологической линии ЛОС-1. Солому, поступающую на обработку в рулонах, тюках или россыпью, предварительно измельчают и очищают от камней и направляют в смеситель-реактор. При обработке одним натром без пара влажность соломы не должна превышать 17 %, а при обработке ее кальцинированной содой с паром — 8 %. Рабочий раствор химического реагента готовят одновременно на этом же оборудовании. С этой целью в емкость заливают воду, дозированно вводят едкий натр или кальцинированную соду и тщательно перемешивают. Приготовленный раствор перекачивают насосом в расходную ем-

кость, где его температура при помощи электронагревателя поддерживается не ниже 293 К. Из расходной емкости раствор химического реагента насосом-дозатором подается через подогреватель в смеситель-реактор, где распыляется с помощью блок-распылителя. В подогревателе раствор нагревается до 353...363 К.

В смесителе-реакторе солома под действием лопастей находится во взвешенном состоянии и парощелочная смесь заполняет внутренний объем смесителя, создает условия для равномерной ее обработки. Пар, конденсируясь, равномерно распределяет химический реагент по поверхности обрабатываемой соломы при сравнительно малых объемах вводимого раствора с одновременным воздействием химического и термического эффекта. Из смесителя-реактора ошелоченная солома поступает на скормливание или дальнейшую обработку (брикетирование).

Техническая характеристика линии обработки соломы ЛОС-1

Производительность за 1 ч чистого времени, т/ч:	
при приготовлении брикетов из соломы, обработанной термохимическим способом	Не менее 1,6
при приготовлении брикетов из кормосмеси на основе соломы, обработанной термохимическим способом	Не менее 2
Номинальная мощность, кВт	148
Давление пара, Па	$0,4 \cdot 10^5 \dots 0,7 \cdot 10^5$
Массовый расход кристаллического химического реагента, кг на 1 т соломы:	
едкого натра	40
кальцинированной соды	50
Массовая доля химического реагента в растворе, %:	
едкого натра	25...45
кальцинированной соды	15...25
Масса оборудования линии, кг	17 060

Широкое распространение получил гидробаротермический метод обработки соломы. Этот вид обработки, как и термохимический, существенно повышает поедаемость, переваримость и питательность. Кроме того, баротермическая обработка соломы обеспечивает полное расщепление в ней трудноперевариваемых углеводов (полисахаридов) до легкоусвояемых форм простых сахаров.

Технологический процесс баротермической обработки соломы состоит в следующем. Солому в тюках закладывают в контейнеры, замачивают в течение 8...10 ч и загружают в автоклав. В автоклаве в течение часа давление пара поднимается до значения рабочего режима (0,6...0,7 МПа). Это давление поддерживают в течение 2,5 ч, после чего его снижают. За этот период происходит процесс гидролиза соломы и содержание в ней легкоусвояемых углеводов возрастает до 8...12 %.

После остывания солому скормливают животным в целом виде или в составе кормосмеси.

Производство кормовых дрожжей

Увеличение производства кормов и, в частности, кормового белка для сельскохозяйственных животных — наиболее важная и актуальная задача, стоящая перед работниками животноводства. Разработаны различные способы получения белковых кормов, таких как концентраты из несортовой рыбы, продукты из сои, подсолнечника и других культур, а также белки из одноклеточных микроорганизмов. Эти продукты используют для расширения кормовой базы для скота и птицы.

Из всех источников кормового белка наибольшее значение имеют одноклеточные микроорганизмы, так как они обладают высокой скоростью размножения. По скорости производства белка микроорганизмы значительно превосходят все известные на нашей планете живые существа. Отмечают следующие преимущества использования микроорганизмов в процессе синтеза белка: высокое содержание белка в расчете на сухую массу (30...80 %); способность утилизировать самые разнообразные соединения углерода; приспособляемость отдельных видов к различным источникам сырья; относительно меньшая трудоемкость микробиологического производства белковой массы по сравнению с сельскохозяйственным ее производством.

При производстве кормовых дрожжей в качестве сырья используют отходы пищевых предприятий (барда, молочная сыворотка, соковые воды крахмальных заводов); щелок, остающийся при известковой сепарации мелассы; сульфитный щелок, получаемый при сульфитном способе варки целлюлозы; полупродукты гидролизных заводов и др. Технология кормовых дрожжей состоит из следующих процессов: приготовление растворов солей, подготовка питательной среды; культивирование посевного материала, выращивание дрожжей; отделение биомассы от культуральной жидкости и промывка ее водой; концентрирование и плазмолиз дрожжей; сушка; расфасовка и упаковка готового продукта.

В качестве примера рассмотрим процесс выращивания дрожжей на отходе сахарных заводов — мелассе. Меласса представляет собой густую темно-коричневую жидкость, содержащую 73...80 % сухого вещества, в состав которого входит 46...52 % сахара (от массы сырья) и 27...28 % несахаров. При хорошем качестве мелассы выход дрожжей достигает 100 % от исходной массы, однако в среднем эта величина колеблется от 70 до 85 %.

При производстве дрожжей в качестве вспомогательных материалов применяют питательные и ростовые вещества (сернокислый аммоний, аммиак, диаммонийфосфат, суперфосфат, сернокислый магний, хлористый калий, ортофосфорная кислота, кукурузный экстракт и др.), а также пеногасители — олеиновая

кислота, отходы жировой промышленности (согсток, китовый жир) и дезинфицирующие вещества — серная кислота, формалин, каустическая сода, хлорная известь.

В начале процесса мелассу осветляют, удаляя грубые взвешенные частицы коллоидов и других примесей. Осветление производится химическим способом, связанным с применением серной кислоты и суперфосфата (кислотно-холодный и кислотно-горячий способы), а также механическим путем, используя кларификаторы. Растворы питательных солей готовят, как и при производстве дрожжей на гидролизных заводах. Маточные дрожжи, готовящиеся из чистой культуры, должны иметь высокую активность размножения, поэтому их выращивают на средах, богатых питательными веществами, особенно органическим азотом. При выращивании маточных дрожжей различают три стадии: маточную (6...8 ч, температура 302...303 К, концентрация сухого вещества в конце процесса 3,5...4,0° по сахариметру); промежуточную (6...8 ч, температура 302...303 К, концентрация сухого вещества в начале процесса 7° по сахариметру, а в конце процесса 3,5...4,0°); дрожжевальную (воздушно-приточный способ, 7...11 ч). Кроме маточных дрожжей (чистая культура — 4 К), на заводах готовят задаточные дрожжи (естественно, чистая культура ЕЧК). Дрожжами ЕЧК засевают маточный аппарат. Получение товарных дрожжей осуществляют в две стадии (засевная и дрожжерастильная). В дрожжерастильные аппараты через час после начала процесса наливают осветленную мелассу и растворы питательных солей по специальному графику. Спустя 6...7 ч культуральную жидкость из основного дрожжерастильного аппарата подают в отборочный аппарат, где она находится на дозревании 1...2 ч. После этого дрожжевую суспензию выделяют, концентрируют и сушат.

Контрольные вопросы и задания

1. Перечислите операции технологического процесса обработки соломы известкованием. 2. Какова питательная ценность кормов при обработке их известкованием? 3. Назовите последовательность выполнения операций при обработке соломы щелочью. 4. Назовите технологическое оборудование, применяемое при ошелачивании соломы. 5. Назовите рабочий процесс технологической линии ЛОС-1. 6. Назовите преимущества и недостатки гидробаротермического способа обработки соломы. 7. Назовите основные преимущества применения биотехнологии для обработки кормов. 8. Назовите виды кормов, используемые в качестве сырья для выращивания дрожжей. 9. Перечислите операции производства дрожжей на основе мелассы. 10. Назовите стадии получения товарных дрожжей.

Глава I

ДОЗАТОРЫ

**Зоотехнические требования
к процессу дозирования**

Для полноценного кормления животных и птицы приготавливают полнорационные кормовые смеси. Одной из важнейших операций при их получении является дозирование. Дозирование — это процесс отмеривания заданного количества материала (порции) с требуемой точностью. Степень точности обусловлена зоотехническими и технологическими требованиями, а также обосновывается экономическими соображениями. Дорогостоящие и дефицитные корма дозируют с более высокой точностью, чем стебельные и корнеплоды. Наиболее строгую точность дозирования обеспечивают при производстве белково-витаминных и минеральных добавок. Здесь малейшее отклонение от норм, предусмотренных в рецепте для отдельных компонентов, может привести не только к нарушению пищеварения и заболеванию животных, но даже к их гибели.

Кормовые смеси должны быть приготовлены строго по рецепту. Для каждого вида животных устанавливаются требования и величина допустимых отклонений содержания дозируемых компонентов (табл. 8.1).

Применяют два способа дозирования материалов — объемное и массовое. В отдельных случаях пользуются комбинированным способом — объемно-массовым, то есть когда предварительно отмеривается порция по объему, а затем ее масса доводится до заданного значения на весовом устройстве.

Выбор способа дозирования зависит от свойств дозируемых материалов, из которых наиболее существенными являются: плотность, гранулометрический состав сыпучих материалов, углы естественного откоса и обрушения, влажность, склонность к сводообразованию, смешиваемость, комковатость и др.

Точность дозирования установлена по ГОСТу, который допускает погрешность для массового дозирования до 2%, а для объемного — до 3%. В производственных условиях отклонения от установленной дозы могут быть значительные. Так, по данным Литовской МИС, поточные линии кормоцеха КОРК-15 обеспечивают точность объемного дозирования грубых кормов 3,50... 8,15%, силоса — 10,9...12,4, концентрированных кормов 5,9... 11,8%.

8.1. Допустимые отклонения при дозировании компонентов кормосмеси (по отношению к массе компонента, %)

Наименование компонента	Вид животных			
	крупный рогатый скот	свиньи	овцы	звери
Грубые корма, силос (комбисилос), зеленая масса и т. п.	± 10,0	± 10,0	± 10,0	—
Корнеклубнеплоды, плоды бахчевых культур и т. п.	± 15,0	± 15,0	± 15,0	—
Комбикорма и концкорма	± 5,0	± 5,0	± 5,0	± 5,0
Кормовые дрожжи	± 2,5	± 2,5	± 2,5	± 2,5
Мясные корма:				
костные	—	—	—	± 10,0
мягкие	—	—	—	± 5,0
Рыбные корма	—	—	—	± 5,0
Жиры животные	—	—	—	± 1,0
Молочные продукты (молоко, обрат, творог и т. п.)	—	—	—	± 2,5
Питательные растворы	± 5,0	± 5,0	± 5,0	—
Минеральные добавки	± 5,0	± 5,0	± 5,0	—
Пищевые отходы	—	± 5,0	—	—

Применение массового дозирования снижает ошибку до $\pm 5\%$ для грубых и до $\pm 2\%$ концентрированных кормов.

Точность дозирования зависит и от условий подачи материала и характеристики наддозаторных устройств.

Емкость наддозаторных бункеров рассчитывают не менее чем на шестичасовой запас компонентов. Конструктивное решение при изготовлении бункеров принимают исходя из физико-механических свойств материала. Так, для зерновых и мучнистых компонентов с усредненной объемной плотностью 500 кг/м^3 угол наклона двух днищ бункеров принимают 60° и двух других — 90° . Для минеральных компонентов с объемной плотностью 1000 кг/м^3 угол наклона днищ бункера должен быть не менее 60° , а для травяной, сенной и хвойной муки с объемной плотностью 180 кг/м^3 угол наклона днищ бункера принимают, как и для зерновых кормов.

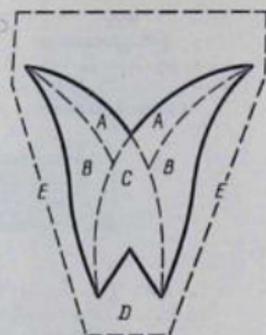
Типы и классификация дозаторов

Дозаторами называют устройства, предназначенные для отмеривания и выдачи заданной дозы. В соответствии с принятым способом дозирования их делят на объемные и массовые.

Объемные дозаторы просты по конструкции и в эксплуатации, но они обеспечивают невысокую точность дозирования.

Массовые дозаторы могут быть порционного или непрерывного действия и оборудуются средствами автоматического конт-

Рис. 8.1. Схема истечения материала из бункера.



роля и управления. Такие дозаторы регистрируют массу и число выданных порций, позволяют получить высокую точность дозирования. Однако они сложны по устройству и дороги.

Дозирующие устройства обоих типов обеспечивают самотечными или принудительными системами питания. Питание дозаторов самотеком возможно только при хорошо сыпучих материалах. С этой целью материалы, подлежащие дозированию, хранятся в бункерах, силосах или других емкостях, расположенных обычно выше дозирующих устройств. Истечение материала из отверстия бункера (рис. 8.1) характерно тем, что вначале приходит в движение столб материала, расположенного над выпускным отверстием. При этом первой вытекает небольшая часть *D*, затем следует часть *C*, способствующая движению обеих частей *A* по поверхности *B*. Части *B* соскальзывают по стенке *E*. Объем неподвижных частей в застойных зонах зависит от формы бункера и характеристики материала (угол обрушения, сыпучесть и т. п.).

При принудительном методе подачи над дозатором устанавливают специальные устройства — побудители и питатели. Побудители устанавливают в навесовых бункерах массовых дозаторов или непосредственно в дозаторах объемного типа. В качестве побудителей используют различные ворошилки, рыхлители, вибраторы и другие устройства.

Питающие механизмы применяют для равномерной подачи дозируемых материалов к массовым дозаторам и могут быть транспортерными, лотковыми, барабанными, шнековыми, тарельчатыми, вибрационными, аэрационными (рис. 8.2).

При приготовлении смесей из стебельных кормов и корнеклубнеплодов питающие механизмы (шнеки, транспортеры и др.) выполняют функцию объемных дозаторов.

Дозаторы кормов, помимо их деления по способу дозирования на объемные и массовые и по способу подачи дозируемого материала на непрерывные и порционные, различают также по назначению, конструкции рабочего органа, степени автоматизации, способу регулирования дозы и другим признакам.

Наибольшим разнообразием конструкции отличаются дозаторы, предназначенные для комбикормов и других сухих сыпучих кормов.

Для приготовления смесей из концентрированных кормов в хозяйствах, как правило, применяют объемные дозаторы — бара-

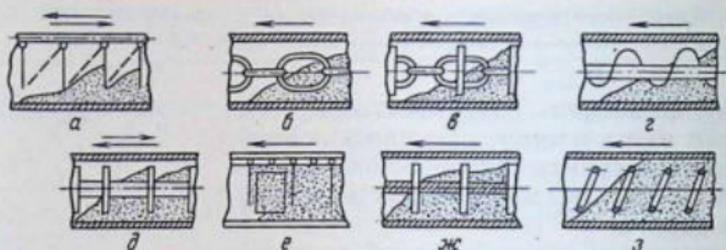


Рис. 8.2. Типы питателей-дозаторов порционного действия:
 а — штангово-скребковый; б — цепной; в — цепочно-шайбовый;
 г — шнековый; д — штангово-шайбовый; е — цепочно-скребковый,
 ж — тросово-шайбовый; з — спирально-винтовой.

банные, тарельчатые, шнековые, мерные емкости и массовые — бункерные с противовесом.

Для дозирования готовых комбикормов при раздаче их животным получают распространение объемные дозаторы: секторные, шиберные, плунжерные, грейферные, ленточные и мерные емкости.

Для дозирования влажных рассыпных кормов обычно используют ленточные или шнековые транспортеры, включаемые в работу на строго определенное время или имеющие средства для регулирования расхода.

Для объемного дозирования жидких кормов используют мерные емкости разных конструкций.

По уровню автоматизации различают дозаторы: с ручным управлением, автоматизированные и автоматические. У дозаторов с ручным управлением процесс дозирования выполняет оператор. В автоматизированных или полуавтоматических дозаторах часть работы оператора выполняется с помощью механизмов (отсчет числа порций, подача материала в дозатор и т. д.). Автоматические дозаторы могут работать как по разомкнутому, так и по замкнутому циклу. При разомкнутом цикле дозаторы работают как исполнительные механизмы, обеспечивающие выдачу заданного количества вещества независимо от изменения его параметров. Настройка расхода может производиться как вручную, так и дистанционно. При работе по замкнутому циклу подача вещества изменяется по управляющим сигналам системы автоматического регулирования, следящей за ходом процесса.

Устройство и рабочий процесс

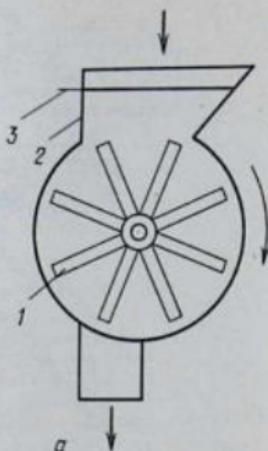
Наибольшее распространение в сельском хозяйстве получили объемные дозаторы непрерывного действия: барабанные, шнековые, тарельчатые, дисковые, массовые дозаторы порционного и непрерывного действия.

Рис. 8.3. Барабанный дозатор:
1 — барабан; 2 — корпус; 3 — заслонка.

Барабанный дозатор ДП-1 (рис. 8.3) предназначен для дозирования различных компонентов комбикормов. Состоит из корпуса и вращающегося ячеистого барабана, привода, клапана и магнитной гребенки. Внизу корпуса имеется окно для выхода материала, а сверху — отверстия для крепления бункера. Под приемным окном дозатора установлен побудитель, представляющий собой вал с лопастями и звездочкой. Дозатор работает следующим образом. Комбикорма из бункера поступают в приемную часть дозатора, где разрыхляются лопастями побудителя и заполняют ячейки барабана. Высypаясь из ячеек, корм проходит через дуги постоянных магнитов и очищается от металломагнитных примесей. Расход регулируют изменением частоты вращения барабана 1, реже изменением длины рабочей части барабана, иногда изменением объема желобков при повороте специальных подвижных лопастей. Частота вращения барабана $0,5...0,7 \text{ с}^{-1}$.

Шнековый дозатор ДС-15 (рис. 8.4) служит для дозирования корнеплодов и является составной частью кормоцехов (КЦК-5, ТП 801-460; 801-461 и др.). Дозатор состоит из цельнометаллического бункера вместимостью $1,0...1,5 \text{ м}^3$ с шестью вращающимися шнеками у основания и цепочно-планчатым разравнивающим транспортером сверху, каждый шнек диаметром витка 160 мм и шагом 160 мм имеет вал, ступенчато уменьшающийся по направлению к выгрузному отверстию с 90 до 45 мм. Это способствует более равномерной нагрузке корнеплодов из бункера. При этом два средних шнека вращаются навстречу один другому, а две пары крайних — в разные стороны. Расстояние между шнеками составляет 185...200 мм, угол наклона их к горизонту 15° . Привод шнеков осуществляется от электродвигателей мощностью 3,0 кВт через электромагнитные муфты, установленные на каждой паре шнеков. Валы шнеков соединены между собой зубчатым зацеплением. Неравномерность дозирования составляет $\pm 15\%$, производительность дозатора регистрируют включением или выключением соответствующего количества шнеков через электромагнитные муфты в пределах 3,3...15,0 т/ч.

