

**В.И.Пахомов, М.А.Тищенко, С.В.Брагинец,
А.В.Яковлев, М.В.Чернуцкий, И.И.Тищенко**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ
ПОДГОТОВКИ И РАЗДАЧИ КОРМОСМЕСЕЙ
ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО СОСТАВА
МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ
АГРЕГАТАМИ**

Методические рекомендации



**Зерноград
2013**

Российская академия сельскохозяйственных наук

Государственное научное учреждение
СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ МЕХАНИЗАЦИИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
(ГНУ СКНИИМЭСХ Россельхозакадемии)

**В.И.ПАХОМОВ, М.А.ТИЩЕНКО, С.В. БРАГИНЕЦ,
А.В. ЯКОВЛЕВ, М.В. ЧЕРНУЦКИЙ, И.И. ТИЩЕНКО**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ЛИНИЙ ПОДГОТОВКИ И РАЗДАЧИ
КОРМОСМЕСЕЙ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО
СОСТАВА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ
АГРЕГАТАМИ**

Методические рекомендации

(издание второе, переработанное
и дополненное)

Зерноград
2013

УДК 631.363:631.223.2

Печатается по решению ученого совета ГНУ СКНИИМЭСХ Россельхозакадемии

Рецензент - **В.П.Коваленко**, доктор технических наук, профессор

Ответственный редактор - **В.Ф.Хлыстунов**, доктор технических наук

Пахомов В.И., Тищенко М.А., Брагинец С.В., Яковлев А.В., Чернуцкий М.В., Тищенко И.И. Проектирование и расчет технологических линий подготовки и раздачи кормосмесей дифференцированного состава многофункциональными агрегатами: Методические рекомендации.- 2-е изд., перераб. и доп.- Зерноград: ГНУ СКНИИМЭСХ Россельхозакадемии, 2013. - 220 с.

ISBN 978-5-904960-27-8

Предложены рациональные варианты конкурентоспособных малооперационных машинных технологий и перспективных многофункциональных технических средств нового поколения, обеспечивающих детализированные нормы кормления животных на фермах КРС в виде полноценных кормосмесей, а также обоснованы технологические и технические решения, повышающие эффективность существующих кормовых линий.

Приведены этапы проектирования поточных кормовых линий, последовательность и пример расчета их параметров, мероприятия, повышающие эффективность кормовых линий, методики инженерного расчета мобильных измельчителей-смесителей-раздатчиков и стационарных измельчителей-смесителей кормов с вертикальными, наклонными и горизонтальными шнековыми рабочими органами, фронтального погрузчика с фрезерным приспособлением для отрезания и доизмельчения силосованных кормов и др., определены технико-экономическая эффективность предлагаемых технологических линий с техническим оснащением и рациональные комплекты машин для приготовления и раздачи кормосмесей на фермах крупного рогатого скота.

Методические рекомендации предназначены для специалистов сельского хозяйства и промышленности, инженерно-технических работников научно-исследовательских и проектно-конструкторских организаций, занимающихся совершенствованием, созданием и внедрением ресурсосберегающих технологий на фермах КРС, студентов, аспирантов и преподавателей средних и высших учебных заведений сельскохозяйственного профиля.

ВВЕДЕНИЕ

В нашей стране за последние 15 лет производство и потребление мяса и молока на душу населения уменьшилось в 2-3 раза. Экономические показатели производства животноводческой продукции во всех типах хозяйств России за этот период снизились на 25-30%. В сравнении с показателями зарубежных стран они ниже в 3-10 раз /1,2/. Повышение закупочных цен на молоко и мясо в последние годы создало предпосылки для возрождения животноводства в нашей стране. Однако средства механизации за эти годы практически не обновлялись. Кроме того, применяемые технологии и машины не обеспечивают конкурентоспособность отечественного животноводства /2/. Они позволяют поочередно скармливать компоненты корма в неподготовленном виде, что приводит к недополучению продукции и перерасходу кормов примерно на 20%.

В условиях увеличения числа товаропроизводителей, их значительной дифференциации по размерам, финансовым возможностям и исходной материально-технической базе необходимо провести смену поколений технологий и техники, обеспечивающей индивидуальный точный подход к потребителю путем создания машин нужной производительности и функционального назначения.

Продуктивность животных на 60-80% зависит от факторов кормления. Поскольку кормление является самой большой статьей расходов в животноводстве, инвестиции в организацию кормления дают наибольшую прибыль.

Кроме того, в связи с тем, что указанные процессы являются наиболее энергоемкими и наименее механизированными, основное снижение затрат труда и энергоресурсов в производстве животноводческой продукции можно получить в ближайшие годы за счет совершенствования систем кормления животных.

В последние годы мировая наука и практика разработали ряд прогрессивных систем кормления животных /3,4/. Одной из наиболее перспективных является технология кормления крупного рогатого скота, в соответствии с которой все виды кормов раздаются животным одновременно в виде сбалансированной по питательности кормосмеси, приготовленной в многофункциональных агрегатах – измельчителях-смесителях-раздатчиках кормов. Для реализации данной технологии 30 европейских фирм производят ежегодно более 10 тыс. многофункциональных агрегатов. В нашей стране производится также несколько модификаций таких машин.

Все многоцелевые агрегаты могут оснащаться тензометрическими взвешивающими устройствами, позволяющими получать кормосмеси с различным содержанием кормовых компонентов. Еще несколько лет назад зарубежная технология кормления коров с использованием управляемых транспондеров автоматов для индивидуальной раздачи концентратов казалась

последним достижением науки и техники. Однако в последние годы за рубежом полнорационные кормосмеси находят все большее распространение в технологии кормления КРС.

При кормлении животных полнорационными смесями за счет лучшей перевариваемости питательных веществ рациона повышается продуктивность животных и снижается расход кормов до 15%. В этом случае кратность кормления животных можно уменьшить до 2-3 раз в сутки, что уменьшает ресурсозатратность процесса и упрощает организацию производства. Кроме того, кормосмеси в зимний период меньше смерзаются, что позволяет организовать кормление животных на выгульных дворах.

Известно, что одним из неперенных условий научно-технического прогресса в любой области (отрасли) является соответствие накопленного опыта масштабу новизны. К сожалению, опыт подготовки и использования сбалансированных кормосмесей в нашей стране еще недостаточен. Во многих хозяйствах полагают, что приобретение измельчителя-смесителя-раздатчика кормов позволит перевести систему кормообеспечения скота с одной качественной ступени на другую: с заготовки и поочередного скармливания плохо измельченных кормов к кормлению каждой производственной группы животных полнорационными кормосмесями в соответствии с детализированными нормами. Однако это можно осуществить только при должной технологической подготовке отрасли кормопроизводства и создании необходимых условий функционирования агрегатов.

В связи с этим особое значение приобретает совершенствование методов проектирования и расчета кормовых линий с использованием многофункциональных агрегатов.

В данной работе изложены методические указания по проектированию поточных кормовых линий, последовательность расчета их параметров и определена их экономическая эффективность.

Несомненно, применение принципов комплексного технологического проектирования поточных кормовых линий позволит разработать и обосновать ряд типовых проектных предложений технологических линий подготовки и раздачи кормов, отвечающих условиям многократного увеличения числа товаропроизводителей, их значительной дифференциации по размерам, финансовым возможностям и исходной материально-технической базы.

1. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ КОРМОВЫХ ЛИНИЙ

Прогнозом развития животноводства в России до 2010 г., разработанным и утвержденным Россельхозакадемией и МСХ России в августе 2001 г., намечено достичь требуемых уровней производства молока и мяса за счет повышения продуктивности животных почти в 2 раза в сравнении с существующим уровнем. Продуктивность животных в первую очередь зависит от уровня их кормления, определяемого количеством и качеством кормов, возможностью обеспечения детализированных норм кормления скота, нормируемых по 20-24 факторам в зависимости от продуктивности, возраста и массы животных, что обеспечивается оборудованием для подготовки и раздачи полноценных кормосмесей с порционным смешиванием и весовым дозированием кормовых компонентов. Такие машины получили широкое распространение за рубежом и начинают применяться в нашей стране. Так, 30 европейских фирм ежегодно производят более 10 тыс. измельчителей-смесителей-раздатчиков кормов. Для реализации технологии кормления скота полноценными кормосмесями в ГНУ СКНИИМЭСХ разработан агрегат кормовой многофункциональный АКМ-9 с вертикальным бункером вместимостью 9 м³ и коническим шнеком, серийный выпуск которого освоен ОАО «Слободской машиностроительный завод» Кировской области. Заводская стоимость его 550-580 тыс.руб., что примерно в 2 раза ниже зарубежных аналогов. В настоящее время завод ежемесячно выпускает 10 агрегатов. Он обеспечивает подготовку весовым способом сбалансированных кормосмесей для каждой группы животных и раздачу их в кормушки высотой до 750 мм или на кормовой проезд типа «шведский стол».

