

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО БРЯНСКИЙ ГАУ

Купреенко А.И., Исаев С.Х., Исаев Х.М., Гапонова В.Е.

Машины и оборудование в животноводстве

Раздел: Механизация приготовления и раздачи кормов

Учебно-методическое пособие
для бакалавров направление подготовки
35.03.06 Агроинженерия

Брянская область, 2022

УДК 631.3:636 (076)

ББК 40.729:45/46

М 38

Машины и оборудование в животноводстве. Раздел: Механизация приготовления и раздачи кормов: учебно-методическое пособие для бакалавров направления подготовки 35.03.06 Агроинженерия / А. И. Купреенко, С. Х. Исаев, Х. М. Исаев, В. Е. Гапонова. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2022. – 79 с.

Учебно-методическое пособие по дисциплине «Машины и оборудование в животноводстве» составлено в соответствии с рабочей программой дисциплины и предназначено для бакалавров направления подготовки 35.03.06 Агроинженерия. Учебно-методическое пособие содержит теоретический материал по основным вопросам дисциплины «Машины и оборудование в животноводстве». Направлено на формирование у бакалавров знаний современных технических систем приготовления и раздачи кормов в животноводстве, отечественных и зарубежных производителей, особенностей расчета и эксплуатации, а также умений осуществлять его профессиональную эксплуатацию с поддержанием оптимальных режимов.

Рецензент: Е.И. Слезко – к.б.н., доцент кафедры технологического оборудования животноводства и перерабатывающих производств.

Рекомендовано к изданию методической комиссией инженерно-технологического института Брянского ГАУ, протокол №2 от 28 октября 2022 года.

© Брянский ГАУ, 2022

© Купреенко А.И., 2022

© Исаев С.Х., 2022

© Исаев Х.М., 2022

© Гапонова В.Е., 2022

Содержание

	Введение	5
Тема 1	Понятие о производственных и технологических процессах в животноводстве	6
1.1	Тенденции в механизации животноводства	6
1.2	Технологические процессы, подлежащие механизации в животноводстве	7
1.3	Производственные и технологические процессы в животноводстве	8
Тема 2	Механизация консервирования стебельных кормов	11
2.1	Назначение и преимущества консервирования стебельных кормов	11
2.2	Технология силосования, машины и оборудование	12
2.3	Технология сенажирования, техника и сооружения для сенажа	13
2.4	Технология производство витаминно-травяной муки	13
Тема 3	Механизация приготовления кормов	14
3.1	Способы и технологические схемы обработки кормов	14
3.2	Измельчение как процесс образования новых поверхностей	16
3.3	Схемы различных способов измельчения кормов	17
3.4	Метод определения степени измельчения кормов	19
Тема 4	Теория молотковых дробилок	21
4.1	Классификация, основы расчета и характеристики молотковых дробилок	21
4.2	Рабочий процесс дробилки	22
4.3	Размер молотков и радиус их подвески	26
4.4	Технико-экономические показатели	27
Тема 5	Основы теории измельчителей стебельных кормов	29
5.1	Основы теории резания кормов лезвием	29
5.2	Факторы, влияющие на процесс резания	31
5.3	Взаимосвязь между конструктивными и энергетическими параметрами дискового измельчителя	33
5.4	Динамика дискового измельчителя и его энергетический расчет	35
Тема 6	Основы теории дозирования и смешивания кормов	38
6.1	Зоотехнические требования к технологии приготовления кормовых смесей	38
6.2	Дозаторы, их классификация и основы расчета	38
6.3	Основы расчета дозаторов	40
6.4	Смесители кормов, их классификация и основы расчета	44
Тема 7	Основы теории тепловой обработки кормов и расчет кормозапарников	49
7.1	Назначение и способы тепловой обработки кормов	49
7.2	Зоотехнические требования к запарникам и котлам-парообразователям	50

7.3	Классификация, конструктивные схемы и анализ рабочего процесса кормозапарников	50
7.4	Тепловой расчет кормозапарников	52
Тема 8	Основы теории гранулирования кормов	56
8.1	Уплотнение кормов. Общие сведения о гранулировании кормов	56
8.2	Способы гранулирования	58
8.3	Классификация и основы расчета пресс-грануляторов	60
8.4	Оборудование для гранулирования кормов	62
Тема 9	Технология и технические средства механизированной раздачи кормов	66
9.1	Требования к кормораздающим устройствам, их классификация и сравнительная оценка	66
9.2	Технологическое оборудование для раздачи кормов	69
9.3	Элементы расчета некоторых типов кормораздатчиков	73
9.4	Установки для транспортировки и раздачи кормов по трубам	75
	Литература	78

Введение

В настоящем учебно-методическом пособии представлены основные методические материалы к лекционным и самостоятельным занятиям по дисциплине «Машины и оборудование в животноводстве», предназначенные для студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия.

Студенты должны научиться пользоваться современной литературой, справочными материалами, каталогом, плакатами и нормативными документами.

Данные виды работы позволяет студентам получить практические навыки по изучению конструкции машин и оборудование в животноводстве, необходимые для формирования высококвалифицированных специалистов в агроинженерии.

Учебно-методическое пособие разработано в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия с выполнением компетентного подхода и соблюдением общепрофессиональных и профессиональных компетенций: ОПК-4 Способен реализовывать современные технологии и обосновывать их применение в профессиональной деятельности; ПКС-1 Способен обеспечивать эффективное использование сельскохозяйственной техники и технологического оборудования для производства сельскохозяйственной продукции.

Тема 1 - Понятие о производственных и технологических процессах в животноводстве

1.1 Тенденции в механизации животноводства

Сельское хозяйство есть совокупность 2-х отраслей – растениеводства и животноводства.

С\х потребляет 30...35 % бензина, 40...45 % дизтоплива, 7 % электроэнергии.

Чтобы получить 1 стакан молока надо затратить 0,5 стакана условного топлива.

В США, чтобы увеличить объем производимой с\х продукции в 2 раза пришлось увеличить энергозатраты в 10 раз.

Энергия человека в 10 раз дороже лошади и в 30 раз механики.

1 кг говядины = 1870 ккал.

1 кг пшеничного хлеба = 2030 ккал.

1 кг сахара = 4000 ккал.

Потребность человека 3000 ккал/сутки = 2 стакана растительного масла.

Росс Правдолюбов: «Скотоводство есть бес сомнения наидрагоценнейшая отрасль государственного благосостояния, которая будучи сопряжена с главной народной потребностью хлебопашеству служит сперва улучшению земель и пажитей, а затем доставляет обильную пищу для всех обитателей отечества, затем снабжает заводы сырьем» 1816 г.

Таблица 1.1 - * На 100 га пашни - не менее 40 голов КРС *

Показатели	Полеводство	Животноводство	Промышленность	
			добыча	обработка
Объект труда	земля	одушевл. объект	земля	неод. материал
Примен. техника	мобильная	стационарная	стационарная	стационарная
Энергетика	ДВС	электро	электро	электро
Спец. помещения	нет	есть	есть	есть
Специализация	есть	есть	есть	есть
Специал. труда	широкая	узкая	узкая	узкая
Сезонность	есть	нет	нет	нет

Тенденции в механизации животноводства.

- широкое использование электроэнергии в качестве энергетической базы;
- создание поточно- технологических линий (ПТЛ), обеспечивающих условия для перехода к промышленным способам производства;
- применение принципиально новых проектных, архитектурно-строительных и технологических решений при создании животноводческих объектов;
- внедрение энергосберегающих машин, устройств и установок, благоприятно влияющих на жизнедеятельность организма животных и их продуктивность.

Цель данной дисциплины – изучение современных технологий в животноводстве, технологических процессов, машин и оборудования, применяемых на фермах и комплексах.

1.2 Технологические процессы, подлежащие механизации в животноводстве

Удельный вес продукции животноводства в денежном выражении составляет 50-60 % стоимости всей валовой продукции с\х.

Основой разработки технических средств для животноводства являются зоотехнические требования. Они определяют количественные и качественные характеристики режимов работы машин, их конструктивные параметры и предельно допустимые отклонения этих характеристик.

Технологические процессы, подлежащие механизации

- приготовление и хранение кормов;
- раздача кормов животным и птице;
- водоснабжение и поение животных (птицы);
- создание микроклимата в животноводческих помещениях;
- доение с\х животных и первичная обработка молока;
- стрижка овец и первичная обработка шерсти;
- сбор и обработка яиц;
- уборка, удаление, переработка и хранение навоза;
- ветеринарно-санитарные работы;
- погрузочно-разгрузочные и транспортные работы на ферме.

О темпах замены ручного труда машинным судят по уровню механизации работ, под которым понимают выраженное в % отношение количества обслуживаемых машинами животных к их общему поголовью, имеющемуся в хозяйстве.

Комплексно механизировано 48 % КРС, 66 % СТФ, 79 % ПТФ.

1.3 Производственные и технологические процессы в животноводстве

Технология – совокупность машинных приемов и способов получения, обработки и переработки сырья, осуществляемых в животноводстве и птицеводстве.

В понятие технологии входят условия и способы содержания животных, приемы и операции по водоснабжению, кормоприготовлению, уходу за скотом и т.д.

Технология связана с комплексом производственных процессов, зависящих от вида и возраста животных, типа кормления, системы содержания, конструкции помещений и т.д.

Производственный процесс – это совокупность технологических процессов, связанных между собой по времени, методу и назначению, последовательное выполнение которых превращает исходный предмет труда в конечный продукт.

Делятся на основные, общие, специализированные.

Основные – доение, обработка молока, откорм и т.д.

Общие – транспортировка корма, молока, навоза и т.д.

Специализированные – водо, электроснабжение и т.д.

Операция – часть технологического процесса, выполняемая на 1 рабочем месте.

Бывают: основные (технологические), вспомогательные (контроль, учет, управление) и транспортные.

При машинном способе получения животноводческой продукции все последовательные операции объединяются в неразрывный технологический процесс, т.е. создаются поточные производственные механизированные и автоматизированные технологические линии.

Технологический процесс – совокупность операций, приводящих к изменению расположения, формы, размеров и свойств сырья.

Производственный процесс в животноводстве является прерывно-поточным. Основная структурная единица МТБ на ферме – ПТЛ, как организационная форма эффективного использования средств механизации и автоматизации.

Понятие о животноводческой ферме и комплексе

Животноводческая ферма – специализированное предприятие, по производству продукции животноводства. Бывают племенные и товарные. В зависимости от вида животных различают фермы КРС (молочные, откормочные, молочно-мясные), свиноводческие, овцеводческие, птицеводческие, звероводческие и т.д.

Животноводческий комплекс – крупное узко специализированное с\х предприятие, предназначенное для поточного, круглогодичного, ритмичного производства высококачественной продукции в большом объеме на основе

полной механизации и частичной автоматизации всех основных и вспомогательных процессов.

Классифицируются по признакам:

- форма собственности;
- источники поступления кормов (свои, привозные, ...);
- основная специализация (молоко, мясо, яйца, ...);
- уровень специализации (с законченным процессом воспроизводства, или репродуктивные, или откормочные и т.д.).

Два пути развития – строительство и реконструкция.

Животноводческий комплекс (ферма) является биотехнической системой человек – машина – животное с независимым активно действующим биологическим звеном.

Комплексная механизация – уровень механизации, при котором машинами и механизмами поточно выполняются все основные и вспомогательные техпроцессы. Поэтому необходима «Система машин».

Технологическое оборудование делится на машины, аппараты, механизмы, агрегаты, установки, различное оборудование и системы.

Животное выполняет две функции: предмет труда (выращивание, откорм), средство труда (продуциров. молока, прирост массы).

Технологию производства продукции животноводства (ТПЖ) можно разделить на две части: зооинженерную (биологическую), инженерно-техническую (машинную). Зооинженерная разрабатывает способы эффективного использования генетического потенциала животных путем организации процессов воспроизводства поголовья с высокой продуктивностью и разработки способов получения продуктов при минимальных затратах корма (сырья), труда и материальных средств. Инженерно-техническая разрабатывает способы эффективного использования всех средств производства и организует производственное обслуживание животных с целью получения конечной продукции высокого качества при *min* затратах живого и овеществленного труда.

Производственный процесс в животноводстве является прерывно-поточным. Основная структурная единица МТБ на ферме – ПТЛ как организационная форма эффективного использования средств механизации и автоматизации.

ПТЛ – целенаправленная совокупность расставленных в технологической последовательности машин, оборудования и обслуживающих животных в сочетании с животными помещениями и инженерно-строительными сооружениями, совместно обеспечивающими поточно-непрерывное или циклическое выполнение данного техпроцесса.

По структуре ПТЛ бывают однопоточные, многопоточные и смешанные.

Многопоточные могут быть со сходящимися, расходящимися и параллельными потоками.

При комплексной (полной) механизации все производственные процессы на ферме целиком выполняются системой (комплексом) машин.

Двигатель – источник энергии.

Аппарат – доильный, режущий – непосредственное воздействие на обрабатываемый объект.

Агрегат – совокупность конструктивно связанных между собой машин, расположенных в технологической последовательности на общей раме, станине ОКЦ–15, ОКЦ–4.

Установка – совокупность агрегатов, машин, аппаратов на фундаменте.

Комплект оборудования – набор машин, агрегатов, установок, предназначенных для комплексной механизации одного или нескольких технологических процессов.

Система машин в животноводстве – это перечень машин, аппаратов, агрегатов и комплектов машин, необходимых для механизации тех. процессов.

В перечне отдельные машины объединены в поточные линии, обеспечивающие оптимальное проведение технологического процесса.

Поточные линии в техдокументации изображают в виде схем: технологических (операционных); конструктивно-технологических и структурных (информационных).

Технологическая: содержание, состав и последовательность выполнения операций.

Конструктивно-технологическая: включает набор конкретных машин.

Структурная: отражает внутреннее строение производственных потоков; соподчинённость отдельных элементов, наличие участков или секций.

Классификация поточных линий в животноводстве

I. Системы ПТЛ – по природе объектов			
биологические	физические		информационные
технические		биотехнические	
II. Классы ПТЛ – по природе и назначению процесса			
биологические	биотехнологические		информационные
технологические		транспортные	
III. Группы ПТЛ – по виду потока			
непрерывно-непоточные	непрерывно-поточные	прерывно-поточные циклические	апериодические
IV. Типы ПТЛ – по степени механизации процесса			
немеханизированные	механизированные	автоматизированные	автоматические

V. Виды ПТЛ – по компоновке звеньев, вид соединения			
последовательное	параллельное	комбинированное	
VI. Разновидности ПТЛ:			
по виду связи			
жесткие	полугибкие	гибкие	комбинированные, включающие животн.
по структуре потока			
однопоточные	многопоточные	сходящиеся	расходящиеся
по характеру прямых и обратных связей			
вероятностные	детерминированные	комбинированные	

Тема 2 - Механизация консервирования стебельных кормов

2.1 Назначение и преимущества консервирования стебельных кормов

Консервирование стебельных, зеленых и сочных кормов применяется с целью сохранения их качества в течение длительного периода – зимнего стойлового. С этой целью заготавливается силос, комбисилос и сенаж.

В чем преимущества консервирования кормов по сравнению с заготовкой сена:

- высокий урожай зеленой массы;
- силосование почти не зависит от погодных условий;
- силосовать можно отходы полевых и огородных культур, а также пищевой промышленности, которые другими способами сохранить невозможно;
- меньше потери питательных веществ, чем при заготовке сена;
- меньше трудозатраты.

Если сравнить по кормовому достоинству, то сенаж превосходит как сено, так и силос, приготовленных из тех же трав. 1 кг сенажа должен содержать не менее 0,35 кг к.е. При хранении сенажа процессы брожения протекают менее активно, чем при силосовании, в нем сохраняется большая часть сахара. Потери питательных веществ при заготовке и хранении сенажа не превышают 10-12 %, силоса – 18-20 %, сена – 25-40 %.

В рационах КРС сенаж может полностью заменить силос, сено и далее часть корнеплодов без снижения продукт. Сенаж вследствие низкой влажности не смерзается при хранении как силос, что упрощает его выемку и подачу к местам скармливания. При этом упрощается раздача кормов, т.к. в 2 раза снижается суточная масса кормов.

Многокомпонентный (комбинированный) силос ценнее однокомпонентного. Его готовят из кормов богатых белком, углеводом и каротином. Добавляют:

- початки кукурузы в восковой спелости, картофель, морковь с ботвой, свёклу, тыкву, люцерну и т.д.

2.2 Технология силосования, машины и оборудование

Сущность силосования заключается в вытеснении воздуха, находящегося между частицами консервируемой массы и возможно быстро прекращении дыхания растительных клеток.

При анаэробном брожении за счет расщепления сахаров быстро накапливается молочная кислота, которая подкисляет корм настолько, что масса делается непригодной как питательная среда для микроорганизмов.

Основные условия получения хорошего силоса:

- наличие в силосуемой массе влаги в виде растительного сока (60-75 %) и минимально необходимого количества сахара;

- создание требуемого температурного режима для развития молочно-кислого брожения (25-35 °С);

- герметизация силосного сооружения.

По обеспеченности сахаром растения разделяются на 3 группы:

- легкосилосующиеся (кукуруза, подсолнечник, горох овес, суданская трава);

- трудносилосующиеся (клевер, вика, люцерна, ботва огородных культур);

- несилосующиеся (соя, бобы, лебеда, камыш). Смешивать.

Технология смешивания включает следующие операции: скашивание с измельчением силосной массы Е-280, КСК-100, КС-1,8, транспортировка в силосные сооружения, разравнивание, уплотнение, укрытие.

Агрозоотехнические требования к силосования кормов

- степень измельчения силосуемых растений зависит от влажности в момент их укладки.

При $\omega \leq 65\%$ величина руки 2...3 см, $\omega \leq 70...75\%$ - 4...5 см при $\omega \leq 80\%$ - 8...10 см.

Чем крупнее – меньше сока – меньше потерь;

- оптимальная $\omega \leq 65...75\%$ при этом молочная кислота составляет 65...70 % от всех образующихся кислот;

- масса должна быть хорошо уплотнена и изолирована от воздуха;

- срок заполнения траншеи не более 4 дней. Чем больше массы силосуется в 1 сооружении, тем выше нач. силоса.

Наиболее распространенным способом закладки силоса является траншейный. Траншеи делают наземные, полузаглубленные и заглубленные. Ширина от 9 м, длина до 50 м, высота до 3 м. Вода – 0,5 м.

Укрытие: пленка–земля 5...10 см – солома 30 см.

Необходимый объем силосного сооружения:

$$V_{\text{общ}} = \frac{Q_{\text{год}} m}{\gamma} + A,$$

где A - потери, м³, 10...15 % траншеи, 3...5 % башни;

γ - объем масса силоса т/м³ 0.6...0.65.

Для приготовления комбисилоса используют агрегат АПК-10А.

Содержание каждого компонента определяют по квадрату Пирсона.

2.3 Технология сенажирования, техника и сооружения для сенажа

Консервирование сенажа достигается за счет недоступности влаги для большинства бактерий.

Технология заготовки сенажа включает: скашивание массы с образованием валка Е-301, подбор подвяленной травы из валков с одновременным измельчением и погрузкой в транспортное средство – В – 280, 281, КСК – 100, КПС – 5Г. При закладке в траншеи применяются те же машины, что и для силоса.

При закладке в сенажные башни используют питатель КТУ-10А, ГЗБ-30, РМБ-9,15, 1600 м³, 9,15 м, высота 24,4 м.

Для выгрузки из траншей ПСК-5, ПСС-5,5, ФН-1,4, а из башен РБВ-6 и транспортер ТКС-6.

Отличия сенажирования:

- оптимальная $\omega = 50...55$ %

- выше требования к герметизации.

2.4 Технология производство витаминно-травяной муки

Используют люцерну, клевер и молодые травы других видов.

Технология: свежескошенная трава поступает в высокотемпературную сушилку, где потоком горячих газов в течение нескольких минут высушивается до $\omega = 8...12$ %, а затем измельчается дробилкой в муку.

Благодаря быстрой сушке потеря питательных веществ 1...2 %.

Используют в качестве БВД при производстве комбикормов. АВМ-0,65, АВМ-1,5.

Агрегаты состоят из питателя з. м., транспортера з. м., теплогенератора, сушильного барабана, системы решет 4, 6, 8 мм, системы отвода и охлаждения муки и пульта управления.