Малый тарельчатый дозатор МТД-3А (рис. 8.5) предназначен для дозирования минеральных ингредиентов и обогатительных смесей. В корпусе дозатора смонтированы верхний и нижний несущие диски, между которыми установлена ограждающая обе-



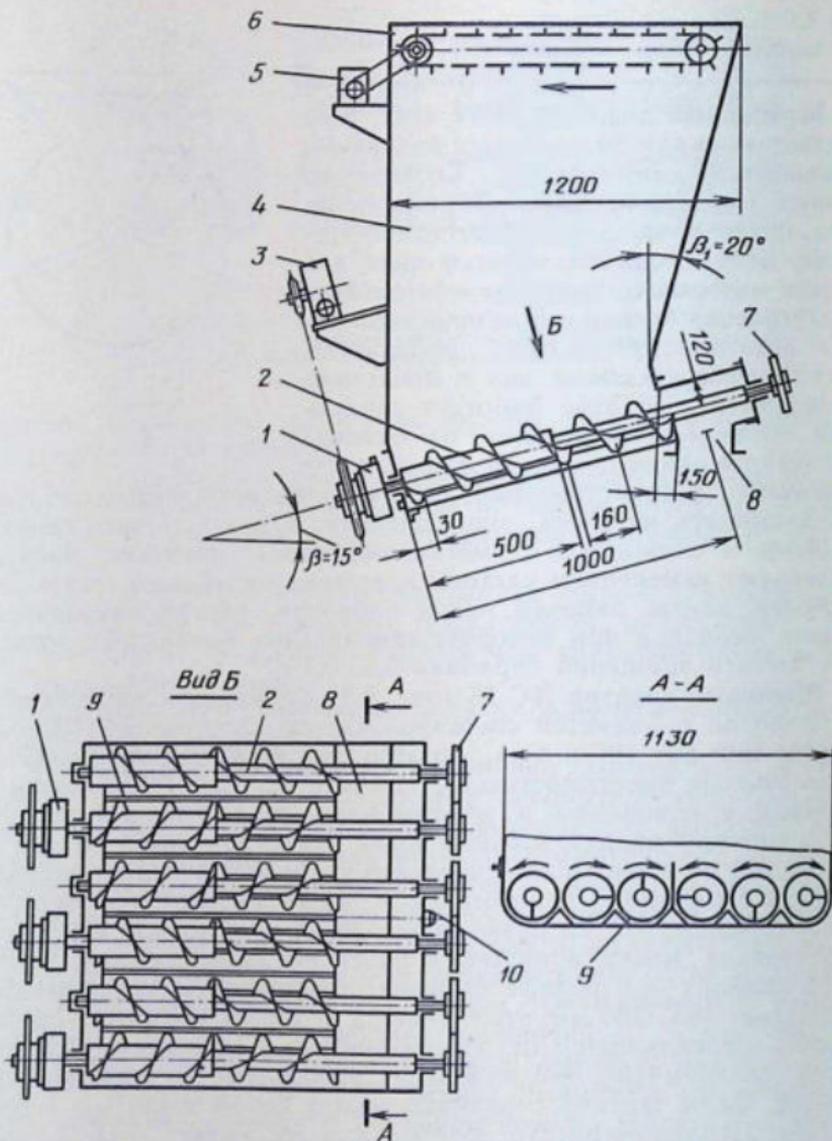


Рис. 8.4. Шнековый дозатор ДС-15:

1 — электромагнитная муфта; 2 — шнек; 3, 5 — электродвигатели; 4 — бункер; 6 — транспортер-выравниватель; 7 — шестерня; 8 — окно; 9 — перегородка; 10 — сливное отверстие.

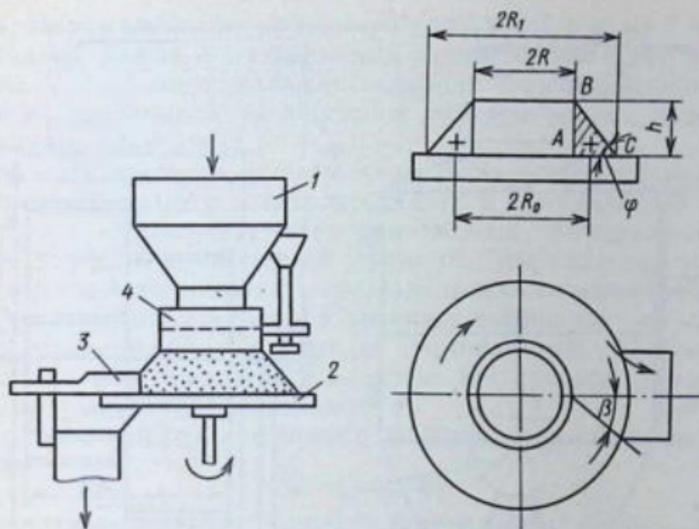


Рис. 8.5. Схема тарельчатого дозатора кормов МТД-3А:

1 — бункер; 2 — вращающийся диск; 3 — скребок; 4 — подвижной конус.

чайка из оргстекла. Приемно-дозировующее устройство состоит из бункера, шнекового ворошителя с рассекателем, подвижного и неподвижного патрубков и диска (тарелки). Заданный диаметр выпускного окна (80, 90 или 100 мм) получают путем установки в бункер соответствующих сегментных конусов. Выпускной лоток представляет собой самотечную трубу с перекидным клапаном. Для равномерной подачи ингредиентов на диск служит шнековый ворошитель. Подвижный патрубок, перемещаясь к неподвижному, регулирует зазор между его нижним торцом и диском. При работе дозатора ингредиенты из приемного бункера через выпускное отверстие поступают на диск (тарелку) дозатора, откуда скребком сбрасываются в выпускной лоток. Производительность дозатора регулируют, изменяя размеры выпускного окна приемного бункера, частоту вращения диска и величину зазора между диском и подвижным патрубком.

Объемный секторный дозатор (рис. 8.6) непрерывного действия предназначен для дозирования концентрированных кормов при установке его в поточных технологических линиях приготовления многокомпонентных смесей в кормоцехах молочных комплексов. В корпусе 11, установленном под бункером 13, размещены секционная ворошилка 18, разгрузочный зонт 2, обеспечивающий постоянство давления столба корма на ворошилку и датчик 1 нижнего уровня для сигнализации об отсутствии корма в бункере. На валу 19 шарнирно подвешены дозирующая заслон-

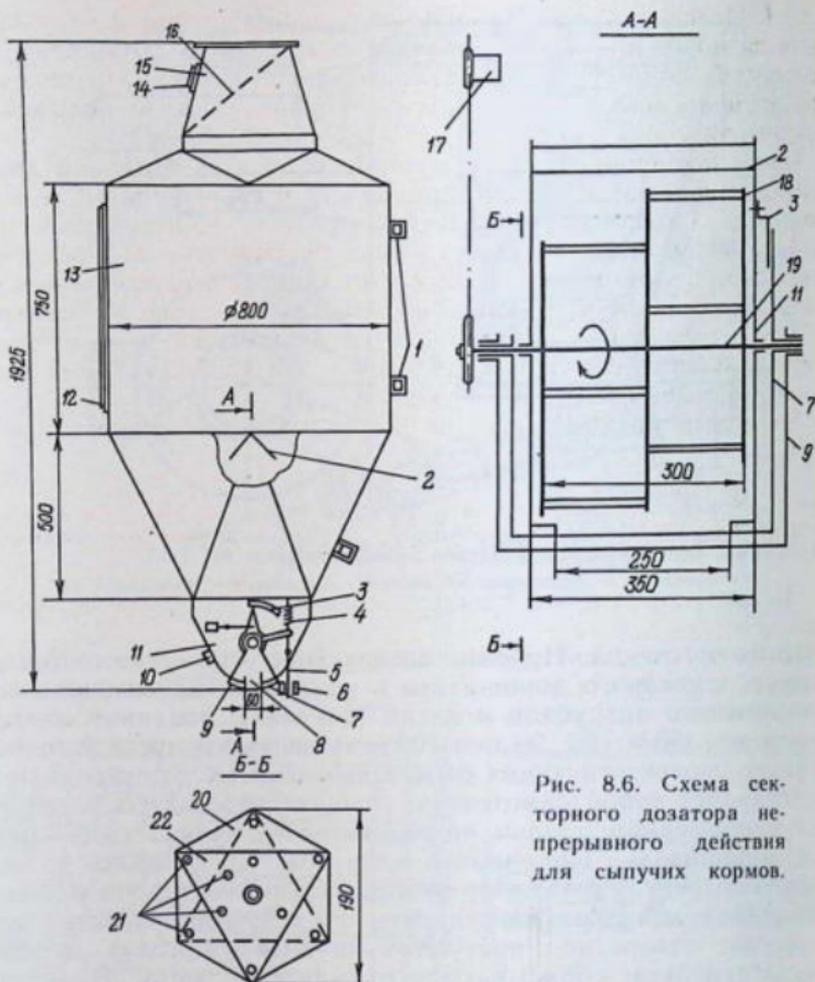


Рис. 8.6. Схема секторного дозатора непрерывного действия для сыпучих кормов.

ка 7 и запирающая выпускное окно 8 заслонка 9. На том же валу установлены механизм управления дозирующей заслонкой 7 с тягой 5 и электромагнит 6 с тягой и пружиной 4, а также упор 10 и шкала 3 расхода корма.

Секционная ворошилка состоит из жестко закрепленных на валу 19 дисков — наружных 22 треугольной формы и внутренних 20 шестиугольной формы. Через вершины по периметру дисков укреплены пальцы 21, образующие в пространстве две трехгранные призмы, смещенные относительно друг друга на 60°.

Дозатор работает следующим образом. Корм загружают через горловину 15, оборудованную сеткой 16 и смотровым лю-

ком 14. Перед началом работы дозирующая заслонка 7 устанавливается по шкале 3 на заданный расход корма с помощью механизма 4 (вручную или дистанционно с пульта управления). При этом заслонка 9 находится в крайнем правом положении, перекрывая собой окно 8.

При включении с пульта управления всей поточной линии включаются в работу электропривод 17 и ворошилка 18, а электромагнит 6 открывает полностью заслонку 9, перемещая ее в крайнее левое положение до упора 10. При этом под воздействием стержней ворошилки корм взрыхляется и равномерным потоком по всей ширине окна 8 вытекает из дозатора в смеситель.

При отключении дозатора, а следовательно, и электромагнита 6 пружина возвращает заслонку 9 в крайнее правое положение, закрывая выпускное окно 8.

Массовый расход секторного дозатора можно определить по формуле

$$Q = f_{отв} v \rho \varphi_n, \quad (8.1)$$

где $f_{отв}$ — площадь выпускного отверстия, изменяющаяся от f_{min} до f_{max} в зависимости от установки регулирующей заслонки, м²; φ_n — коэффициент заполнения выпускного отверстия ($\varphi_n = 0,7 \dots 0,8$).

По результатам испытаний погрешность дозатора не превышает $\pm 5\%$.

Питатель-дозатор грубых кормов ПДК-10 является модификацией питателя ПЗМ-1,5 и предусматривает возможность приема кормов непосредственно из самосвальных транспортных средств в подъемные лотки. Состоит из сварной рамы 11 (рис. 8.7),

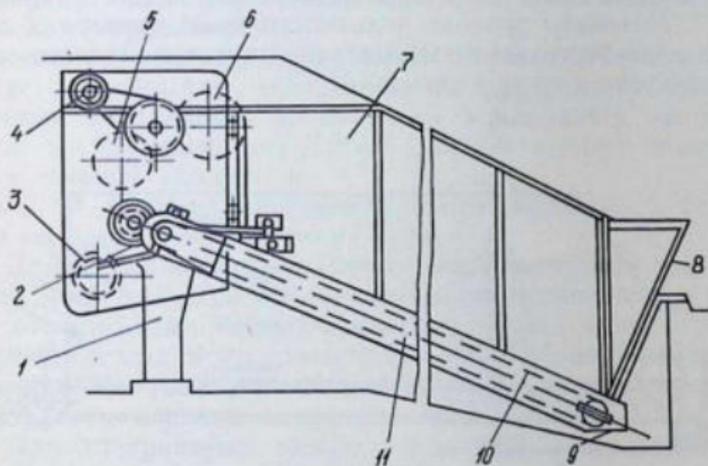


Рис. 8.7. Схема питателя-дозатора грубых кормов ПДК-10:

1 — опора; 2 — храповый механизм; 3 — шнековый транспортер; 4 — электродвигатель; 5, 6 — битеры; 7 — борт; 8 — задняя стенка; 9 — натяжное устройство; 10 — полотно конвейера; 11 — рама.

по днищу которой перемещается полотно 10 транспортера, битеров 5 и 6, шнекового конвейера 3, бортов 7 и задней стенки 8.

Привод битеров и винтового транспортера осуществляется от электродвигателя 4 через ременную и цепную передачи, привод полотна конвейера — от храпового механизма 2. Рама питателя одним концом опирается на фундамент, другим — на опоры 1. Регулировка натяжения полотна конвейера производится с помощью устройства 9. Измельченный корм из самосвальных средств загружают в бункер, и далее он конвейером перемещается к битерам. Сначала в контакт с кормом вступает отбойный битер, который, воздействуя на верхние слои, выравнивает поверхность корма и отводит излишки его назад. Затем корм поступает в зону действия подающего битера, захватывается им и сбрасывается на шнековый транспортер, где перемещается к выгрузному окну и попадает на сборный транспортер.

Вместимость бункера 30 м³, расход 2...20 т/ч, установленная мощность 4 кВт.

Бункер-дозатор стебельных кормов БДК-Ф-70-20 (БДУ-70) предназначен для приема, накопления и дозированной выдачи стебельных кормов в поточных линиях. Состоит из бункера 1 (рис. 8.8), подающего транспортера 2 и блока битеров 5 с механизмом привода, шкафа управления. Блок битеров включает два подающих (с активными пальцами) и один разравнивающий битер. Каждый битер выполнен в виде центрального трубчатого вала и четырех граблин, приводимых в действие планетарным механизмом и совершающих вращательное движение вокруг своей оси. Частота вращения битеров составляет 1,46 с⁻¹, граблин — 0,73 с⁻¹. Механизм привода подающего транспортера 2 состоит из двухскоростного электродвигателя, двухступенчатого червячного редуктора и цепной передачи.

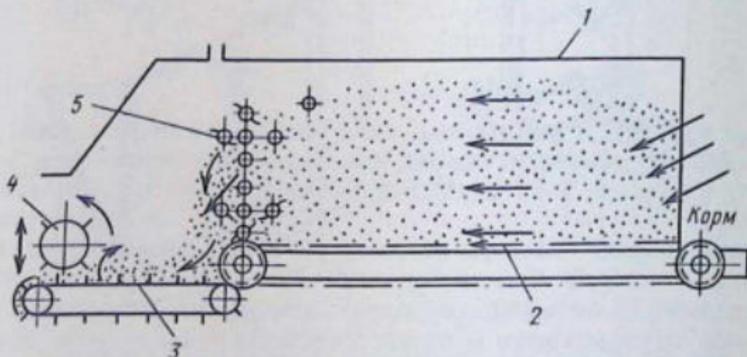


Рис. 8.8. Схема бункера-дозатора БДК-Ф-70-20 (БДУ-70):

1 — бункер; 2 — подающий транспортер; 3 — ленточный транспортер; 4 — счесывающий барабан; 5 — блок битеров.

Корм из самосвальных транспортных средств подают в бункер, где подающим транспортером он перемещается к блоку битеров. Активные граблины битеров захватывают частицы корма и подают их на ленточный транспортер дозатора, расположенный перпендикулярно к подающему транспортеру. Счесывающий барабан, вращаясь против хода ленты, формирует равномерный по высоте слой корма. Толщина слоя корма, определяющая расход дозатора, регулируется винтовым механизмом.

Расход бункера-дозатора на кукурузном силосе — 4,2...41,6 т/ч, на измельченной соломе — 2,3...9 т/ч, мощность привода составляет 8,6 кВт.

Массовые дозаторы. Массовые дозаторы непрерывного действия подают необходимое количество корма непрерывным потоком с высокой точностью. В качестве примера рассмотрим работу ленточного автоматического дозатора (рис. 8.9, а). Корм из бункера 1 поступает непрерывным потоком на ленту транспортера 3, под которой установлен датчик 4 весов, связанный тягой с балансиром 5. При изменении массы корма на ленте сигналы датчика передаются на механизм управления заслонкой, который перемещает ее и устанавливает необходимый размер выпускной щели.

Массовый дозатор порционного действия (рис. 8.9, б) состоит из бункера 1 с конусным дном, который установлен на платформе 6 передвижных весов. Дозатор передвигают вручную по наземной дорожке и останавливают над горловиной смесителя. В поточных линиях кормоцехов свиноводческих комплексов и птицефабрик применяют порционные массовые дозаторы с автоматическим управлением.

Многокомпонентные дозаторы. В производственных процессах, где применяется систематическое дозирование нескольких различных материалов, рационально использовать многокомпонентные дозирующие устройства с автоматизацией отпуска доз и учета готовой продукции.

По С. П. Орлову, многокомпонентное дозирование осуществляется по одной из следующих схем.

1. Для дозирования всех компонентов применяют один общий дозатор (рис. 8.10, а) с последовательным опорожнением бункера после отвешивания каждого компонента или с накоплением в бункере дозатора всех отвешиваемых по рецепту компонентов. При втором варианте затрачивается меньше времени, но требуется иметь весы с большой предельной нагрузкой.

2. Для дозирования каждого компонента устанавливают отдельный дозатор (рис. 8.10, б). Навешивание каждого компонента производится в отдельном бункере. Отмеренные компоненты могут подаваться на смешивание одновременно всеми дозаторами.

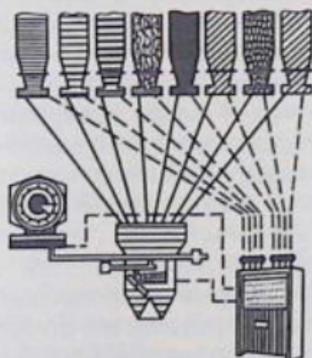
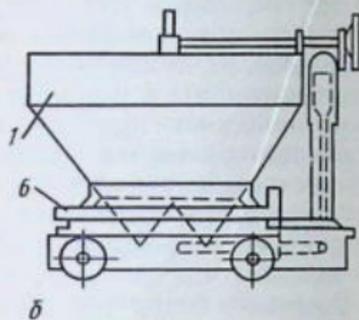
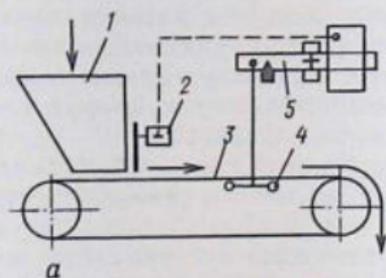


Рис. 8.9. Схема массовых дозаторов непрерывного (а) и порционного (б) действия:

1 — бункер; 2 — механизм управления задвижкой; 3 — ленточный транспортер; 4 — датчик весов; 5 — балансир; 6 — платформа.

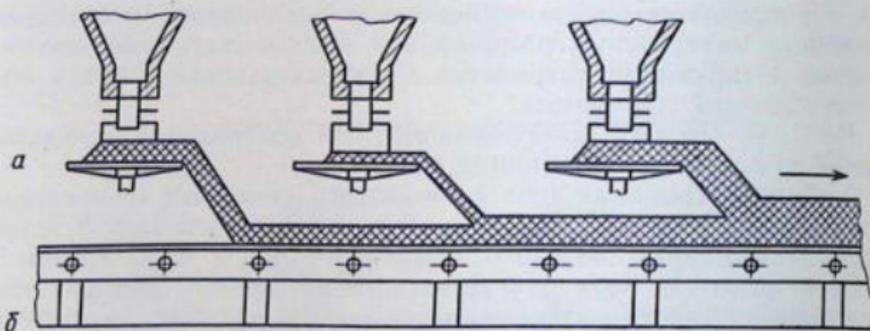


Рис. 8.10. Схемы многокомпонентного дозирования:

а — с одним общим дозатором; б — с отдельными дозаторами компонентов.