Агрегат (рис.1) включает в себя вертикальный конический смеситель, отгрузной транспортер, раму, ось с колесами, системы тормозов и электрооборудования и тензометрическое взвешивающее устройство. В бункере смесителя размещен конический шнек, на витках которого закреплены режущие сегменты. В бункере имеется окно, перекрываемое заслонкой, для выдачи кормовых смесей на отгрузной транспортер. В зону работы шнека через стенки бункера могут вводиться противорежущие пластины. Это делается в случаях, когда необходимо доизмельчать грубые корма. Ходовая часть агрегата выполнена на одноосной низкоклиренсной колесной паре, заимствованной от автомобиля ЗИЛ «Бычок». По требованию заказчика агрегат может комплектоваться импортными колесами, карданным валом и режущими ножами на шнеке.



Рисунок 1 – Модификации агрегата кормового многофункционального АКМ-9, изготавливаемые ОАО «Слободской машиностроительный завод» Кировской области

Кроме основной модели агрегата с выгрузным транспортером АКМ-9 завод освоил несколько других моделей (рис. 1): АКМ-9БМ без выгрузного транспортера, но с выгрузным окном на боковой стенке; АКМ-9Б, оснащенный дополнительным мультипликатором; стационарный вариант АКМ-9С с приводом от электродвигателя и бункером вместимостью 11 м³. С 2008 г. выпускается также двухшнековый агрегат АКМ. Вместимость бункера его

14-16 м³, агрегируется он с тракторами МТЗ-1221/1523. Стоимость агрегатов серии АКМ 625-895 тыс.руб.

Дополнительный мультипликатор позволяет увеличить частоту вращения рабочего органа при измельчении грубых кормов и повысить производительность агрегата до 20% по сравнению с вышеуказанными аналогами.

Все модели агрегата оснащены системой электронного взвешивания кормов.

Техническая характеристика агрегатов приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Техническая характеристика модификаций агрегата АКМ-9

Показатели	АКМ-9А	АКМ-9Б	АКМ-9БМ	АКМ-9С
Тип	мобильный			стационарный
Вместимость бункера, м ³	9			11
Масса приготавливаемой кормосмеси, кг	2500			3000
Время приготовления кормосмеси, мин.	15-20		12-17	15-20
Обслуживаемое поголовье, гол.	до 700 в режиме кормоприготовления и раздачи			до 1500 в режиме кормоприготовления
Габаритные размеры, мм: длина / ширина / высота	4700/ 2400/2550	4700/ 2500/2550	4700/ 2500/2550	4600/ 2500/2550
Привод рабочего органа	от ВОМ трактора тягового класса 1,4 тс, $n = 540$ об/мин			электрический
Число технологических скоростей вращения рабочего органа	1		2	
Скорость передвижения для мобильных типов: транспортирования / рабочая	12/5			-
Раздача приготовленной кормосмеси	транспортером на правую сторону по ходу движения	через выгрузные окна на левую или правую сторону		выгрузным транспортером в мобильный кормораздатчик

Агрегат АКМ-9 прошел все виды испытаний на МИС, имеет сертификат соответствия и включен в федеральный технический реестр.

Для загрузки комбикормов в агрегаты АКМ-9 ОАО «Слободской машиностроительный завод» выпускает шнеки (рис. 2) длиной 4-7 м с диаметром витков шнека 125 мм и мощностью установленного электродвигателя 1,5 кВт.

Рисунок 2 – Шнек для загрузки комбикормов в АКМ-9



Для выгрузки в транспортные средства готовой кормосмеси, приготовленной в стационарном или мобильном агрегате АКМ-9, ОАО «Слободской машиностроительный завод» выпускает также ленточный транспортер наклонный ТЛН-6 (рис. 3). Ширина его лотка - 640 мм, высота погрузки – 2400 мм, производительность – до 10 т/ч, мощность установленного электродвигателя – 4 кВт.

Рисунок 3 – Транспортер ленточный наклонный ТЛН-6



Наряду с агрегатом АКМ-9 в Новосибирске выпускается аналогичный агрегат КИС-8, в республике Беларусь и Краснодаре – горизонтально-шнековые агрегаты РСК-12, ИСРК-12, ПИСК-12. Кроме них в хозяйства поступают агрегаты совместного (ЗАО «КОЛНАГ» г. Коломна и др.) и зарубежного производства фирм De Laval, Solomix и др.

ЗАО «Колнаг» (г.Коломна Московской области) налажен лицензионный выпуск трех моделей смесителей-кормораздатчиков TRIOLIET

SOLOMIX (Голландия) с вместимостью бункеров 7, 10 (рис. 4) и 12 м (рис. 5) и вертикальным расположением шнеков. Выпускаемые машины позволяют накормить до 1000 голов крупного рогатого скота за смену с возможностью раздачи как в кормушки высотой до 70 см, так и на кормовые столы (модель ZK – через боковые окна, модель VLSS – посредством транспортера). Смесители-кормораздатчики с бункерами вместимостью 7 и 10 м³ оснащены одним вертикальным шнеком, 12 м³ – двумя вертикальными шнеками. Для ускорения разрыхления тюков или рулонов шнеки, кроме горизонтально расположенных режущих ножей оснащены в верхней части одним вертикальным ножом.

Все варианты машин укомплектованы импортными комплектующими изделиями (карданный вал, редуктор, колесная пара, гидравлическое оборудование, ножи, метизы).



Рисунок 4 – Одношнековый смеситель кормораздатчик TRIOLIET SOLOMIX 10 ZK с бункером вместимостью 10 м³



Рисунок 5 – Двухшнековый смеситель кормораздатчик TRIOLIET SOLOMIX 12 VLSS с бункером вместимостью 12 м³

Поставляемая техника обеспечивается гарантийным и послегарантийным обслуживанием в течение всего срока эксплуатации оборудования. Специалисты фирмы проводят обучение специфике использования техники, а также наладку оборудования непосредственно в хозяйствах.

Смесители-кормораздатчики, выпускаемые ЗАО «Колнаг» имеют следующие технические характеристики (табл. 2).

Таблица 2 – Технические характеристики смесителей-кормораздатчиков, выпускаемых ЗАО «Колнаг»

Показатели	700 ZK	1000 ZK	1200 ZK	1200 VLSR
Объем смесительной камеры, м ³	7	10	12	12
Количество шнеков, шт.	1	1	2	2
Количество ножей на шнеке, шт.	4	6	4	4
Мощность, потребная на привод, л.с./кВт	55/40	70/55	75/56	65/48
Частота вращения ВОМ трактора, мин. ⁻¹	540	540	540	540
Высота, м (стандартная, может быть изменена по требованию заказчика)	2,4	2,74	2,5	2,65/220
Ширина, м	2,44	2,45	2,25	2,15
Высота, м	4,38	4,65	6,02	5,69
Расстояние между внешними сторонами колес, м	1,8	1,85	1,72	2,0
Масса, кг	2450	3350	5000	4100
Максимальная высота кормушек, м	0,7	0,7	0,7	до 1,2
Направление выгрузки кормов	Одновременно налево и направо (при закрытии одного клапана – налево или направо)			направо
Стоимость с НДС, тыс.руб.	668,965	791,404	900,163	969,093

Выбор модели смесителя-раздатчика зависит от условий эксплуатации на конкретном животноводческом предприятии. Основными критериями выбора являются: количество обслуживаемого поголовья, ширина кормовых проходов и высота кормушек, размеры ворот, мощности имеющихся тракторов и др. По требованию заказчика производитель может вносить изменения в конструкцию машины. Все работы сервисной службы в течение гарантированного периода эксплуатации (один год) проводятся бесплатно.