В период хранения при снятии, доступа кислорода каротин разрушается. В бумажных мешках за полгода теряется 50...75 % каротина. Для стабилизации применяют антиокислитель – сантохин 200 г. на 1 т. муки, CO_2 , N_2 . Можно использовать для сушки травяной муки. Дробилка отсоединяется. Пневмотранспортер ТПЭ-10А, 45 м. 6...8 т/ч.

Тема 3 - Механизация приготовления кормов

3.1 Способы и технологические схемы обработки кормов

При скармливании кормов животным они должны отвечать определенным зоотехническим требованиям по степени их измельчения:

1. Размеры частиц соломы и сена:

для коров	30-40 мм;
для лошадей	15-25 мм;
для овец	10-20 мм.

2. Толщина резки корнеклубнеплодов:

для коров	10-20 мм;
для свиней	5-10 мм;
для птицы	3-4 мм.

3. Размеры концентрированных кормов:

для к.р.с.	2-3 мм;
для свиней,	1,0-1,8 мм (средний помол);
для птицы	0,2-1,0 мм (мелкий помол).

4. Размеры частиц сенной муки:

для животных	2 мм;
для птицы	1,1 мм.

Технологический процесс обработки и подготовки кормов зависит от их вида и зоотехнических требований, предъявляемых к ним.

Все способы обработки кормов разделяют на 4 основные группы: механические, тепловые, химические и биологические.

Химическая подготовка предусматривает обработку с применением химических веществ.

Биологический способ основан на деятельности различных видов микроорганизмов с целью консервации кормов или улучшения их качества.

Тепловая обработка улучшает усвояемость кормов и уничтожает вредные бактерии и грибки.

Иногда применяют совмещенные способы обработки кормов (одновременно сочетают измельчение и запаривание и т. д.). Способы обработки кормов показаны на рисунке 3.1.

Основные технологические схемы обработки кормов.

I. Грубые корма обрабатывают по одной из следующих схем:

1. Резка.
2. Резка (измельчение) - смешивание.
3. Резка - запаривание - смешивание.
4. Резка - обработка химическими реактивами - смешивание.
5. Резка - сушка - размол в муку - смешивание.

II. Для обработки корнеклубнеплодов существуют такие схемы:

1. Мойка - резка (иногда только мойка).
2. Мойка - запаривание - смешивание.
3. Мойка - запаривание - мятие - смешивание.
4. Мойка - резка - запаривание - смешивание.

Первые два варианта применяются только при кормлении КРС., третий и четвертый - при кормлении свиней.

III. Концентрированные корма приготавливают по следующим схемам:

1. Очистка - замачивание (запаривание).
2. Очистка - дробление.
3. Очистка - дробление - смешивание.
4. Очистка - дробление - дрожжевание - смешивание.

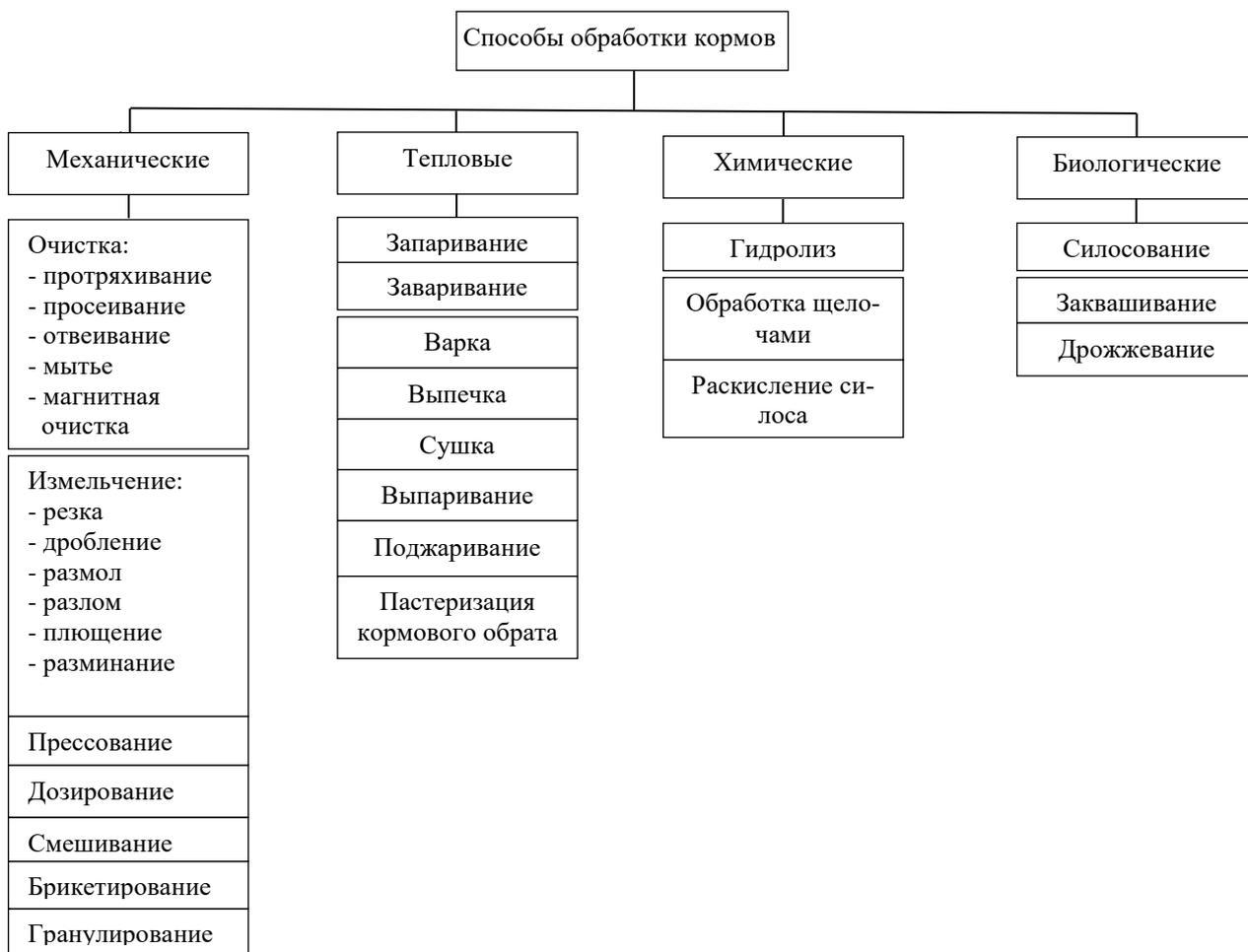
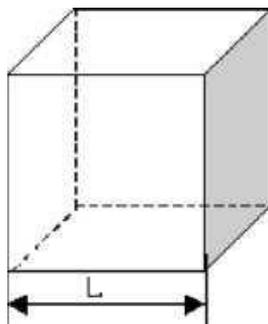


Рисунок 3. 1 - Классификация способов обработки кормов

3.2 Измельчение как процесс образования новых поверхностей

Измельчением называется процесс разделения твердого тела на части механическим путем, т. е. путем приложения внешних сил, превосходящих силы молекулярного сцепления. В результате измельчения образуется множество мелких частиц с сильно развитой поверхностью.



Куб с ребром L

Образование новых поверхностей составляет основное содержание всякого процесса измельчения. Другими словами: измельчение - процесс производства новых поверхностей частиц корма.

Для сравнения развитости поверхности частиц сыпучих материалов пользуются величиной удельной поверхности $S_{уд}$.

Удельной поверхностью называется суммарная поверхность всех частиц, заключенных в единице массы (m^2/kg) или объема (m^2/m^3).

Объем куба $V = L^3$. Площадь куба $S = 6L$.

Чем меньше L , тем больше $S_{уд}$.

Однако для энергетической оценки процесса измельчения знания удельной поверхности недостаточно. При этом требуется знать степень измельчения.

Степенью измельчения λ материала называется отношение средних размеров D кусков исходного материала к среднему размеру d частиц продукта измельчения, т.е.

$$\lambda = \frac{D}{d} = \frac{L}{l}$$

С уменьшением размеров частиц удельная поверхность возрастает, поэтому степень измельчения равна отношению удельной поверхности частиц конечного продукта S_k к удельной поверхности кусков исходного материала S_n , т.е.

$$\lambda = \frac{S_k}{S_n}$$

В теории измельчения кроме относительных величин также используют абсолютные значения вновь образованной при измельчении поверхности, определяя приращение удельной поверхности (m^2/kg или m^2/m^3):

$$\Delta S = S_k - S_n$$

Энергоемкость процесса измельчения зависит от выбора способа воздействия рабочих органов машин на материал.

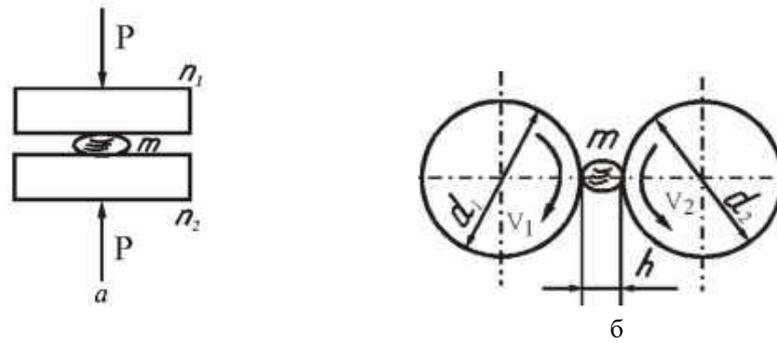
3.3 Схемы различных способов измельчения кормов

1. Плющение (по этому принципу работают вальцевые зерноплющилки).

Зерно m расплющивается гладкими поверхностями n_1 и n_2 под действием сил $P(a)$ или, попадая в зазор h , увлекается вращающимися вальцами и расплющивается (б) (рисунок 3.2).

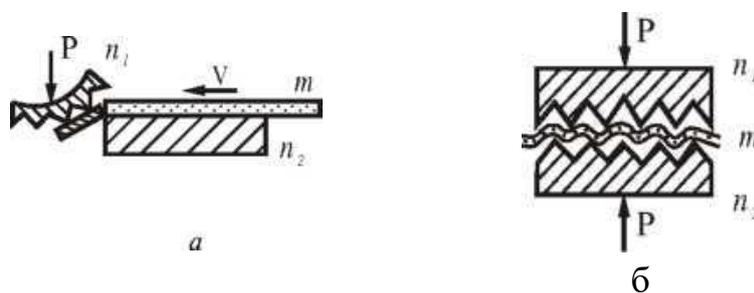
2. Крошение (жмыходробилки).

Продукт крошится зубьями вращающегося рабочего органа под действием силы $P(a)$ или разрушается двумя зубчатыми поверхностями под действием сил $P(б)$ (рисунок 3.3).



а - поверхностью; б - вальцами

Рисунок 3.2 - Схемы плющения кормов

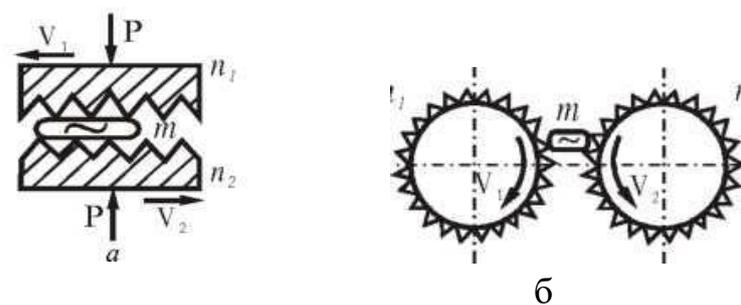


а - вальцами; б - зубчатыми поверхностями

Рисунок 3.3 - Схемы крошения корма

3. Разлом, или истирание (вальцевые зернодробилки, кукурузные дробилки).

Зерно m подвергается сдавливанию силами P и одновременному перетиранию в результате движения одной поверхности относительно другой (а) или вращающимися зубчатыми вальцами (б) (рисунок 3.4).



а - зубчатыми поверхностями; б - зубчатыми вальцами

Рисунок 3.4 - Схемы истирания (разлома) корма

4. Измельчение ударом (молотковые дробилки).

Зерно разбивается на лету быстро вращающимися, шарнирно подвешенными молотками (рисунок 3.5).

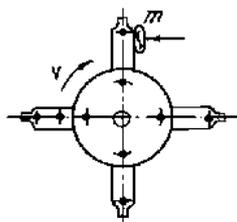


Рисунок 3.5 - Схема измельчения корма ударом

Все измельчающие машины должны удовлетворять следующим основным требованиям (независимо от способа измельчения):

1. Равномерность измельчения.
2. Возможность регулировать степень измельчения.
3. Наименьший расход энергии.
4. Быстрое удаление измельченного продукта из рабочей зоны машины.
5. Непрерывная разгрузка машины.
6. Легкая замена быстро изнашивающихся деталей.
7. Наименьшее пылевыведение.

3.4 Метод определения степени измельчения кормов

В практике сельскохозяйственного производства для определения средневзвешенного диаметра частиц используют ситовой анализ. Ситовой анализ - это рассев сыпучего материала с целью определения его гранулометрического состава.

Для отсева применяют сита с различными диаметрами отверстий.

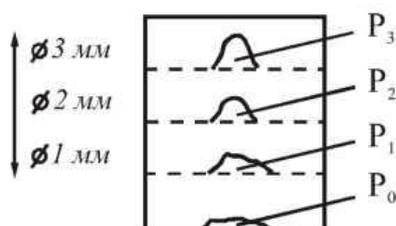


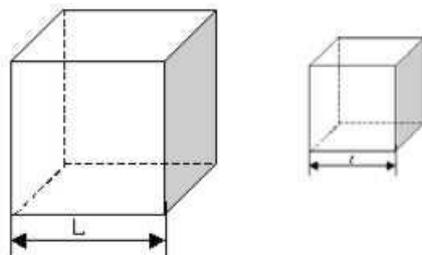
Рисунок 3.6 - Схема классификатора

Показатель степени измельчения λ характеризует, главным образом, технологический процесс дробления, а не крупность частиц дерти.

Степень измельчения (относительная величина) может иметь разные значения для дерти одного и того же гранулометрического состава, если исходный материал имеет разную крупность (например, зерно овса и кукурузы). Очевидно, при одной и той же крупности дерти (M_{cp}) крупное зерно дает более высокие значения степени измельчения и наоборот.

Суммарная полезная работа, затраченная на процесс измельчения материала и отнесенная к единице объема или к единице массы, называется удельной работой измельчения.

Для определения величины работы измельчения были предложены две энергетические теории: поверхностная и объемная.



Поверхностная теория (сформулирована немецким ученым П. Риттингером в 1867 г.) - работа, необходимая для дробления тела, прямо пропорциональна величине вновь образованной в результате дробления поверхности.

Объемная теория (разработана русским ученым В.Л. Кирпичевым в 1874 г. и немецким ученым Ф. Киком). Она увязывает энергозатраты с объемом деформируемого материала (v).

Однако обе эти теории допускают большие расхождения между теоретическими и экспериментальными данными, особенно при грубом помоле.

Советский академик П.А. Ребиндер (1928 г.) предложил оценивать работу измельчения обобщенной формулой, учитывающей положения обеих теорий.

Уравнение Ребиндера в развернутом виде:

$$A = A_V + A_S = k\Delta V + \alpha\Delta S$$

где A_V - работа, затраченная на деформацию материала, Дж;

A_S - работа на образование новых поверхностей, Дж;

k - коэффициент пропорциональности;

ΔV - деформированная часть объема разрушаемого куска;

α - коэффициент пропорциональности, учитывающий величину энергии поверхностного натяжения твердого тела;

ΔS - приращение удельной поверхности материала.

Окончательно формула для определения работы на измельчение материала (по С.В. Мельникову) представлена в виде:

$$A = C_1 \lg \lambda^3 + C_2(\lambda - 1),$$

где λ - степень измельчения.

Постоянные коэффициенты C_1 и C_2 зависят от физико-механических свойств измельчаемого материала. Так, для ячменя

$$C_1 = (10 - 13) \cdot 10^3, \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

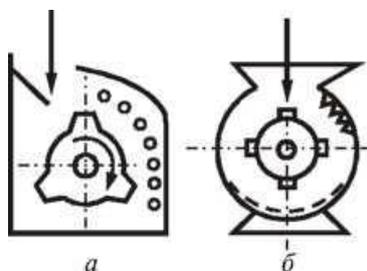
$$C_2 = (6 - 9) \cdot 10^3, \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

Тема 4 - Теория молотковых дробилок

4.1 Классификация, основы расчета и характеристики молотковых дробилок

Основными машинами для измельчения концентрированных кормов являются измельчители ударного действия - молотковые дробилки, отличающиеся простотой, высокой производительностью, надежностью и т. д. Классифицируются дробилки следующим образом:

1. По назначению:
 - а) простые (или специализированные);
 - б) универсальные (оборудуются режущим устройством для измельчения стебельчатых кормов).
2. По организации рабочего процесса (рисунок 4.1):
 - а) открытого типа - материал не совершает оборот в камере (нет дек и решет) и измельчается только за счет прямого удара.
 - б) закрытого типа (их делят по расположению вала: с вертикальным или горизонтальным валом). Здесь есть решетка и деки, и материал циркулирует в камере.



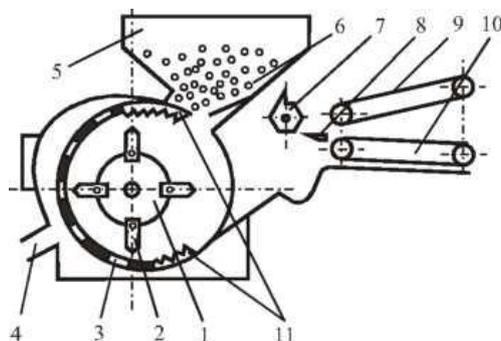
а - открытого типа; б - закрытого типа

Рисунок 4.1 - Схемы дробилок

3. По конструктивным признакам:

- а) одно- и двухбарабанные;
- б) с радиальным, тангенциальным или центральным подводом материала;
- в) с подачей материала принудительно или самотеком;
- г) с отводом готового продукта без вентилятора или с вентилятором.

Принципиальная схема универсальной дробилки показана на рисунке 4.2.



1 - ротор; 2 - молоток; 3 - решето; 4 - отсасывающий патрубок; 5 – приемный бункер; 6 - регулировочная заслонка; 7 - режущий барабан; 8 – противорежущая пластина; 9 - нажимной транспортер; 10 - питающий транспортер; 11 - дека

Рисунок 4.2 - Схема универсальной дробилки

Каждая дробилка имеет дробильную камеру с загрузочным устройством, которое может иметь очистители, сепараторы и т. д.

По внутренней поверхности дробильной камеры расположены деки (рабочая часть дробильной камеры) и решето.

Внутри дробильной камеры размещен ротор с молотками, которые подвешены шарнирно.

4.2 Рабочий процесс дробилки

При установившемся режиме работы дробилки в продвижении материала через рабочую камеру можно отметить 3 последовательные этапа:

1. Подача сырья (питание).
2. Переработка материала (измельчение).
3. Отвод готового продукта (эвакуация).

Барабан с молотками вовлекает материал в круговое движение. При измельчении зерна первичный удар лишь вводит его в сферу действия молотков, отбрасывая на периферию, но не разрушая.

Материал измельчается путем многократного ударного воздействия молотков и истирания при проходе его в среде рыхлого движущегося слоя. Помимо молотков, разрушающее воздействие на материал оказывают и пассивные рабочие органы - деки и решето, которые работают как резцы (противорежущая часть).

Измельченные частицы проходят через отверстия решета и уносятся потоком воздуха. Воздушный поток создается вентилятором.

Из описания рабочего процесса следует, что эффективность работы молотковой дробилки зависит от многих факторов, которые можно разделить на технологические, механические и конструктивные.

Технологические факторы:

1. Физико-механические свойства корма.
2. Степень измельчения.
3. Качество конечного продукта.

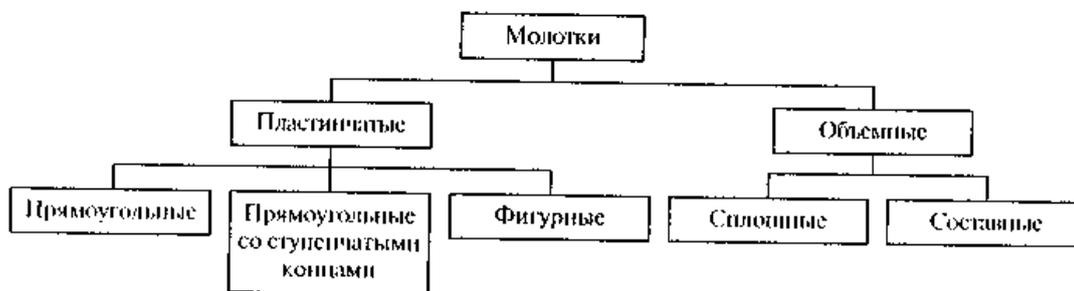
Механические факторы:

1. Ударный импульс и обусловленная им величина работы деформации при ударе.
2. Окружная скорость молотков.
3. Скорость движения материала по решету.
4. Воздушный режим в дробильной камере.
5. Динамические свойства барабана.