3. Дозирование проводят комбинированно. Материалы объединяют в однородные группы по свойствам и объему дозирования. Каждая группа дозируется «своим» дозатором.

Выбор той или иной схемы многокомпонентного дозирования зависит от конкретных условий (объема производства, свойств дозируемых материалов, величины доз и др.).

Дозаторы для жидких компонентов бывают непрерывного и периодического действия. Дозатор (рис. 8.11, а) работает по следующей схеме. Дозируемая жидкость из напорного бачка 2 по трубе 1 самотеком поступает в дозирующий бачок 3. Величина расхода регулируется краном 4 с поплавком 5, которые установлены в питающей трубе 1.

Устройство с однопоплавковым регулятором уровня жидкости представляет собой дозатор конструкции Смакова (рис. 8.11, б). Он состоит из резервуара 1, в котором поддерживается постоянный уровень поплавком 2, скользящим по трубе 3. Дозируемый раствор поступает в резервуар через патрубок 4 и отверстие 5, площадь сечения которого изменяется за счет поплавка 2. Жидкость отводится через отверстие 6 и патрубок 7.

Процесс дозирования растворов без напорного бачка (рис. 8.11, в) происходит по следующей схеме. Раствор поступает в бачок дозатора по трубе 1 через шаровой клапан 2, который поддерживает в нем постоянный уровень. К передней стенке бачка прикреплена фасонная сливная трубка 3. Высоту напора H над отверстием истечения 4 можно регулировать, устанавливая трубу 3 под разным углом к вертикали.

Дозатор с двухпоплавковым регулятором (рис. 8.11, г) снабжен секторной задвижкой 1 для фиксирования величины расхода жидкости при постоянном ее уровне в дозирующем бачке 2. Корпус дозатора представляет собой двухсекционный резервуар, верхняя секция которого является напорной, а нижняя отводной. В питающей трубке 3 установлена заслонка 4, соединенная с поплавком 5 напорного бачка. Истечение раствора регулируют секторной задвижкой 1, установленной в трубке 6. Для отвода жидкости, выданной верхним бачком, служит патрубок 7 с задвижкой 8 и поплавком 9.

Рассмотренные дозирующие устройства не обеспечивают требуемой точности жидкостей повышенной вязкости. Дозирование вязких жидкостей производится ковшовыми дозаторами. Ковшовый дозатор непрерывного действия (рис. 8.11, д) представляет собой прямоугольный резервуар 1, внутри которого установлено колесо с шестью ковшами 2, прикрепленными к диску 3. Диск закреплен на консольной части приводного вала, вращающегося с постоянной угловой скоростью. Дозируемая жидкость подводится через трубу 4 и заполняет резервуар, в днище которого установлена выдвижная труба 5. Необходимый уровень жидко-

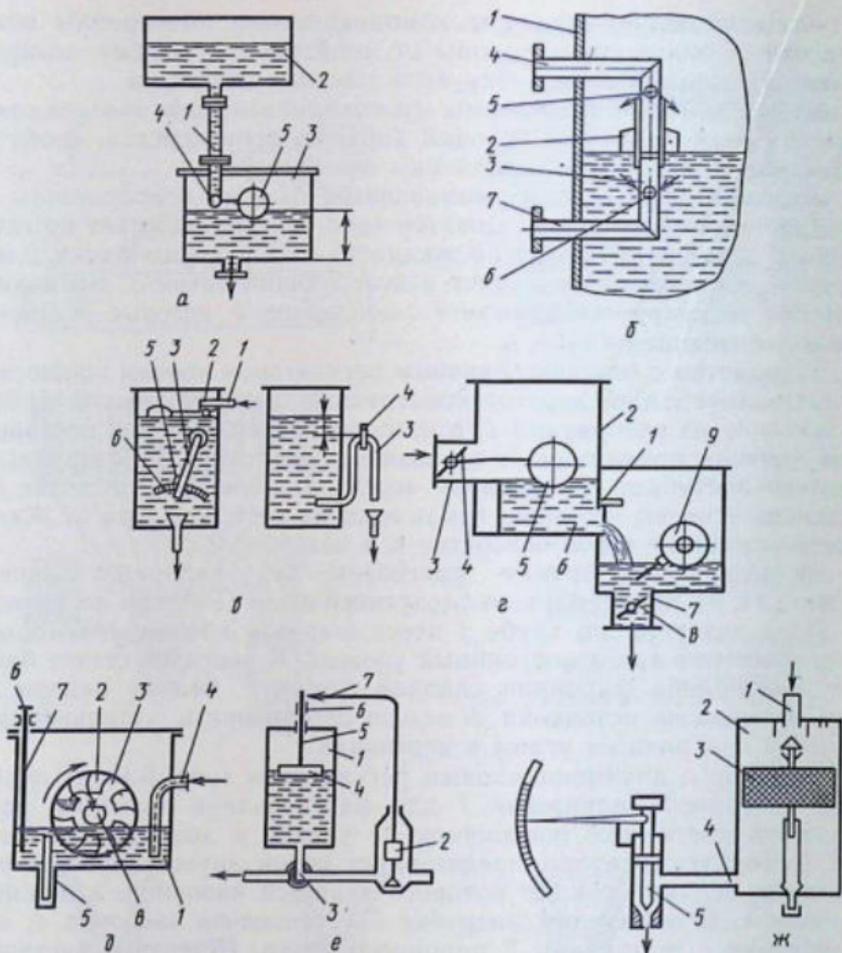


Рис. 8.11. Принципиальные схемы дозаторов жидких компонентов непрерывного (а, б, в, г, д, ж) и периодического (е) действия:

а — с однопоплачковым регулятором и напорным бачком; б — с однопоплачковым регулятором системы Смагина; в — с однопоплачковым регулятором системы напорного бачка; г — с двухполачковым регулятором; д — ковшового типа; е — с электромагнитным клапаном; ж — микродозатор.

сти в резервуаре поддерживается подъемом или опусканием трубки 5 с помощью винтового механизма б и тяги 7. Ковш в нижнем положении заполняется жидкостью, а при повороте диска до достижения им верхнего положения жидкость выливается в отводную трубку 8.

Дозатор периодического действия (рис. 8.11, е) работает следующим образом. Жидкость поступает в бачок 1 через электро-

магнитный клапан 2 и трехходовой кран 3. При наполнении бачка поплавков 4 поднимается вместе со стержнем 5. В момент получения заданной порции замыкаются контакты 6 и 7, вызывая срабатывание электромагнитного клапана 2, закрывающего доступ жидкости. Изменение количества жидкости производится путем перемещения контакта по стержню и закреплением его на нужном делении.

Для дозирования микроэлементов используют жидкостный дозатор периодического действия (рис. 8.11, ж). Дозирование и смешивание микроэлементов осуществляется в две стадии. Сначала их дозируют в наполнитель и смешивают с ним. Микроэлементы тщательно измельчают, растворяют в горячей воде и полученным раствором заполняют расходный бачок. Из расходного бачка через штуцер 1 раствор поступает в камеру микродозатора 2, уровень жидкости в которой поддерживается поплавком с иглой 3. По соединительной трубке 4 раствор поступает далее в корпус микродозатора. Расход дозатора устанавливается подъемом или опусканием иглы 5, которая перекрывает или освобождает сечение выходного штуцера. Распыл раствора производится сжатым воздухом, что способствует равномерному распределению микродобавок во всей массе комбикорма.

Теория процесса дозирования и расчета дозаторов

В процессе работы дозаторы должны выполнять следующие функции.

1. Производить выдачу заданного количества материала (дозы) с требуемой точностью, т. е. обеспечивать расход материала в пределах установленного допуска

$$Q_n \pm \Delta, \quad (8.2)$$

где Q_n — заданная доза; Δ — величина допуска.

Эта задача может иметь следующие варианты решения: а) без регламентации времени выдачи; б) с выдачей за минимальное время t_{\min} ; в) с выдачей за строго определенное время Δt .

2. Обеспечивать расход непрерывным потоком с целью поддержания заданной подачи материала $Q(t) \pm \Delta$, выдаваемого за промежуток времени Δt .

3. Обеспечивать заданный расход одного из исходных компонентов смеси.

При объемном способе дозирования расчетная величина порции сыпучего материала определяется по формуле

$$q = \rho V, \quad (8.3)$$

где ρ — плотность, кг/м³; V — объем порции, м³.

При постоянном объеме V отмериваемой порции влияние свойств материала на возможные отклонения действительных значений величины от расчетных оценивается статистическими характеристиками — математическим ожиданием $M(q)$ и дисперсией $D(q)$. С изменением заданного объема V порции эти характеристики также будут изменяться, что можно выразить зависимостями среднего квадратического отклонения $\sigma(q)$ или коэффициента вариации $\nu(q)$ от заданного объема порции, т. е. зависимостями $\sigma = f_1(V)$ и $\nu = f_2(V)$.

В свою очередь, значение V для любого заданного уровня также может статистически изменяться. Эти изменения обусловлены выбранным способом формирования поверхности площадью S_V отделяемой дозатором порции заданного объема.

Различные части общей поверхности формируемого тела могут быть образованы: площадью жесткой стенки дозатора $S_{ж.с}$, углом естественного откоса $S_{е.о}$ дозируемого материала, углом его обрушения $S_{обр}$, поверхностью, образованной активным рабочим органом дозатора при принудительном отделении порции от основной части материала $S_{д}$.

Суммарная площадь поверхности объема порции оценивается выражением

$$S_V = S_{ж.с} + S_{е.о} + S_{обр} + S_{д}. \quad (8.4)$$

Площади поверхностей $S_{е.о}$ и $S_{обр}$, зависящие от свойств дозируемого материала, формируются случайным образом и являются одной из причин колебания действительного объема V .

Сумму флюктуирующих площадей $S_{е.о} + S_{обр}$ обозначим через S_{ϕ} и их изменения выразим через отношение

$$\eta_V = (S_V - S_{\phi}) / S_V. \quad (8.5)$$

Из формулы видно, что изменение суммарной площади S_V поверхности объема порции зависит только от площади S_{ϕ} флюктуирующей поверхности, обусловленной свойствами дозируемого материала.

Показатель η_V дозируемости будет иметь максимальное значение ($\eta_{V_{max}} = 1$) в случае, если формируемый объем порции ограничен со всех сторон жесткой стенкой. Такой случай имеет место при использовании выдачи порций мерных емкостей (мерников), которые после заполнения перекрываются задвижками. При этом погрешности в дозировании минимальны.

Площади $S_{е.о}$ и $S_{обр}$ определяют по средним значениям углов естественного откоса и обрушения для того или иного материала и геометрическим размерам тел (пустот), образуемых при отделении порции.

Показатель дозируемости η_V отражает способность дозатора

к точности объемного дозирования материала и может служить оценкой совершенства дозирующего устройства.

Из формулы (8.5) следует, что дозаторы с меньшими значениями показателя η_V дают более высокую погрешность дозирования.

Если по результатам опытов определить зависимость коэффициента вариации (как показателя погрешности) [$v = f(\eta_V)$] от численного значения показателя η_V , а затем аналогичную зависимость от показателей точности, то можно оценить приемлемость дозатора определенного типа для заданных условий работы. Эти условия задаются зоотехническими требованиями на точность дозирования, представляющую собой технологический допуск Δ . Так, по данным академика ВАСХНИЛ А. П. Дмитроченко, допуск на дозирование стебельных кормов может быть принят

$$\Delta = (Q_{\max} - Q_{\min})/Q_{\text{ср}} \leq 0,1, \quad (8.6)$$

где Q_{\max} , Q_{\min} , $Q_{\text{ср}}$ — расход дозатора соответственно максимальный, минимальный и средний, кг/с или м³/с.

При нормальном распределении значений погрешности дозатора величина допуска Δ может быть выражена в долях квадратического отклонения, т. е.

$$\delta_{\max} = t_{\beta} \sigma \leq \Delta, \quad (8.7)$$

где δ_{\max} — наибольшая погрешность; t_{β} — показатель достоверности при доверительной вероятности β (обычно $\beta = 0,95$, при этом $t_{\beta} = 1,96$).

В процессе непрерывного дозирования среднее значение абсолютной погрешности дозатора равно

$$\delta = \sum_{i=1}^m (Q_i - Q_p)/m, \quad (8.8)$$

где Q_i — действительная подача или расход материала в i -м измерении, м³/с (объемный) или кг/с (массовый расход); Q_p — расчетное значение подачи, м³/с; кг/с; m — число измерений.

Относительная погрешность дозирующего устройства оценивается коэффициентом вариации, который показывает отклонение, отнесенное к среднему значению случайной величины,

$$v = \pm 100S/\bar{Q}, \quad (8.9)$$

где S — среднеквадратическая погрешность; \bar{Q} — среднее значение подачи дозатора в m пробах, кг/с; м³/с.

Как отмечают В. Р. Алешкин и П. М. Рощин, показатели погрешности, выраженные в виде числовых характеристик случайной величины, не дают объективных показателей оценки точности дозирования в общем случае, потому что значения их зависят от числа проб, абсолютной величины среднего значения, изменяются во времени и не отражают внутренней структуры про-

цесса. Наиболее современной методикой, с их точки зрения, является система оценки технологических допусков. Суть ее заключается в следующем. Поток корма, выдаваемый дозатором, представляют как случайный процесс в виде реализации подачи во времени. Реализацию выходного процесса, определяющего эффективность функционирования дозатора по выбранному показателю, в общем виде можно представить как

$$y_i(t) = \bar{y} + \overset{\circ}{m}_y(t) + \overset{\circ}{y}(t), \quad (8.10)$$

где $y_i(t)$ — любая реализация случайного процесса; \bar{y} — среднее значение процесса (общее); $\overset{\circ}{m}_y(t)$ — центрированная составляющая низкочастотной части процесса (отклонения от среднего значения); $\overset{\circ}{y}(t)$ — отклонения случайного процесса от центрированной составляющей (центрированный процесс).

Например в реализации процесса дозирования соломенной резки (рис. 8.12) в качестве показателя эффективности $y_i(t)$ принята вероятность его пребывания в поле допуска P_Δ . Физический смысл вероятности P_Δ заключается в том, что она показывает долю времени реализации, в течение которого процесс находится в поле допуска. В результате исследования процессов дозирования установлено, что отклонение от среднего значения конкретной дозы корма распределяется по нормальному закону и допуск относительного среднего значения симметричен. График плотности вероятностей $f(y)$ нормального закона распределения случайной величины (отклонение подачи от среднего значения показано на рисунке 8.12, правая часть). Вероятность P_Δ в графическом виде представляется заштрихованной площадью под кривой плотности, а аналитически — выражением

$$P_\Delta = 2\Phi(\Delta/v), \quad (8.11)$$

где Φ — функция Лапласа, принимаемая по таблицам в зависимости от Δ/v ; 2 — цифра обозначает симметричность допуска относительно среднего значения



Рис. 8.12. Реализация случайного процесса подачи соломы (по В. Р. Алешкину и П. М. Рошину).

подачи; v — среднеквадратическое отклонение случайного процесса за время реализации, отнесенное к среднему значению y , т. е. $v = s/y$.

Для определения значения S необходимо иметь не менее 60 измерений ординат случайного процесса

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^m (y_i - \bar{y})^2 / (m-1)}, \quad (8.12)$$

где y_i — текущее значение подачи; $i = 1, 2, \dots, m$; m — число ординат, принятое для расчета.

Технологический расчет дозаторов предусматривает определение расхода и расчет мощности, затрачиваемой на процесс.

Массовый расход барабанного дозатора определяют по формуле

$$Q = F_{\text{ж}} l z n_c \rho \varphi, \quad (8.13)$$

где $F_{\text{ж}}$ — площадь поперечного сечения одного желобка, м^2 ; l — длина рабочей части желобка, м ; z — число желобков; n_c — частота вращения барабана ($n_c \approx 0,16$), с^{-1} ; ρ — плотность, $\text{кг}/\text{м}^3$; φ — коэффициент наполнения желобков ($\varphi = 0,8 \dots 0,9$).

Мощность, расходуемая на привод барабанного дозатора, определяется в основном трением корма, захватываемого барабаном о вышележащие его слои. Сила трения $P_{\text{тр}}$, возникающая при этом, может быть определена по формуле

$$P_{\text{тр}} = f(pF_0), \quad (8.14)$$

где p — давление корма на поверхность барабана, Па ; F_0 — площадь поперечного сечения горловины бункера над барабаном, м^2 .

Мощность, необходимая для дозирования,

$$N_{\text{д}} = P_{\text{тр}} v k_1 / 1000, \text{ или } N_{\text{д}} = f p F_0 v k_1 / 1000, \quad (8.15)$$

где v — окружная скорость барабана, $\text{м}/\text{с}$; k_1 — коэффициент, учитывающий затрату энергии на возможное измельчение корма при захватывании его желобком (для порошкообразных $k_1 = 1$, для кусковых $k_1 = 2$).

Установленную мощность двигателя рассчитывают по формуле

$$N_{\text{дв}} = N_{\text{д}} k_2 / (\eta \eta_{\text{дв}}), \quad (8.16)$$

где k_2 — коэффициент, учитывающий потери мощности на трение рабочих органов ($k_2 = 1,1 \dots 1,2$ кВт); η — КПД передачи; $\eta_{\text{дв}}$ — КПД электродвигателя.

Массовый расход Q ($\text{кг}/\text{с}$) шнекового питателя определяют по формуле

$$Q = 2,1 \cdot 10^{-3} (D^2 - d^2) S \omega \rho \varphi, \quad (8.17)$$

где D и d — диаметры шнека и вала шнека, м ; S — шаг винта [$S = (0,8 \dots 1/D)$], м ; ρ — плотность, $\text{кг}/\text{м}^3$; φ — коэффициент заполнения ($\varphi = 0,8 \dots 1$); ω — угловая скорость, $\text{рад}, \text{с}$.

Во избежание забивания шнека при работе с кусковым материалом рекомендуется выдержать соотношение $D = (4...5)D_k$, где D_k — максимальный размер куска.

Количество подаваемого корма регулируют изменением частоты вращения шнека или сечения входного отверстия задвижкой.

Мощность, необходимая для привода шнека,

$$N = 10^4 Q_c (Lk' + H)k''/\eta, \quad (8.18)$$

где L — горизонтальная проекция пути корма, м; H — высота подъема корма, м; k' — коэффициент, учитывающий сопротивление перемещению корма в корпусе дозатора ($k' = 1,2...2,5$); k'' — коэффициент, учитывающий потери на трение в подшипниках ($k'' = 1,1...1,2$); η — КПД привода.

Массовый расход тарельчатого дозатора

$$Q = V_{ca} \rho n_c, \quad (8.19)$$

где V_{ca} — объем материала, снимаемого за один оборот тарелки, м³; n_c — частота вращения тарелки ($n_c = \omega/2\pi$), с⁻¹.

Объем конца треугольного сечения

$$V_{ca} = 2\pi R_0 F_{ca}, \quad (8.20)$$

где R_0 — расстояние от оси вращения тарелки до центра тяжести сечения, м; F_{ca} — площадь поперечного сечения кольцевого слоя, м².

При этом

$$R_0 = R + [h/(3tg\varphi)] \text{ и } F_{ca} = h^2/(2tg\varphi), \quad (8.21)$$

где h — высота подъема манжеты над тарелкой, м; φ — угол естественного откоса корма при движении, град.