Помимо техники собственного производства, ЗАО «Колнаг» предлагает широкий ассортимент смесителей-кормораздатчиков, поставляемых из Голландии. Модельный ряд их включает в себя машины вместимостью от 5 до 32 м³, одно-, двух- и трехшнековые модели; прицепные, самоходные, стационарные, а также самозагружающиеся.

Измельчитель-смеситель-раздатчик кормов ИСРК-12 «Хозяин» (рис. 6) производится предприятием «Запагромаш» (республика Беларусь) по лицензии и из комплектующих итальянской фирмы «Marmix». Он сертифицирован на территории Беларуси и России и производит измельчение и смешивание различных компонентов корма (по заданному рациону с электронным контролем массы компонентов) и осуществляет нормированную раздачу полнорационной кормовой смеси в кормушки КРС. ИСРК-12 «Хозяин» производится в следующих модификациях: ИСРК-12 «Хозяин» – базовая модель; ИСРК-12Г «Хозяин» с грейферным погрузчиком грузоподъемностью 350 кг; ИСРК-12Ф «Хозяин» с фрезой для загрузки силоса; ИСРК-12В «Хозяин» с вертикальным шнеком и с бункером вместимостью 11 м³. По оценке белорусской машиноиспытательной станции срок окупаемости агрегатов серии ИСРК-12 в зависимости от поголовья составляет от 0,6 до 1 года. Техническая характеристика агрегатов серии ИСРК-12 приведена в табл. 3.



Рисунок 6 – Измельчитель-смеситель-раздатчик кормов ИСРК-12 «Хозяин»

Таблица 3 – Техническая характеристика агрегатов серии ИСРК-12

Показатели	ИСРК-12	ИСРК-12Ф	ИСРК-12Г
Тип	полуприцеп		
Грузоподъемность, т	3,5		
Вместимость бункера, м ³	12		
Масса, кг, не более	4400	5400	5000
Габаритные размеры, мм:			
длина	6000	6900	6600
ширина	2000		
высота	2500	2500	2530
Ширина колеи, мм	1860±50		
Высота разгрузки поперечным транспортером (высота кормушки), мм	700		
Транспортная скорость, км/ч:			
с грузом, не более	8,0		
без груза, не более	12,0		
Рабочая скорость при раздаче кормов, км/ч, не более	5,0		
Дорожный просвет, мм	320/420 (в зависимости от комплектации колес)		
Срок службы, лет, не менее	10		
Наработка на отказ, ч, не менее	400		
Привод транспортера и задвижек	от автономной гидравлической системы кормораздатчика		
Привод шнеков	от ВОМ трактора		
Обслуживающий персонал	1 тракторист		
Диаметр фрезерного барабана, мм		500	
Ширина фрезы, мм		1500	
Высота подъема фрезы, мм		4500	
Глубина фрезеруемого слоя за один проход, мм		250-300	
Скорость подачи фрезы, м/мин		0-5	
Скорость вращения фрезы, об/мин		0-800	
Грузоподъемность грейфера, кг:			
на максимальном вылете			300
на минимальном вылете			350
Максимальный вылет стрелы, мм			3200
Минимальный вылет стрелы, мм			1800
Угол поворота, град.			240
Обслуживаемое поголовье, гол.	до 1000		

Вместе с агрегатом ИСРК-12 «Хозяин» идет программный комплекс по составлению оптимальных рационов для различных половозрастных групп животных с помощью компьютерных программ.

В республике Беларусь ОАО «Бобруйскагромаш» выпускает также измельчитель-смеситель-раздатчик кормов РСК-12 «Белмикс» со смесителем горизонтально-шнекового типа (рис. 7).



Рисунок 7 – Измельчитель-смеситель-раздатчик кормов РСК-12 «Белмикс»

Техническая характеристика агрегата РСК-12

Вместимость бункера, м ³	-	12,0
Грузоподъемность, кг	-	4300
Высота выгрузки корма, мм	-	до 750
Ширина по шинам, мм	-	2000
Габаритные размеры, мм: длина, ширина, высота	-	6100x2200x2500
Масса, кг	-	4365
Предельные значения возможных норм выдачи корма, кг/пог.м:		
минимальное	-	4,3
максимальное	-	49,9
Неравномерность раздачи корма по длине кормовой линии, %	-	12-16
Агрегатируется с трактором кл.	-	1,4

Агрегат РСК-12 оснащен планетарным редуктором российского производства, передаточное число которого позволяет использовать ВОМ с частотой вращения $n=1000 \text{ мин}^{-1}$, а следовательно, и более полно мощность двигателя.

Измельчитель-смеситель-раздатчик кормов с горизонтально-шнековыми рабочими органами начала выпускать ЗАО «Староминская сельхозтехника» Краснодарского края под маркой ПИСК-12 (рис. 8).



Рисунок 8 – Прицепной измельчитель-смеситель-раздатчик ПИСК-12

Он предназначен для выполнения комплекса работ по измельчению, смешиванию и раздаче различных видов кормов животным. Вместимость его бункера – 12 м^3 .

Таким образом, в нашей стране производятся только несколько моделей смесителей-раздатчиков кормов с вместимостью бункеров не более 12 м^3 и без загрузочных устройств. Между тем, только в Италии четыре фирмы производят 77 моделей, из них 19 – с загрузочным устройством, 21 – самоходную и две модели, перемещающихся по рельсам, в Германии – 34, Нидерландах – 30 моделей. Вместимость их самая различная – от 5 до 30 м^3 . Поэтому в ближайшие годы в нашей стране будет разработана и освоена широкая гамма моделей измельчителей-смесителей-раздатчиков кормов с вместимостью бункеров в первую очередь 10, 12, 14 и 16 м^3 , часть из которых должна быть оснащена загрузочными устройствами.

Каждый тип измельчителей-смесителей-раздатчиков кормов имеет свои преимущества и недостатки. Поэтому при выборе типа измельчителя-смесителя-раздатчика кормов необходимо руководствоваться следующим.

Горизонтально-шнековые агрегаты в сравнении с вертикально-шнековыми агрегатами более равномерно выдают кормосмеси, поэтому их наиболее целесообразно применять при привязном содержании коров. Агрегаты с вертикальными шнеками имеют более высокий коэффициент технологической надежности, так как способны пропускать через себя крупные инородные включения в кормах вследствие больших пространств между рабочими органами. Они также более быстро разрушают рулонированные корма и более просты в конструкции, но менее равномерно выдают в кормушки кормосмеси. Поэтому агрегаты с вертикальными шнеками наиболее целесообразно применять при беспривязном содержании животных, на которое переходят при реконструкции существующих и строительстве новых молочных и откормочных ферм.

Для эффективной работы измельчителей-смесителей – раздатчиков кормов необходимы следующие условия: технологическая подготовка от-

расли кормопроизводства, исключая использование порченных включений кормов; оборудование подъездных путей с твердым покрытием; перепланировка помещений и кормовых зон ферм с целью обеспечения минимальных затрат времени на переезды агрегатов и загрузку их кормовыми компонентами и др.

Во многих хозяйствах такие условия еще не созданы. Кроме того, в некоторых хозяйствах, где фермы расположены на небольшом расстоянии друг от друга, экономически выгодно иметь централизованную кормовую базу (кормовой двор). В этих условиях можно применять технологию с использованием стационарных измельчителей-смесителей. В качестве них можно использовать разработанные прицепные измельчители-смесители-раздатчики кормов или стационарный вариант агрегата АКМ-9С. Однако в ГНУ СКНИИМЭСХ специально для этих условий разработан стационарный измельчитель-смеситель (рис. 9). Он имеет внизу бункера два шнека с ножами, аналогичных зарубежным мобильным агрегатам. Однако бункер его поставлен под углом $25-30^\circ$ к горизонту, что позволило укоротить выгрузной транспортер и уменьшить энергоемкость процесса смешивания на 30% за счет использования гравитационного осыпания кормов из верхней части бункера в нижнюю. Вместимость бункера такого смесителя - 10 м^3 , высота выгрузки кормов - до 3 м, высота загрузки кормов - 2,5 м, производительность на выдаче - до 150 т/ч, производительность при порционном смешивании кормов - до 15 т/ч, при непрерывном смешивании на высоких оборотах шнеков - до 25 т/ч, стоимость его - до 450 тыс.руб. вместе с тензометрическим взвешивающим устройством.