Конструктивные факторы:

1. Размеры дробильной камеры.
2. Конструкция рабочих органов.
3. Зазор между концами молотков и решет.
4. Способ подачи материала в камеру и отвода готового продукта.

К рабочим органам, изменяющим качественное состояние продукта, относятся: молотки, решета и деки. Классификация молотков показана на рисунке 4.3.



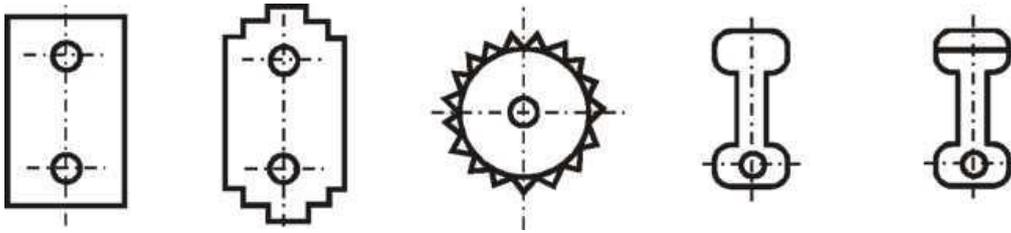


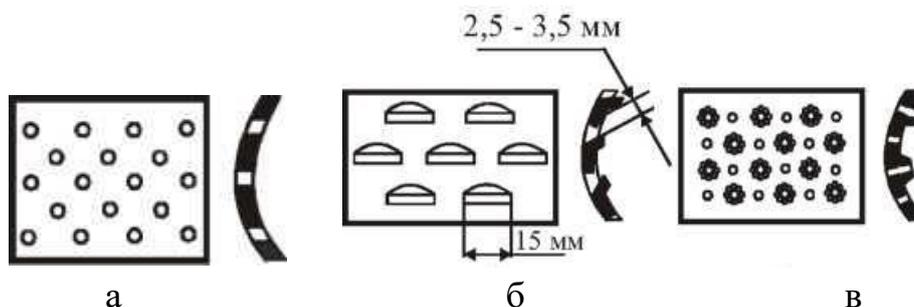
Рисунок 4.3 - Классификационная схема молотков

Более эффективны молотки со ступенчатыми гранями. Наличие двух отверстий и симметричность позволяют удлинить срок службы. Молотки изготавливаются различной толщиной.

- Толщиной 2-3 мм (тонкие молотки) - для измельчения зерна.
- Толщиной 6-8 мм - для измельчения стебельчатых кормов.
- Толщиной 8-10 мм - для измельчения крупнокусковых материалов (жмых, початки и др.).

Решета. Служат для отвода готового продукта из дробильной камеры и регулируют степень измельчения корма.

В дробилках применяют различные решета (рисунок 4.4).



- а - пробивные решета с круглыми отверстиями;
- б - чешуйчатые с прямоугольными или полуовальной формой отверстиями;
- в - комбинированные

Рисунок 4.4 - Схемы решет

Наиболее эффективными являются чешуйчатые решета. Острые кромки решет работают как резцы, будучи направлены навстречу движущемуся потоку. При этом производительность дробилки резко возрастает. Однако такие решета быстро изнашиваются.

В дробилках сельскохозяйственного назначения применяют преимущественно гладкие решета с пробивными отверстиями \varnothing 3; 4; 6; 8 и 10 мм, изготовленные из листовой стали толщиной 2-3 мм.

Угол охвата решетом барабана 120-360°.

Деки. При неполном охвате решетом барабана в дробильной камере укрепляют отражательные поверхности, называемые деками. Деки бывают чугунные рифленые или стальные с пробивными отверстиями. (рисунок 4.5)

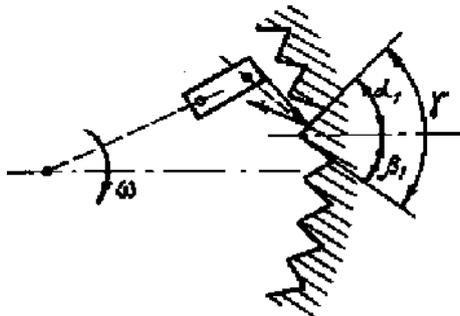


Рисунок 4.5 - Схема рифленой деки

Рифли на деке располагаются под углом $\gamma = 95-105^\circ$, задняя грань - под углом $\beta = 55-60^\circ$, передняя - под углом $\alpha = 40-45^\circ$ к радиусу барабана.

Это обеспечивает возврат частиц материалов в зону действия молотков после удара их о деку.

Одним из факторов, влияющих на интенсивность процесса измельчения, является окружная скорость движения молотков.

С повышением окружной скорости молотков растет производительность дробилки и степень измельчения материала; повышается эффективность ударов молотков; увеличивается скорость движения слоя, циркулирующего в камере, что приводит к переизмельчению материала и перерасходу энергии на дробление; резко возрастает расход энергии на холостой ход дробилки, так как барабан работает подобно вентилятору.

Следовательно, увеличение рабочей скорости не может быть беспредельным, так как оно сопровождается не только положительными сторонами, но и отрицательными. Рекомендуется принимать $V_{окр} = 40-80$ м/с (рисунок 4.6).

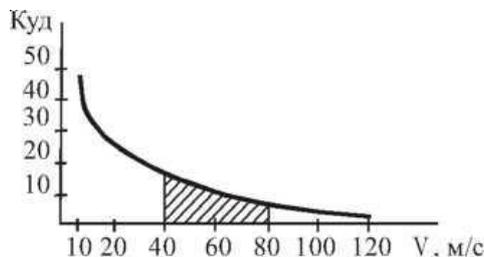


Рисунок - 4.6 Потребное число ударов молотка для разрушения зерна в зависимости от скорости молотка

4.3 Размер молотков и радиус их подвески

Шарнирно подвешенный молоток дробилки работает по принципу физического маятника, прикрепленного к быстровращающемуся диску барабана.

Анализ относительного движения молотка показал, что реакция от ударных импульсов не будет передаваться от молотка на палец (следовательно, и на подшипники вала барабана), если центр удара совпадает с центром качаний.

Молоток работает в поле центробежной силы переносного вращательного движения, которая и является восстанавливающей силой.

Если учесть, что удары по материалу молоток наносит своим внешним концом, то за центр удара принимается точка пересечения продольной осевой линии молотка с его внешней гранью.

Момент инерции (кг/м^2)

$$I = m \cdot p_o^2$$

Центром качания относительно центра удара называют точку, в которой скорость поступательного движения равна по величине скорости поворота (линейной) и обратна ей по направлению.

Для того чтобы центр качаний совпал с центром удара, необходимо выполнить условие:

$$p_o^2 = c \cdot l$$

где p_o - радиус инерции молотка относительно оси подвеса.

Молотки, размеры которых удовлетворяют этому условию, называются «уравновешенными» на удар.

Величина « c » для молотка прямоугольной формы с одним подвесом (рисунок 4.7) определяется по формуле:

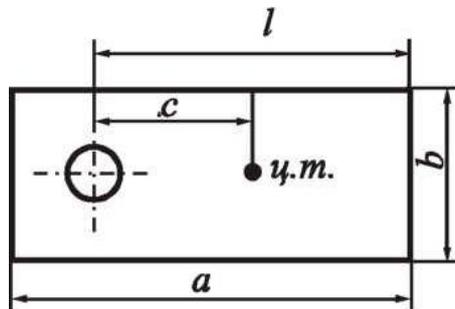


Рисунок 4.7 – Размеры молотка

Чтобы обеспечить устойчивость движения молотка (рисунок 4.8), рекомендуется

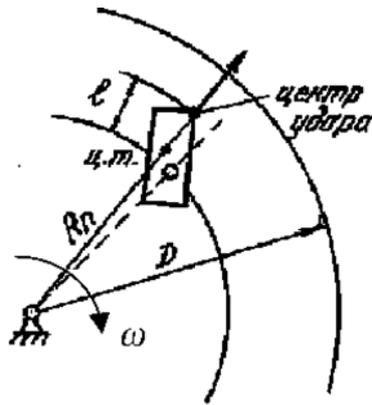


Рисунок 4.8 – Схема работы молотка

$$l = \frac{4}{9} \cdot R_n$$

Поскольку

$$R_n = \frac{D}{2} - l$$

то

$$l = \frac{4}{9} R_n = \frac{4}{9} \left(\frac{D}{2} - l \right)$$

Откуда

$$l = 0,154 D$$

и

$$R_n = 0,346 D$$

Число молотков

$$z = \frac{(L - \Delta L) \cdot K_z}{\delta}$$

где L - длина барабана;

ΔL - суммарная толщина дисков, не перекрываемая молотками;

K_z - число молотков, идущих по одному следу ($K_z = 1-6$);

δ - толщина молотка.

4.4 Техничко-экономические показатели

Эти показатели необходимы для общей оценки совершенства конструкции дробилки.

Удельный расход энергии W (Дж/кг или кВт · ч/т) показывает, насколько полно используется мощность установленного двигателя:

$$W = \frac{N}{q_p}$$

где q_p - производительность дробилки, кг/с (т/ч).

Механическая характеристика рабочей машины представляет собой зависимость между моментом сопротивления и частотой вращения приводного вала.

Под моментом сопротивлений понимают момент на валу рабочей машины, определяемый статистическими силами сопротивлений, т.е. такой момент, который не вызывается ускорением отдельных органов машины.

Механическая характеристика молотковой дробилки показана на рисунке 4.9.

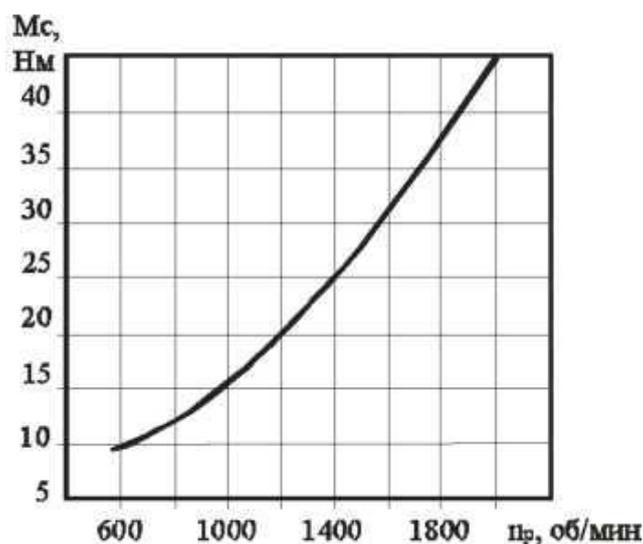


Рисунок 4.9 - Механическая характеристика молотковой дробилки (на холостом ходу)

Степень неравномерности вращения барабана

$$\delta = \frac{\omega_{max} \omega_{min}}{\omega_{cp}}$$

где ω_{max} , ω_{min} и ω_{cp} - соответственно максимальная, минимальная и средняя частота вращения барабана.

Неравномерность вращения обусловлена непостоянством силы сопротивления. Допускается $\delta = 0,04-0,07$ (4-7%).

Нагрузочная диаграмма представляет собой зависимость момента сопротивления в функции времени (рисунок 4.10).

Приведенная нагрузочная диаграмма соответствует постоянной нагрузке дробилки в режиме рабочего хода.



Рисунок 4.10 - Нагрузочная диаграмма дробилки

Тема 5 - Основы теории измельчителей стебельных кормов

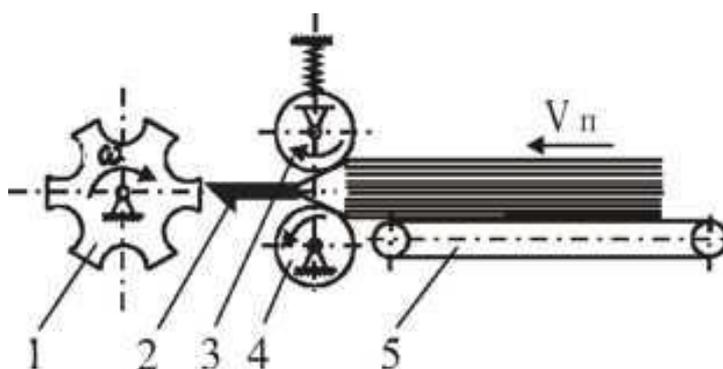
5.1 Основы теории резания кормов лезвием

К машинам, обеспечивающим резание кормов лезвием, относятся соломо-резки, силосорезки и солomosилосорезки.

Бывают дисковые (РСС-6) и барабанные измельчающие аппараты (РСБ-3,5; Волгарь-5).

Теорию резания лезвием разработал академик В.П. Горячкин. Дальнейшее развитие она получила в работах В.А. Желиговского, Г.И. Бремера, А.Н. Карпенко, М.В. Сабликова и других отечественных ученых.

Рабочий процесс резания лезвием состоит из двух этапов: уплотнения и резания материала (рисунки 5.1; 5.2).



1 - режущий аппарат; 2 - противорезающая пластина; 3 - верхний уплотнительный валец; 4 - нижний уплотнительный валец; 5 - питающий транспортер

Рисунок 5.1 - Схема измельчителя

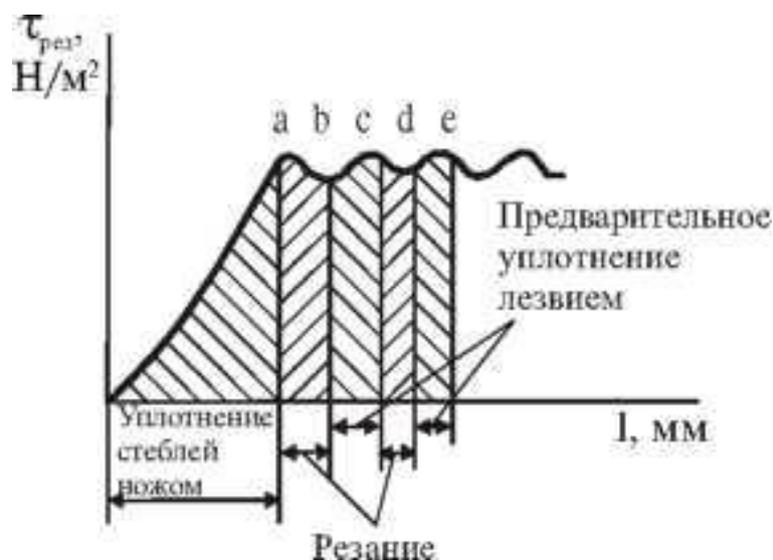


Рисунок 5.2 - Диаграмма резания

Собственно рабочий процесс резания характеризуется волнистой кривой, подъемы которой отмечают этап уплотнения материала ножом, а понижение давлений - этап перерезания стеблей.

В общем случае процесс резания может происходить различно - с перемещением лезвия ножа по материалу и без перемещения.

В.П. Горячкин установил, что в процессе резания лезвием решающее значение имеет скользящее (боковое) движение ножа, так как оно понижает предел нормального давления на материал. Облегчение проникновения ножа в материал при наличии бокового движения объясняется перепиливающим действием микронеровностей лезвия.

В.А. Желиговский из всего многообразия выделяет два характерный случая (рисунок 5.3):

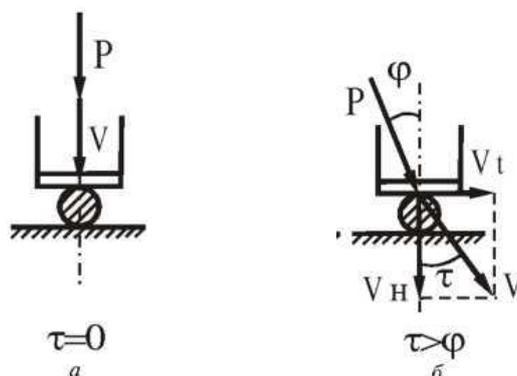


Рисунок 5.3 - Схема сил, действующих на материал при рубке (а) и резании со скольжением (б)

1. Перемещение точек ножа совпадает по направлению со скоростью перемещения лезвия ножа. Здесь резание материала производится только нормальным давлением N без бокового перемещения ножа. Имеет место «рубка» материала и наибольшие энергетические затраты.

2. Направление приложенной силы не совпадает с направлением скорости точек лезвия ножа, т. е. когда направление полной скорости точек лезвия ножа отклонено на какой-то угол τ , называемый углом скольжения.

Если угол скольжения больше угла трения ($\tau > \varphi$), то резание производится нормальным давлением с участием боковой силы, которая в этом случае вызывает скользящее движение частиц материала по лезвию (или лезвия по материалу). Вследствие недостаточности сил сцепления (трения) частицы материала при перемещении отстают от бокового движения ножа, и возникшее относительное движение обеспечивает перепиливающее действие микровыступов лезвия (осуществляется резание со скольжением).

5.2 Факторы, влияющие на процесс резания

1. Удельное давление.
2. Скольжение.
3. Геометрические параметры ножа (углы заточки, острота, шероховатость).
4. Свойства материала, из которого изготовлен нож.
5. Рабочая скорость ножа.
6. Прочность и состояние разрезаемого материала.
7. Зазор режущей пары.
8. Угол резания.
9. Защемление материала.

Рассмотрим некоторые факторы, оказывающие наибольшее влияние на процесс резания:

Удельным давлением называется отношение нормально действующей силы к загруженной части лезвия ножа (рисунок 5.4) (Н/см):

$$q = \frac{N}{\Delta S}$$

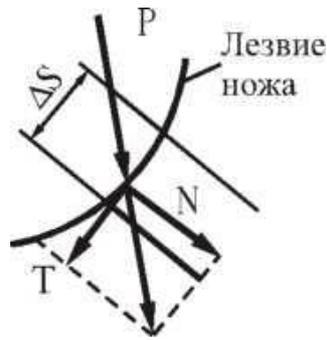


Рисунок 5.4 - Схема к определению удельного давления

При наличии боковой силы T и скользящего движения ножа величина потребного нормального давления уменьшается. Если удельное давление при рубке обозначить через q_0 , то величина q при разных углах τ может быть оценена графиком (рисунок 5.5).

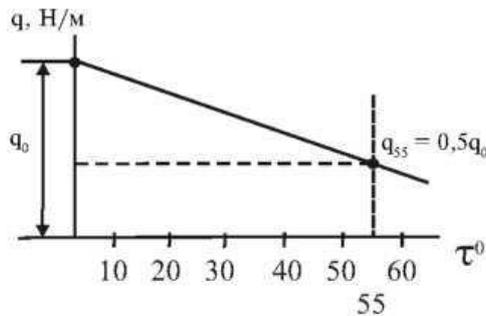


Рисунок 5.5 - График зависимости

Величина q_0 зависит от физико-механических свойств материала, его влажности и остроты ножа. По мере затупления лезвия ножа величина q увеличивается.

Зазор режущей пары (между лезвием ножа и противорежущей пластиной) должен быть (рисунок 5.6):

- для соломосилосорезок $\delta = 0,5 - 1,0$ мм.
- для барабанных режущих аппаратов $\delta = 1,5$ до $4,6$ мм.

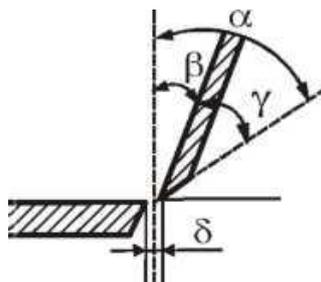


Рисунок 5.6 - Схема режущей пары

Угол резания

$$\alpha = \gamma + \beta$$

где γ - угол заточки ножа;

β - угол установки ножа.

Для соломопорозков угол заточки ножа $\gamma = 12-22^\circ$. Нижний предел угла заточки обусловлен прочностью материала, а верхний - экономичностью режимов резания.

Из анализа условий резания лезвием следует, что для рабочего процесса соломопорозков основное значение имеют такие параметры, как нормальное давление ножа на материал и боковое скользящее движение ножа.

Количественное соотношение между этими параметрами характеризуется значениями коэффициента скольжения и коэффициента скользящего резания.