Подставив значения V_{ca} , R_0 и F_{ca} в выражение (8.21), окончательно получим

$$Q = h^2 \omega \rho [(R + h)/3tg\varphi] 2tg\varphi. \quad (8.22)$$

Предельная угловая скорость $\omega_{кр}$ тарелки определяется из условия, что центробежная сила инерции I_u меньше силы трения $F_{тр}$, т. е. $I_u \leq F_{тр}$, или $mR_1 \omega_{кр}^2 \leq mgf$, отсюда

$$\omega_{кр} \leq \sqrt{fg/R_1}, \quad (8.23)$$

где R_1 — наибольший радиус вращения частицы, м; f — коэффициент трения материала о диск.

Затрата энергии на привод дозатора обусловлена сопротивлением от перемещения корма по тарелке и трением его о скребок.

Сила трения, возникающая при движении корма по тарелке, составит

$$F_{тр} = mgf = F_{ca} L \rho g f. \quad (8.24)$$

Мощность N_1 , расходуемая на преодоление этого сопротивления, составит $N_1 = F_{\text{тр}}v$, где $v = \pi R_0 n / 30$.

В результате суммарная мощность на привод дозатора составит

$$N = N_1 + N_2 + N_{\text{хх}} = F_{\text{тр}}v(1 + \cos\beta) + N_{\text{хх}}, \quad (8.25)$$

где $N_{\text{хх}}$ — затрата мощности на холостой ход.

Погрешность дозирования при использовании тарельчатых дозаторов колеблется в пределах 5...10 %.

Массовый расход ленточных дозаторов определяют по формуле

$$Q = bhv\rho k_{\text{ж}}, \quad (8.26)$$

где b , h — соответственно ширина и толщина слоя продукта на ленте, м; v — скорость движения ленты, м/с; ρ — плотность продукта, кг/м³; $k_{\text{ж}}$ — коэффициент заполнения желоба ($k_{\text{ж}} = 0,75 \dots 0,80$).

Мощность для привода ленточных дозаторов

$$N = \frac{N_1 + N_2}{\eta}, \quad (8.27)$$

где N_1 — расход мощности на перемещение корма, кВт; N_2 — расход мощности на преодоление трения продукта о стенки желоба, кВт.

Составляющие N определяют по уравнениям

$$N_1 = 9,81 Q(0,2L + H)k_6, \quad (8.28)$$

$$N_2 = 9,81 h^2 l \rho f k_n v,$$

где Q — расход дозатора, кг/с; L — расстояние между осями барабанов, м; H — высота подъема ленты, м; k_6 — коэффициент, учитывающий потери мощности на сопротивление барабанов, перегибы ленты и т. д. ($k_6 = 1,2$); l — длина бортов, м; f — коэффициент трения корма о борт; k_n — коэффициент подвижности корма.

$$k_n = (1 - \sin\varphi') / (1 + \sin\varphi'), \quad (8.29)$$

где φ' — угол естественного откоса при движении, град.

При дозировании жидких компонентов дозаторы работают по принципу выдачи непрерывной струей заданного расхода компонента. В этих дозирующих устройствах поддерживаются постоянные скорость истечения жидкости и уровень жидкости в напорном оборудовании. Скорость истечения жидкого компонента (м/с) определяют из выражения

$$v = \varphi \sqrt{2p/\rho}, \quad (8.30)$$

где p — гидростатическое давление жидкости над центром отверстия, Па; φ — коэффициент скорости; ρ — плотность жидкости, кг/м³.

Секундный расход дозатора рассчитывают по формуле

$$Q = \mu F \sqrt{2p/\rho}, \quad (8.31)$$

где μ — коэффициент расхода жидкости; F — площадь отверстия (насадка), м.

Контрольные вопросы и задания

1. Назовите основные требования к процессу дозирования.
2. Назовите показатели точности дозирования различных видов кормов.
3. Как классифицируют дозаторы по способу дозирования, способу подачи материала, назначению, конструкции рабочих органов и уровню автоматизации процесса.
4. Назовите основные узлы барабанного и шнекового дозатора и способы регулирования величины дозы.
5. Назовите основные особенности работы объемного секторного дозатора.
6. Как регулируют выдачу дозы в дозаторах ПДК-10 и БДК-Ф-70-20?
7. Перечислите основные преимущества массовых дозаторов по сравнению с объемными.
8. Назовите основные схемы многокомпонентного дозирования кормов.
9. Перечислите основные особенности конструкции дозаторов жидких кормов.
10. Перечислите основные функции рабочего процесса дозаторов.
11. Что выражает технологический допуск на дозирование компонентов и по какой формуле он определяется?

Глава II СМЕСИТЕЛИ

Зоотехнические требования к процессу смешивания

Под смешиванием понимают процесс равномерного распределения частиц компонентов корма в общем его объеме, в результате чего получают однородную кормовую смесь. В технологических процессах приготовления кормов применяют механическое смешивание. Устройства, с помощью которых осуществляется процесс смешивания, называют смесителями, а их рабочие органы мешалками. В зависимости от агрегатного состояния смешиваемых веществ применяют различные виды смесителей.

Кормовые смеси приготавливают строго по рецепту. Они представляют собой механические системы из сыпучих (зернистых, волокнистых) материалов, крайними состояниями которых являются полное смешивание или полное распределение частиц между собой. Для оценки качества кормовой смеси методикой международных сравнительных испытаний комплексов машин разработана специальная шкала (табл. 8.2).

8.2. Шкала оценки качества кормосмеси

Оценка смеси	Номер группы	Отношение контрольного компонента в пробах смеси от теоретической величины, %
Хорошая	1	До 8
Удовлетворительная	2	8...10
Недостаточно удовлетворительная	3	10...15
Плохая	4	Свыше 15

По зоотехническим условиям степень неоднородности (неравномерности) смешивания для отдельных компонентов допускается в 2 раза больше установленной предельной нормы отклоне-

ния при дозировании этого компонента. Например, отклонение содержания в кормовой смеси компонентов от расчетных изменений, по данным ведомственных норм технологического проектирования кормоцехов для животноводческих предприятий, составляет для грубых кормов не более 20%; корнеклубнеплодов и плодов бахчевых культур — 30; комбикормов и концентратов — 10; кормовых дрожжей — 5; мясо-костных и рыбных — 10; питательных растворов и минеральных добавок — 10%. Согласно зоотехническим требованиям равномерность смешивания при приготовлении кормосмесей для крупного рогатого скота должна быть не менее 80% (при вводе в кормосмесь карбамида — не менее 90%); для свиней — не менее 90 (при использовании пищевых отходов — не менее 80%); для овец — не менее 75...80; для пушных зверей — не менее 80%. В производственных условиях работы кормоцехов без какого-либо заметного отрицательного влияния на продуктивность животных и птицы считается достаточным получать степень однородности кормовых смесей (контрольный компонент — комбикорм) в следующих пределах (табл. 8.3).

8.3. Степень однородности кормовых смесей, допускаемая зоотехническими требованиями

Назначение смеси	Степень однородности, %
Смеси для:	
поросят в возрасте до 4 мес	93
свиней всех групп старше 4 мес	85...90
птицы	90
крупного рогатого скота	84...88
Комбикорм собственного производства для всех видов животных	90...95

При этом кормовая смесь должна иметь повышенные кормовые качества и обеспечивать лучшую поедаемость ее животными. Это способствует более полноценному использованию организмом животного питательных веществ, содержащихся в кормах.

Классификация и рабочий процесс смесителей

Смесители кормов классифицируют по следующим основным признакам: по характеру и организации рабочего процесса, по основному назначению конструкции рабочих органов и частоте их вращения.

По характеру процесса различают смесители порционного (периодического) и непрерывного действия. В зависимости от вида смешиваемых кормов смесители могут быть предназначены для приготовления сухих сыпучих (комбикормов), рассыпных

влажных и жидких (консистентных) кормов. По организации рабочего процесса все смесители делятся на две большие группы: с вращающейся камерой и с неподвижной камерой, или транспортирующие (рис. 8.13).

К первой группе относятся барабанные, горизонтальные, вертикальные или наклонные смесители различного конструктивного исполнения.

Ко второй группе относятся мешалочные смесители. По конструкции рабочих органов — мешалок (рис. 8.14) — применяют смесители: для сыпучих кормов — шнековые, лопастные и ленточные; для жидких — турбинные, пропеллерные и лопастные; для рассыпных влажных (стебельных) кормов — шнековые и лопастные.

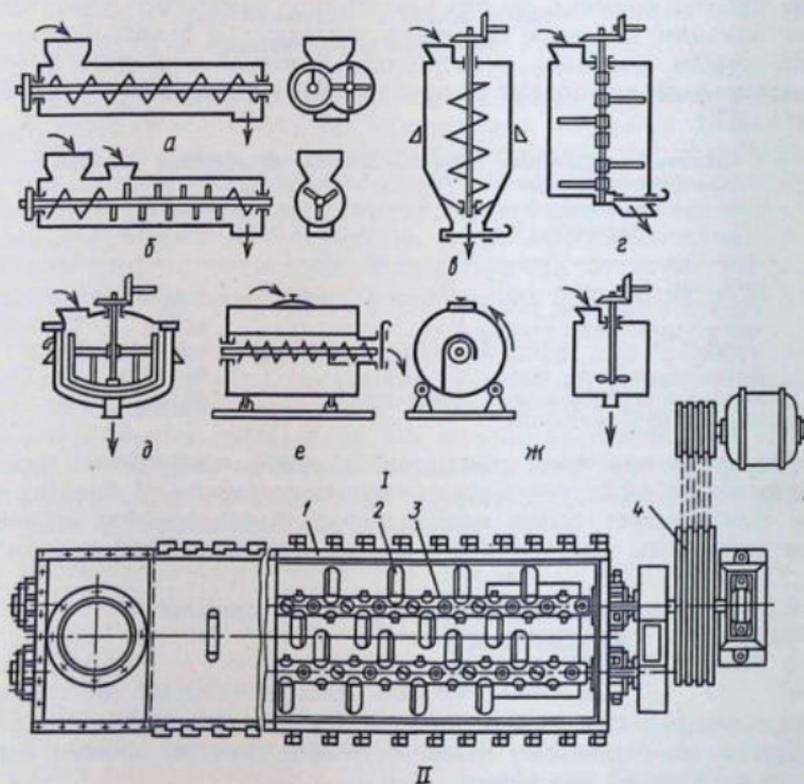


Рис. 8.13. Схемы смесителей кормов (I) и двухвального смесителя 2СМ-1 (II): а, б — горизонтальные непрерывного действия; в — шнековый вертикальный периодического действия; г, д — лопастные периодического действия; е — барабанный периодического действия; ж — пропеллерный для жидких смесей; 1 — емкость смесителя; 2 — лопасти; 3 — вал; 4 — привод.

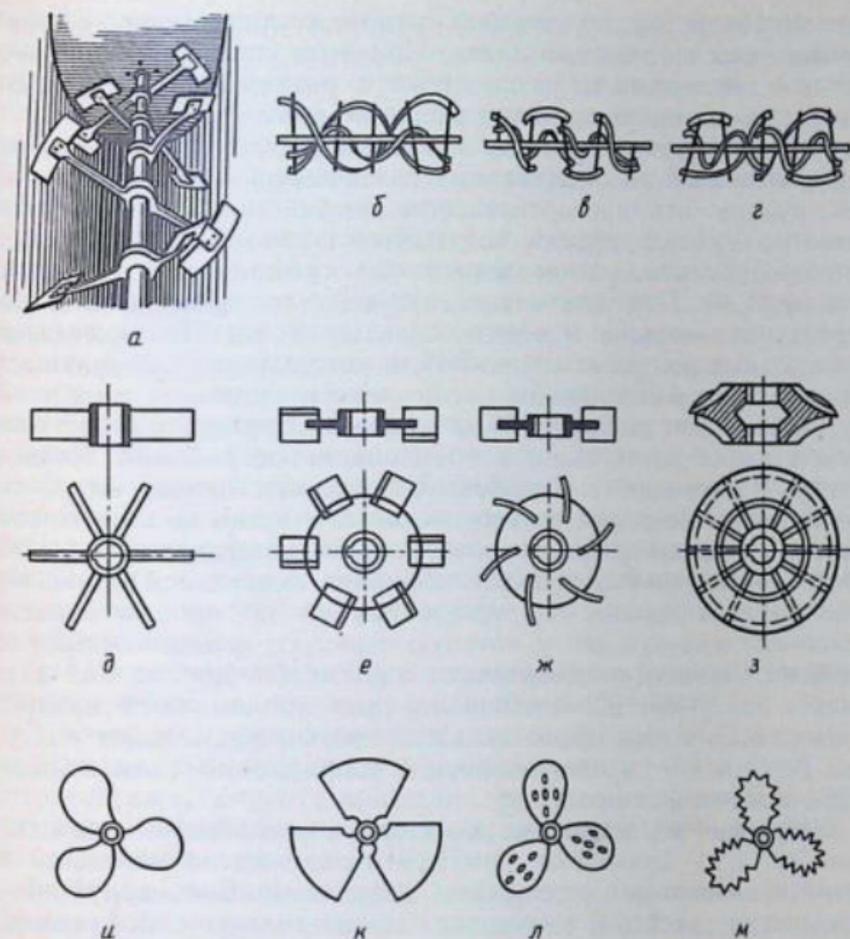


Рис. 8.14. Типы мешалок:

а — лопастные; б, в, г — ленточные; д, е, ж, з — турбинные; и, к, л, м — пропеллерные.

В зависимости от частоты вращения мешалок смесители делят на тихоходные и быстроходные. К тихоходным относятся смесители, у которых показатель кинематического режима $K = (\omega^2 R/g) < 30$ (здесь R — радиус мешалки), а к быстроходным — у которых $K > 30$. Мешалочные смесители по числу мешалок делят на одно- и двухвальные. Рассмотрим наиболее типичные виды смесителей. Шнековые горизонтальные смесители непрерывного действия (рис. 8.13, а, б) применяют для смешивания всех видов сухих и влажных компонентов, за исключением жидких кормосмесей. В процессе работы компоненты кормов непрерывно загружаются в приемный бункер смесителя, интенсивно перемешиваются вращающимся внутри корытообразного цилинд-

рического корпуса шнеком или валом с лопастями, которые расположены по винтовой линии. При этом слой корма, перемешиваясь один относительно другого с различными окружными скоростями, проталкиваются к разгрузочному окну.

Рабочие органы шнековых смесителей в зависимости от назначения и свойств смешиваемых компонентов разнообразны по конструкции. Так, при производстве комбикормов из сухих компонентов лучший эффект показывает рабочий орган в виде сплошной ленты, закрепленной на радиальных лопатках (рис. 8.14, б). При приготовлении густых тестообразных смесей используют мешалки в виде месильных лопастей. Применение двухвальных шнековых смесителей, в которых оба рабочих органа одинаковы или различны как по конструкции, так и по режиму работы, дает положительный эффект. Широко распространены шнековые смесители с комбинированным рабочим органом, где на участке приема компонентов применяют шнеки, на участке смешивания — месильные лопасти, а на участке выдачи готовой смеси — шнек с переменным шагом. Для повышения эффективности работы горизонтальных шнековых смесителей применяют угол наклона лопаток или устанавливают по концам лопастей сплошную широкую ленту, которую чередуют с радиальными лопатками. Лопасти устанавливают так, чтобы две из них находились под углом 50° к оси вала (для продвижения продукта в направлении выгрузного окна), а третью размещают под углом 20° к оси в противоположном направлении (для создания встречных потоков продукта).

Шнековые вертикальные смесители периодического действия (рис. 8.13, в) применяют для приготовления кормосмесей из сухих компонентов с различными добавками. В конструктивном исполнении смесители такого типа представляют собой цилиндр с загрузочной воронкой и коническим днищем (опрокинутый конус), внутри которого располагают рабочий орган — вертикальный шнек.

Рабочий процесс приготовления смеси заключается в том, что в корпус смесителя загружают компоненты, которые занимают весь объем камеры. После включения мешалки, частота вращения которой составляет $100...150 \text{ мин}^{-1}$, нижние слои корма захватываются шнеком, поднимаются вверх и опускаются вниз вдоль стенок корпуса. Такая циркуляция в течение $5...8 \text{ мин}$ обеспечивает полное перемешивание ингредиентов. Производительность таких смесителей можно увеличить путем установки над ним промежуточного бункера. Пока в смесителе идет перемешивание, бункер загружают следующей порцией корма.

Лопастные смесители (рис. 8.13, б) применяются обычно для приготовления жидких и густых тестообразных смесей и являются аппаратами периодического действия с вертикальным или

горизонтальным расположением рабочего органа. Конструктивно лопастные смесители периодического действия состоят из неподвижного корпуса, внутри которого на вертикальном или горизонтальном валу укреплены в определенном порядке месильные лопасти, которые располагают наклонно к направлению движения. Для повышения эффективности смешивания на стенах корпуса укрепляют неподвижные лопасти.

Барабанные смесители (рис. 8.13, е) применяют для смешивания всех видов компонентов, кроме жидких. По организации рабочего процесса они бывают периодического и непрерывного действия. Конструктивная схема барабанного смесителя периодического действия включает в себя закрытый с торцов горизонтальный цилиндрический барабан, установленный на роликовых опорах или укрепленный на валу. Компоненты кормосмеси загружают в барабан через загрузочный люк до 60 % емкости барабана. Частота вращения барабана, как правило, не превышает $20...40 \text{ мин}^{-1}$. Смешивание происходит вследствие многократного подъема материала при вращении барабана и последующего его падения вниз. Готовая смесь выгружается через загрузочный люк при вращении барабана или специальным разгрузочным шнеком.

Для перемещения жидких компонентов применяют пропеллерные, турбинные, якорные и планетарные мешалки.

Рабочий орган **пропеллерных смесителей** (рис. 8.14, и, к, л, м) представляет собой винтовую лопасть и может быть двух- или трехлопастным. Частота вращения пропеллера составляет $300...1750 \text{ мин}^{-1}$. Мешалки такого типа применяют для жидкостей с динамической вязкостью до $40 \text{ Па}\cdot\text{с}$.

Турбинные мешалки (рис. 8.14, д, е, ж, з) используют для эффективного перемешивания жидкостей и растворов большой вязкости. Мешалка представляет собой рабочее колесо водяной турбины упрощенной конструкции с различными по форме лопатками, укрепленное, как правило, на вертикальном валу.

Применяют два типа турбинных мешалок: открытые — для жидкостей вязкостью до $100 \text{ Па}\cdot\text{с}$ и закрытые — для жидкостей вязкостью до $500 \text{ Па}\cdot\text{с}$. Особенности перемешиваемых жидкостей и цель перемешивания определяют выбор формы лопастей мешалки. Для обычных жидких смесей применяют мешалки с плоскими лопастями, а для усиления насосного действия лопасти устанавливают наклонно. Вязкие жидкости перемешивают мешалками, лопасти которых наклонены против направления вращения.

Очень густые жидкости, динамическая вязкость которых составляет $10...200 \text{ Па}\cdot\text{с}$, перемешивают в смесителях с **якорными мешалками** (рис. 8.13, д). Процесс протекает при нагреве компонентов смеси через стенки корпуса. Благодаря небольшому

зазору между краями мешалки и стенками сосуда около последних возникает сильное турбулентное движение, препятствующее перегреву жидкости и образованию осадка. Якорные мешалки используют также при перемешивании жидкостей, оставленных в сосудах для выдержки. Окружные скорости этих мешалок выбирают исходя из вязкости перемешиваемой массы.

Рассмотрим конструкцию и рабочий процесс некоторых видов смесителей.