Рисунок 9 - Общий вид комбинированного смесителя:

- 1 - транспортное средство; 2 - выгрузной транспортер; 3 - бункер;
- 4 - домкрат; 5 - пульт управления; 6 - рама; 7 - регулируемый привод;
- 8 - фронтальный погрузчик с вильчатым приспособлением

Одной из перспективных технологий является также технология с кормлением животных сенажом из бобовых трав или злакобобовой смеси, заготовленным в рулонах с пленочным покрытием. Эта технология является наиболее устойчивой к погодным условиям и позволит ускорить возрождение животноводства в экономически слабых хозяйствах, так как не требует больших капитальных вложений в строительство дорогостоящих хранилищ, а также в зонах, в которых системы кормопроизводства не могут быть ориентированы на высокопродуктивные, но и высокзатратные кормовые культуры, такие как кукуруза, кормовые корнеплоды (засушливые зоны России). Заготовленный по такой технологии корм может храниться без больших потерь питательных веществ два-три года, не промерзает в зимний период, что дает возможность хранить его в любых условиях, в том числе под открытым небом, обеспечивает увеличение привеса и надоев до 20%. Комплекс машин для заготовки такого сенажа освоен в Новосибирске предприятием ГУП «Сибсельмашспец-техника», заводами «Бобруйскагромаш» (Беларусь) и «ПермтехмашАгро» (г.Пермь). Кроме того, в последнее время в хозяйства начали поступать импортные и отечественные пресс-подборщики для заготовки грубых кормов в виде прямоугольных тюков самых различных размеров. Однако отечественные раздатчики-измельчители стебельчатых кормов, заготовленных в тюках и рулонах, еще не выпускаются. Зарубежные универсальные измельчители прессованных кормов и подстилки очень дороги (30-60 тыс.евро) и значительному числу товаропроизводителей не доступны.

Опыт показал, что производительность измельчителей-смеси-телей-раздатчиков кормов, в том числе импортных, возрастет почти в два раза, если в них загружать предварительно измельченные грубые и силосованные корма. Поэтому в СКНИИМЭСХ разработан универсальный измельчитель грубых кормов и подстилки в тюках и рулонах любых размеров, а также в рассыпном виде (рис. 10). В сравнении с известными дробилками ИРТ-165 снижены удельные затраты энергии и материалоемкость до 30% за счет оптимизации конструктивно-техно-логических параметров и режимов работы, производительность его при измельчении грубых кормов влажностью до 22% - до 6 т/ч, суммарная мощность, потребная на привод, - до 77 кВт.

Из всех трудозатрат, связанных с кормлением животных, наибольшая доля приходится на выемку из хранилищ и погрузку кормовых материалов (более 40%). Однако в последние 15 лет этим вопросам в России уделяется недостаточно внимания. Применяемые грейферные погрузчики разрушают при отборе из хранилищ «монолит» на большую глубину, что приводит к снижению питательной ценности силосованных кормов до 20% за счет вторичной их ферментации, они не универсальны по видам загружаемых материалов и вследствие этого концорма загружаются, как правило, вручную.

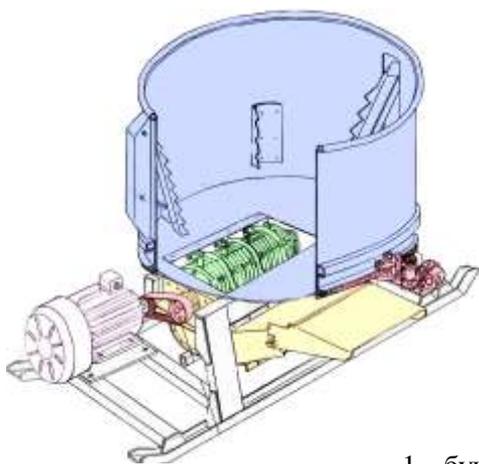
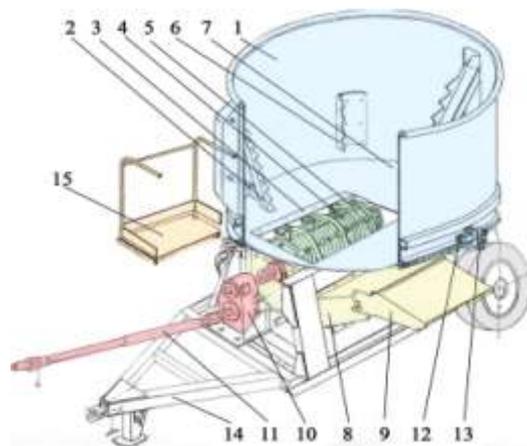


Рисунок 10 - Универсальный измельчитель грубых кормов и подстилки



1 – бункер загрузочный; 2 – захват подпружиненный; 3 – нож; 4 – ротор; 5 – лифтер; 6 – захват вспомогательный; 7 – днище; 8 – подбарабанье; 9 – направляющий козырек; 10 – редуктор; 11 – карданный вал; 12 – блок поддерживающих роликов; 13 – привод бункера; 14 – рама; 15 – смотровая площадка

Кроме того, в последние годы широкое распространение получила технология заготовки сенажа в рулонах в пленочной упаковке и силоса в пластиковых мешках-рукавах, которые перед погрузкой в кормораздающие средства необходимо разрезать. Существующие погрузчики эту операцию не выполняют. В связи с этим во ВНИПТИМЭСХ создан универсальный погрузчик кормов (рис. 11). Он разработан на базе серийного фронтального погрузчика ПКУ-0,8, на котором на дополнительной стреле, установленной с возможностью поворота относительно подъемного устройства, закреплен фрезерный рабочий орган с приводом от гидромотора. Такой погрузчик при отборе силосованных кормов доизмельчает их и не разрыхляет «монолит», что снижает потери питательной ценности кормов. Масса приспособления - 437 кг, производительность в час основного времени на погрузке силоса - до 13 т, ширина захвата барабана - 1450 мм.



Рисунок 11 – Универсальный погрузчик всех видов кормов

Вышеприведенные машины хорошо вписываются в разные технологические линии подготовки и раздачи кормов.

2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОТОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ ПОДГОТОВКИ И РАЗДАЧИ КОРМОВ

2.1. Основные этапы проектирования поточных технологических линий подготовки и раздачи кормов

Под поточной технологической линией следует понимать совокупность расставленных в определенной последовательности хранилищ кормов, производственных помещений для скота и машин, осуществляющих погрузку, подготовку, транспортировку и раздачу кормов. По характеру работы поточные линии можно разделить на непрерывные и с пространственными разрывами. В южных регионах России хранилища кормов и помещения для животных, как правило, разделены в пространстве. Поэтому подвоз и раздачу кормов осуществляют мобильными средствами.

Проектирование производственных процессов можно проводить двумя способами. В первом случае производственные линии komponуют из числа имеющихся в хозяйстве или выпускаемых промышленностью машин. Во втором случае используют новейшие технологии и новые машины. Второй подход к проектированию позволит получить лучшие результаты, так как существующие машины давно морально устарели и физически изношены.

Проектирование технологических линий ведут с учетом качественных и количественных характеристик процессов. В развитии кормообеспечения скота можно отметить ряд скачкообразных переходов с одной качественной ступени на другую: заготовка и поочередное скармливание неизмельченных кормов; поочередное скармливание измельченных кормов; кормление каждой производственной группы животных полноценными кормосмесями в соответствии с детализированными нормами.

Этого достигают за счет качественных изменений технологии, накопления практического опыта, эвристического творчества и в меньшей мере математического анализа.