5.3 Взаимосвязь между конструктивными и энергетическими параметрами дискового измельчителя

Рассмотрим лезвие прямолинейной формы. Оно может быть закреплено к валу двумя способами: непосредственно (без вылета) и с некоторым смещением (с вылетом). Закрепление ножа непосредственно к валу (рисунок 5.7, а) обеспечивает резание по принципу рубки с максимальными энергозатратами. При смещении ножа по отношению к валу на величину P (рисунок 5.7, б) появляется угол скольжения τ , что приводит к снижению удельного давления и появлению эффекта скользящего резания.

Рассмотрим точку m лезвия ножа. Направление полной скорости перпендикулярно радиусу-вектору r :

$$v_H = v \cdot \cos\tau; \quad v = \omega \cdot r$$

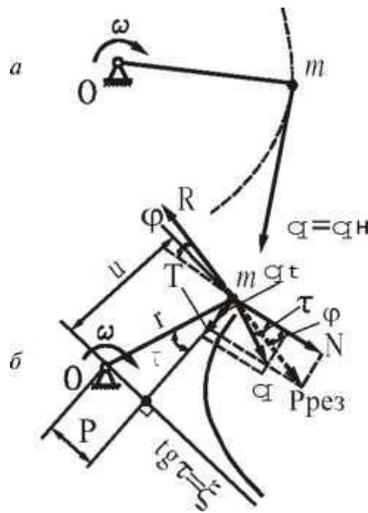
Тогда

$$v_H = \omega \cdot r \cdot \cos\tau = \omega \cdot u$$

$$u_t = v \cdot \sin\tau = \omega \cdot r \cdot \sin\tau = \omega \cdot p$$

Но $\frac{v_t}{v_H} = \operatorname{tg}\tau = \varepsilon$ - коэффициент скольжения.

Следовательно, ε можно представить в таком виде:



а - без вылета; б - с вылетом

Рисунок 5.7 - Схемы закрепления лезвия к валу

Это гиперболическая зависимость.

Полученная зависимость говорит о том, что чем дальше точка m от точки O , тем меньше эффект скольжения.

Таким образом, величина коэффициента скольжения определяет долю участия бокового скользящего движения ножа в общем процессе резания.

Угол τ называется углом скольжения. Угол скольжения - это угол между радиусом-вектором и лезвием ножа для прямолинейного лезвия или касательной к нему для криволинейного лезвия (рисунок 5.8).

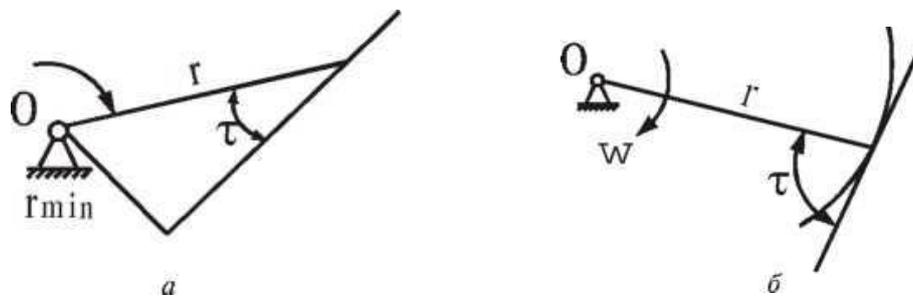
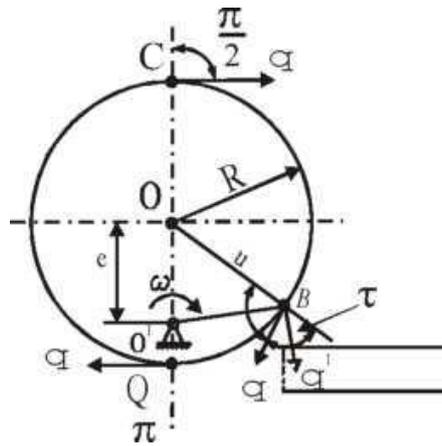


Рисунок 5.8 - Углы для лезвий прямолинейной (а) и криволинейной (б) форм

Явление, когда с увеличением расстояния и эффект скольжения снижается, крайне нежелательно. Поэтому целесообразно иметь лезвие криволинейной формы, для которого увеличение радиуса-вектора приводило бы к увеличению угла скольжения.

В.П. Горячкин исследовал 13 видов лезвий. Наилучшим оказалось лезвие, изготовленное из эксцентрично поставленной окружности (рисунок 5.9).



e - эксцентриситет; R - радиус окружности

Рисунок 5.9 - Схема эксцентрично поставленной окружности

Зона BC удовлетворяет требованию, предъявленному к рабочему органу.

Угол φ называется углом скользящего резания, а отношение величины касательной силы T к нормальной N - коэффициентом скользящего резания f' :

$$f' = \frac{T}{N} = \operatorname{tg} \varphi$$

5.4 Динамика дискового измельчителя и его энергетический расчет

Рассмотрим схему сил, действующих со стороны лезвия ножа на материал (рисунок 5.10).

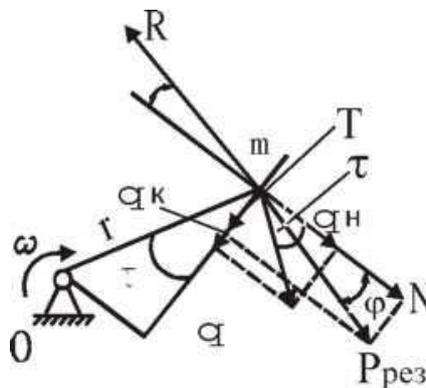


Рисунок 5.10 - Схема сил, действующих в точке резания

Если равнодействующая R сил сопротивления резанию приложена в точке «m», то для преодоления этого сопротивления со стороны ножа должна быть приложена сила резания $P_{рез}$, равная по величине R и направленная противоположно ей.

Силу $P_{рез}$ можно разложить на нормальную составляющую N и тангенциальную T .

$$T = f' \cdot N \quad (\text{из условия } \frac{T}{N} = \operatorname{tg} \varphi = f').$$

$$N = q \cdot \Delta S$$

где
$$q = \frac{N}{(\Delta S)}$$

Выражение $q(1 + f' \cdot \operatorname{tg} \tau)$ представляет собой удельную работу резания.

Коэффициент f' В.П. Горячкин назвал обобщенной характеристикой ножа, показывающей действительное участие скользящего перемещения в процессе резания.

По опытным данным для сена и соломы $A_{уд} = (3 - 7) \cdot 10^3 \text{ Дж/м}^2$,
для травы $A_{уд} = (3 - 5) \cdot 10^3 \text{ Дж/м}^2$.

При углах τ в пределах $25-60^\circ$ обеспечиваются наименьшие энергетические затраты (рисунок 5.11).

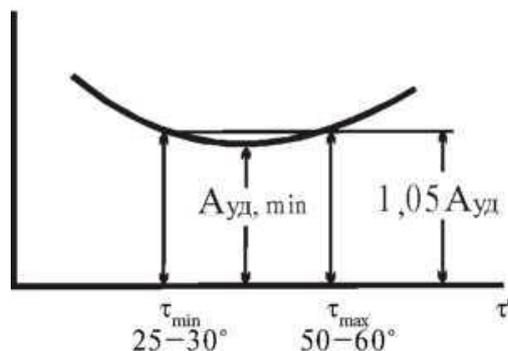


Рисунок 5.11 - Зависимость $A_{уд}$ от углов скольжения τ

Величина момента резания изменяется от нуля до $M_{рез \max}$ и от $M_{рез \max}$ до нуля (рисунок 5.12).

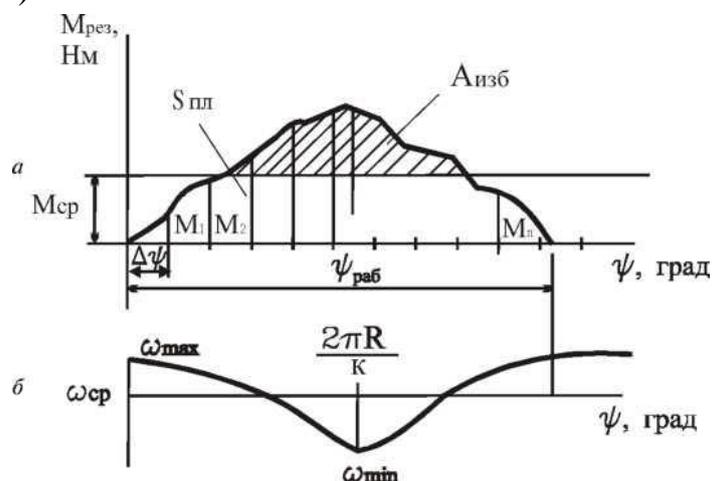


Рисунок 5.12 - Диаграмма моментов резания (а) и угловой скорости рабочего вала (б)

Согласно ОСТ-70.2.3-73 «Оценка электропривода сельскохозяйственных агрегатов», в качестве оценочных критериев для определения характера нагрузки со стороны рабочего органа на привод приняты M_{min} , M_{max} и M_{cp} - соответственно минимальный, максимальный и средний моменты сопротивления.

Степень неравномерности вращения

$$\delta = \frac{\omega_{max}\omega_{min}}{\omega_{cp}}$$

Степень неравномерности для соломосилосорезки должна быть в пределах $\delta = 0,03-0,07$ (3-7%).

Механическая характеристика измельчителей РСС-6Б, ИГК-30Б имеет «вентиляторную» зависимость (рисунок 5.13).

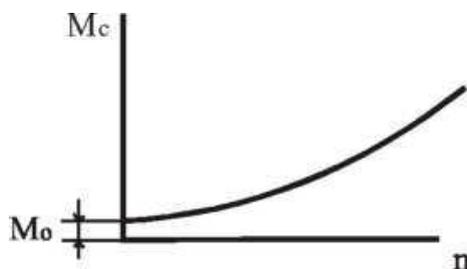


Рисунок 5.13 - Механическая характеристика измельчителей РСС-6Б, ИГК-30Б

Нагрузочные диаграммы представлены на рисунке 5.14.

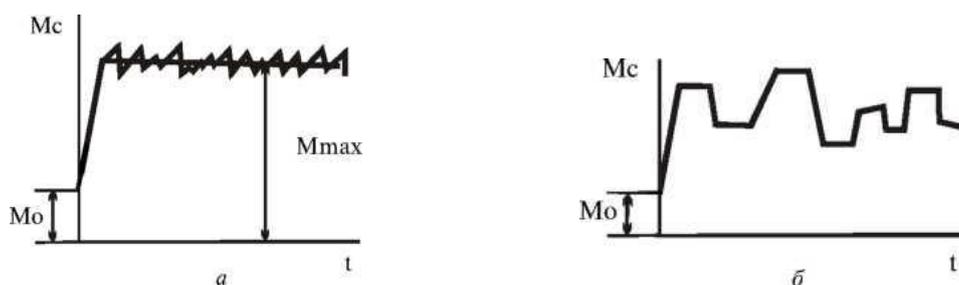


Рисунок 5.14 - Нагрузочные диаграммы измельчителей при равномерной (а) и неравномерной (б) нагрузках

Равномерная нагрузка измельчителей, как правило, обеспечивается при использовании их в поточно-технологических линиях, а неравномерная - при нагрузке их вручную. Важным условием равномерной нагрузки измельчителей является подача обрабатываемого корма с одинаковыми физико-механическими свойствами.

Тема 6 - Основы теории дозирования и смешивания кормов

8.1 Зоотехнические требования к технологии приготовления кормовых смесей

Необходимость приготовления кормовых смесей определяется тем, что ни в одном виде корма нет полного набора питательных веществ.

Скармливание полнорационных смесей повышает продуктивность животных на 25-30% при сокращении сроков откорма на 15-20%. Снижается также и расход кормов.

Сбалансированные кормосмеси для свиней содержат до 15-20, а для птиц - до 40-50 различных компонентов.

Зоотехнические требования к дозированию и смешиванию компонентов (дозирование и смешивание - заключительные операции в приготовлении кормосмесей):

1. Компоненты необходимо точно дозировать и вводить в смесь в определенном порядке. Это особенно важно при включении в состав смеси микроэлементов, витаминов и антибиотиков.
2. Тщательное перемешивание компонентов.
3. Кормосмесь не должна иметь посторонних запахов и вредных примесей.

6.2 Дозаторы, их классификация и основы расчета

Дозаторами называются устройства, которые способны автоматически отмеривать и производить выдачу определенного количества кормов.

На процесс дозирования и выбор типа дозатора влияют следующие свойства материалов:

1. Объемная масса.
2. Размеры частиц.
3. Угол естественного откоса.
4. Влажность.
5. Смешиваемость.
6. Комкуемость.
7. Склонность к сводообразованию.

С.П. Орлов предлагает классифицировать дозируемые материалы по размерам частиц и плотности. Все материалы делятся на 3 группы:

- 1) кусковые;
- 2) зернистые (порошкообразные);
- 3) жидкие.

Типы дозаторов

В зависимости от способа дозирования (по объему или весу) дозаторы делятся на объемные и весовые.

Объемные дозаторы (массовое дозирование) по своему устройству проще, чем весовые, но дают меньшую точность дозирования. Так, погрешность объемных дозаторов достигает 10-12%, а весовых – 1-3%.

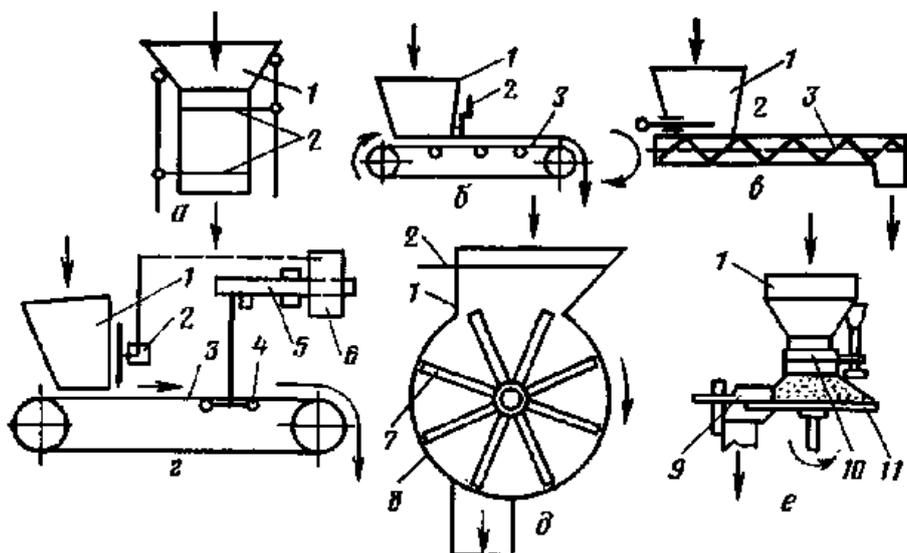
Различают дозаторы:

- по способу выдачи заданного количества вещества: порционные и непрерывного действия;

- по уровню автоматизации: с ручным управлением, полуавтоматические и автоматические. У дозаторов с ручным управлением процесс дозирования производится оператором. Полуавтоматические дозаторы часть работы оператора выполняют с помощью механизмов (отсчет количества порций, подача материала в дозатор и т. д.);

- по способу регулирования расхода: путем изменения площади поперечного сечения потока продукта, рабочей длины барабана или путем изменения скорости движения дозирующего органа.

Наибольшее распространение в комбикормовой промышленности получили объемные дозаторы.



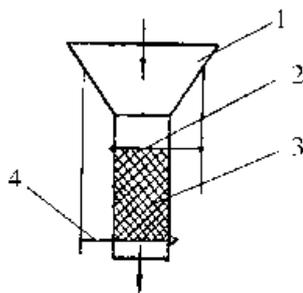
а - объемного порционного; б - объемного ленточного; в - объемного шнекового; г - массового (весового) автоматического непрерывного действия; д - объемного барабанного; е - объемного тарельчатого: 1 - бункер; 2 - заслонка с механизмом управления; 3 - ленточный транспортер; 4 - датчик весов; 5 - балансир весов; 6 - командный аппарат; 7 - барабан; 8 - корпус; 9 - скребок; 10 - манжета; 11 - диск

Рисунок 6.1 - Схемы дозаторов

6.3 Основы расчета дозаторов

1 Объемный порционный дозатор для сыпучих кормов (рисунок 6.2)

Такие дозаторы, как правило, устанавливают под бункером. При открытии заслонки 2 корм из бункера 1 поступает в полость дозатора 3. Когда корм заполнит полость 3, заслонку 2 закрывают. При открытии заслонки 4 заданная порция корма поступает в смеситель.



1 - бункер; 2 - заслонка; 3 - полость дозатора; 4 - выпускная заслонка

Рисунок 6.2 - Схема объемного порционного дозатора:

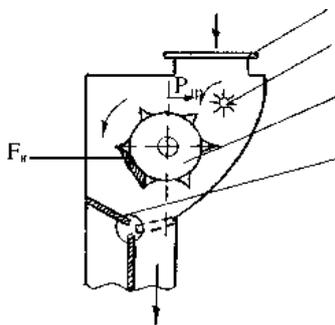
Расход (пропускная способность) дозатора определяется по формуле:

$$Q = \frac{W \cdot g}{t_n}$$

где W - объем полости дозатора, м^3 ;

t_n - время выдачи одной порции ($t_n = 30-120$ с).

2 Объемный дозатор непрерывного действия барабанного типа (рисунок 6.3)



1 - приемный патрубок; 2 - разрыхлитель; 3 - барабан; 4 - перекидной клапан

Рисунок 6.3 - Схема дозатора барабанного типа

Корм подается в приемный патрубок, разрыхляется и подается в карманы барабана. Барабан, вращаясь, сбрасывает корм в выходное отверстие. Частота

вращения не должна превышать 30-40 об/мин. Расход дозатора изменяется за счет изменения частоты вращения барабана и определяется по формуле (кг/ч):

$$Q = L \cdot F_{\text{я}} \cdot m \cdot \varphi \cdot \gamma \cdot n \cdot 60$$

где L - рабочая длина барабана, м;

$F_{\text{я}}$ - площадь поперечного сечения ячейки, м^2 ;

m - число ячеек;

γ - насыпная плотность корма, $\text{кг}/\text{м}^3$;

φ - коэффициент наполнения ячеек ($\varphi = 0,8-0,9$);

n - частота вращения барабана, об/мин.

Окружная скорость барабана

$$V = \omega R_{\text{б}}$$

где $R_{\text{б}}$ - радиус барабана, м.

Нагрузочные диаграммы показаны на рисунке 6.4.

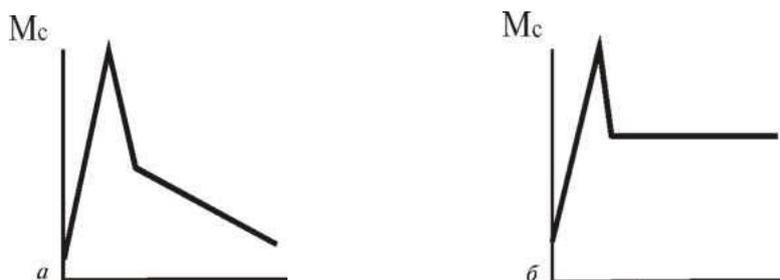


Рисунок 6.4 - Нагрузочные диаграммы барабанного дозатора при порционной (а) и постоянной (б) загрузках

3 Тарельчатый дозатор

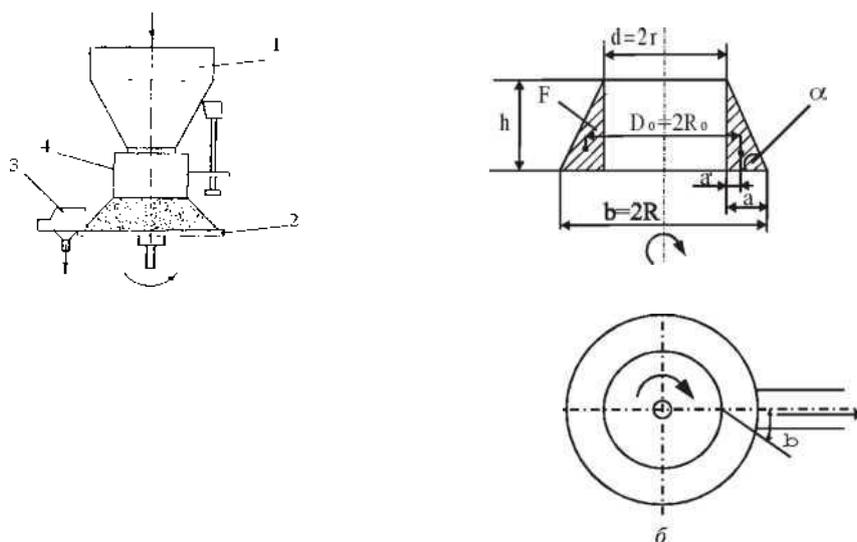
Тарельчатые дозаторы отличаются высокой точностью и широким диапазоном регулирования производительности. Их используют для дозирования основных компонентов сухих кормов, минеральных добавок и микроэлементов. Технические характеристики дозаторов приведены в таблице 6.1, а принципиальная и расчетная схемы показаны на рисунке 6.5.