Двухвальный смеситель непрерывного действия 2СМ-1 (рис. 8.13, II) предназначен для смешивания компонентов комбикормов. Состоит из металлического корпуса (корыта) с крышкой, внутри которого в подшипниках навстречу друг другу вращаются два вала с лопастями, установленными под углом к оси вала.

Скорость движения продукта и интенсивность его перемешивания регулируют, изменяя угол установки лопастей, которые крепят при помощи шайб (с зубьями или прорезями) и гаек. В начале корпуса расположен загрузочный, а в конце выгрузной патрубок. Валы смесителя приводятся во вращение от электродвигателя мощностью 10 кВт через клиноременную передачу и одноступенчатый цилиндрический редуктор. Частота вращения их составляет 214 мин^{-1} , производительность смесителя — 20 т/ч.

Смеситель С-12А предназначен для приготовления сырых и запаренных кормовых смесей, выпускается в модификациях: для использования в поточных линиях кормоцехов типа КЦС, без пускозащитной аппаратуры (она входит в строительную часть кормоцеха); с полным комплектом пускозащитной аппаратуры для применения в кормоцехах других типов.

Смеситель (рис. 8.15) состоит из бункера для силоса 1, конвейера 2, бункера концентрированных кормов 3, камеры для запаривания соломы 4, битеров-смесителей 5 и выгрузного транспортера 6.

Восемь лопастей мешалки размещены на валах по винтовой линии через 45° . Мешалки вращаются в разные стороны, правая (если смотреть со стороны привода) — по часовой стрелке. Она направляет кормовую массу в сторону привода. Левая мешалка, вращаясь против часовой стрелки, направляет корм в сторону выгрузной горловины. Одновременно с осевым перемещением масса получает вращательное движение в плоскости лопастей, в результате этого происходит интенсивное перемешивание.

Обе мешалки приводятся в работу от одного электродвигателя через клиноременную передачу, редуктор и шестерни. В нижней части корпуса смесителя расположен выгрузной шнек 6, заблокированный с механизмом клиновой задвижки и включаю-

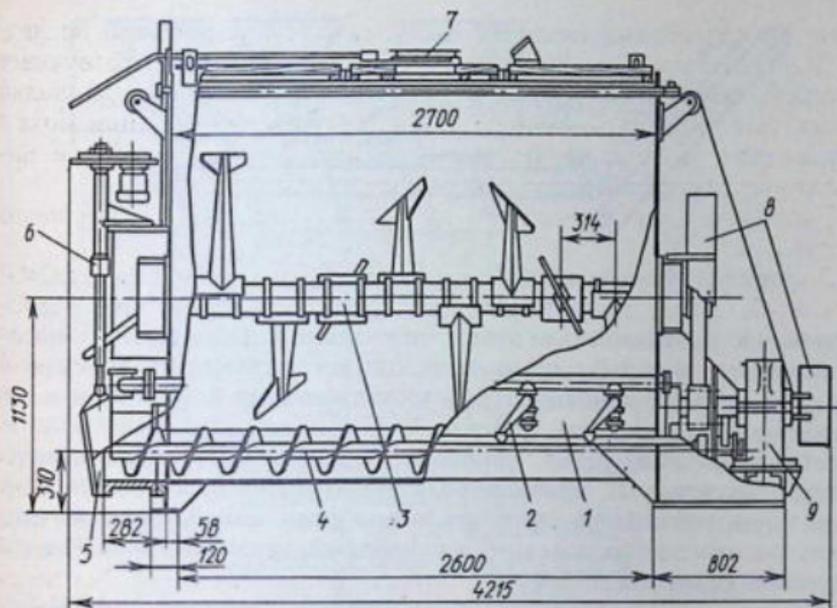


Рис. 8.15. Схема конвейерно-роторного смесителя непрерывного действия: 1 — бункер для силоса; 2 — конвейер; 3 — бункер концкормов; 4 — запорная камера для соломы; 5 — битеры-смесители; 6 — выгрузной транспортер.

щийся в работу только после полного открытия выгрузной горловины.

При запаривании кормов пар в смеситель подают через распределительные трубы, расположенные вне корпуса, в его нижней части. С каждой стороны корпуса на парораспределительных трубах установлены пять муфтовых кранов, управляемых одновременно через штанги и рычаги. От кранов внутрь корпуса идут (сварены) паропроводящие патрубки с отверстиями для выхода пара в массу корма.

Вода, молочные отходы, меласно-карбамидные растворы и другие жидкие добавки вводятся в смеситель по двум трубам, расположенным в верхней части корпуса. Отверстия в трубах расположены так, что жидкие добавки подаются в зону интенсивного перемешивания кормов между мешалками. Сверху смеситель закрывается девятью деревянными крышками, в одной из которых устроен загрузочный люк с шиберной задвижкой.

Конвейерно-роторный смеситель непрерывного действия предназначен для смешивания измельченной соломы с силосом. Смеситель состоит (рис. 8.16) из бункера для силоса 1, конвейера 2, бункера концкормов 3, запорной камеры для соломы 4, битеро-смесителей 5, выгрузного транспортера 6. Смешивание компонентов происходит по следующей схеме. Из бункера 1, имеющего до-

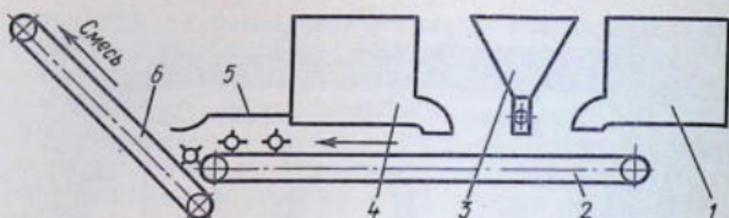


Рис. 8.16. Смеситель С-12.

зирующий выгрузной механизм, на конвейер 2 укладывается слой силоса, который посыпается концентратами из бункера 3. На слой силоса с концентратами укладывается слой соломы, поступающей из запорной камеры 4. На пути движения кормов, послойно расположенных на ленте, установлены вращающиеся битеры-смесители 5, перемешивающие компоненты. После прохода кормовой массой зоны расположения битеров образуется смесь высокого качества, которую через выгрузной транспортер 6 подают в кормораздатчик.

Агрегат приготовления заменителей молока АЗМ-0,8А (рис. 8.17) представляет собой вертикально расположенный смеситель-запарник порционного действия. Агрегат может работать самостоятельно или в технологической линии в комплексе с установкой УВТ-20 для выпойки телят.

Смеситель-запарник агрегата состоит из двух корпусов — наружного 7, изготовленного из конструкционной, и внутреннего 9 — из нержавеющей стали. Воздушная теплоизолирующая рубашка толщиной 23 мм между корпусами при охлаждении готовой смеси заполняется проточной водой через кран 18. Внутренний корпус заполняют водой через кран 19, а комбикормами — через приемный бункер 5 с помощью загрузочного вертикального шнека 6. Приемный бункер сверху закрыт сеткой, предохраняющей от попадания в него посторонних предметов, и внутри оборудован рыхлителем-швырялкой, предохраняющей от образования сводов. Обрат в корпус подается через патрубок 1 при открытом кране 20 главного трубопровода 2. Жиры, биостимуляторы и другие добавки подают через бачок 10 с помощью насоса-эмульсатора 14 при открытом кране 13.

Насос-эмульсатор предназначен для эмульсирования смеси, подачи в агрегат обраты и промывки трубопроводов от остатков кормов. Неподвижным диском он разделен на насосную и эмульсионную камеры. В насосной камере вращается крыльчатка, которая выкачивает кормовую смесь из смесителя и под давлением подает ее в эмульсионную камеру. В этой камере на неподвижном диске укреплены два ряда штифтовых расщепителей и установлен вращающийся диск, на котором укреплены штифтовые

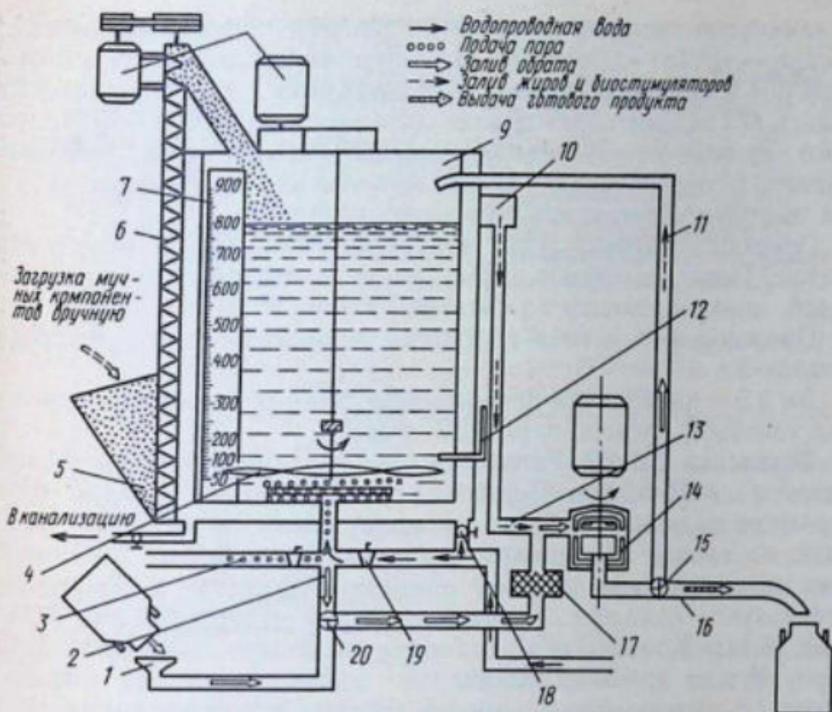


Рис. 8.17. Схема агрегата АЗМ-0,8А.

рассекатели в три ряда, то есть имеется дезинтегратор, аналогичный аппарату измельчителя ИГК-30Б. Проходя через ряды штифтов, корм измельчается, и получается тонкодисперсная эмульсия, которая в качестве готового корма через главный трубопровод направляется животным.

Для защиты насоса-эмульсатора от засорений кормовая масса в него поступает через фильтр 17.

Рабочий процесс агрегата протекает следующим образом. Сначала смеситель-запарник заполняют водой из водопроводной сети, а приемный бункер — комбикормом. Затем включают мешалку 4, шнек 6 и перемешивают комбикорм с водой. Одновременно от котла через патрубок 3 с краном подают пар под давлением 40...70 кПа, нагревают воду и запаривают комбикорм при температуре 350 К в течение 1 ч. Мешалку при этом включают периодически. В конце запаривания температуру смеси доводят до 368 К. Выдерживают смесь (томят) в течение 5...7 мин и затем прекращают подачу пара.

Далее смесь охлаждают проточной водой, подаваемой в рубашку между стенками корпуса, до температуры 325...330 К и после этого насосом-эмульсатором 14 подают в смеситель жиры и добавки. Перемешивают загруженные компоненты циркулирующей

по замкнутой системе: смеситель → фильтр → насос-эмульсатор → кран → труба → смеситель. При понижении температуры смеси до 320 К, наблюдаемой по термометру 12, в смеситель через фильтр 17 подают обрат. Далее охлаждают до 308...310 К, после этого готовую смесь насосом-эмульсатором через выпускной шланг 16 перекачивают в бак-накопитель установки УВТ-20 для выпойки телятам или заливают во флаги.

Оставлять готовый корм в агрегате более 4 ч не рекомендуется. После выгрузки корма агрегат тщательно промывают водой, циркулирующей по системе.

Привод шнека и вала смесителя осуществляется электродвигателем 8.

За 3,5 ч на агрегате готовят 800 кг заменителя молока при удельном расходе пара 0,12 кг/кг.

Установка СМ-1,7. Установка предназначена для смешивания мелассы с карбамидом. В районах свеклосеяния и сахароварения кормовые рационы, особенно рогатому скоту на откорме, составляют на основе жома, сдабриваемого мелассой и карбамидом. Для приготовления водного раствора мелассы с карбамидом используют комплект технологического оборудования СМ-1,7 (рис. 8.18). Комплексная установка включает смеситель 3, цистерну 4 для хранения расходного запаса мелассы, фильтр 2, насос 11, электрооборудование и систему трубопроводов 10. Установка монтируется на общей раме 9.

Смеситель представляет собой цилиндрическую емкость, внутри которой установлена одновальная мешалка с приводом через червячный редуктор 5 от электродвигателя. На смесителе расположены патрубки для присоединения трубопроводов горячей воды, мелассы, отбора готового раствора и горловина с крышкой для доступа в смеситель и загрузки (вручную) карбамида. Количество раствора в смесителе контролируют по указателю 6 уровня.

Цистерна 4 оборудована внутри радиаторной батареей для подогрева мелассы паром. При обычной температуре в цехе меласса не обладает текучестью, поэтому для перекачки по трубам ее следует разжижать путем подогрева до температуры 335...345 К. Надежность перекачки подогретой мелассы по трубам обеспечивается тем, что все основные узлы оборудованы пароподогревом, т. е. корпусами с двойными стенками, образующими паровую рубашку (приемная воронка, фильтр тонкой очистки, насос для мелассы). Пар подается под давлением 50...70 кПа.

Приемная воронка 1 служит для приема мелассы из транспортных средств и устанавливается с наружной стороны здания. Она снабжена фильтром грубой очистки.

Перед шестеренным насосом 11 марки НШП-20-51 на линии расположен фильтр 2 тонкой очистки, который состоит из двой-

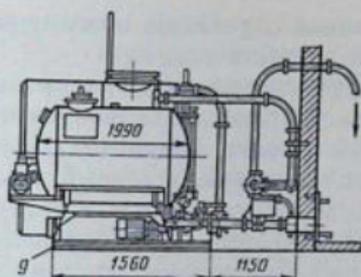
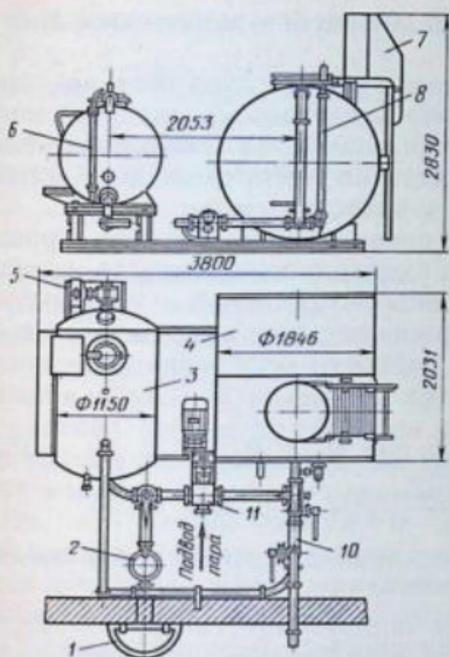


Рис. 8.18. Установка СМ-1,7 для смешивания мелассы с карбамидом.

ного корпуса для пароподогрева, фильтрующей сетки и крышки с резиновой прокладкой. Уровень мелассы контролируют по указателю 8.

Работа установки СМ-1,7 складывается из трех само-

стоятельных операций: прием мелассы из транспортных средств и перекачка ее в цистерну для хранения; загрузка в смеситель компонентов и их смешивание; выдача готового питательного раствора с перекачкой его в раздатчик мелассы и карбамида или другие средства. Кормовую смесь мелассы с карбамидом готовят не ранее чем за 60...80 мин до раздачи животным.

Рабочий процесс происходит следующим образом. Вначале в смеситель заливают горячую воду температурой 335...345 К. Затем через загрузочный люк засыпают карбамид (порцию на одну заправку смесителя). Включают мешалку до полного растворения карбамида в воде примерно на 1...2 мин. После растворения карбамида в смеситель подается из цистерны шестеренчатым насосом меласса. На одну часть карбамида добавляют 3...5 частей горячей воды и 9 частей мелассы. Полное перемешивание и подготовка кормовой смеси длится 6...8 мин, после этого ее выдают животным, а смеситель и систему трубопроводов промывают горячей водой. Для удобства обслуживания цистерна оборудована лестницей 7.

Установку обслуживает один человек.

Теория процесса смешивания

В перемешиваемой массе, в ее микрообъемах возможно бесконечное разнообразие взаимного расположения частиц компонентов. Соотношение компонентов в точках смеси —

величина случайная, поэтому методы оценки ее качества должны быть статистическими.

При оценке качества смещения одной случайной величиной смесь считают двухкомпонентной. Для этого из смеси выделяют какой-то один компонент (контрольный), а остальные объединяют во второй, условный. По степени распределения контрольного компонента в массе судят о качестве смеси.

В качестве количественной оценки завершенности процесса смешивания принимают степень однородности, которая представляет собой отношение содержания контрольного компонента в анализируемой пробе к содержанию того же компонента в идеальной смеси. Степень однородности определяют по эмпирическим формулам А. А. Лапшина:

$$\Theta = \frac{1}{n} \sum \frac{B_i}{B_0} \text{ при } B_i < B_0; \quad (8.32)$$

$$\Theta = \frac{1}{n} \sum \frac{2B_0 - B_i}{B_0} \text{ при } B_i > B_0,$$

где Θ — степень однородности; n — число проб; B_i — доля меньшего компонента в пробе; B_0 — доля меньшего компонента в смеси.

Степень однородности смеси определяют также по величине отношения теоретического и опытного среднеквадратического отклонения

$$\Theta = \sigma_T/s, \quad (8.33)$$

где σ_T — теоретическое среднеквадратическое отклонение, определяемое по формуле

$$\sigma_T = \sqrt{\sum_{i=1}^m (x_i - p)^2 / (m - 1)}, \quad (8.34)$$

где x_i — содержание контрольного компонента в i -й пробе; p — заданное расчетом содержание контрольного компонента; s — эмпирическое (опытное) среднеквадратическое отклонение.

$$s = \sqrt{\sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})^2 / (m - 1)}, \quad (8.35)$$

где \bar{x} — среднеарифметическое значение контрольного компонента во всех пробах; m — общее число проб.

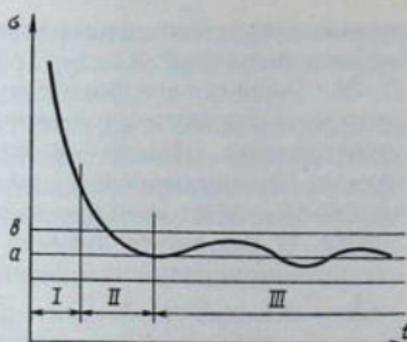
Степень однородности принято выражать в процентах или долях единицы, и, чем значения ближе к 100 %, или единице, тем лучше завершен процесс и качественнее смесь.

Критерием оценки процесса смешивания может служить коэффициент неоднородности (вариации), выражаемый в процентах. Физический смысл коэффициента вариации заключается в том, что он измеряет среднеквадратическое отклонение доли контрольного компонента в единицах среднего значения случайной величины. Величину коэффициента неоднородности смешивания v_c определяют по одной из формул

$$v_c = 10^{-2} c_0 \sqrt{\sum (c_i - c_0) / (n - 1)}, \quad (8.36)$$

Рис. 8.19. Кинетика процесса смешивания.

где c_0 , c_i — соответственно заданное и фактическое содержание компонента в смеси; s — величина средне-квадратического отклонения контрольного компонента по данным опытов.