Задача оптимального проектирования состоит в том, чтобы при принятой качественной, принципиальной технологической схеме процесса найти наилучшие показатели параметров.

Наиболее сложным объектом проектирования являются кормовые линии, так как они оказывают непосредственное влияние на результат функционирования системы «животное – среда – человек – машина». Например, при скармливании кормов в виде полнорационных смесей продуктивность животных может увеличиваться до 15%. Это необходимо учитывать при оценке сравниваемых вариантов технологических и технических решений.

Процессы в механизированной поточной линии заготовки, подготовки и раздачи кормов по существу являются одним большим процессом, и оптимизация только одного процесса или агрегата без учета их связей с другими часто приводит к тому, что весь процесс протекает далеко не в оптимальном режиме. Поэтому такие линии необходимо рассматривать как технологические системы, имея в виду не систему машин и аппаратов, а систему процессов, происходящих в машинах и агрегатах (рис. 12).

Исследование структуры системы предполагает вычленение ее элементов, выявление их устойчивых отношений. Это позволяет понять целостные свойства системы и, изучив их, определенным образом использовать. Этапы работ при проектировании таких систем с использованием функционально-стоимостного анализа (ФСА) приведены на рис. 13.

С целью сокращения числа технологических операций и обоснования конструктивно-технологических схем проводится структурно-функциональный анализ производственных процессов, прежде всего, кормовых и навозных линий, внесения подстилки, так как в них могут участвовать одни и те же энергетические средства (тракторы). Он предусматривает выделение главных внешних функций, определяющих цель и назначение системы, а также основных функций, без которых невозможно выполнение главных функций (рис. 14). При построении функциональных моделей производственных процессов использованы тестовые вопросы по методу анализа функций FAST /21/: что необходимо для осуществления функций и зачем осуществляется функция?

Анализ показал, что имеется реальная возможность совмещения операций, выполняемых одним агрегатом не только по погрузке, смешиванию и раздаче кормов, но и по внесению подстилки.

В процессе функционального анализа строятся различные варианты схем производственных процессов на фермах, сочетания функции в технических средствах, совмещения или исключения отдельных с учетом сложившихся внешних природно-производственных условий. При этом учитывается необходимость обеспечения всех систем кормления скота, которые будут применяться в будущем на фермах России: с круглогодичным однотипным кормлением животных полнорационными смесями из консервированных кормов; с сезонным кормлением скота зелеными кормами в летний период и полнорационными смесями в зимний период, с малокомпонентным сенажно-концентратным типом кормления скота в засушливых регионах России.

В результате выполненной работы получают технологию заготовки, подготовки и раздачи кормов, технический проект поточной линии с ее технико-экономическими показателями. Затем разрабатывают проектную документацию на строительную часть линии и конструкторскую документацию на недостающие машины.