Таблица 6.1 - Технические характеристики тарельчатых дозаторов

Наименование	Марка			
	ДТТ	ДТ	ДТК (жидкостный)	МТД-3А
Производительность, кг/мин.	10-130	1-7	0,15-3,0	0,5-12
Диаметр диска, мм	1000	700	-	350
Диаметр манжеты, мм	400	375	-	196
Частота вращения диска,	4-16	1	25	5-170

Дозируемый материал поступает из бункера 1 на вращающийся диск 2, с которого сбрасывается скребком 3. Толщина слоя материала на диске регулируется кожухом 4.

За один оборот диска с него снимается порция материала, имеющая объем кольца с треугольным сечением (рисунок 6.5, б).



1 - бункер; 2 - диск; 3 - скребок; 4 - кожух

Рисунок 6.5 - Принципиальная (а) и расчетная (б) схемы тарельчатого дозатора

Подача дозатора (кг/ч) определяются по формуле:

$$Q = V \cdot \gamma \cdot n \cdot 60$$

где V - объем материала, сброшенного с диска за его один оборот, м^3 .

Величину объема V определим таким образом:

$$V = F \cdot 2\pi R_0$$

где F - площадь поперечного сечения кольцевого слоя, m^2 ;

R_0 - расстояние от оси вращения тарелки до центра тяжести сечения, м.

Величина R_0 равна

$$R_0 = r + \alpha' = r + \frac{h}{3tg\alpha}$$

Тогда

$$F = \frac{1}{2} \cdot \alpha \cdot h = \frac{1}{2} \cdot \frac{h}{tg\alpha} \cdot h = \frac{h^2}{2tg\alpha}$$

Таким образом

$$V = \frac{h^2}{2tg\alpha} \cdot 2\pi \left(r + \frac{h}{3tg\alpha} \right)$$

Подача тарельчатого дозатора окончательно равна

$$Q = \frac{60 \cdot n \cdot \pi \cdot h^2 \cdot \gamma}{tg\alpha} \left(r + \frac{h}{3tg\alpha} \right)$$

где h - высота подъема кожуха над диском, м;

r - внутренний радиус кожуха, м;

α - угол естественного откоса материала при движении, град.

Предельная угловая скорость диска определяется из условия, что центробежная сила инерции должна быть меньше силы трения продукта о диск:

$$m \cdot \omega^2 \cdot R < m \cdot g \cdot f_1$$

Отсюда

$$\omega \leq \sqrt{\frac{f_1 \cdot g}{R}}$$

где R - радиус нижнего основания конуса материала, м;

f_1 - коэффициент трения материала о диск.

Нагрузочная диаграмма тарельчатого дозатора при равномерной загрузке показана на рисунке 6.6.

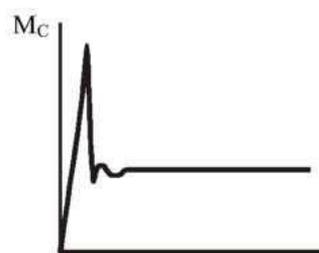


Рисунок 6.6 - Нагрузочная диаграмма тарельчатого дозатора

Мощность на привод тарельчатого дозатора

$$N = N_1 + N_2 + N_{xx}$$

где N_1 - мощность на преодоление сопротивления корма от трения его о тарелку;

N_2 - мощность на преодоление сопротивления корма от трения его о скребок;

N_{xx} - мощность, потребляемая дозатором в режиме холостого хода.

$F_{тр}$ - сила трения, возникающая при движении корма по тарелке

$$(F_{тр} = m \cdot g \cdot f), \text{ Н};$$

V - скорость движения корма по тарелке, м/с.

$$V = \omega \cdot R_0 = \frac{n \cdot \pi \cdot R_0}{3_0} = \omega \left(r + \frac{h}{3 \tan \alpha} \right)$$

Мощность, расходуемая на преодоление трения корма о скребок,

$$N_2 = N_1 \cdot \cos \beta,$$

где β - угол установки скребка (при $\beta = 0$, $N_2 = N_1$).

6.4 Смесители кормов, их классификация и основы расчета

Смешиванием называется такой процесс перемещения частиц материала, в результате которого в любом объеме смеси будет содержаться заданное количество ее составляющих.

Процесс смешивания является конечным при производстве комбикормов, так как только в процессе смешивания получают комбинированные корма, или кормосмеси.

Зависимость степени однородности смеси от продолжительности смешивания показана на рисунке 6.7.

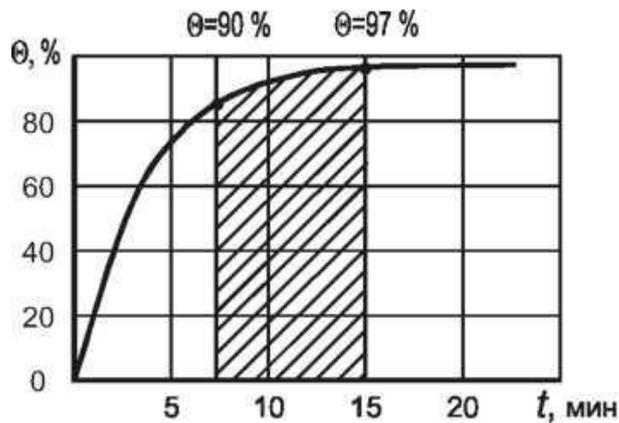


Рисунок 6.7 - График зависимости однородности смеси от времени смешивания

Однородной считают такую смесь, в которой в любом малом объеме соотношение компонентов соответствует соотношению компонентов в целом для смеси.

Если $Q > 30\%$, смеситель работает плохо. При идеальном смешивании $C_i = C_0$, поэтому $Q = 0$.

Классификация смесителей

Смесители бывают периодического и непрерывного действия.

В зависимости от расположения рабочего органа:

- вертикальные;
- горизонтальные.

По скорости вращения рабочих органов:

- тихоходные;
- быстроходные.

Тихоходные - смесители, у которых показатель кинематического режима

$$k = \frac{\omega^2 \cdot R}{g} < 3_0$$

Быстроходные - смесители, у которых

$$k = \frac{\omega^2 \cdot R}{g} > 3_0$$

где ω - угловая скорость, c^{-1} ;

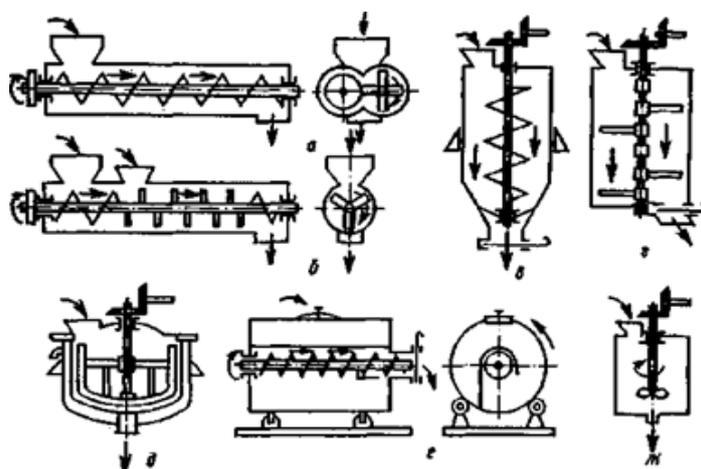
R - радиус вращения, м;

g - ускорение свободного падения тел, $м/с^2$.

По типу мешалок (рабочих органов):

- лопастные - для смешивания жидких и сухих кормов;
- пропеллерные - для смешивания жидких кормов;
- турбинные - для смешивания жидких кормов;
- шнековые - для смешивания сухих кормов;
- барабанные - для смешивания сухих кормов.

Основные типы смесителей показаны на рисунке 6.8.



а, б - горизонтальные шнековый и шнеково-лопастной непрерывного действия; в - вертикальный шнековый периодического действия; г, д - лопастные периодического действия; е - барабанный периодического действия; ж - пропеллерный периодического действия

Рисунок 6.8 - Типы смесителей

Вертикально-шнековые смесители периодического действия. Конструкции таких смесителей (рисунок 6.9) бывают с открытым шнеком (а) и со шнеком, частично закрытым кожухом (б). Смесители с открытыми шнеками применяются для смешивания стебельных кормов, с закрытыми - для смешивания концентрированных кормов.

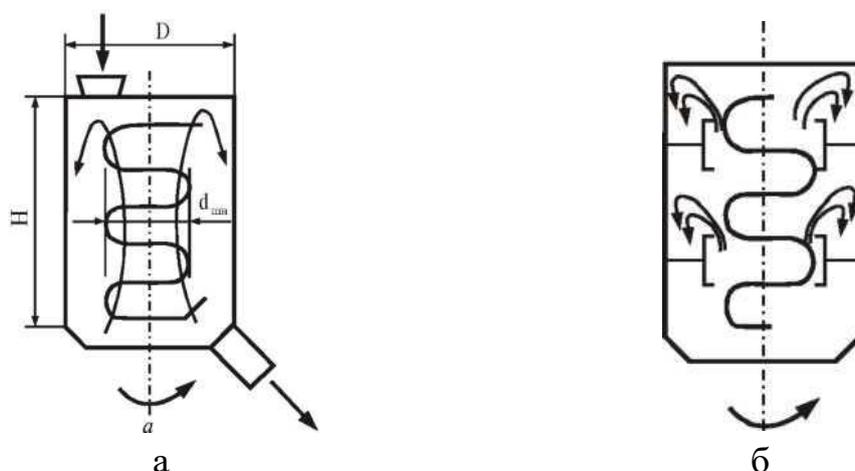


Рисунок 6.9 - Схемы вертикально-шнекового смесителя с открытым (а) и закрытым (б) шнеком

Обозначим массу порции, загружаемую в смеситель, через M (кг). Опытом установлено, что время смешивания составляет $t_{см} = 5-8$ мин.

Тогда пропускная способность смесителя (кг/ч) определяется по формуле:

$$Q = M \left(\frac{60}{T_{ц}} \right)$$

где $T_{ц}$ - время цикла, ч.

Уменьшая $T_{ц}$, мы увеличиваем производительность. Обычно величина времени цикла составляет 12-15 мин.

Полный объем смесительной камеры равен

$$V = \frac{M}{\gamma \cdot \varphi}$$

где φ - коэффициент использования объема ($\varphi = 0,8-0,85$).

Задавшись величиной диаметра D , определим H из соотношения

$$\frac{H}{D} = 2 - 2,5$$

Диаметр шнека

$$d = (0,25 - 0,35)D$$

Шнек в процессе работы должен неоднократно перебрасывать массу вверх.

Мощность на привод шнековых смесителей:

а) горизонтального

$$N_{Г} = 0,01 \cdot k \cdot Q \cdot L$$

б) вертикального

$$N_{В} = 0,01 \cdot k \cdot Q \cdot L$$

где k - приведенный коэффициент сопротивления движению корма по кожуху шнека (для зерна $k = 1,2$; корнеплодов – 8-10);

L - длина шнека, м.

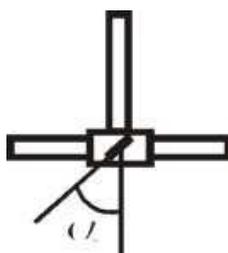


Рисунок 6.10 - Схема установки лопасти

Смесители непрерывного действия. Такие смесители обычно применяются в поточных линиях.

Как правило, это горизонтальные смесители. Рабочим органом может быть шнек или лопасти. Также бывают комбинированные смесители.

На качественные показатели работы смесителей непрерывного действия оказывают влияние следующие факторы:

1. Рабочая длина смесительной камеры.
2. Коэффициент заполнения.
3. Окружная скорость вращения рабочего органа.
4. Угол постановки лопастей.
5. Размеры частиц смешиваемых материалов.

Фактор № 1. Опытом установлено, что для смесителей непрерывного действия (лопастных и шнековых), оптимальная длина рабочего органа, при которой достигается наибольшее значение степени однородности, составляет $\ell_p = 1,2-1,5$ м.

Фактор № 2. Исследованиями установлено, что коэффициент заполнения, при котором достигается наивысшая степень однородности смеси, составляет:

- для шнековых смесителей $\varphi_{\text{шнек}} = 0,1-0,15$;
- для лопастных смесителей $\varphi_{\text{лоп}} = 0,25-0,35$.

Поэтому производительность у лопастных смесителей выше, чем у шнековых.

Фактор № 3. Установлено, что наилучшее качество работы достигается при скорости рабочих органов $v_{\text{окр}} = 1-1,5$ м/с.

Фактор № 4. Угол постановки лопасти относительно продольной оси смесителя α влияет как на показатель качества смеси $K_{\text{пр}}$, так и на производительность смесителя Q (рисунок 6.11).

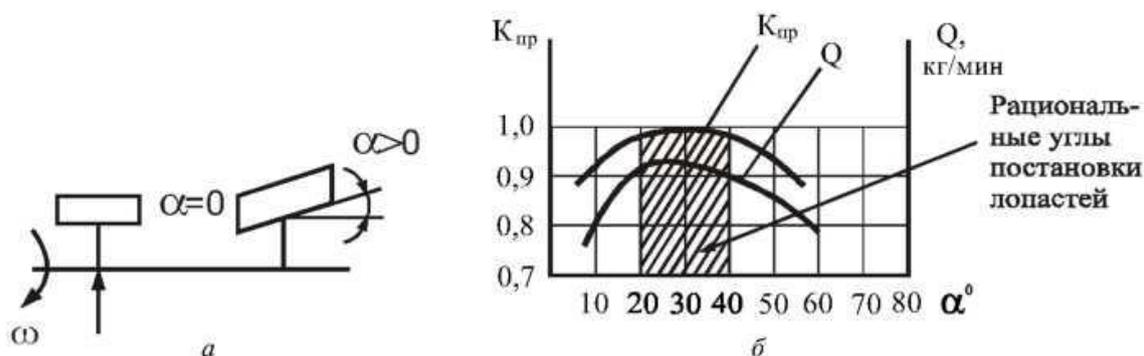


Рисунок 6.11 - Установка лопасти относительно оси смесителя (а) и зависимость $K_{\text{пр}}$ и Q от угла α (б)

Средний размер частиц $\ell_{\text{ср}}$ влияет на показатель качества смеси $K_{\text{пр}}$, как показано на рисунке 6.12.

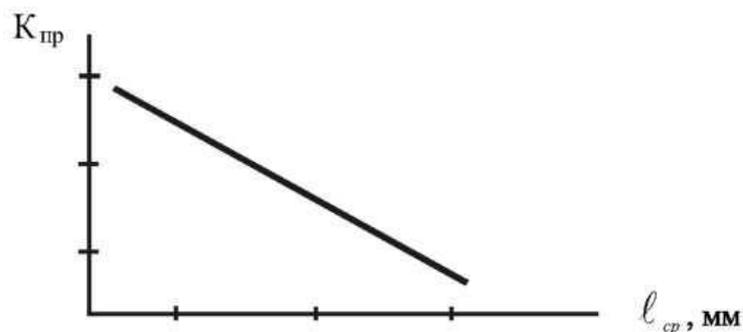


Рисунок 6.12 - Влияние среднего размера частиц материала на предельный показатель качества смеси

Тема 7 - Основы теории тепловой обработки кормов и расчет кормозапарников

7.1 Назначение и способы тепловой обработки кормов

Цель тепловой обработки – улучшить вкусовые качества корма, сделать его более мягким, и этим облегчить пережевывание и переваривание, а также обезвредить корма, приготовить диетические корма, благоприятно влияющие на пищеварение.

В зависимости от вида кормов применяются следующие способы тепловой обработки:

- запаривание (для соломы, половы, грубостебельчатого сена, корнеклубнеплодов и концентратов);
- варка (для бахчевых и концентратов);
- стерилизация (для пищевых отходов);
- поджаривание (для зерна, скармливаемого поросятам 5-7 дневного возраста);
- сушка (естественная и искусственная сушка трав).

Большинство тепловых процессов по обработке кормов проводится с помощью тепловых агрегатов, называемых кормозапарниками.

Тепловая обработка кормов обычно совмещается с приготовлением кормовых смесей. Оборудование для этого называется запарниками-смесителями.

Кроме этого в комплект машин для тепловой обработки входят котлы-парообразователи.

7.2 Зоотехнические требования к запарникам и котлам-парообразователям

1 Удобство загрузки и выгрузки продукта.

2 Равномерность прогрева всего объема загруженного продукта.

3 Высота запарника непрерывного действия вертикального типа должна быть подобрана с таким расчетом, чтобы пар, подводимый в нижнюю часть, проходя между частицами продукта снизу вверх успел отдать продукту тепла, конденсироваться и не теряться через загрузочную воронку, поэтому высота вертикального запарника принимается в пределах 1,5...1,8 м.

4 Малый удельный расход пара на запаривание продукта.

5 В соответствие паропроизводительности котла-парообразователя принятой емкости в запарных чанах.

6 Быстрота растопки и прогрева.

7 Удобство, простота и безопасность обслуживания.

8 Простота, надежность и долговечность конструкции.

9 Безопасность в пожарном отношении.

Кроме этих требований котлы-парообразователи должны удовлетворять требованиям технических условий на паровые котлы низкого давления.

7.3 Классификация, конструктивные схемы и анализ рабочего процесса кормозапарников

Кормозапарники могут быть огневые и электрические.

Огневые подразделяются по конструкции: на кормозапарочные агрегаты, запарочные чаны, запарники-мялки и запарники-смесители;

- по роду использования: на стационарные и передвижные;

- по характеру действия: на запарники периодического и непрерывного действия;

- а также могут быть различными по емкости и производительности.

Электрические кормозапарники могут быть двух типов:

- с нагревательным элементом, расположенным внутри чана;

- и с электронным котлом-парообразователем.

Рабочий процесс в запарниках периодического действия протекает следующим образом:

- предварительно вымытый картофель или корнеплоды загружаются в запарник-мялку загрузочный люк. После закрытия крышки люка порция продукта прогревается паром, поступающим через отверстия распределительных паропроводов. Образующийся при этом конденсат стекает через патрубок, расположенный в нижней части запарника.

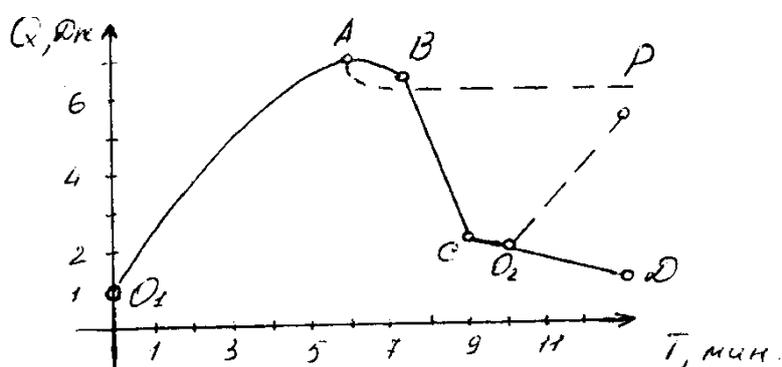
Время прогрева продукта в запарнике-мялке составляет 30-50 минут. Момент окончания прогрева продукта определяется выходом сплошной струи пара через патрубок конденсата.

После прекращения подачи пара и не большой выдержки включается винтовой транспортер и происходит выгрузка мятых корнеклубнеплодов.

В запарниках непрерывного действия остановки для загрузки и выгрузки не производятся. Принудительное перемещение продукта в запарнике происходит с помощью мешалок, как у смесителя.

Утечка пара из запарника предотвращается шлюзовыми затворами.

Характер тепловых процессов, происходящих в запарнике, представлен на графике.



Q – количества тепла, Дж

T – время цикла, мин.