Снижение значения v_c свидетельствует о более качественном протекании процесса. Для большинства смесителей значения $v_c = 20\%$ считается достаточным. Из анализа кинетики смешивания (развитие процесса во времени) следует, что процесс смешивания складывается из трех составляющих (рис. 8.19):

1) конвективного смешивания: перемещение группы смежных частиц из одного места в другое внедрением (вмятием, скольжением) слоев. Процесс протекает на уровне макрообъемов и почти не зависит от физико-механических свойств материалов (участок I на рисунке 8.19);

2) диффузионного смешивания (постепенное перерастание частиц различных компонентов через свежесформированную границу их раздела). Процесс протекает на уровне микрообъемов (участок II, рисунок 8.19);

3) процесса сегрегации (сосредоточения частиц, имеющих однородную массу, в соответствующих местах смесителя под действием гравитационных или инерционных сил). Процесс ухудшает качество смеси, так как по своему действию он противоположен первым двум (участок III, рисунок 8.19). Если принять участок ab за область допустимых значений показателя изменчивости, то в конце участка II процесс смешивания следует заканчивать, так как дальнейшее воздействие мешалок на материал не улучшает качество смеси. Оптимальное время смешивания для определенного смесителя и вида материала определяют экспериментально. Так, для большинства смесителей кормов периодического действия это время составляет 8...12 мин, а шнековые смесители непрерывного действия при смешивании комбикормов выбирают длиной не более 0,9...1,0 м.

В. Р. Алешкин отмечает, что, по данным многочисленных исследований, закон распределения доли контрольного компонента в смеси по завершении процесса может быть биномиальным, пуассоновским и нормальным. При малой дозе ввода контрольного компонента (менее 10%) размещение его частиц в общей массе подчиняется пуассоновскому распределению. При достаточно большом количестве проб биномиальное распределение хорошо аппроксимируется. Поэтому, исходя из стохастической

сущности процесса смешивания, его можно оценивать статистическими методами. Следуя рассуждениям В. Р. Алешкина и П. М. Рощина, предположим, что распределение частиц контрольного компонента в смеси подчиняется нормальному закону распределения. Исходя из зоотехнических условий, зададимся предельным отклонением числа или доли частиц контрольного компонента Δ_i от среднего значения в пробах какого-либо смесителя. В результате анализа m проб получим значение доли частиц контрольного компонента, равное $x_1, x_2, x_3, \dots, x_m$, и величину отклонения $\Delta_i = x_i - \bar{x}$, где \bar{x} — среднее значение доли частиц контрольного компонента в смеси $i = 1, 2$. После нормирования этих величин путем деления каждой из них на среднеквадратическое отклонение получим

$$z_1 = \frac{\Delta_1}{s}; z_2 = \frac{\Delta_2}{s} \dots z_i = \frac{\Delta_i}{s} = \frac{x_i - \bar{x}}{s}. \quad (8.37)$$

Закон распределения случайных величин z_i также будет нормальным, а вероятность попадания числа или доли частиц контрольного компонента в заданные пределы z'_k и z''_k определится из выражения

$$P(z'_k < \frac{\Delta_i}{s} < z''_k) = 2\Phi_0\left(\frac{x_i - \bar{x}}{s}\right) = 2\Phi_0(z_i), \quad (8.38)$$

где Φ_0 — нормированная функция Лапласа (табличное значение); цифра 2 означает, что отклонение в обе стороны от среднего значения одинаково.

Кривая нормальной плотности нормированной случайной величины (число частиц контрольного компонента) показана на рисунке 8.20. Площадь под кривой нормального распределения показывает суммарную долю частиц контрольного компонента, заключенную в заданных пределах z'_k и z''_k и определяемую по (8.38). Она характеризует распределение всей совокупности частиц контрольного компонента в смеси. Если в качестве предельного размаха распределения принять значение $6s$, то вероятность нахождения доли частиц контрольного компонента в пределах $6s$ равна 0,9973. Степень однородности смешивания Θ можно задать в виде

$$\Theta = \frac{\Phi_0(z_i)}{\Phi_0(z-3)} = \frac{\Phi_0(z_i)}{0,9973}. \quad (8.39)$$

Физический смысл выражения (8.39) состоит в том, что величина Θ показывает долю час-

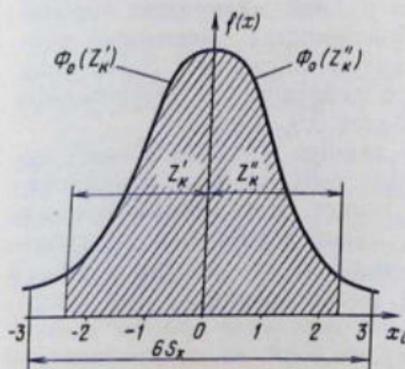


Рис. 8.20. Плотность вероятности нормального распределения.

тиц контрольного компонента в смеси, которая находится в заданных пределах $\pm \Delta_i$ при $0 < \Theta < 1$. Предельному случаю полного смешивания соответствует значение $\Theta = 1$.

При практических расчетах по формуле 8.39 по результатам анализа проб можно рассчитать среднее значение x , среднеквадратическое отклонение s , нормированное отклонение $z_i = \Delta_i/s$ и далее по таблицам нормированной функции Лапласа определить $\Phi_0(z_i)$.

Расчет смесителей

Технологический расчет смесителей предусматривает определение подачи и мощности, потребной для их привода, а также основных конструктивных параметров: размеров емкости, размеров и частоты вращения рабочих органов.

Лопастные смесители. Подачу горизонтального лопастного смесителя непрерывного действия определяют по формуле

$$Q_r = D^2 s \omega \varphi_n / 8, \quad (8.40)$$

где φ_n — коэффициент заполнения емкости ($\varphi_n = 0,3$).

Лопастные смесители для приготовления кормовых смесей, как правило, порционного действия и допускают загрузку до $\varphi_n = 0,8$ их геометрического объема для влажных и $\varphi_n = 0,7$ — для полувлажных кормов.

Подача лопастных порционных смесителей определяется так же, как и шнековых, то есть с учетом длительности полного цикла смешивания по формуле (8.48) при $t_{см} = 600 \dots 720$ с.

При выборе емкости смесителя в зависимости от числа обслуживаемых животных можно руководствоваться данными таблицы 8.5.

8.5. Рекомендуемая нагрузка на один смеситель

Смеситель	Число обслуживаемых животных, птицы		
	молочные фермы	откормочные свинофермы	птицефермы
С-12	400	3000	100 000
АПС-6	200	1500	50 000
С-2	—	До 1000	До 25 000

Скорость вращения лопастей определяется из условия, что центробежная сила $m\omega^2 R_n$, действующая на частицу, не должна превышать силы тяжести этой частицы, иначе она сойдет с лопасти и выйдет из активного процесса перемешивания.

При $m\omega^2 R_n \leq mg$ критическая, т. е. максимально допустимая, угловая скорость лопастной мешалки определится из формулы

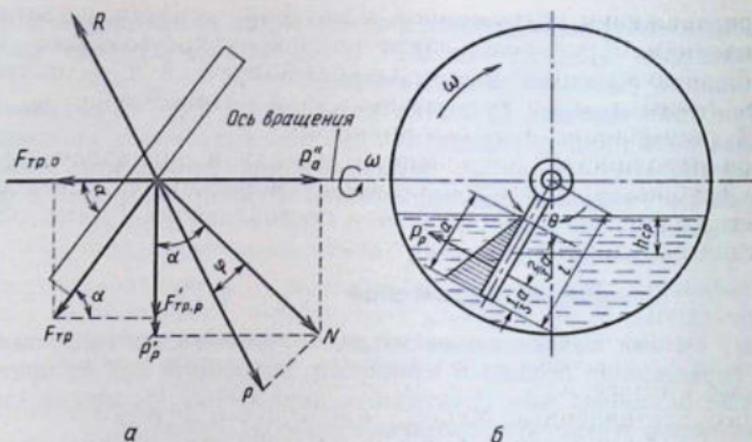


Рис. 8.21. Расчетные схемы лопастного смесителя:
 а — действующие силы; б — конструктивные параметры.

$$\omega_{кр} = \sqrt{g/R_{л}}, \quad (8.41)$$

где $R_{л}$ — наибольший радиус вращения лопасти, м.

Мощность для привода лопастного смесителя в работу определяется с учетом действующих на лопасти сопротивлений.

Рассмотрим схему сил, действующих в плоскости, перпендикулярной к оси вала мешалки, когда лопасть погружена в перемешиваемый корм (рис. 8.21).

На лопасть действует равнодействующая R всех сопротивлений, отклоненная от нормали N на угол трения φ . Для преодоления этой равнодействующей необходимо приложить со стороны лопасти равное R , но противоположно направленное усилие P .

Нормальную составляющую P_n этого усилия разложим по направлениям окружной и осевой скоростей, в результате получим усилия P_p , сообщаемые частицам вращательное движение, и P_0 , перемещающее эти частицы в осевом направлении. При этом $P_p = P_n \cos \alpha$ и $P'_0 = P_n \sin \alpha$, где α — угол наклона лопасти к оси вращения вала мешалки.

Кроме того, под действием нормальной составляющей равнодействующей R в плоскости движения частиц по лопасти возникает сила трения $F_{тр} = fP_n$, направленная против относительного движения частиц по лопасти.

Разложим силу трения $F_{тр}$ на окружную и осевую составляющие: $F'_{тр, p} = F_{тр} \sin \alpha = fP_n \sin \alpha$; $F'_{тр, o} = F_{тр} \cos \alpha = fP_n \cos \alpha$.

Суммируя полученные векторы по направлениям, получим значения окружного усилия $P_p = P'_p + F'_{тр, p} = P_n(\cos \alpha + f \sin \alpha)$; осевого усилия $P_0 = P'_0 - F'_{тр, o} = P_n(\sin \alpha - f \cos \alpha)$.

При движении погруженной в материал лопасти сопротивления вдоль нее распределяются по закону треугольника (рис. 8.21, б) и точка приложенной равнодействующей R находится в центре тяжести этого треугольника, или на расстоянии r_{cp} двух третей длины лопасти от оси вращения.

При неполностью заполненной емкости и при вращении лопасти глубина ее погружения является величиной переменной. С учетом отмеченного нормальная составляющая P_n сил сопротивлений определится по формуле

$$P_n = 9,81 \rho h_{cp} F_{\Delta} \text{tg}^2 [45 + (\varphi/2)], \quad (8.42)$$

где h_{cp} — средняя глубина, равная половине наибольшей глубины погружения лопасти, м; F_{Δ} — проекция площади лопасти, погруженной в материал, на направление вращения, м²; φ — угол внутреннего трения, град.

Косо поставленные лопасти в смесителе действуют подобно шнеку и сообщают перемешиваемой массе корма окружную (вращательную) v_p и осевую v_0 скорости.

Мощность N_n (кВт), потребная на привод лопастной мешалки, определяется по формуле

$$N_n = (P_p v_p + P_0 v_0) z_n / 1000, \quad (8.43)$$

где z_n — число одновременно погружаемых лопастей.

Значения окружной скорости можно определить по формуле

$$v_p = \omega r_{cp},$$

где r_{cp} — средний радиус или расстояние от оси вращения до точки приложения равнодействующей сил сопротивлений, м.

Осевая скорость равна

$$v_0 = v_p \cos \alpha \sin \alpha,$$

где α — угол наклона лопасти к оси вращения вала мешалки.

При проектировании лопастных смесителей непрерывного действия рекомендуется вести расчет основных параметров на основе теории подобия.

Так, при наличии хорошей конструкции смесителя, который используют в качестве модели, расчет можно вести по формулам, предложенным Ф. Г. Стукалиным:

$$D_n = D_m^{1,4} \sqrt{Q_n / Q_m} \omega_n = \sqrt{D_m / D_n};$$

$$N_n = N_m \omega_n D_n^{2,82} / (\omega_m D_m^{2,82}), \quad (8.44)$$

где D_n и D_m — диаметры соответственно проектируемого смесителя модели, м; ω — угловая скорость, с⁻¹; N — мощность, кВт.

Барабанные смесители непрерывного действия. Компоненты корма загружаются в один из открытых торцов вращающегося цилиндра, перемешиваются в нем и постепенно продвигаются вдоль оси к противоположному концу. При расчете этих смесителей определяют энергетические показатели.

Предельную окружную скорость барабана находят по формуле

$$v_{\text{пр}} = \sqrt{gR}, \quad (8.45)$$

где R — радиус барабана, м; g — ускорение свободного падения, м/с².

Частоту вращения барабанных смесителей определяют из соотношения $n \leq 0,2/\sqrt{D}$.

Общую потребляемую мощность для работы смесителя находят по формуле

$$N = \frac{N_1 + N_2 + N_3 + N_4}{\eta}, \quad (8.46)$$

где N_1 — мощность на преодоление силы качения, кВт; N_2 — мощность на преодоление силы трения скольжения, кВт; N_3 — мощность, затрачиваемая на подъем кормовой массы, непрерывно поступающей в барабан до угла естественного откоса, кВт; N_4 — мощность на перемешивание массы, кВт; η — КПД передачи.

Составляющие формулы 8.46 определяют следующим образом:

$$N_1 = \frac{\pi D_6 P_1 \mu z n}{30 \cdot 60 \cdot D_p}, \quad (8.47)$$

где n — частота вращения барабана, с⁻¹; D_6 — внутренний диаметр барабана, м; P_1 — сила реакции опорного ролика, $H(P_1 = \frac{G}{z \cos \alpha})$, здесь G — масса загруженного барабана, кг; z — число опорных роликов; α — угол между направлением действующей на ролик силы и вертикалью); μ — коэффициент трения качения; D_p — диаметр ролика, м.

$$N_2 = \frac{\pi D_u D_6 P_1 f n z}{60 \cdot 10^2 D_p}, \quad (8.48)$$

где D_u — диаметр цапфы опорного ролика, м; f — коэффициент трения скольжения.

$$N_3 = \frac{Qh}{102t} = \frac{QR_0(1 - \cos \psi) \omega}{102\psi}, \quad (8.49)$$

где Q — расход смесителя, кг/с; h — высота подъема кормовой массы в барабане, м; R_0 — радиус центра тяжести кормовой массы, м; t — время подъема кормовой массы на высоту h , с ($t = \psi/10$, здесь ψ — угол естественного откоса, ω — угловая скорость барабана, с⁻¹).

$$N_4 = \frac{QR_0 \omega \sin \psi}{102} \quad (8.50)$$

Мощность, расходуемую пропеллерной мешалкой, можно определить по формуле

$$N_{\text{п.м}} = \frac{k_{\text{ср}} \rho F}{102\eta} sn \cos \alpha, \quad (8.51)$$

где $k_{\text{ср}}$ — коэффициент, учитывающий обратное скольжение жидкости по поверхности лопасти ($k_{\text{ср}} = 0,75$); ρ — плотность жидкости, кг/м³, F — площадь сечения потока жидкости, засасываемая лопастями мешалки ($F = 0,8 \frac{\pi d^2}{4}$, здесь $0,8$ — коэффициент, учитывающий сужение струи, вызываемое лопастями пропеллера; d — диаметр окружности, описываемой крайней точкой лопасти, м);

s — шаг винта, обычно принимают $s = (1,0...3,0)$; n — частота вращения мешалки ($n = 7...40 \text{ с}^{-1}$); α — угол подъема винтовой линии мешалки ($\alpha = 25...45^\circ$).

Контрольные вопросы и задания

1. Назовите основные зоотехнические требования к процессу смешивания. 2. Как классифицируют смесители по характеру и организации рабочего процесса, назначению рабочих органов и частоте их вращения? 3. Перечислите основные особенности конструкции шнековых, лопастных и барабанных смесителей. 4. В чем преимущество турбинных и якорных мешалок? 5. Опишите рабочий процесс конвейерно-роторных смесителей. 6. Назовите особенности рабочего процесса агрегата для приготовления заменителя молока АЗМ-08А. 7. В чем особенность конструкции и рабочего процесса смесителя СМ-1,7? 8. Что понимают под степенью однородности смеси? 9. Назовите критерий оценки процесса смешивания и что он выражает. 10. Назовите основные составляющие процесса смешивания. 11. Назовите формулы, по которым вычисляется производительность шнековых и лопастных смесителей.

Глава III КОРМОЦЕХИ

Типы и классификация кормоцехов

Кормоцехи предназначены для приема, накопления, подготовки и обработки кормового сырья (в основном местного производства — соломы, сена, корнеклубнеплодов и др.), приема и накопления отдельных компонентов в готовом виде (комбикорм, меласса и т. д.), приготовления влажных смесей и выдачи их в мобильные или стационарные кормораздатчики.

Кормоцехи могут обеспечивать кормосмесями одну (фермский кормоцех) или несколько ферм (общехозяйственный кормоцех).

Нормы технологического проектирования кормоцехов для животноводческих предприятий предусматривают для крупного рогатого скота, свиней и овец с учетом типа их кормления проектирование и строительство универсальных кормоцехов по производству влажных мешанок (рис. 8.22). Кормоцехи подразделяются в зависимости от типа кормления (табл. 8.6) и суточного объема производства кормосмеси (табл. 8.7).

8.6. Общая номенклатура кормоцехов для крупного рогатого скота, свиней и овец

Кормоцех	№	Тип кормления	Продолжительность работы кормоцеха, ч/сут	Производительность, т/ч										
				2,5	5,0	10	15	20	30	50	60	120		
Крупного рогатого скота	I	Сено-силосно-сенажно-корнеплодно-концентратный	6		+		+		+					
			4		+	+		+		+				
	II	Сено-силосно-сенажно-концентратный	8					+				+	+	

Кормоцех	№	Тип кормления	Продолжительность работы кормоцеха, ч/сут	Производительность, т/ч								
				2,5	5,0	10	15	20	30	50	60	120
Свиноводческий	III	Силосно-сенажно-концентратный	8				+			+	+	
	IV	Концентратно-картофельный	8		+		+			+		
			6		+		+		+			
			4									
	V	Концентратно-корнеплодный	8		+		+			+		
			6		+		+		+			
			4								+	+
VI	Концентратно-корнеплодно-картофельный	8		+		+			+			
		6		+		+		+				
		4				+		+		+	+	
VII	Концентрированный (приготовление влажных мешанок из полнорационных комбикормов)	4									+	+
VIII	Концентратный с использованием пищевых отходов	8		+	+				+			
Овцеводческий	IX	Сено-силосно-концентратный	8		+	+		+			+	+
			6		+	+		+		+	+	
	X	Сено-силосно-корнеплодно-концентратный (для отдельных зон)	8		+	+		+			+	+
Звероводческий	XI	Мясо-рыбно-концентратный	8			+	+	+				
			6									

По свойствам приготавливаемых кормов В. И. Земсков делит кормоцехи на две группы (рис. 8.23). В первую группу включены кормозаводы, цехи, агрегаты, которые предназначены для подготовки в рассыпном, гранулированном или брикетированном виде сухих кормов, пригодных для длительного хранения (комбикорма, кормовых добавок, травяной муки, полнорационных кормосмесей).

Предприятия второй группы (цехи) используют для подготовки влажной кормосмеси непосредственно перед скармливанием животным.