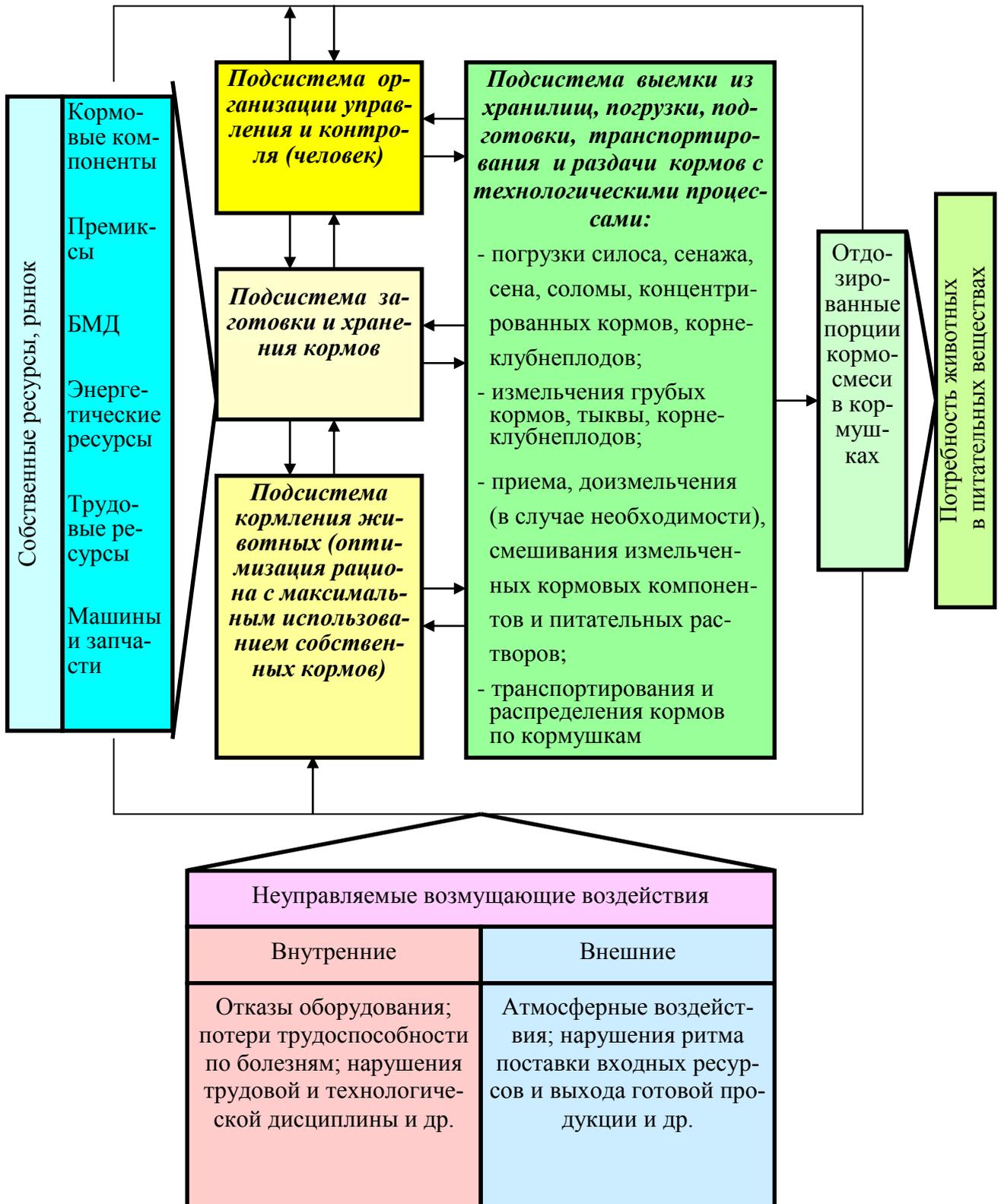


Рисунок 12 – Схема системы кормообеспечения ферм крупного рогатого скота

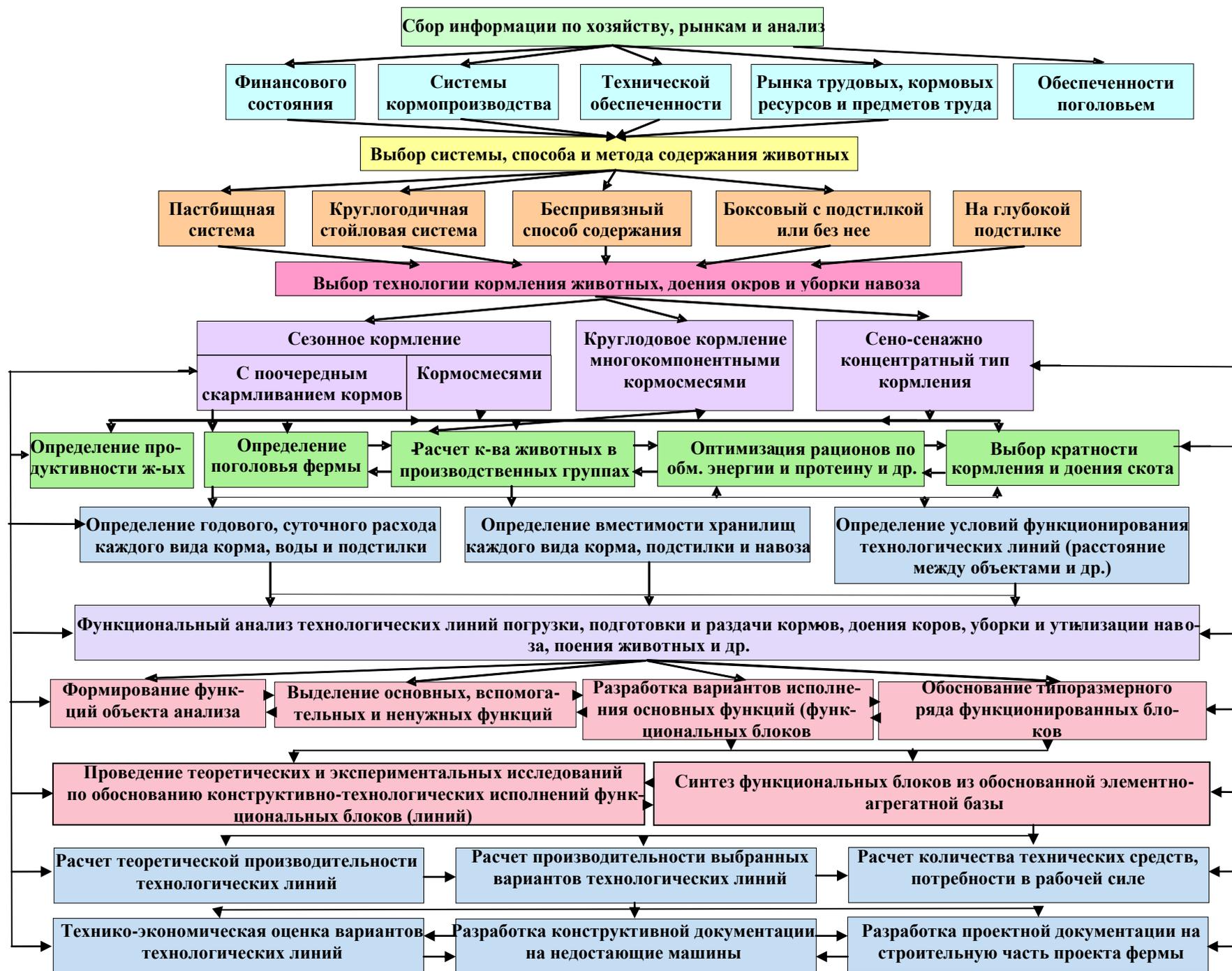


Рисунок 13 - Основные этапы проектирования технологических линий погрузки кормов, подготовки и раздачи кормосмесей

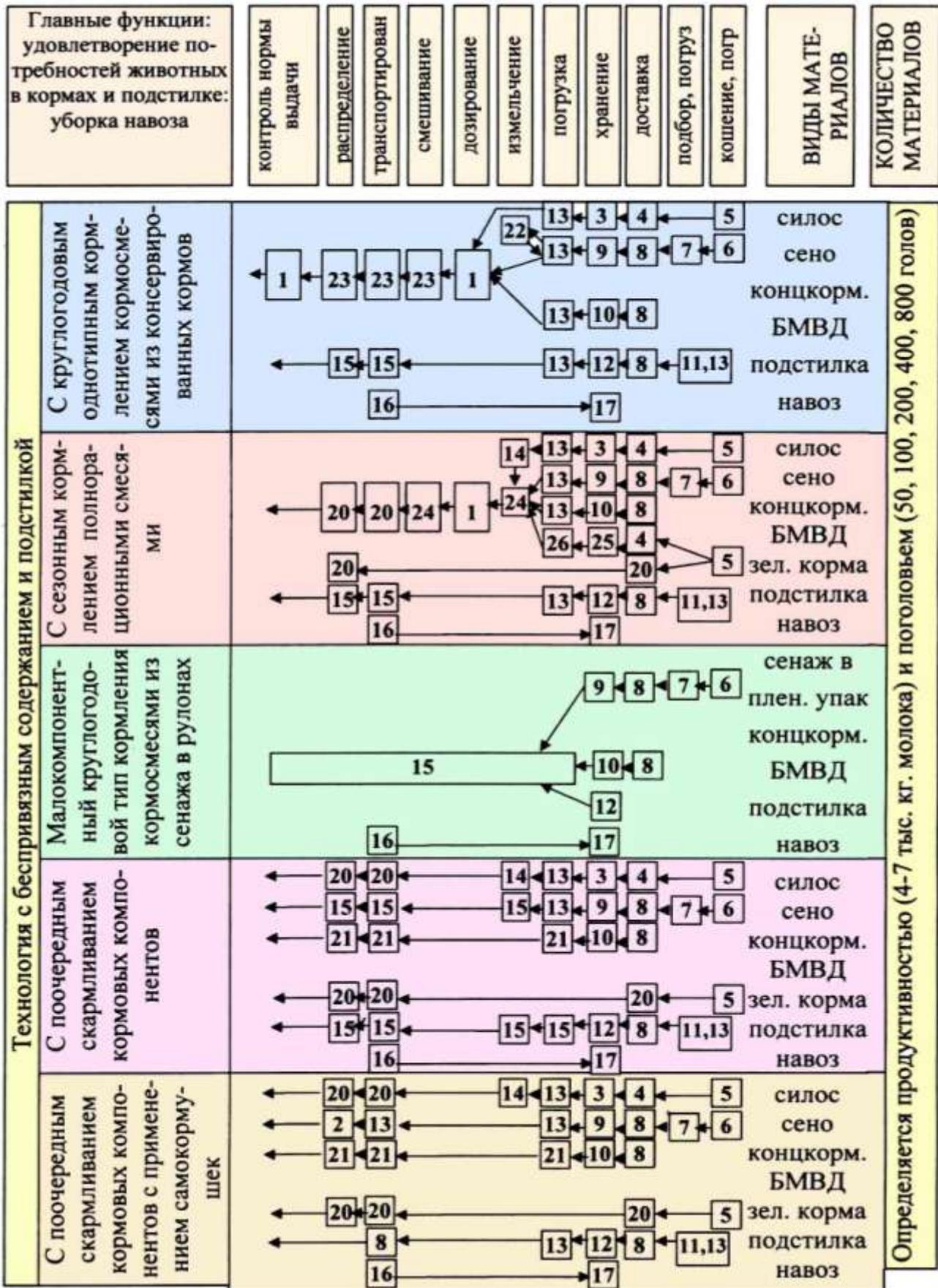


Рисунок 14 – Структурно-функциональная модель кормовых и навозных линий на фермах КРС

На рисунке 14: 1 – тензометрическое взвешивающее устройство; 2 – комбинированный агрегат для погрузки, смешивания и раздачи кормов; 3 – силосохранилище; 4 – автомобильное транспортное средство; 5 – сило-соуборочный комбайн; 6 – жатка (косилка) травяная; 7 – пресс-подборщики; 8 – транспортные средства (2ПТС-4/40) с трактором кл.0,9-1,4; 9 – склад грубых кормов; 10 – склад концентратов и БМВД; 11 – стогометатель (фронтальный погрузчик) с трактором Кл.1,4; 12 – хранилище подстилки; 13 – фронтальный погрузчик с приспособлением 14; 15 – измельчитель-раздатчик кормов и подстилки с трактором кл.0,9-1,4; 16 – бульдозерный отвал с трактором кл.1,4; 17 – хранилище навоза; 18 – измельчитель-смеситель-раздатчик кормов и подстилки; 19 – бункер типа БСК-10; 20 – прицепной кормораздатчик КТУ-10 с трактором кл.0,9-1,4; 21 – навесной раздатчик концентратов и корнеплодов; 22 – измельчитель грубых кормов; 23 – измельчитель-смеситель-раздатчик кормов; 24 – стационарный смеситель конструкции ВНИПТИМЭСХ; 25 – площадка для оперативного хранения зеленых и грубых кормов; 26 – загрузчик-дозатор кормов конструкции ВНИПТИМЭСХ.