Изменения тепловых явлений в запарниках периодического действия отражает кривая O_1ABCD . Отрезок O_1A характеризует I период процесса период нагрева, а ломаная линия $ABCD$ – период охлаждения. Во время I периода происходит накопления тепла. В точке A подача пара прекращается и продукт на несколько минут оставляют в запарнике (участок кривой – AB), до полного разваривания за счет накопленного тепла.

Отрезок BC характеризует потери тепла при выгрузке готового продукта из запарника. Отрезок CD – это потери тепла стенками запарника за время перерыва.

Из графика следует, что для сокращения расхода пара целесообразно загрузку и выгрузку производить довольно быстро, так если подача пара в следующую порцию начнется в точке O_2 , то потребуется меньше пара, чем для первой порции.

Характер явлений в запарниках непрерывного действия несколько иной. На графике он изображен кривой O_1AP . Здесь при нагревании I порции продукта и стенок запарника количественное накопление тепла (линия O_1A) идет так же, как в запарниках периодического действия. Затем линия AP характеризует

установившейся тепловой режим, а следовательно и постоянный расход пара, а также снижение потерь тепла из за отсутствия перерывов в работе.

Поэтому запарники непрерывного действия более экономичны.

7.4 Тепловой расчет кормозапарников

Его цель-определение количества пара или другого теплоносителя необходимого для проведения тепловой обработки.

Общее количество тепла, необходимое для обработки порции продукта определяется суммой затрат тепла на нагрев продукта (Q_1), нагрев стенок запарника (Q_2) и на потери в окружающую среду (Q_3).

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3, \text{ Дж.}$$

Это уравнение теплового баланса кормозапарника.

Составляющие Q_1 и Q_2 определяется из закона теплотехники, согласно которому, количество тепла, необходимое для нагревания любого вещества в пределах разности конечной и начальной температур пропорционально массе этого вещества и его теплоемкости.

$$Q_1 = M_{np} \cdot C_{np} (t_k - t_n),$$

где M_{np} – масса нагреваемого продукта, кг

C_{np} – теплоемкость на нагреваемого продукта Дж/кг⁰С,

t_n – начальная температура продукта, ⁰С,

t_k - конечная температура продукта, ⁰С.

$$Q_2 = M_{cm} C_{cm} (t_k - t'_n),$$

где M_{cm} – масса нагреваемых частей запарника, кг

C_{cm} – теплоемкость материала, из которого изготовлен запарник Дж/кг⁰С,

t'_n – начальная температура стенок запарника, ⁰С,.

При запаривании первой порции $t'_n = t_k$; при, запаривании последующих порций t'_n выше и будет зависеть от времени (продолжительности) разгрузки и загрузки запарника.

Значение t_k для условий тепловой обработки кормов в запарниках открытого типа, где процесс происходит при нормальном атмосферном давлении принимается равным 100 ⁰С. В случае обработки корма в закрытых запарниках, где процесс идет при избыточном давлении, равном давлению пара, конечная температура t_k принимается равной температуре пара при данном давлении.

$$Q_3 = \beta FT(t_{cm} - t_g),$$

где F – поверхность нагрева запарника, m^2 ,

T – продолжительность теплопередачи (время процесса), s ,

t_{cm} – температура наружных стенок запарника, $^{\circ}C$,

t_g – температура окружающего воздуха, $^{\circ}C$,

β – суммарный коэффициент теплопередачи,

$$|\beta| = \left| \frac{Вт}{m^2 \cdot C} \right|$$

β показывает, какое количество тепла в единицу времени отдается с $1 m^2$ наружной поверхности запарника в окружающую среду путем конвекции и теплоизлучения при разности температур в 1 градус.

Для запарника, температура стенок которого не превышает $150^{\circ}C$, находящегося в закрытом помещении, коэффициент β составляет $(8,4+0,6 \Delta t)$,

где Δt – разность температур между стенами запарника и окружающим воздухом.

С другой стороны общее количество тепла, подводимое в запарник определяется количеством пара и его теплосодержанием.

$$Q = P(i_n - i_k), \text{ Дж}$$

где P – количество пара, подводимого в запарник, $кг$

i_n – теплосодержание пара, $Дж/кг$,

i_k – теплосодержание конденсата, $Дж/кг$.

Отсюда количества пара

$$P = \frac{Q}{i_n - i_k};$$

В этом уравнении значение Q принимается тем, которое подсчитано по формуле (1). Влажный насыщенный пар, теплосодержание которого равно

$$i_n = i' \cdot x,$$

где i' – теплосодержание сухого насыщенного пара, $Дж/кг$,

$x = 0,96$ – степень сухости пара (для котлов малой производительности).

Теплосодержание конденсата подсчитывается по формуле:

$$i_k = C_k \cdot t_k,$$

где C_k – теплоемкость конденсата. При конденсации водяного пара $C_k = 4,19 \cdot 10^3, \text{ Дж/кг}^\circ\text{C}$

t_k - температура конденсата $t_k = 92 \dots 95 \text{ }^\circ\text{C}$

Тепловая обработка различных видов кормов требует разного удельного расхода пара.

Удельный расход пара подсчитывается по формуле

$$P_{уд} = \frac{P}{G},$$

где G – производительность запарника, кг/ч

Для корнеклубнеплодов $P = 0,16 \dots 0,2 \text{ кг/кг,}$

Для соломы $P = 0,4 \dots 0,5$

Для нагревания воды $P = 0,2.$

КПД запарника определяется как отношение количество тепла, расходуемого на нагревание продукта к общему количеству тепла, подводимого к запарнику.

КПД характеризует степень совершенства конструкции запарника и правильность выбора его параметров.

$$\eta = \frac{Q_1}{Q}$$

Наиболее экономичны стальные запарники с изоляцией и во всех случаях запарники большей емкости экономичнее малых запарников.

Для определения основных параметров запарников исходят из производительности.

Производительность запарника периодического действия определяется:

$$G = \frac{V \gamma \varphi}{T}, \text{ кг/ч}$$

где V – объем запарника, м^3

γ - плотность продукта

φ - коэффициент заполнения запарника, $\varphi = 0,85 \dots 0,9$

T – время запаривания 1 порции продукта (время цикла),

$$T = t_1 + t_2 + t_3, \text{ ч}$$

где t_1 – время загрузки,

t_2 – продолжительность запаривания

t_3 – время разгрузки.

Объем запарника

$$V = \frac{GT}{\gamma\varphi}$$

цилиндрический запарник
$$V = \frac{\pi D^2}{4} \cdot H$$

$$D/H = 0,8 \dots 1,0$$

Для запарников непрерывного действия производительность определяется следующим образом

$$G = 3600 \frac{\pi D^2}{4} \cdot v \cdot \gamma \cdot \varphi$$

где D - диаметр запарника, м

v - скорость движения продукта в запарнике, м/с

γ - плотность продукта, кг/м³

φ - коэффициент заполнения запарника, $\varphi = 0,85 \dots 0,9$

Скорость движения продукта в запарнике (v) зависит от длины L горизонтальной или высоты H вертикальной камеры и времени движения продукта в камере (T).

$$v = \frac{L}{T}$$

Время пребывания продукта в запарнике определяется зоотехническими требованиями, которые учитывают изменения питательности, вкусовых и др. качеств корма под действием температуры.

Тема 8 - Основы теории гранулирования кормов

8.1 Уплотнение кормов. Общие сведения о гранулировании кормов

Для обеспечения лучшей сохранности питательных веществ и витаминов, снижения стоимости перевозок, экономичного использования складских помещений корма уплотняют.

Уплотнением называется процесс сближения частиц зернистого или волокнистого материала под действием приложенных внешних сил с целью повышения его плотности.

Уплотнение осуществляется следующими способами:

1. Сжатием.
2. Скручиванием.
3. Виброутряской.
4. Экструзией.
5. Окатыванием.

Процесс уплотнения сжатием в закрытой камере называется прессованием. В зависимости от плотности монолита в результате прессования стебельных кормов получают тюки (пл. 120-160 кг/м³), требующие обвязки; брикеты (пл. 600-900 кг/м³), сохраняющие свою форму без обвязки. При прессовании комбикормов или травяной муки получают гранулы (пл. 1200-1300 кг/м³).

Кроме того, способы прессования различают в зависимости от значений приложенного давления:

1. Прессование с присадкой связующих веществ при малых давлениях (5-10 МПа).

2. Прессование без связующих добавок при средних давлениях (15-20 МПа);

3. Прессование без связующих добавок при высоких давлениях (30-35 МПа);

Наиболее совершенными способами прессования являются гранулирование и брикетирование кормов, позволяющие получить высокую степень уплотнения.

Гранулированием (от латинского *granulare* - превращать в зернышки) называется процесс превращения сыпучего или тестообразного материала в твердые тела, имеющие форму шариков или цилиндров определенного размера.

Преимущества гранулированных кормов:

1. Создание вида корма с определенными физико-механическими свойствами (объемная масса, сыпучесть, исключение сводообразования).

2. Создание крупных механизированных комплексов и необходимость автоматизации процесса кормления.

3. Высокая питательная ценность, так как в них равномерно распределены и сконцентрированы различные питательные компоненты и добавки (меласса, витамины).

4. Облегчается механизация и автоматизация раздачи кормов.

5. Сокращаются расходы кормов в результате снижения потерь мучнистой части комбикорма при транспортировке и раздаче.

6. Отсутствие самосортирования (расслоения) отдельных компонентов.

7. Лучшая сохранность питательных веществ, витаминов и антибиотиков за счет сокращения поверхности соприкосновения продукта с внешней средой и уменьшения гигроскопичности.

8. Сокращение площадей складирования.

Показатели качества гранул

Размеры гранул (диаметр и длина) должны иметь определенную величину.

Диаметр гранул должен быть:

Для цыплят возраста

1-7 дн. 1-2 мм

7-30 дн. 2,2 мм

Старше 30 дн. 3 мм

Для взрослой птицы и рыбы 5 мм

Для свиней 10 мм

Для овец 8-10 мм

Длина гранулы должна равняться 1,5-2 ее диаметрам.

Гранулы должны соответствовать целому ряду качественных показателей:

запах - соответствовать набору доброкачественных ингредиентов, без плесенного, гнилостного запахов или запаха распада;

цвет - соответствовать цвету рассыпного комбикорма или несколько темнее;

влажность - не более 14,5%;

крошимость - не более 5% (способность сопротивляться разрушающим нагрузкам).

Основные требования к технологии гранулирования:

1 В состав гранул должны входить все питательные вещества, витамины, антибиотики и микроэлементы.

2 Все компоненты, входящие в кормосмесь, должны быть тщательно перемешаны, так как все гранулы должны иметь одинаковый состав.

3 В процессе гранулирования не должно быть потерь питательных веществ кормовой смеси.

4 Поверхность гранул должна быть гладкой, блестящей.

Существует два способа гранулирования кормов (рисунок 8.1):

- 1) окатыванием;
- 2) прессованием.

В зависимости от влажности исходных материалов способ прессования, в свою очередь, подразделяют на влажный и сухой.

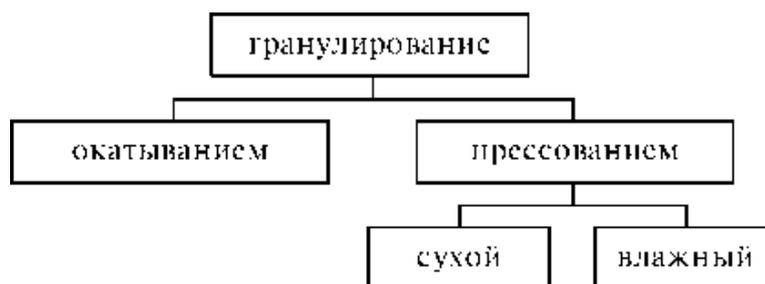


Рисунок 8.1 - Способы гранулирования кормов

8.2 Способы гранулирования

Приготовление гранул окатыванием

Сущность заключается в том, что частицы пылевидных, мучнистых и волокнистых материалов, смоченные жидкостью, при многократном окатывании сбиваются в шарики за счет поверхностного натяжения смачивающей жидкости (влажность перед гранулированием должна быть 30-35%).

Такие гранулы пористые и поэтому легко поддаются сушке.

Образование гранул происходит в грануляторе, представляющем собой цилиндр диаметром 1,5-3 м, укрепленный на станине, которая обеспечивает его установку под углом до 45°. Частота вращения цилиндра 16-30 об/мин.

Преимущества:

- а) простота;
- б) малая энергоемкость;
- в) высокая производительность (до 7 т/ч при Ø 3 м).

Недостатки:

- а) необходимость нулевого помола;
- б) сушка гранул до 12-14%.

Прессование гранул «влажным» способом

Исходная влажность 35-50%.

Гранулы из таких смесей получают на шнековых прессах, применяемых в макаронной промышленности. Такие гранулы прочны и способны долгое время не разбухать в воде.

Недостатки:

- а) низкая производительность;
- б) высокая металлоемкость;
- в) необходимость сушки и последующего охлаждения.

Прессование гранул «сухим» способом

Этот способ гранулирования в настоящее время самый распространенный. Исходная влажность 17-30%.

Смесь перед гранулированием увлажняют паром или мелассой.

Гранулирование производят в основном на прессах с кольцевыми матрицами. Во время прессования гранулы нагреваются, и для их охлаждения применяют охладительные колонки.

Преимущества:

- а) простота технологии;
- б) высокая производительность;
- в) сохранение введенных в состав гранул витаминов и антибиотиков.

Недостатки:

- а) сложность конструкции;
- б) сравнительно высокая энергоемкость.

Технологический процесс гранулирования кормов сухим способом состоит из трех основных, последовательно осуществляемых операций: кондиционирование сырья, прессование и охлаждение (рисунок 8.2).

Кондиционирование - изменение механических свойств и физического состояния (влажность, температура), а также введение связующих веществ (меласса, жир).

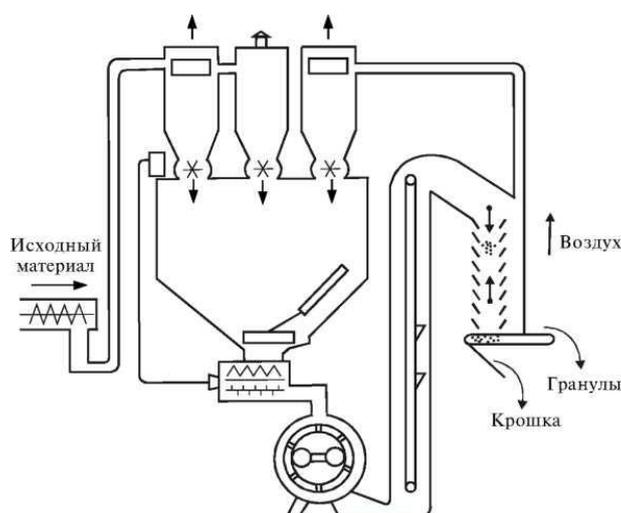


Рисунок 8.2 - Схема грануляционной установки

8.3 Классификация и основы расчета пресс-грануляторов

Пресс-грануляторы делятся на формирующие, в которых образование гранул ведется в закрытой камере, и выдавливающие, в которых прессование корма происходит за счет сил трения, возникающих при движении предварительно уплотненного корма через отверстия прессовальной камеры. Наибольшее распространение получили прессы, работающие по принципу выдавливания.

В отечественных грануляционных установках используются вальцовые пресс-грануляторы с пассивными вальцами.

Схемы пресс-грануляторов представлены на рисунке 8.3.

Процесс гранулирования сухим способом включает следующие основные этапы:

- а) подготовка комбикорма к прессованию;
- б) прессование;
- в) охлаждение гранул;
- г) просеивание гранул;
- д) изготовление крупок из гранул.

Подготовка комбикорма к прессованию. Подготовка нужна для придания компонентам определенных физических свойств (вязкости, влажности, температуры).

Комбикорм подвергают гидротермической обработке паром при определенном давлении. Под воздействием пара комбикорм подвергается, с одной стороны, структурно-механическим, с другой - биохимическим изменениям. В результате получается продукт необходимой вязкости для прессования (биохимические изменения сводятся к изменению состояния крахмала, белка и активных ферментов).

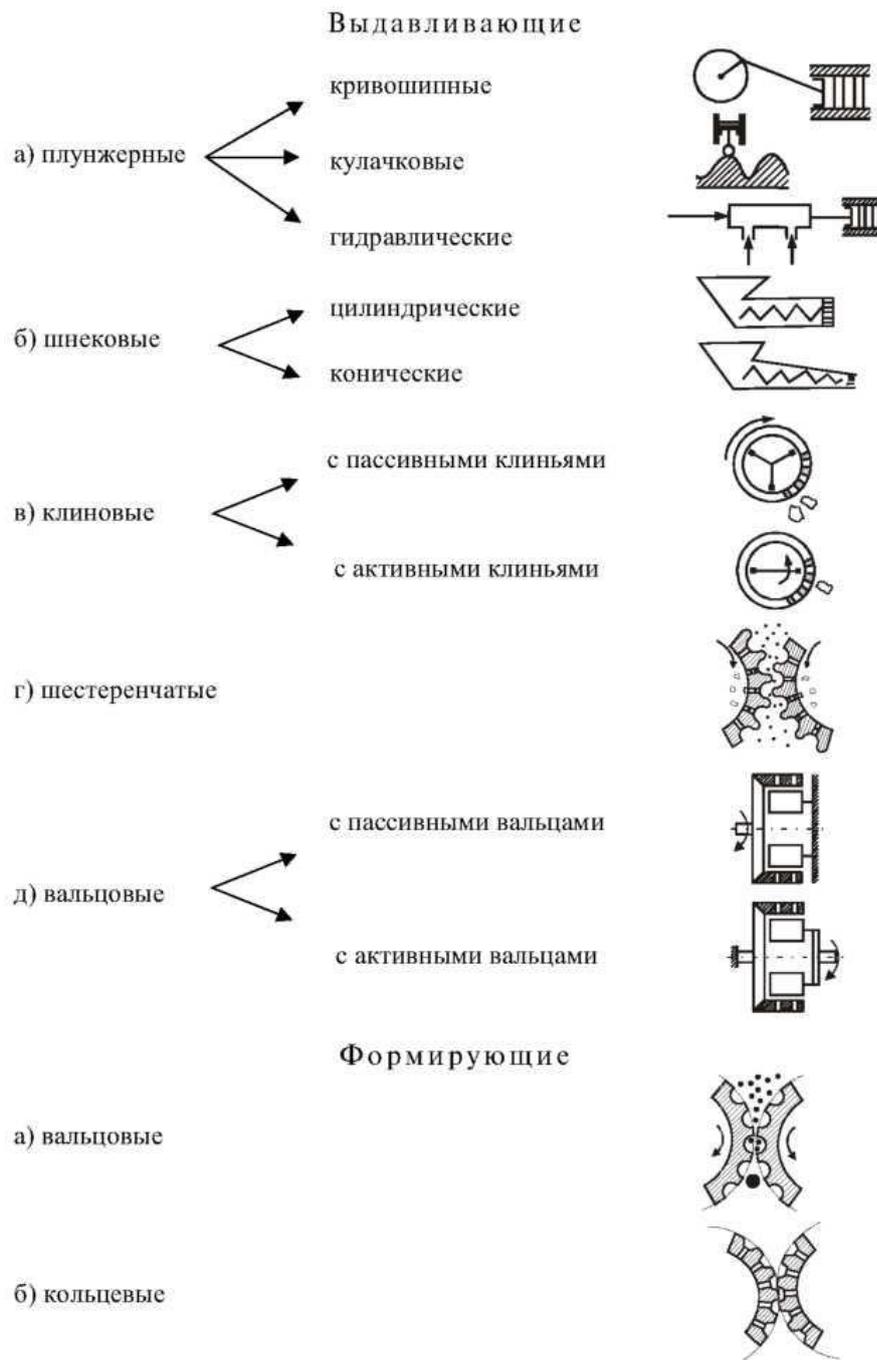


Рисунок 8.3 - Схемы пресс-грануляторов

Для нагрева используют пар с минимальным влагосодержанием и давлением 0,25-0,3 МПа.

В процессе прессования при воздействии усилия на материал пространство между частицами и слой влаги уменьшаются. При уменьшении толщины слоя до мономолекулярного в спрессованном материале в полной мере проявляются силы поверхностного натяжения, что способствует получению прочной гранулы.

Прочность гранулы тем выше, чем больше степень изменения материала.

Охлаждение гранул. Гранулы выходят из пресса с температурой 65-96 °С. При такой температуре они не пригодны для складирования и хранения. Поэтому их охлаждают.

Интенсивность удаления тепла и влаги находится в зависимости от температуры и размера гранул, от скорости движения гранул в охладителе.