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

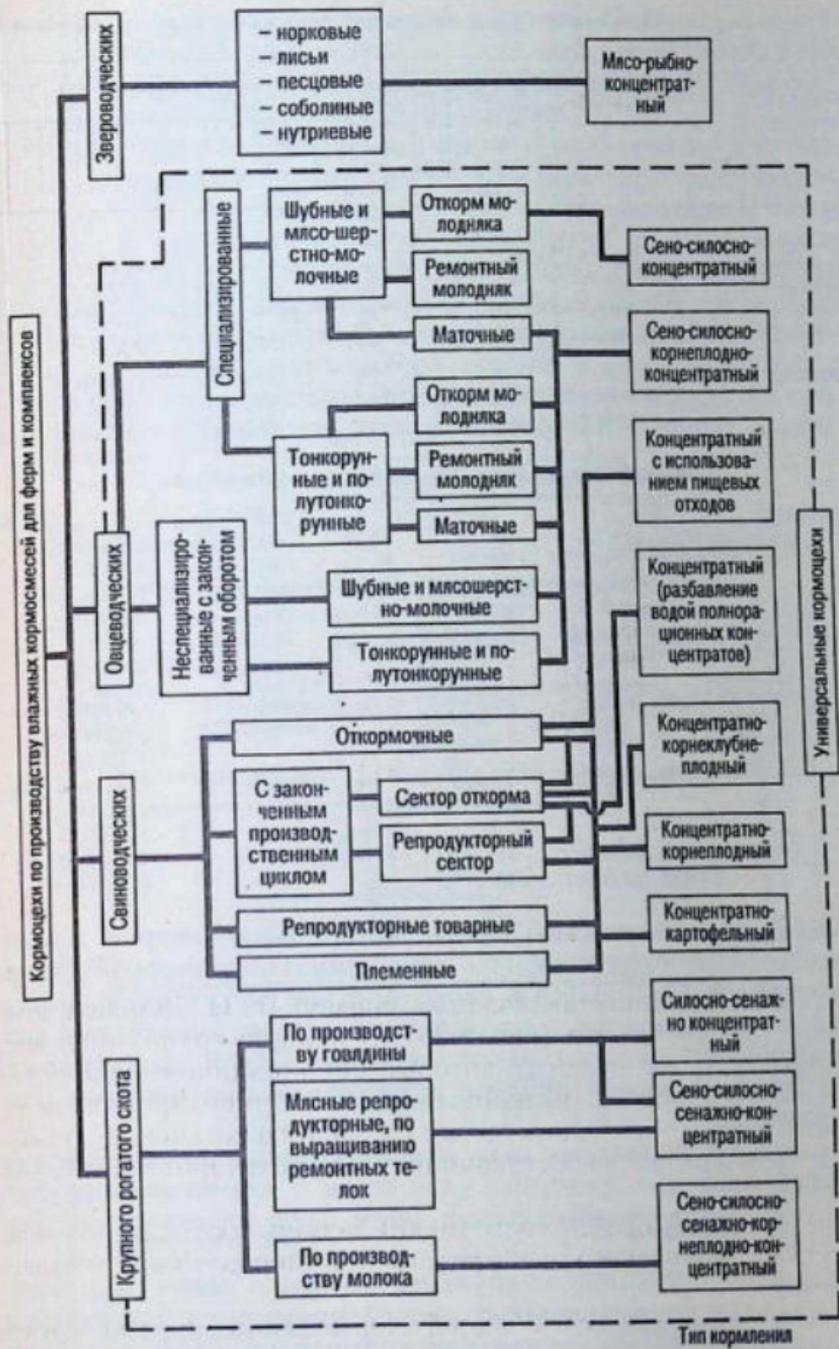


Рис. 8.22. Классификация типов кормоцехов по производству влажных кормосмесей для животноводческих ферм и комплексов.

В соответствии с номенклатурой, разработанной Гипронисельхозом, для удовлетворения потребности в кормах молочных ферм и комплексов требуются кормоцехи четырех размерных групп, свиноводческих — семи.

Комплекты оборудования кормоцехов

Комплект оборудования рассыпных кормосмесей КОРК-15 (ТП 801-6-4.83) предназначен для приготовления в потоке полнорационных влажных кормосмесей из силоса, сенажа, грубых кормов, корнеклубнеплодов, концкормов, питательных растворов, смешивания, доизмельчения и выдачи готового продукта. В его состав входят линии: грубых кормов, силоса, корнеклубнеплодов, концентрированных кормов, приготовления и дозированной подачи обогатительных растворов, смешивания, измельчения и выдачи готовой кормосмеси.

Технологическое оборудование (табл. 8.8) размещено в одноэтажном помещении, включающем корнеплодохранилище емкостью на 1000 т, пункт технического обслуживания и теплую стоянку транспортных средств. При необходимости кормоцех может быть сблокирован с линией термохимической обработки соломы ЛОС-3.

8.8. Состав комплекта оборудования КОРК-15

Наименование машин	Марка машин
Питатель-погрузчик	ЛИС-3.01 (ПС-Ф-6)
Транспортер скребковый	ЛИС-3.02
Питатель-загрузчик кормов	ПЗМ-1,5
Транспортер скребковый	АВБ-04.00
Транспортер корнеклубнеплодов	ТК-5.0Б
Измельчитель-камнеуловитель	ИКМ-5
Бункер-дозатор корнеплодов	КОРК-15-03.01
Бункер-дозатор концкормов	КОРК-15.04.15(2)
Конвейер винтовой	КОРК-15.04.07
Транспортер сборный	КОРК-15.05.01
Измельчитель-смеситель	ИСК-3
Смеситель мелассы	СМ-1,7 (ОМК-4У)

Производительность кормоцеха за 1 ч чистого времени составляет по линиям, т/ч: грубых кормов влажностью 20 % — до 3 т/ч, влажностью 40 % — до 5 т/ч; силоса (сенажа) — 4,5...10,5 т/ч; концентрированных кормов — 0,2...6 т/ч; корнеклубнеплодов — до 5 т/ч; смешивания — 15 т/ч. Кормоцех работает следующим образом (рис. 8.24). Грубые корма (солома, сено) из транспортного средства разгружаются в питатель-загрузчик кормов ЛИС-3.01.00, где предварительно измельчаются битерами и далее транспортерами подаются на линию смешивания. Количество корма регулируют изменением скорости движения конвейера пи-

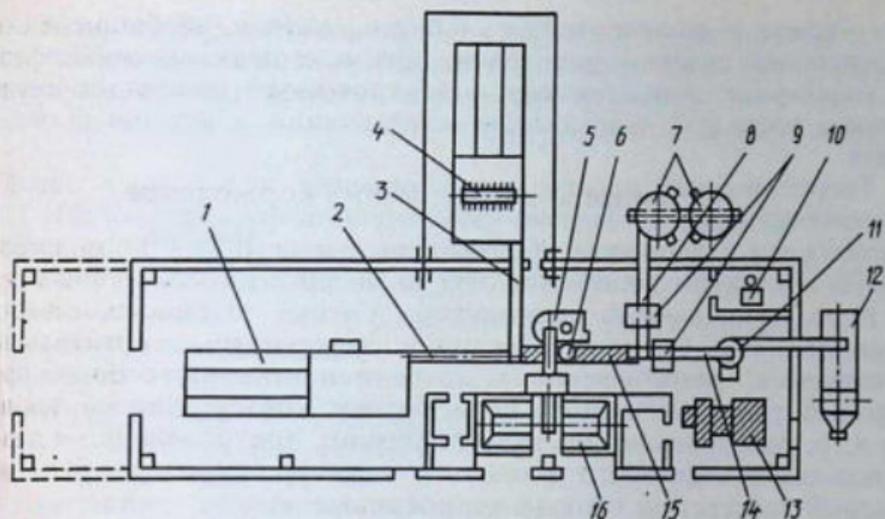


Рис. 8.24. Схема размещения оборудования КОРК-15:

1 — питатель-загрузчик ПЗМ-1,5; 2 — транспортер силоса (сенажа); 3 — транспортер-дозатор соломы ЛИС-3 с измельчающим барабаном; 4 — транспортер-дозатор ИКМ-5; 5 — измельчитель-камнеуловитель; 6 — дозатор корнеклубнеплодов; 7 — бункер концентрированных кормов; 8 — винтовой транспортер; 9 — переходной мостик; 10 — пульт управления; 11 — измельчитель-смеситель ИСК-3; 12 — выгрузной транспортер; 13 — оборудование для приготовления и подачи обогатительных растворов ОМК-4; 14, 15 — сборные транспортеры; 16 — транспортер корнеклубнеплодов ТК-5,0Б.

тателя-загрузчика кормов. Силос, сенаж и зеленую массу разгружают в питатель-загрузчик кормов ПЗМ-1,5, где корм дозируется и транспортером АВБ-04.00 подается в измельчитель-смеситель ИСК-3.

Корнеклубнеплоды из хранилища или буртов загружают в бункера, откуда транспортером ТК-5Б их подают на мойку и измельчение. Измельченные корнеплоды направляют в бункер-дозатор и далее — на сборный транспортер КОРК-15.05.00. Концкорма доставляют загрузчиком кормов ЗСК-10 и загружают в бункера-дозаторы, откуда винтовыми транспортерами их подают на сборный транспортер. Обогажительные растворы (меласса с карбамидом и амидоминаральные добавки) готовят в оборудовании ОМК-4 или СМ-1,7 и насосом дозированно подают в измельчитель-смеситель. Отдозированные компоненты сборным транспортером подают в измельчитель-смеситель ИСК-3.

Комплект оборудования КЦК-5 устанавливают в кормосмесительных цехах (типовой проект 801-460), предназначенных для приготовления в потоке полнорационных влажных кормовых смесей из силоса, сенажа, грубых кормов, корнеклубнеплодов и кормовых добавок, без тепловой обработки компонентов. В кормощехе предусмотрены следующие технологические линии (рис. 8.25): приема и дозированной подачи силоса, сенажа, гру-

бых кормов и зеленой массы; приема, мойки, измельчения и дозированной подачи корнеплодов; приема и дозированной подачи концкормов; приготовления и дозированной подачи обогатительных растворов, смешивания, измельчения и выдачи готовой смеси.

Технологический процесс приготовления кормосмеси заключается в следующем. Солома, измельченная фуражиром ФН-1,4, доставляется к кормоцеху кормораздатчиком КТУ-10А и загружается в накопитель-питатель, откуда масса поступает в дозатор, и далее на сборочный транспортер. Силос, измельченный погрузчиком ПСС-5,5, доставляется к кормоцеху самосвальным транспортом, разгружается в накопитель-питатель дозатором и ровным слоем подается на транспортер. Корнеплоды из бункера 6, установленного над транспортером, поступают в измельчитель-камнеуловитель и далее — в дозатор корнеплодов и на сборный транспортер. Концентрированные корма доставляют к кормоцеху ЗСК-10 и загружают их в бункер. Из бункера корм поступает в дозатор и далее — на транспортер. Все компоненты кормов попадают на сборный ленточный транспортер, и каждый располагается на нем непрерывной лентой разной толщины (в зависимости от рациона), образуя «слоеный пирог». Поступая в смеситель, «слоеный пирог» перемешивается, образуя кормовую смесь заданного качества. Для обогащения смеси сюда же подаются питательные растворы и минеральные добавки.

Производительность кормоцеха составляет 10...15 т/ч при влажности кормосмеси 55...75 %.

На базе КЦК-5 разработано несколько модификаций кормоцехов (табл. 8.9).

8.9. Техничко-экономические показатели кормоцехов на базе КЦК-5 (по В. и. Сыроватке)

Показатели	Кормоцех ТП 801-460 КЦК-5-1	Кормоцех 801-461		Кормоцех ТП 801-000/38 КЦК-5-3
		КЦК-5-2 без термохи- мической обработки соломы	КЦК-5-2 с термохи- мической обработкой соломы	
Сметная стоимость строи- тельства, тыс. руб.	55,58	69,98	88,60	70,46
в том числе оборудования	16,92	25,67	35,27	28,9
Установленная мощность электрооборудования, кВт	97...102	108...116	190	94,5
Затраты труда, ч/т	0,28	0,11...0,28	0,55	0,23...0,36
Масса оборудования, т	14,68	21,83	37,41	22,9

Комплект оборудования КЦК-5-3 предусматривает обработку свежловичного жома и применяется в основном в южных зонах

страны. Производительность кормоцеха составляет 20...30 т/ч при влажности смеси 55...75 % и объемной массе 180...260 кг/м³. Время хранения готовой кормосмеси не более 3...4 ч.

Набор технологического оборудования комплекта КЦК-5-3 приведен в таблице 8.10.

8.10. Состав комплекта технологического оборудования кормоцеха КЦК-5-3

Наименование машин	Марка
Бункер-дозатор кормов	БДК-Ф-70-20
Бункер-дозатор жома	БДЖ-Ф-12
Транспортер скребковый	ТС-40М
Транспортер корнеклубнеплодов	ТК-5.0
Измельчитель-камнеуловитель	ИКМ-Ф-10
Дозатор сочных кормов	ДС-15
Питатель концкормов	ПК-6
Дозатор концентратов	ДК-10
Смеситель мелассы	СМ-1.7
Транспортер ленточный	ТЛ-65
Транспортер корнеклубнеплодов	ТК-5.0Б
Смеситель кормов	С-30
Транспортер выгрузной	Ш-1П1312
Транспортер скребковый	ТСП-160

Прием, обработка и дозирование компонентов рациона осуществляются здесь аналогично технологии приема обработки и дозирования кормоцеха КЦК-5. Свекловичный жом доставляют автосамосвалами, выгружают в бункер-дозатор БДЖ-Ф-12 и подают наклонным транспортером ТС-40М на линию сбора и смешивания.

Оборудование цехов комбикормов ОЦК-4 и ОЦК-8

Предназначено для приготовления комбинированных кормов непосредственно в колхозах и совхозах из зерна собственного производства с использованием обогатительных добавок промышленного изготовления или с предварительным приготовлением их в хозяйствах. Оборудование ОЦК отличается от ранее выпускаемого (типа ОКЦ) реализацией принципа автоматического весового дозирования и порционного смешивания компонентов вместо объемного с непрерывным перемешиванием исходных компонентов. Автоматизированные комбикормовые агрегаты ОЦК-4 и ОЦК-8 имеют одинаковые технологические линии. В ОЦК-8 использованы двоярный размольно-смесительный блок и серийное оборудование ОПК-2 для пресования кормов, а в ОЦК-4 — серийный гранулятор комбикормов ОГК-3. В состав оборудования ОЦК входят блоки: очистки

и накопления запаса сырья; приготовления рассыпных комбикормов; приготовления белково-витаминно-минеральных добавок; приготовления гранулированных комбикормов и ввода в комбикорма жидких добавок.

Блок очистки, накопления и приготовления рассыпных кормов. Здесь размещаются исходные компоненты комбикорма. Исходные компоненты комбикорма распределительным шнеком 14 загружаются в бункера 19, 20, 21, 22, а оттуда в определенной последовательности подаются в весоизмерительное устройство 7. После набора заданной дозы компоненты, требующие измельчения, самотеком поступают в секцию промежуточного бункера 11, а из него — в дробилку 12. Компонент, не требующий измельчения, подается в секцию промежуточного бункера 5, расположенную над смесителем 4; сюда же загружается неизмельченный продукт. После набора установленной дозы продукт попадает в смеситель, а оттуда норией 2 — в бункер 1 готовой продукции.

Блок белково-витаминно-минеральных добавок. Минеральные добавки, вводимые в комбикорм, подвергаются соответствующей обработке. Исходное сырье (мел, соль, фосфат и др.) очищают от металлических примесей, измельчают молотковой дробилкой и при необходимости высушивают в специальной сушилке. Готовый компонент двухвальным дозатором подается в наклонный шнек, который транспортирует его к шайбовому транспортеру, установленному в поточной линии цеха. Тросово-шайбовый транспортер загружает бункера: большие — кормом, малые — минеральными добавками и премиксами. Компоненты последовательно выгружают из бункеров на весовой дозатор. Отдозированная порция поступает в смеситель, и после тщательного перемешивания выдается готовый продукт.

Блок ввода в комбикорм жидких добавок. Сюда входят две линии: мелассы и жира. Если в комбикорм вводят одну мелассу, то ее очищают от механических примесей, подогревают и насосом-дозатором подают в смеситель линии ввода жидких добавок. Если в комбикорма вводят мелассу с карбамидом, то готовят раствор. С этой целью в смеситель предварительно заливают горячую воду, после чего насосами-дозаторами подают дозы карбамида и мелассы. Соотношение компонентов устанавливают в соответствии с зоотехническими требованиями и принятой в хозяйстве технологией. Если комбикорм необходимо обогатить жиром, его подготавливают в отдельной технологической линии, входящей в комплект оборудования. Жидкий жир, поступающий в цистернах, сливают в ванну жироточки и через фильтр грубой очистки насосом перекачивают в емкость. Жир, поступающий в бочках, предварительно вытапливают, а затем подогревают до 313...323 К и откачивают в смеситель, где он равномерно прог-

гревается. Из смесителя жир самотеком поступает в фильтр тонкой очистки, откуда насосом-дозатором подается в смеситель линии ввода жидких добавок. Обогащенный жидкими добавками комбикорм поступает в гранулятор или на склад готовой продукции.

Основные показатели оборудования приведены в таблице 8.11.

8.11. Техническая характеристика оборудования типа ОКЦ и ОЦК

Показатель	ОКЦ-15	ОКЦ-30	ОЦК-4	ОЦК-8
Производительность, т/ч	2	4	4	8
Число бункеров:				
для зерна	2	2	4	8
для муки	4	6	2	4
Вместимость бункеров, м ³ :				
для зерна	6,3	9,2	24	48
для муки	18,4	36	12	24
Вместитель смесителя, м ³	1,54	1,54	—	—
Установленная мощность электродвигателей, кВт	50,9	83	75	160
Дозирование:				
тип		Объемный весовой		
точность, % (не менее)	3	3	1,5	1,5
Масса, кг	8320	1200	1220	15 000

Поточные линии кормоцехов.

Структурные схемы, основы расчета

Структура кормоцеха характеризуется числом машин, элементов и подсистем (технологических линий), а также связями между ними. Она однозначно оценивается расчетным коэффициентом готовности и может изображаться графически в виде структурной схемы. В качестве элемента в кормоцехе рассматриваются отдельная машина или группа машин, предназначенные для выполнения одной технологической операции.

Совокупность технологически взаимосвязанных элементов, предназначенных для обработки и выдачи компонентов и готовой продукции, составляет подсистему. В кормоцехе в качестве подсистемы рассматривается технологическая линия. Группа технологических линий обработки и подачи компонентов, используемых для подготовки готовой продукции, образует группу подсистем, которая с линией обработки и выдачи готовой продукции составляет систему.

На рисунке 8.25 приведена классификация технологических линий кормоцехов.

Элементами технологических линий, согласно классификации, могут быть: отдельная машина, группа параллельно работающих машин без резервирования, группа параллельно работаю-



Рис. 8.25. Классификация технологических линий кормоприготовительных цехов (по В. И. Земскову).

щих машин с нагруженным резервированием, группа параллельно работающих машин с ненагруженным резервированием.

Группа параллельно работающих машин с нагруженным резервированием применяется в том случае, если производительность одной машины недостаточна. Для повышения надежности такой группы устанавливают резервные машины, которые во время работы основных машин не работают (ненагруженное резервирование).

Технологические линии (подсистемы) по виду связей элементов или их групп делятся на два типа: сблокированные (с жесткой связью); многосекционные (с гибкой связью).

Под сблокированной понимается такая подсистема, в которой отказ любого элемента приводит к отказу всей подсистемы. Технологическая линия с блокированной структурой характеризуется последовательным соединением элементов.

Под многосекционной понимается такая подсистема, в которой имеются промежуточные (регулирующие) емкости. В технологической линии с многосекционной структурой все машины, расположенные до первой промежуточной емкости, составляют первую секцию, за ней вторую, за второй промежуточной емкостью — третью и т. д. Отказ предыдущей секции вызывает отказ последующей только в том случае, если за время его устранения исчерпывается запас продукта, находящегося в промежуточной емкости. Чем больше объем промежуточной емкости, тем меньше влияние простоев предыдущей секции на последующую, однако объем промежуточной секции не может быть бесконечно большим.