Таким образом, технология кормораздачи – это совокупность организационных, технологических и технических приемов, способов хранения, подготовки, нормирования и раздачи кормов. В зависимости от условий производства, зональных особенностей, финансовой обеспеченности хозяйств, технологической подготовленности отрасли, кормовой базы, продуктивности животных и размеров ферм различными будут и способы кормления, состав рациона и его величина, методы подготовки кормов и их дозирования, кратность и порядок кормления, типы и размер хранилищ кормов, способы их транспортирования и раздачи. Как правило, разработку технологической части линии следует проводить совместными усилиями зоотехников, строителей и инженеров.

2.2. Возможные системы кормления животных и обоснование номенклатуры недостающих машин

В качестве примера на рис. 15-17 приведены технологические схемы кормления животных с использованием соответственно мобильных измельчителей-смесителей-раздатчиков кормов, стационарных измельчителей-смесителей кормов и с поочередным скармливанием кормовых компонентов. Во всех вышеприведенных схемах используется минимальное число машин: универсальный погрузчик всех видов кормов, универсальный измельчитель грубых кормов и подстилки в тюках, рулонах и в рассыпном виде, мобильные измельчители-смесители-раздатчики кормов, стационарные измельчители-смесители кормов и серийные кормораздатчики КТУ-10. На фермах размером до 400 голов в первых 2-х схемах

можно обойтись без измельчителей грубых кормов, так как оставшиеся машины могут сами измельчать небольшой объем грубых кормов.

Подготовка полноценных кормосмесей с помощью мобильных агрегатов осуществляется следующим образом (см. рис. 15). Перед загрузкой кормовых компонентов в бункер закрывается заслонка выгрузного отверстия и включается ВОМ. После загрузки необходимого количества одного вида корма агрегат загружается кормами другого вида. По окончании загрузки агрегат переезжает к местам выдачи, при этом корма измельчаются и перемешиваются. При приближении к кормушкам водитель открывает заслонку выгрузного окна и, продвигаясь вдоль кормушек со скоростью, необходимой для обеспечения заданной нормы выдачи, раздает кормосмеси.

На фермах размером более 400 голов в технологический процесс включается специализированный измельчитель грубых кормов, с помощью которого заблаговременно делают запас измельченных кормов. В результате исключения времени измельчения грубых кормов в цикле работы смесителя-раздатчика производительность его может возрасти до двух раз. Такая ситуация имеет место и при использовании стационарных смесителей (см. рис. 16).

В широко распространенных технологических линиях с поочередной раздачей многие компоненты (неизмельченное сено, корнеплоды, концкорма и др.) распределяются по кормушкам вручную, что приводит к большим трудозатратам.

В усовершенствованной технологической линии (см.рис. 17) грубые корма измельчаются, поэтому они также раздаются кормораздатчиками КТУ-10. Концкорма смешиваются с жидкими добавками и раздаются раздатчиками-смесителями с бункером вместимостью 3 м^3 с аналогичными функциями ранее выпускаемого КУТ-3,0А.

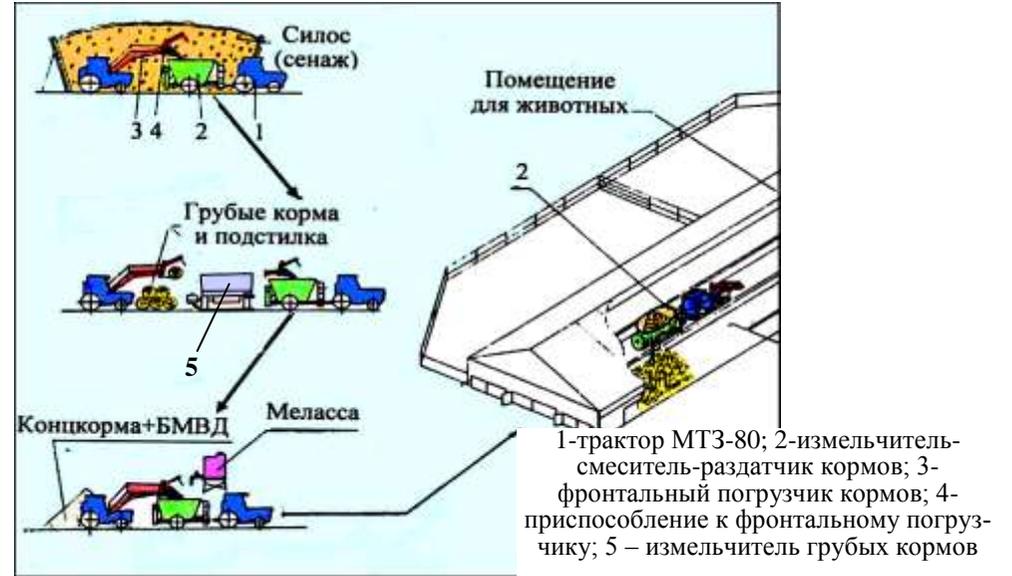
Ранее было установлено, что наиболее надежной и эффективной является технология круглогодичного однотипного кормления скота полнорационными кормосмесями из консервированных кормов. В этом случае, как правило, применяют высокоэнергетические рационы, обеспечивающие продуктивность животных, наиболее близкую к генетическому уровню. Системы кормопроизводства с ориентацией на высокопродуктивные кормовые культуры, такие как кукуруза, соя, кормовые корнеплоды, оправданы в хорошо оснащенных, экономически крепких хозяйствах, так как их отличает высокая энергоресурсозатратность и требовательность к влагообеспечению.

Однако во многих районах Южного и Приволжского округов (Север и Восток Ростовской области, Калмыкия, Астраханская и Волгоградская области) таких условий нет. В них привалируют травяная и зернотравяная системы кормопроизводства, которые имеют относительно невысокую концентрацию энергии.

Универсальный погрузчик всех видов кормов



Технологические процессы подготовки и раздачи



Универсальный измельчитель грубых кормов и подстилки



Двухшнековый агрегат кормовой многофункциональный с вместимостью бункера 14-16м³

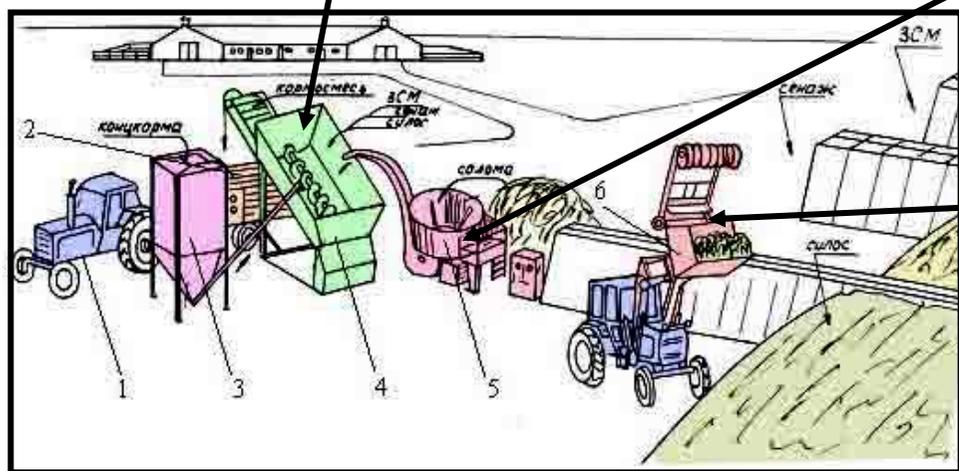


Рисунок 15 – Технология и оборудование кормовых линий с использованием мобильных измельчителей-смесителей-раздатчиков кормов

Стационарный измельчитель-смеситель кормов СК-10

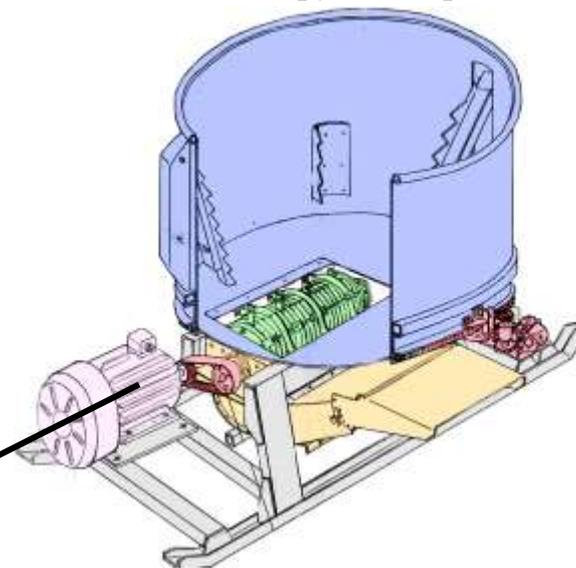


Технологические процессы подготовки и раздачи полноценных кормосмесей



1 –трактор; 2 –кормораздатчик КТУ-10; 3 –бункер для конькормов с загрузочным транспортером; 4–стационарный измельчитель-смеситель кормов; 5–измельчитель