Влажность гранул снижается при охлаждении на 1-2,5%, а температура - до 20-30 °С. Это способствует повышению их механической прочности.

Просеивание гранул. В процессе гранулирования получается большое количество крошки, которая не пригодна для хранения.

При просеивании получают однородные гранулы. Количество крошки не должно превышать 5% при использовании решета с отверстиями Ø 2 мм.

Получение крупок. Считается более экономичным делать гранулы большого диаметра, а потом перед скармливанием измельчать их на вальцовых дробилках.

8.4 Оборудование для гранулирования кормов

В настоящее время нашей промышленностью выпускаются грануляторы ОГМ-0,8; ОГМ-1,5; ОГМ-3 для гранулирования травяной муки, и гранулятор ДГ-1 для гранулирования комбикормов. Технические характеристики некоторых грануляторов приведены в таблице 8.1.

Таблица 8.1 - Технические характеристики грануляторов

Показатели	ОГМ-0,8	ОГМ-1,5	ДГ-1
1. Производительность, кг/ч			
а) травяной муки	200-1000	1500	-
б) комбикормов	2500	-	10000
в) кормосмеси	500-600	900-1200	2000-3500
2. Давление пара, кПа	-	-	35-40
3. Температура гранул после гранулирования, °С	64-96	64-96	50-80
4. Температура гранул после охлаждения, °С	на 7-10° выше t воздуха		
5. Общая установленная мощность, кВт	59,8	98,2	108,2
6. Частота вращения матрицы, об/мин.	228	138	

Исследованиями процесса гранулирования установлено, что наиболее точной характеристикой спрессованного образца является его плотность ρ (кг/м³).

Связь между удельным давлением и плотностью образца при прессовании следует степенному закону:

$$p = c g^m$$

где c и m - постоянные коэффициенты, зависящие от свойств кормов.

Этой зависимости подчиняются многие материалы (солома, отруби, концентраты, травяная мука).

Анализируя процесс прессования, можно отметить в нем 3 этапа (рисунок 8.4):

1. Слеживание, когда корм уплотняется без заметного приложения внешнего усилия до $g \cong 900 \text{ кг/м}^3$.
2. Подпрессовка - уплотнение корма до $g \cong 1200 \text{ кг/м}^3$.
3. Собственно прессование - уплотнение корма до $g \cong 1300 \text{ кг/м}^3$ и выше.

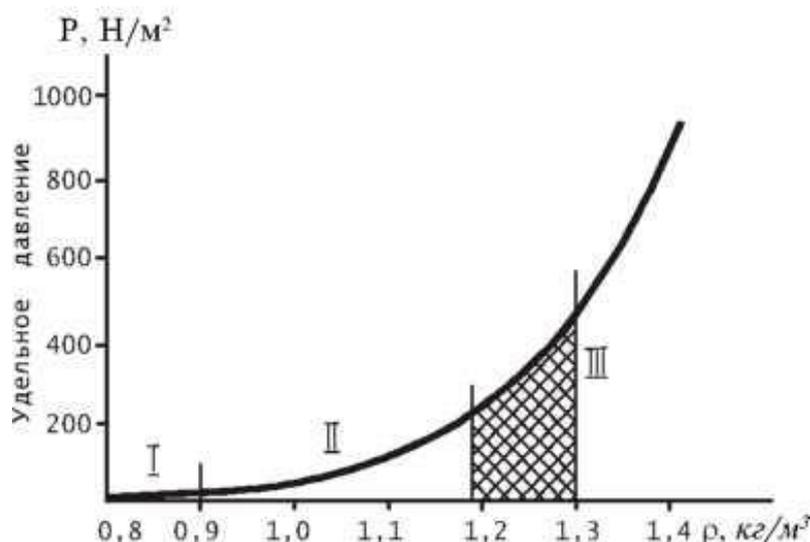


Рисунок 8.4 - Взаимосвязь между удельным давлением и плотностью материала

Для получения прочных гранул плотность корма должна быть в пределах 1200-1300 кг/м^3 . Дальнейшее увеличение плотности не вызывает повышения прочности и ведет к повышенным энергозатратам.

В качестве характеристики гранулируемости (брикетируемости) корма служит степень уплотнения $\lambda_{\text{упл}}$, представляющая собой отношение объема порции материала до прессования V к объему полученной гранулы или брикета $V_{\text{к}}$.

Существует несколько теорий процесса уплотнения: капиллярная, коллоидная, молекулярная и др.

Признание получила молекулярная теория, разработанная В.М. На-

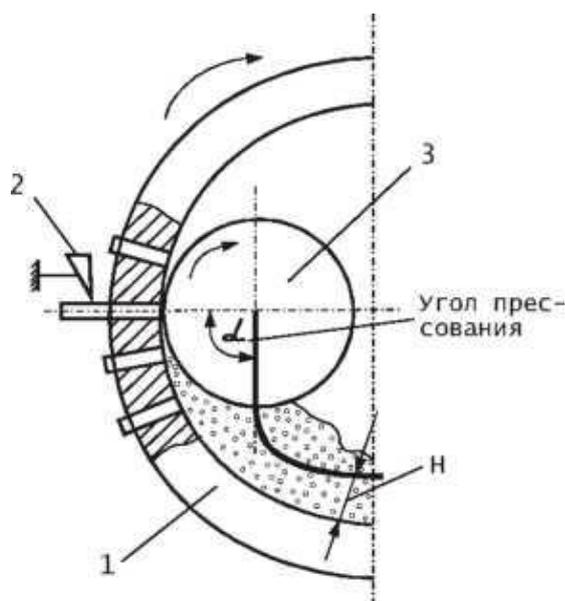
умовичем на основе термодинамической теории прилипания Б.В. Дерягина. Согласно последней, основная причина соединения твердых частиц между собой заключается в явлении прилипания. По этой теории наличие сил молекулярного притяжения между атомами и молекулами приводит к появлению сил между макроскопическими телами, аналогичных силам прилипания.

Повышение давления способствует упрочению монолита за счет устранения воздушных пор и увеличения площади контакта между частицами, что приводит к возрастанию сил молекулярного прилипания.

При достижении телом беспористого состояния дальнейшее повышение давления становится неэффективным.

Исследовали процесс прессования академики: В.П. Горячкин, И.И. Вольф, Е.М. Гутьер, М.Н. Летошнев, М.А. Пустичин, С.А. Алферов, И.А. Дотов, Е.А. Храпач.

Процесс образования гранул показан на рисунке 8.5, а изменение удельных давлений по длине канала - на рисунке 8.6.



1 - матрица; 2 - нож; 3 - прессующий валец

Рисунок 8.5 - Процесс образования гранул нормального в кольцевой матрице гранулятора

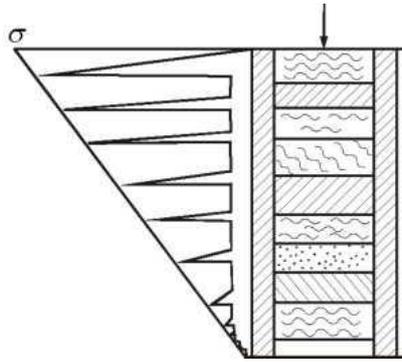


Рисунок 8.6 - Изменение давления по длине канала

Весь процесс образования гранул в прессах с кольцевой матрицей разделяется на 3 фазы.

В первой фазе корм, поданный внутрь матрицы 1, под действием центробежной силы прижимается к ее внутренней поверхности. Вначале происходит уплотнение материала, не требующее значительных усилий. По мере приближения материала к месту контакта вальца с внутренней поверхностью матрицы увеличивается его плотность и растет давление прессования. Радиальное давление вальца превышает сопротивление корма, ранее спрессованного в отверстиях матрицы, и новая порция корма поступает в них.

Происходит вторая фаза процесса, заключающаяся в продавливании материала через отверстия матрицы.

Третья фаза - в момент встречи выдавленного из отверстия матрицы столбика с неподвижным ножом происходит отделение готовой гранулы от оставшегося в отверстии корма.

Определение пропускной способности пресс-гранулятора

Производительность пресс-гранулятора с вращающейся кольцевой матрицей определяется по формуле (кг/мин):

$$Q = 0,82 \cdot d_0^2 \cdot l \cdot p \cdot z_B \cdot z_0 \cdot n \cdot \omega \cdot \beta_0 \cdot \eta$$

где β_0 - коэффициент буксования ($\beta_0 = 0,8-0,95$);

η - коэффициент использования живого сечения матрицы ($\eta = 0,6 - 0,9$).

Число каналов, в которых одновременно производится прессование

$$z_{ц} = \frac{z_0 \cdot z_B \cdot \alpha}{360}$$

где z_0 - число отверстий в матрице;

z_B - число прессующих вальцов;

α - угол прессования, град.

Тема 9 - Технология и технические средства механизированной раздачи кормов

9.1 Требования к кормораздающим устройствам, их классификация и сравнительная оценка

Обеспеченность животноводства кормами определяется не только их количеством и качеством, но и эффективностью их использования. Эффективность использования кормов в очень сильной степени зависит от своевременности их раздачи: - вареный картофель через 2 часа полностью теряет витамин С; измельченные корнеклубнеплоды обесцениваются, так как теряют клеточный сок. Учеными установлено, что нарушение режима кормления (которое может быть как по субъективной, так и по технической и технологической причинам) без изменения суточного рациона приводит к снижению продуктивности животных на 10-15%.

Важно совершенствовать технологии раздачи кормов и применяемых для этой цели технических устройств. Это предопределяет рациональное использование рабочей силы (снижение трудозатрат, укрепление трудовой дисциплины). На долю раздачи кормов приходится до 30-40% трудозатрат по уходу за животными.

Устройства, предназначенные для нормированной раздачи кормов по кормушкам, называются кормораздающими устройствами, или кормораздатчиками.

Кормораздатчик выполняет две операции:

1. Перемещение (транспортировку) корма.
2. Дозированное распределение корма вдоль всего фронта кормления.

Вторая операция принципиально отличает кормораздатчик от обычных транспортных средств.

Кормораздающие устройства должны удовлетворять зоотехническим и техническим требованиям. Основные из них:

1. Обеспечивать раздачу различных кормов и их смесей (универсальность).
2. Обеспечивать равномерность выдачи корма с максимально допустимым отклонением от нормы $\pm 15\%$ (для стебельчатых кормов), $\pm 5\%$ (для концентрированных кормов).
3. Максимально возвратимые потери корма не должны превышать 1% от розданного количества. Невозвратимых потерь корма не допускается.
4. Обеспечивать изменение нормы выдачи корма от минимальной до максимальной.
5. Не допускать расслоения корма по фракциям и его загрязнения.
6. Поверхности рабочих органов должны быть устойчивыми к агрессивной среде.
7. Не допускать травмирования обслуживающего персонала и животных.

8. Не оказывать отрицательного влияния на физиологическое состояние животных (повышенный шум или др.).

9. Продолжительность времени раздачи корма в одном помещении не должна превышать 30 мин. для мобильных раздатчиков и 20 мин. для стационарных средств раздачи.

10. Быть простыми в устройстве и обслуживании.

11. Обеспечивать высокую эксплуатационную надежность (коэффициент эксплуатационной надежности должен быть не ниже 0,98).

Мобильные кормораздатчики должны отвечать ряду дополнительных требований:

- а) быть устойчивыми в рабочем и транспортном положениях;
- б) иметь высокую маневренность и хорошее сцепление с грунтом;
- в) допускать выдачу корма в стационарные средства.

Срок службы кормораздатчиков должен быть не менее 7 лет; срок окупаемости для мобильных - не более 2 лет, для стационарных - не более 1,5 лет.

В настоящее время в технологии существует 2 способа раздачи кормов: передвижными и стационарными кормораздатчиками.

Принцип действия мобильных кормораздатчиков заключается в том, что предварительно заполненная емкость перемещается вдоль фронта кормления скота и дозированно выдает корма, последовательно заполняя кормушки.

Преимущества раздачи кормов мобильными средствами:

1. Универсальность, низкая стоимость и простота применения.
2. Позволяют совместить доставку кормов от хранилищ (или с поля) с дозированием и раздачей их в кормушки.
3. Устраняются трудоемкие операции по перевозке кормов.

Недостатки:

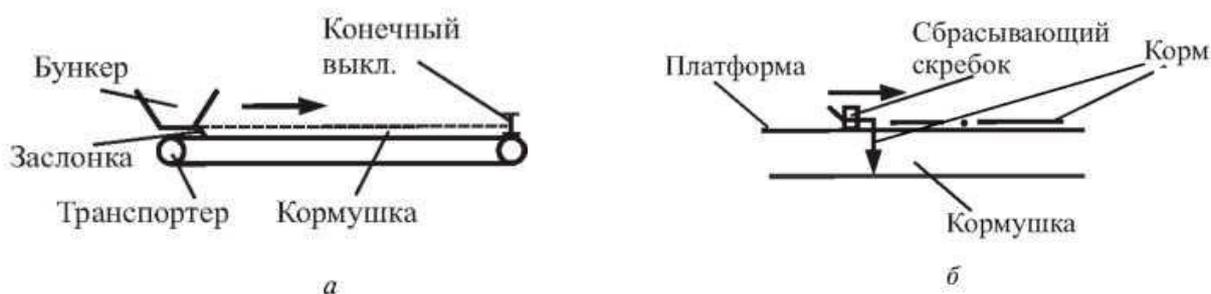
1. Нерациональное использование полезной площади животноводческих помещений (кормовые проезды занимают до 25-30% площади пола).
2. Использование мобильных кормораздатчиков приводит к нарушению микроклимата в помещениях (выхлоп вредных газов, открытие ворот в зимний период и т. д.).
3. Повышенный шум отрицательно влияет на продуктивность животных.
4. Существующие раздатчики служат в основном для раздачи концентратов и плохо приспособлены для раздачи отходов пищевой промышленности (например, свекловичного жома).
5. Значительная неравномерность выдачи кормов.

Дальнейшее развитие отечественных мобильных кормораздатчиков должно идти по пути увеличения их грузоподъемности, скорости и маневренности,

совершенствования механизмов для дозирования кормов, снижения металлоемкости и энергоемкости.

Стационарные кормораздатчики отличаются большим разнообразием конструкций, принципов действия, расположения относительно кормушек, типов рабочих органов, степени автоматизации и т. д.

Стационарные кормораздатчики делятся на 2 вида: расположенные в кормушках и над кормушками (рисунок 9.1).



а - расположенных в кормушке; б - расположенных над кормушкой

Рисунок 9.1 - Схемы стационарных кормораздатчиков

Классификационная схема кормораздатчиков показана на рисунке 9.2.

Кормораздатчики, расположенные в кормушках, имеют следующие преимущества: экономия площади, минимальная металлоемкость, легкость уборки остатков корма из кормушек.

Основные недостатки: рабочие органы, находящиеся в кормушках мешают полному поеданию корма, что увеличивает отходы; перемещение кормовой массы вдоль всего фронта кормления способствует переносу инфекции.

Кормораздатчики над кормушками лишены названных недостатков. Однако здесь существенно увеличивается металлоемкость, усложняется очистка кормушек, они имеют, как правило, более низкий коэффициент эксплуатационной надежности.

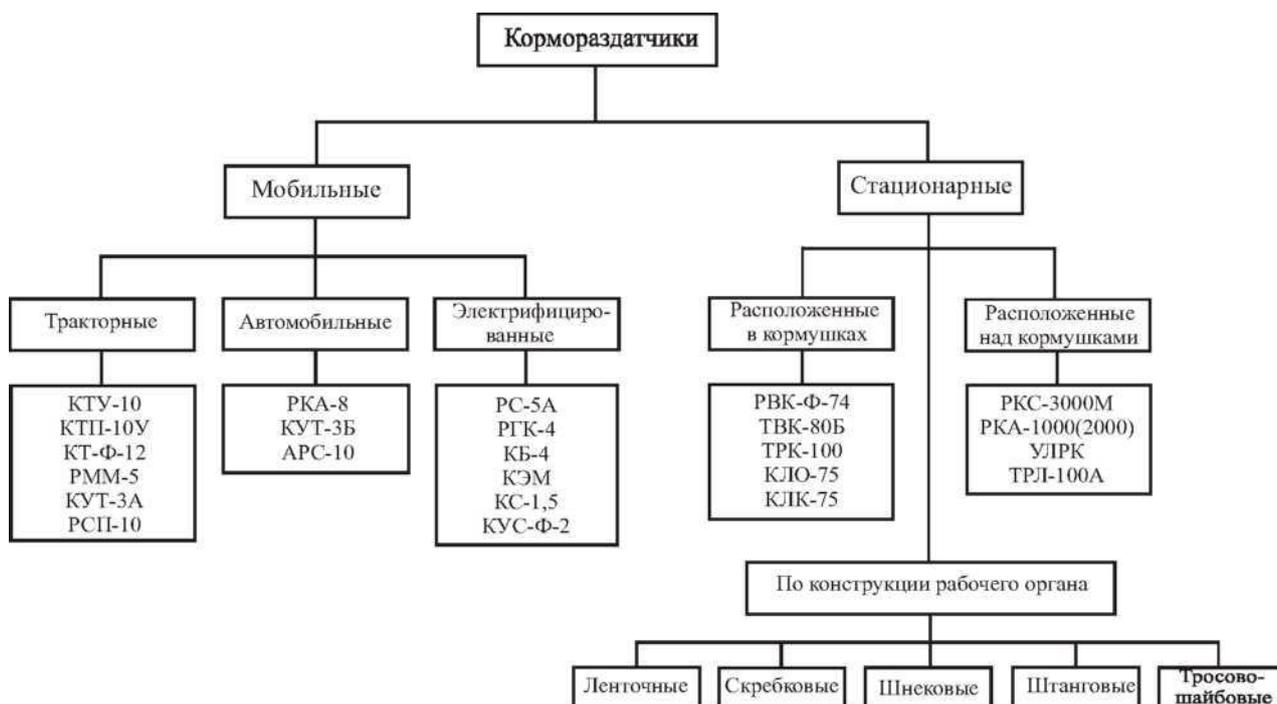


Рисунок 9.2 - Классификационная схема кормораздатчиков

По типу рабочих органов стационарные кормораздатчики бывают: шнековые, скребковые, ленточные, штанговые, тросово-шайбовые. Сюда же относятся вибротранспортеры, транспортеры с ковшами-кормушками, кормопроводы.

Перспективным направлением является создание малогабаритных электрифицированных мобильных раздатчиков. Они сочетают в себе положительные стороны мобильных и стационарных раздатчиков (электрический привод бесшумен, экономичен, удобен в обслуживании, не выделяет вредных газов).

9.2 Технологическое оборудование для раздачи кормов

На фермах крупного рогатого скота применяются мобильные и стационарные кормораздатчики.

Мобильные кормораздатчики

1. Кормораздатчик тракторный универсальный КТУ-10 (МТЗ -80, МТЗ-82). Предназначен для транспортировки и выгрузки на ходу в кормушки на одну или две стороны корма (измельченной кукурузы, травы, сена, сенажа).

2. Раздатчик кормов мобильный, малогабаритный РММ-5,0 (Т-25; ДТ-20).

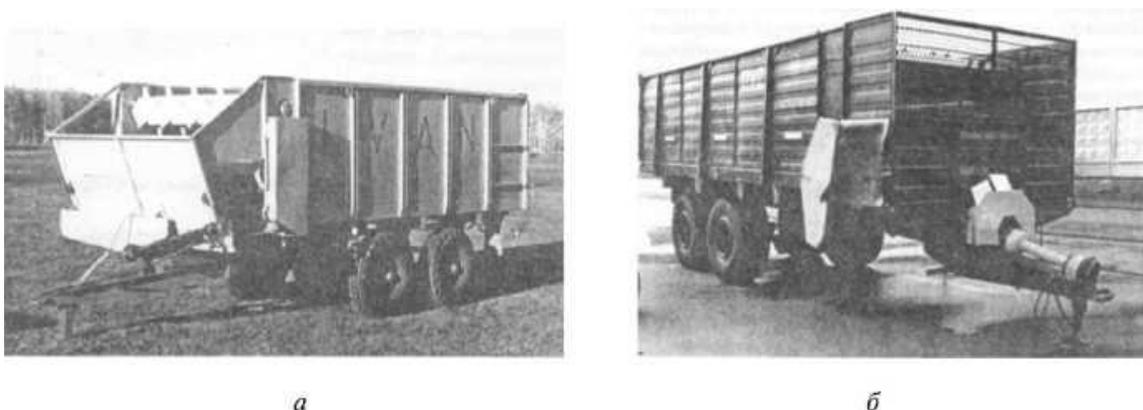
Он выполняет те же операции, что и КТУ-10, но в отличие от него может раздавать корм в помещениях с узкими проездами (шириной 1,4 м).