Под многопоточной понимается подсистема, состоящая из нескольких потоков обработки одного и того же материала.

Каждый поток такой подсистемы может иметь заблокированную или многосекционную структуру.

Структура группы технологических линий обработки и подачи компонентов готовой продукции зависит от группы кормоцехов. В кормоцехах первой группы они составляют заблокированную систему, в кормоприготовительных цехах второй группы — систему с нагруженным резервированием.

Для кормоцехов первой группы основное требование — одновременная работа всех технологических линий обработки и подачи компонентов готовой продукции, то есть отказ любой из них должен рассматриваться как отказ системы. Следовательно, такая система является заблокированной.

В кормоприготовительных цехах второй группы отказ некоторого числа технологических линий обработки и подачи компонентов готовой продукции не может рассматриваться как отказ системы (в пределах зоотехнических требований). Система технологических линий обработки и подачи компонентов готовой продукции, которая выполняет свои функции не при всех работающих линиях, будет системой с нагруженным резервированием.

Исходными данными для расчета технологической линии кормоцеха являются: способы обработки компонентов кормосмеси и получения готовой продукции, обслуживаемое поголовье, рацион каждой группы животных, требования к надежности ПТЛ.

Технологический расчет выполняют в такой последовательности (по В. И. Земскову).

1. Определяют количество кормов, подлежащих обработке на каждой технологической линии,

$$q_i = \sum_{j=1}^f a_{ij} m_j,$$

где a_{ij} — количество i -го вида в рационе j -й группы животных; m_j — число животных j -й группы; f — число групп животных.

2. Суточный объем производства кормосмеси

$$q_{\text{сут}} = \sum_{i=1}^n q_i,$$

где n — число технологических линий обработки компонентов.

3. Общее время приготовления смеси (время работы кормоцеха)

$$t_k = t_{\text{раз}} d,$$

где $t_{\text{раз}}$ — время, отводимое на подготовку корма для одного кормления, ч; d — кратность кормления.

При выборе общего времени работы кормоцеха должно быть выдержано равенство

$$t_{\text{раз}} d = t_{\text{см}} h,$$

где h — число рабочих смен; $t_{\text{см}}$ — длительность смены.

4. Требуемая производительность технологических линий:
 а) обработка и подача компонентов

$$Q_{\text{тр}} = q_i / (t_{\text{раз}} dk_{\text{н.ф}});$$

- б) приготовление и выдача готовой продукции

$$Q_{\text{тр}} = q_{\text{сут}} / t_{\text{раз}} dk_{\text{н.ф}},$$

где $k_{\text{н.ф}}$ — коэффициент использования рабочего времени.

5. Выбор основного и вспомогательного оборудования.

Фактическая производительность машин и оборудования должна быть больше или равна расчетной.

Число машин для операции с непрерывным рабочим процессом в i -й технологической линии определяют по формуле

$$m = Q_{\text{тр}} / Q_{\text{т}},$$

где $Q_{\text{т}}$ — теоретическая производительность машины по ее технической характеристике, т/ч.

Число машин и оборудования для операции с периодическим рабочим процессом

$$m = \left(\sum_{i=1}^l q_i / \rho_i \right) / (V_{\text{ф}} k_{\text{н.ф}}),$$

где q_i — количество корма i -го вида, обрабатываемого за сутки, т; ρ_i — объемная плотность i -го корма, т/м³; l — количество видов кормов, обрабатываемых в машине, т; $V_{\text{ф}}$ — объем бункера машины (по технической характеристике); φ — коэффициент заполнения объема; $k_{\text{н}}$ — число циклов обработки одной машиной за сутки.

Значения $k_{\text{н}}$ определяют по формуле

$$k_{\text{н}} = (t_{\text{раз}} dk_{\text{н.ф}}) / t_{\text{ц}},$$

где $t_{\text{ц}}$ — время одного цикла, ч.

Величину $t_{\text{ц}}$ определяют из следующей зависимости

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{з}} + t_{\text{раз}} + t_{\text{в}},$$

где $t_{\text{з}}$, $t_{\text{в}}$ — время загрузки и выгрузки, ч; $t_{\text{раз}}$ — время выполнения основной технологической операции, ч.

Объем накопителей приемных устройств

$$V_{\text{пр}} = q_i k_{\text{з.и}} / \rho_i \varphi_i,$$

где $k_{\text{з.и}}$ — коэффициент запаса i -го компонента кормосмеси; φ_i — коэффициент заполнения накопителя i -го компонента.

Технико-экономическая эффективность кормоцехов

Работа технологического оборудования кормоцехов, по В. И. Земскову, оценивается целым рядом технико-экономических показателей — абсолютных и относительных.

К абсолютным показателям относятся: производительность

(теоретическая и экспериментальная), производительность труда, коэффициент использования времени, абсолютный годовой экономический эффект, удельные приведенные затраты, показатели надежности и др. Относительные (сравнительные) показатели — это рост производительности кормоцеха, рост производительности труда, снижение удельных прямых и приведенных затрат, относительный годовой экономический эффект, срок окупаемости капитальных вложений, готовая экономия прямых затрат, коэффициент эффективности капитальных вложений, приращение показателей надежности и др.

Основные технико-экономические характеристики кормоцехов для приготовления влажных рассыпных и сухих прессованных полнорационных кормосмесей на фермах и комплексах крупного рогатого скота и свиней приведены в таблицах 8.12, 8.13, 8.14.

8.12. Техничко-экономические показатели кормоцехов для приготовления влажных кормосмесей (по В. А. Ясенецкому)

Показатель	Кормоцех		
	тп 801-323 (смеситель С-12)	КЦК-5 (смеситель С-30)	КОРК-15 (смеситель ИСК-3,0)
Производительность, т/ч:			
• основного времени	—	15,10	15,02
• эксплуатационного времени	5,00	9,67	12,04
Общая установленная мощность, кВт	136,9	124,6	114,3
Масса оборудования, кг	28310	26470	21845
Площадь, занимаемая кормоцехом, м ²	238	720	330,75
Погрешность дозирования кормов, %:			
стебельчатых	—	+ 1,09...— 3,1	+ 0,32
концентрированных	—	+ 0,18	— 0,79
сочных	—	— 4,5	— 1,68
Равномерность смешивания, %:			
коэффициент вариации	20,15	17,20	15,9
однородность смеси	83,2	82,8	86,6
Удельная энергоемкость, кВт, ч/т	8,5	5,5	5,07
Затраты труда, ч/т	1,0	0,41	0,25
Приведенные затраты, руб/т	3,11	2,55	1,20

8.13. Техничко-экономические показатели цехов для производства полнорационных кормовых смесей (по В. И. Земскову)

Показатель	Значения показателей для кормоцеха по типовым проектам				
	№ 814-84	№ 814-118	№ 814-122	№ 814-134	№ 814-135
Максимальная производительность по основной продукции, т/ч	3	2	3	2	2

Показатель	Значения показателей для кормоцеха по типовым проектам				
	№ 814-84	№ 814-118	№ 814-122	№ 814-134	№ 814-135
Годовой объем продукции (из расчета двухсменной работы 255 дней в году), тыс. т	18,2	12,1	18,2	6,1	6,1
в том числе:					
полирационных брикетов и гранул	12,2	6,1	12,2	6,1	6,1
комбикормов-концентратов	6,0	6,0	6,0	—	—
Установленная мощность, кВт	650	894	1297	605	293
Расход электроэнергии, кВт·ч/т	120	230	176	150	66
Расход пара на технологические цели, кг/ч	300	1300	550	1300	1300
Число смен	2	2	2	2	2
Общее число работающих	16	14	16	14	6
Показатели на 1 т основной продукции (брикетов и гранул):					
стоимость строительства, руб.	19,6	57,2	38,5	42,5	14,4
издержки производства, руб.	12,2	20,0	15,6	16,0	4,0
приведенные затраты, руб.	12,6	27,0	20,2	21,4	5,8
затраты труда, ч	2,7	4,6	2,7	4,0	2,0
Стоимость строительства, тыс. руб.	649,3	588,2	891,2	260,5	88,0
в том числе производственного здания	240,5	349,1	472,2	218,0	45,5

8.14. Технико-экономические показатели типовых кормоцехов унифицированной серии для свиноводческих ферм (по В. И. Земскову)

Показатель	Значение показателей для кормоцехов по типовым проектам				
	«Маяк-6» №802-116	КЦС-3000 №802-118	КЦС-2000 №802-118	КЦС-200/2000 №802-119	КЦС-100/1000 №802-120
Обслуживаемое поголовье	6000	3000	2000	200/2000	100/1000
Сметная стоимость, тыс. руб.	57,02	52,06	40,12	56,05	43,29
в том числе оборудования	17,39	13,04	8,27	16,78	17,39
Площадь застройки, м ²	316,3	261,7	200,0	261,7	200,0
Установленная мощность электродвигателей, кВт	115,3	92,8	52,1	88,6	57,9

Показатель	Значение показателей для кормоцехов по типовым проектам				
	«Маяк-6» №802-116	КЦС-3000 №802-118	КЦС-2000 №802-118	КЦС-200/2000 №802-119	КЦС-100/1000 №802-120
Суточный расход:					
электроэнергии, кВт	690,0	378,0	274,8	539,7	309,5
воды, м ³	35	18	12	20	13
условного топлива, кг	1440	760	588	550	380
Число обслуживающего персонала в смену	4	3	3	4	3

Контрольные вопросы и задания

1. Назовите основные типы кормоцехов, используемые в свиноводстве.
2. Назовите основные технологические линии кормоцеха КОРК-15.
3. Какие основные компоненты рациона обрабатываются в измельчителе ИСК-3,0 кормоцеха КОРК-15?
4. Какими показателями оцениваются кормоцехи?
5. Назовите состав комплекта технологического оборудования кормоцеха КЦК-5-3.
6. Проведите технологический расчет кормоцеха на 400 молочных коров.

ЛИТЕРАТУРА

- Алешкин В. Р., Рошин П. М. Механизация животноводства. — М.: Агропромиздат, 1985.
- Агеев Л. Е., Квашенников В. И., Мельников С. В. и др. Эксплуатация технологического оборудования ферм и комплексов. — М.: Агропромиздат, 1986.
- Алябьев Е. В., Вагин Б. И. и др. Приготовление, хранение и раздача кормов на животноводческих фермах. — М.: Колос, 1977.
- Гицявичюс К.—С. А. Комплексно-механизированные линии по производству травяной муки. — М.: Колос, 1984.
- Гриб В. К., Лукашевич Н. М. и др. Основы механизации животноводства. — Минск: Ураджай, 1979.
- Калупянец К. А., Ездаков Н. В. и др. Применение продуктов микробиологического синтеза в животноводстве. — М.: Колос, 1980.
- Леонтьев П. И., Земсков В. И., Потемкин В. М. Технологическое оборудование кормоцехов. — М.: Колос, 1984.
- Механизация приготовления кормов. Справочник (под ред. д.т.н., проф. В. И. Сыроватка). — М.: Агропромиздат, 1985.
- Рыжов С. В. Комплекты оборудования для животноводства. Справочник. — М.: Агропромиздат, 1986.
- Рыженков В. Н. Механизация подготовки кормов из пищевых отходов. — М.: Агропромиздат, 1989.
- Сечкин В. С., Сулима Л. А. и др. Справочник по заготовке и приготовлению кормов в Нечерноземье. — Л.: Колос, 1984.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие		3
Раздел первый	ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА КОРМОВ НА ПРОМЫШЛЕННОЙ ОСНОВЕ	5
Глава I.	Кормовая база общественного животноводства, ее структура и эффективность использования	5
Глава II.	Основные принципы построения поточных процессов заготовки и хранения кормов	9
	Схема производственного процесса заготовки, приготовления и хранения кормов	9
	Виды потоков в производственных линиях, их значение и оценка в кормоприготовлении	11
	Методы оценки эффективности работы поточных линий приготовления и хранения кормов	13
Глава III.	Энергетический баланс в системе производства и хранения кормов	17
	Планирование производства и расходования кормов	17
	Оптимизация рационов	22
	Энергетика кормопроизводства	26
Раздел второй	МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЗАГОТОВКИ, ПРИГОТОВЛЕНИЯ И ХРАНЕНИЯ СТЕБЕЛЬНЫХ КОРМОВ	33
Глава I.	Механизация работ по закладке и содержанию прифермских долголетних культурных пастбищ (ДКП)	33
	Типы и инженерное оборудование ДКП	33
	Технология и механизация работ на ДКП	40
Глава II.	Технология заготовки и хранения силоса, сенажа и стебельных культур	51
	Основы технологии силосования и сенажирования	51
	Расчет потребности в кормах и вместимости хранилищ	59
	Силосные и сенажные сооружения	64
	Средства механизации для выемки силоса и сенажа из траншей загрузки и выемки сенажа из башен	73
	Хранилища грубых кормов и корнеклубнеплодов	83
	Механическое обезвоживание зеленых кормов путем отжима клеточного сока	94
	Поточная организация работ при заготовке кормов	104

Глава III.	Основы технологии, машины и оборудование для сушки стебельных кормов	111
	Поточные линии для производства измельченной сухой резки и травяной муки из свежескошенных растений	111
	Агрегаты для сушки кормов. Устройство и работа	116
	Основы теории и расчета процесса сушки кормов	127
Раздел третий	ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ КОРМОВ	135
Глава I.	Основы теории разрушения твердых тел	135
	Общие понятия	135
	Современные представления о механизме измельчения кормов	136
Глава II.	Физико-механические свойства кормовых материалов	137
	Статические характеристики прочностных свойств зерновых кормов	137
	Динамические характеристики прочностных свойств зерновых кормов	139
	Статические характеристики прочностных свойств стебельных кормов	140
	Динамические характеристики прочностных свойств стебельных кормов	141
Глава III.	Основы теории измельчения кормов	144
	Измельчение как процесс образования новых поверхностей. Основные понятия	144
	Гранулометрический состав кормов. Крупность сыпучего материала	146
	Рабочие формулы по теории измельчения	149
Раздел четвертый	МАШИНЫ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ КОРМОВ	151
Глава I.	Зоотехнические требования и технология приготовления концентрированных кормов	151
	Классификация измельчителей кормов	151
	Машины для измельчения концентрированных кормов	152
Глава II.	Теория и расчет молотковой дробилки кормов	161
	Аэродинамика молотковой дробилки	161
Глава III.	Вальцовые мельницы и плющилки	168
	Область применения и основы теории вальцовой мельницы. Относительная скорость валцов, ее выбор и обоснование	171
	Плющилки для обработки сухого и влажного зерна, их типы и область применения	172
	Особенности рабочего процесса плющилок с внешним и внутренним контактом рабочих поверхностей	174
	Производительность вальцовых мельниц и плющилок	177
	Энергоемкость процесса плющения	178
Глава IV.	Измельчители мясо-рыбных кормов, их типы и классификация	179
	Особенности кормления пушных зверей. Зоотехнические и зооветеринарно-гигиенические требования	179
	Физико-механические и реологические свойства кормов животного происхождения	181
	Измельчители мясо-рыбных кормов, их рабочий процесс и особенности расчета	184

Раздел пятый	МАШИНЫ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ГРУБЫХ И СОЧНЫХ КОРМОВ	188
Глава I.	Технология механической обработки грубых и сочных кормов	188
	Зоотехнические требования	188
	Физико-механические свойства грубых и сочных кормов	189
	Технологические операции и поточные линии	191
Глава II.	Машины для измельчения стебельных кормов	194
	Соломосилосорезки	194
	Измельчители стебельных кормов и особенности их рабочего процесса	197
Глава III.	Теория резания лезвием	204
	Основы теории резания лезвием	204
Глава IV.	Машины для измельчения корнеклубнеплодов	211
	Корнеклубнемойки	211
	Измельчители корнеклубнеплодов	213
	Особенности процесса резания корнеплодов	216
	Основы теории и расчет пастонизготовителей	218
Раздел шестой	МАШИНЫ ДЛЯ УПЛОТНЕНИЯ КОРМОВ	222
Глава I.	Основы технологии уплотнения кормовых материалов	222
	Общие понятия и термины	222
Глава II.	Реологические свойства уплотняемых кормов	224
	Объемные структурно-механические свойства	224
	Поверхностные свойства	225
	Реологические свойства и моделирование этих свойств	226
Глава III.	Рабочий процесс грануляторов и брикетировщиков кормов	229
	Технологические операции в процессе уплотнения кормов прессованием	229
	Кондиционирование кормового сырья	231
	Роль технологических факторов в процессе уплотнения	233
Глава IV.	Оборудование для уплотнения кормов прессованием	236
	Оборудование для гранулирования	236
	Оборудование для брикетирования	239
	Оборудование для производства амидоконцентратных добавок	242
	Накопители кормов. Оборудование для хранения травяной муки в среде инертных газов	245
	Расчет шнекового пресс-экструдера	249
Глава V.	Кормобрикетные цехи и заводы	252
	Кормобрикетный цех ГЭКИ	252
	Расчет цеха (пункта) производства травяной муки	254
	Расчет линии для производства зеленых концентратов	259
Раздел седьмой	МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОРМОВ НЕМЕХАНИЧЕСКИМИ СПОСОБАМИ	263
Глава I.	Влаготепловая обработка корма	263
	Зоотехнические требования и технология влаготепловой обработки кормов	263
	Обработка пищевых отходов	264
	Обработка зерновых кормов	266

Глава II. Тепловые и биохимические способы обработки кормов	269
Известкование соломы	269
Обработка соломы щелочью	271
Производство кормовых дрожжей	273
Раздел восьмой	МАШИНЫ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОРМОВЫХ СМЕСЕЙ
	275
Глава I. Дозаторы	275
Зоотехнические требования к процессу дозирования	275
Типы и классификация дозаторов	276
Устройство и рабочий процесс	278
Теория процесса дозирования и расчета дозаторов	289
Глава II. Смесители	296
Зоотехнические требования к процессу смешивания	296
Классификация и рабочий процесс смесителей	297
Теория процесса смешивания	307
Расчет смесителей	311
Глава III. Кормоцехи	315
Типы и классификация кормоцехов	315
Комплекты оборудования кормоцехов	320
Оборудование цехов комбикормов ОЦК-4 и ОЦК-8	323
Поточные линии кормоцехов. Структурные схемы, основы расчета	325
Технико-экономическая эффективность кормоцехов	328
Литература	332

Учебное издание

*Завражнов Анатолий Иванович
Николаев Денис Иванович*

МЕХАНИЗАЦИЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ И ХРАНЕНИЯ КОРМОВ

Зав. редакцией *С. А. Карпушин*
Художественный редактор *С. Н. Болоболов*
Технический редактор *Т. Б. Платонова*
Корректор *Н. В. Карпова*

ИБ № 4829

Сдано в набор 01.09.89. Подписано к печати 27.10.89. Формат 60×88¹/₁₆. Бумага кн.-жури. Гарнитура Литературная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 20,58 + 0,25 форзац. Усл. кр.-отт. 21,07. Уч.-изд. л. 22,16 + 0,3 форзац. Изд. № 402. Тираж 17 500 экз. Заказ № 494. Цена 1 р. 10 к.

Ордена Трудового Красного Знамени ВО «Агропромиздат», 107807, ГСП-6, Москва, Б-78, ул. Садовая-Спасская, 18.

Диапозитивы изготовлены в Ярославском полиграфкомбинате Госкомпечати СССР, 150014, Ярославль, ул. Свободы, 97.

Отпечатано в Московской типографии № 8 Госкомпечати СССР, 101898, Москва, Хохловский пер., 7. Заказ № 66