3. Кормораздатчик универсальный тракторный КУТ-3А (МТЗ-80).

Предназначен для подвоза и раздачи в кормушки комбикормов. Также его можно использовать для раздачи зеленой массы, силоса, сенажа, измельченных корнеплодов, свекловичного жома. Он может выполнять смешивание кормов.

4. Кормораздатчик тракторный прицепной КТП-10У «Иван» (рисунок 9.3, а).

Предназначен для транспортировки и раздачи с кормушки листостебельных кормов, измельченной соломы, сена, силоса, сенажа, жома, корнеплодов и кормовых смесей. Агрегатируется с тракторами тягового класса 1,4 (МТЗ-82).



а - КТП-10У «Иван»; б - КТ-Ф-12

Рисунок 9.3 - Общий вид тракторных кормораздатчиков:

5. Кормораздатчик тракторный КТ-Ф-12 (рисунок 9.3, б).

Предназначен для транспортировки и раздачи кормов и кормовых смесей, а также для подачи их в загрузочные воронки стационарных кормораздатчиков. Агрегатируется с тракторами тягового класса 1,4 (МТЗ-82).

6. Автомобильный раздатчик кормов РКА-8,0.

Предназначен для транспортировки и раздачи в кормушки зеленой массы, силоса, сенажа, грубых кормов, жома. Разгрузка кормов односторонняя (левая). Емкость кузова 8 м³.

7. Электрифицированный мобильный кормораздатчик КБ-4. Предназначен для транспортировки и раздачи крупному рогатому скоту измельченных и сочных кормов, а также для очистки кормушек от остатков корма.

Основные рабочие органы: два бitera в передней части бункера и цепочно-планетарный транспортер, образующий подвижное дно.

Процесс работы: загруженный кормораздатчик въезжает в кормушку и, продвигаясь вдоль нее, скребком очищает остатки кормов, передвигая их к краю кормушки.

В конце кормушки срабатывает конечный выключатель и электродвигатель реверсируется, кормораздатчик изменяет направление движения. В этот момент с помощью обгонной муфты включаются рабочие органы и корм выгружается в кормушку.

В конце кормушки с помощью концевого выключателя кормораздатчик автоматически останавливается.

Мощность двигателя 4,5 кВт, емкость бункера 3,2 м³.

Питание электрического двигателя от сети переменного тока с помощью кабеля КРПТ, подвешенного вдоль помещения над каждой кормушкой на несущем тросе в виде кабель-шторы.

8. Электрифицированный мобильный раздатчик кормов КЭМ.

Это кормораздатчик с аккумуляторно-кабельным питанием. Служит для транспортировки и раздачи к.р.с. зеленых кормов, силоса, сенажа.

Имеет 2 бункера: для грубых и для концентрированных кормов.

Питание электропривода механизма передвижения - от аккумуляторной батареи, а электропривода рабочих органов - от сети переменного тока напряжением 380/220 В с помощью кабель-шторы.

Привод рабочих органов от асинхронного короткозамкнутого электрического двигателя с жесткой характеристикой способствует повышению равномерности раздачи кормов.

Стационарные кормораздатчики

1. Транспортер-раздатчик кормов РВК-Ф-74-1 (ленточный).

Предназначен для раздачи грубых и сочных кормов и кормосмесей КРС при их привязном содержании. Привод транспортера осуществляется от электрического двигателя мощностью 4,5 кВт. Отключение автоматическое.

2. Унифицированный транспортер для раздачи кормов ТРК-100.

Предназначен для раздачи грубых и сочных кормов к.р.с.

3. КЛО-75 - ленточный, с односторонним подходом животных.

Рабочий орган - стальная лента.

4. КЛК-75 - ленточный, с двухсторонним подходом животных.

5. Раздатчик кормов РКУ-200.

Имеет 4 электрических двигателя: для привода кормоприемника-питателя; транспортера загрузки кормов; горизонтального транспортера и раздатчика кормов.

Общая мощность электрических двигателей 13,4 кВт.

6. Универсальный ленточный раздатчик кормов с раздающей тележкой УЛРК.

7. Ленточный кормораздатчик КЛ.

Необходимо отметить важность правильного выполнения заземления всех электроприводов. Электропроводку силовых цепей и цепей управления необходимо выполнять в трубах, проложенных на полу или по стенам здания.

На свиноводческих фермах из мобильных раздатчиков используется КУТ-3М для транспортировки и раздачи концентрированных и полужидких кормов.

Наибольшее распространение получили стационарные кормораздатчики:

1. РКС-3000 - для приема и раздачи сухих, сочных и влажных кормов при обслуживании до 3000 свиней. Установлены 3 электрических двигателя: для привода транспортера бункера-дозатора; платформы и транспортера загрузки кормов.

2. Кормораздатчик РКА-60/600 обеспечивает по заданной программе нормированное кормление 60 маток и 600 поросят.

3. Автоматизированный раздатчик РКА-2000 - для обслуживания 2000 свиней (управление осуществляется автоматизированной станцией ЭСУ-2000М).

4. Автоматизированный раздатчик РКА-1000 - для обслуживания 1000 свиней. Кормораздатчики РКА-1000 (2000) предназначены для механизированной раздачи гранулированных комбикормов.

5. РС-5А; КС-1,5; КЭС-1,7; КПС-0,18 - электрифицированные кормораздатчики для смешивания и раздачи полужидких кормов.

6. Кормораздатчик универсальный электромобильный КУС-Ф-2 (рисунок 11.4) - для нормированной раздачи влажных кормовых смесей и сухих концентрированных кормов различным половозрастным группам животных на свинофермах. Корм раздается в автоматическом или ручном режиме.

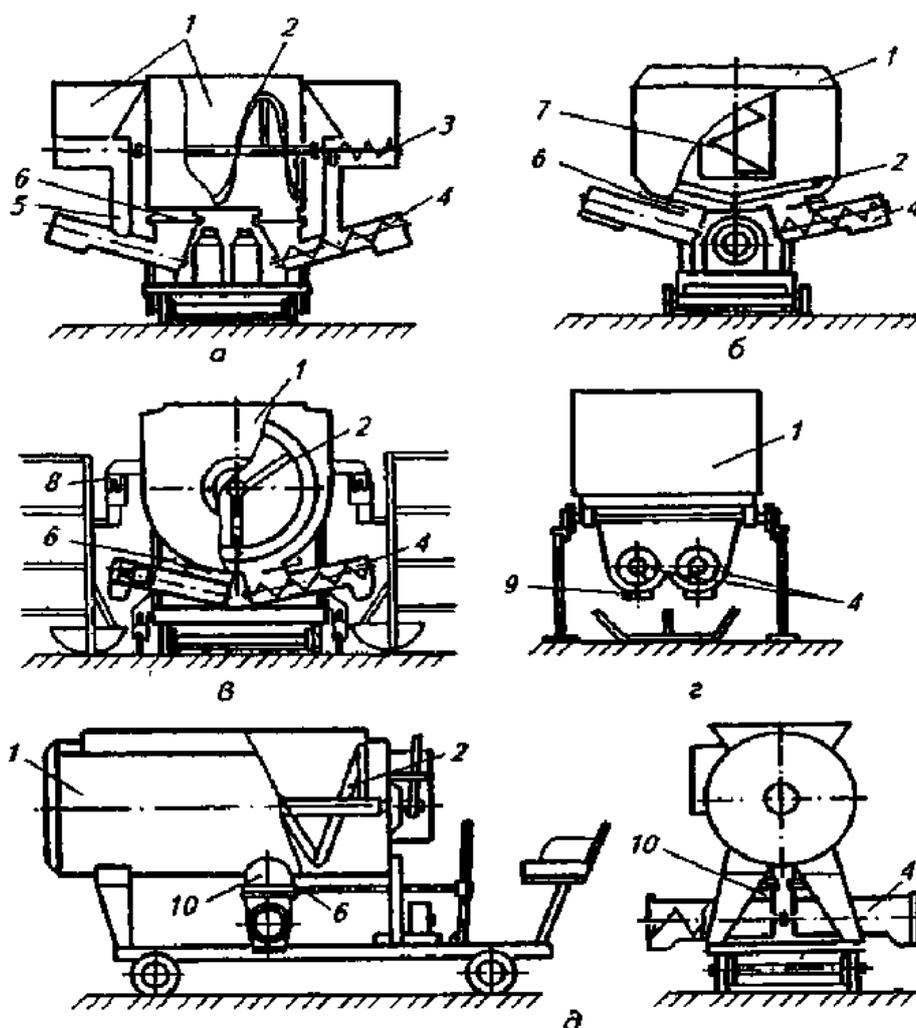
Суммарная мощность электропривода 4,86 кВт. Схемы кормораздатчиков показаны на рисунке 9.4.

Для раздачи рассыпных кормосмесей на овцеводческих фермах используются ленточные кормораздатчики. Это переоборудованные ТВК-80Л, раздатчики ТС-2 и КП-1000.

Для раздачи гранулированных кормов используют мобильный раздатчик РГК-4 и самокормушки (круглые и прямоугольные).

Для раздачи грубых кормов, силоса используют стационарный кормораздатчик скребкового типа КОО-5.08.000.

Для раздачи кормов на птицеводческих фермах используют: цепные, спирально-пружинные, тросово-шайбовые, цепочно-скребковые, тросово-ленточные, колебательные раздатчики.



а - КСП-Ф-0,8А; б - КС-1,5; в - КУС-Ф-2-1; г - КЭС-1,7; д - РС-5А: 1 - бункера; 2 - мешалки; 3 - шнек-питатель; 4 - выгрузные (раздающие) шнеки; 5 - рукав; 6 - заслонки; 7 - шнек-смеситель; 8 - упор; 9 - выгрузное окно; 10 - горловина

Рисунок 9.4 - Схемы раздатчиков кормов:

При клеточном содержании птицы кормораздатчики являются составной частью клеточной батареи. Для подвоза сухих кормов и загрузки их в бункера используется загрузчик сухих кормов ЗСК-10.

Для заполнения бункеров клеточных батарей используются цепочно-скребковые транспортеры типа БЦМ.

9.3 Элементы расчета некоторых типов кормораздатчиков

Цепочно-скребковые транспортеры

Для обеспечения всех животных одинаковым количеством корма необходимо, чтобы на каждый погонный метр длины кормушки было выдано одно и то же количество, называемое удельной нормой расхода корма $q_{уд}$.

Удельная норма расхода корма (кг/м) определяется по формуле:

$$q_{уд} = \frac{q_{max}}{l}$$

где q_{max} - максимальная норма разовой дачи корма на одно животное, кг;

l - фронт кормления (длина кормушки, приходящаяся на 1 животное), м; ($l = 1,05 - 1,2$ м для КРС).

Потребная мощность на перемещение рабочего органа (Вт)

$$N = \frac{P \cdot V}{\eta}$$

где V - скорость движения цепи, м/с;

η - к.п.д. передачи.

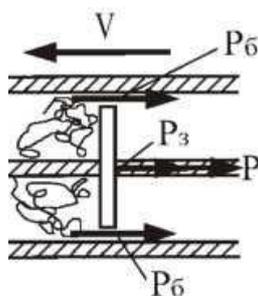


Рисунок 9.5 - Схема сил сопротивления цепи

Ленточные кормораздатчики

Подача транспортера (кг/с) определяется по формуле:

$$Q_{тр} = F \cdot V \cdot \gamma$$

где F - площадь поперечного сечения слоя корма на ленте транспортера, м²;

V - скорость движения ленты, м/с;

γ - насыпная масса, кг/м³.

Площадь поперечного сечения корма (м²) на ленте транспортера (рисунок 9.6)

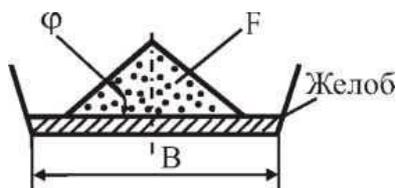


Рисунок 9.6 - К расчету площади поперечного сечения слоя корма

$$F = 0,16 \cdot B^2$$

где B - ширина ленты, м;

φ - угол естественного откоса корма при его транспортировании ($\varphi = 0,4-0,6$);
 φ_0 ; φ_0 - угол естественного откоса в покое.

Мощность (Вт) на перемещение рабочего органа определяется по формуле:

$$N = \frac{N_1 + N_2 + N_3}{\eta_{\text{п}}}$$

где N_1 - мощность, требуемая для привода мешалки, если ее нет, то

$$N = \frac{N_2 + N_3}{\eta_{\text{п}}}$$

где N_2 - мощность, расходуемая на перемещение корма, Вт;

N_3 - мощность, необходимая на холостой ход ленты, Вт;

$\eta_{\text{п}}$ - к.п.д. передачи.

Составляющие мощности N определяются по формулам:

$$N_2 = 9,81 \cdot M_{\text{к}} \cdot f \cdot V$$

где $M_{\text{к}}$ - масса корма, находящегося на ленте, кг;

f - коэффициент трения ленты о желоб (для деревянных желобов $f = 0,4-0,7$;
 для стальных $f = 0,35-0,6$);

V - скорость движения ленты, м/с;

$M_{\text{л}}$ - масса ленты, кг;

$P_{\text{н}}$ - усилие натяжения ленты транспортера, Н;

f_1 - коэффициент трения в подшипниках.

Величина N находится в пределах 20-25% от $(N_2 + N_3)$, т. е.

$$N_{\text{max}} = \frac{1,25 \cdot (N_2 + N_3)}{\eta_{\text{п}}}$$

9.4 Установки для транспортировки и раздачи кормов по трубам

Пневмогидравлические системы (установки) классифицируются следующим образом:

1. По назначению:

- для раздачи кормов и их смесей;
- для транспортировки других материалов (например, навоза).

2. По виду несущей среды:

- пневматические (среда - воздух);
- гидравлические (среда - жидкость).

3. По принципу действия:

- напорные (работают под действием напора);
- самотечные (под действием силы тяжести).

При раздаче кормов по трубам в основном используются напорные системы.

4. По расположению нагнетателя:

- с вертикальным нагнетателем;
- с горизонтальным нагнетателем;
- с прямоточным нагнетателем.

Прямоточная установка работает на сжатом воздухе, снабжена устройством для обратной продувки в случае образования пробок.

5. По конструкции:

- стационарные;
- мобильные.

Пневматические установки, как правило, стационарные.

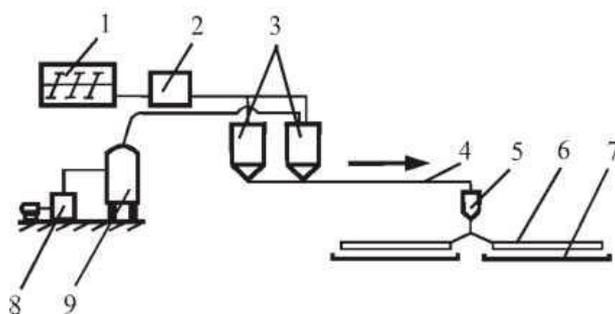
6. По характеру управления:

- с ручным управлением;
- с автоматическим управлением.

7. По величине развиваемого напора:

- низконапорные (до 4,9105 Па);
- средненапорные (до 9,8105 Па);
- высоконапорные (>9,8105 Па).

Технологические схемы работы пневмогидротранспортных установок и комплектация их узлами показаны на рисунках 9.7; 9.8 и 9.9).



1 - смеситель; 2 - промежуточная емкость; 3 - продувочный котел; 4 - кормопровод; 5 - бункер-накопитель; 6 - кормопровод-дозатор; 7 - кормушка; 8 - компрессор; 9 - ресивер

Рисунок 9.7 - Технологическая схема транспортировки и раздачи жидких кормов

При использовании шаровых разделителей время перемещения корма в 2-3 раза, а расход воздуха в 3-5 раз меньше, чем при транспортировке без разделителей (рисунок 9.8).

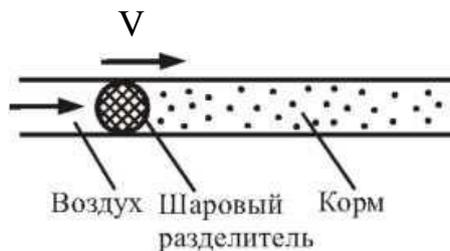
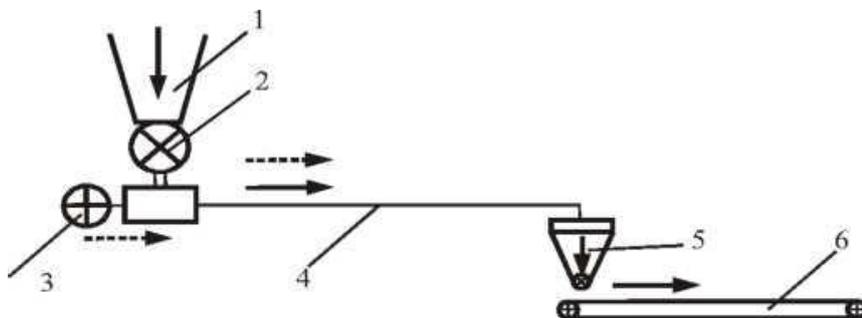


Рисунок 9.8 - Схема перемещения корма с помощью шарового разделителя

Применение полиэтиленовых труб позволяет снизить потери напора на 10-25% в сравнении с металлическими трубами.



1 - бункер; 2 - питатель; 3 - воздуходувка; 4 - трубопровод; 5 - циклон; 6 - ленточный транспортер

Рисунок 9.9 - Технологическая схема транспортировки и раздачи рассыпных кормосмесей

Литература

1. Механизация и технология животноводства / В.В. Кирсанов, Д.Н. Мурусидзе, В.Ф. Некрашевич и др. М.: КолосС, 2007. 584 с.
2. Сельскохозяйственная техника и технологии/ И.А. Спицын, А.Н. Орлов, В.В. Лященко и др.; под ред. И.А. Спицына. М.: КолосС, 2006. 647 с.
3. Купреенко А.И., Исаев Х.М. Техника и технологии в животноводстве: электронный вариант учебно-методического пособия по дисциплине Техника и технологии в животноводстве. 2014. / moodle.bcsha.com.
4. Механизация и автоматизация технологических процессов в животноводстве / Н.И. Стружкин, А.В. Яшин, А.В. Мачнев, П.Н. Хорев, И.Н. Сёмов, С.В. Байкин. Пенза : РИО ПГСХА, 2014. / <http://rucont.ru/efd/275837>
5. Патрушев А.А., Козлов А.Н., Тюхтин А.И. Животноводческие машины: справочное пособие для курсового и дипломного проектирования по механизации животноводства. 2011. / <http://rucont.ru/efd/144986>
6. Механизация и автоматизация животноводства / И.В. Успенская, Е.В. Янзина, А.Л. Мишанин, В.В. Новиков. Самара : РИЦ СГСХА, 2013. / <http://rucont.ru/efd/231886>
7. Изучение измельчителей корнеклубнеплодов: лабораторные работы / сост.: С.М. Ведищев, А.В. Прохоров, А.В. Брусенков. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. 36 с.,
8. Чугунов А.И. Механизация животноводства: методические рекомендации по изучению дисциплины и задания для контрольной работы и курсового проекта. М.: МГАУ им. В.П. Горячкина, 2002. 29 с. / <http://window.edu.ru/resource/945/45945>
9. Жигжитов А.В. Механизация процессов консервирования и приготовления кормов: учебно-методическое издание. Улан-Удэ: Издательство БГСХА им. В.Р. Филиппова, 2008. 110 с. / <http://window.edu.ru/resource/738/61738>
10. Парфенов В.С., Яшин А.В., Парфенов В.С. Механизация и технология животноводства: рабочая тетрадь. Ч. 2. Пенза : РИО ПГСХА, 2012.

Учебное издание

Купреенко Алексей Иванович
Исаев Самир Хафизович
Исаев Хафиз Мубариз-оглы
Гапонова Валентина Евгеньевна

Машины и оборудование в животноводстве

Раздел: Механизация приготовления и раздачи кормов

Учебно-методическое пособие
для бакалавров направление подготовки
35.03.06 Агроинженерия

Редактор Осипова Е.Н.

Подписано к печати 28.11.2022 г. Формат 60x84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Усл. п. л. 4,59. Тираж 25 экз. Изд. № 7437.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