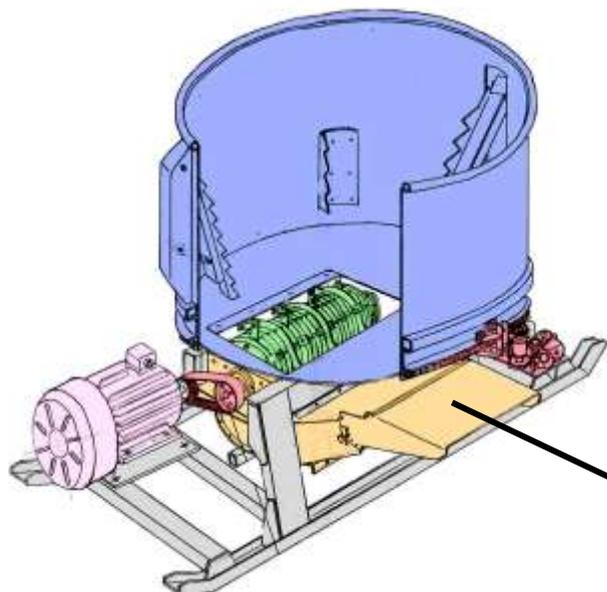
Универсальный измельчитель грубых кормов и подстилки



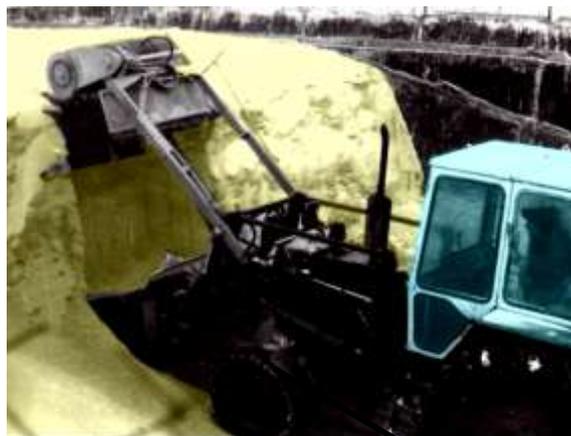
Универсальный погрузчик всех видов кормов

Рисунок 16 – Система машин для кормления КРС с использованием стационарных измельчителей-смесителей кормов

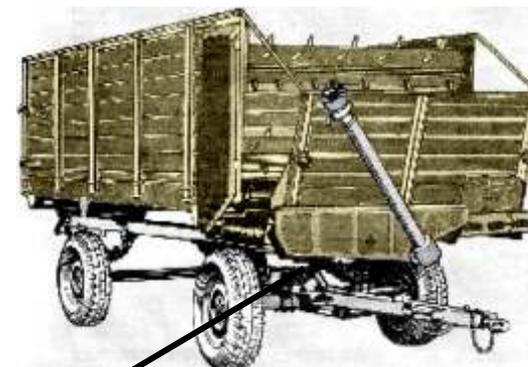
Универсальный измельчитель грубых кормов и подстилки



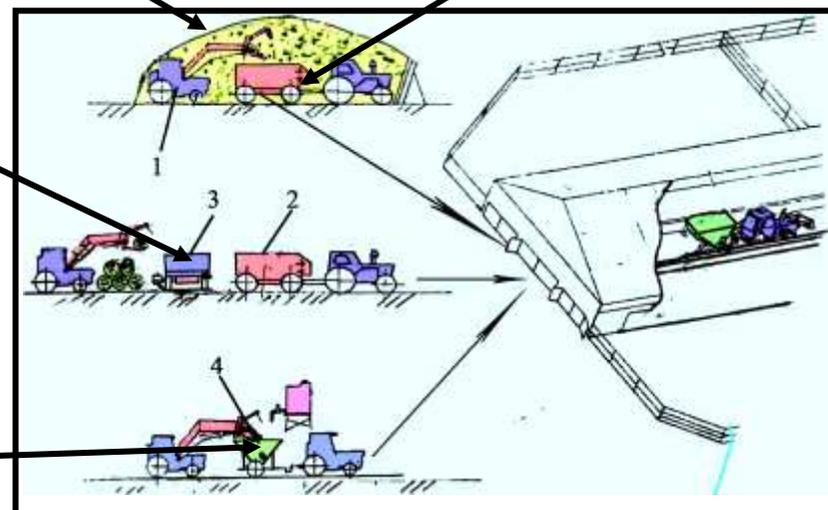
Универсальный погрузчик всех видов кормов



Раздатчик кормов типа КТУ-10



Смеситель-раздатчик сыпучих и жидких кормов с бункером вместимостью 3м³



1 – универсальный погрузчик всех видов кормов (ПКУ-0.8 с приспособлением); 2 – кормораздатчик КТУ-10; 3 – универсальный измельчитель грубых кормов и подстилки; 4 – смеситель-раздатчик сыпучих и жидких кормов с бункером вместимостью 3м³

Рисунок 17 – Усовершенствованная технологическая линия с поочередной раздачей кормовых компонентов

В связи с этим для повышения энергонасыщенности необходимо вводить в них концентрированные корма. Выйти на продуктивность 5,0 тыс.кг молока на корову в год и среднесуточные привесы молодняка КРС до 900 г можно при использовании дополнительно зернофуражных кормов.

Одной из перспективных технологий в указанных регионах является технология с кормлением животных сенажом из бобовых трав, заготовленным в рулонах с пленочным покрытием. Эта технология является наиболее устойчивой к погодным условиям и позволяет возродить животноводство в экономически слабых хозяйствах, так как не требует больших капитальных вложений в строительство дорогостоящих хранилищ. Заготовленный по такой технологии корм может храниться без больших потерь питательных веществ два-три года. Комплекс машин для заготовки такого сенажа освоен в г.Перми «Пермтехмашагро» и в г.Новосибирске «Сибсельмашспецтехника». В Ростовской области фирмой «МСМ-Клевер» освоен выпуск прессов для заготовки сена в рулонах и тюках, начинается выпуск раздатчиков рулонированных кормов. Однако при их использовании не решаются вопросы механизированного балансирования рационов высокоэнергетическими кормовыми компонентами – концкормами и мелассой, которые в настоящее время раздаются вручную, так как раздатчики таких кормов (КУТ-3) не выпускаются.

Поэтому заслуживает внимания технологическая схема производства работ, ориентированная на повышение энергетической и протеиновой питательности рационов при сенажно-концентратном типе кормления животных (рис. 18). В ней сенаж в рулонах в пленочной упаковке измельчается и раздается по кормушкам, спроектированным СКНИИМЭСХ, универсальным измельчителем ИСКП-5 или измельчителем рулонов ИРК-145 Бобруйскагромаша, агрегатируемыми с тракторами класса 1,4. Загрузка рулонов в измельчитель осуществляется фронтальным погрузчиком, навешенным на тот же трактор. При погрузке трактор с погрузчиком отцепляется от измельчителя.

Концентрированные корма, меласса и другие балансирующие добавки смешиваются и раздаются по кормушкам прицепным смесителем-раздатчиком, агрегатируемым с тем же погрузочно-транспортным средством (МТЗ-80 + ПКУ-0,8). Загрузка концкормов в смеситель производится из бункера типа БСК-10 шнековым транспортером, мелассы – насосом шестеренчатым РЗ-30 из заглубленного или обогреваемого наземного хранилища. Дозирование концкормов производится с точностью $\pm 3\%$ по времени работы транспортера, устанавливаемого с помощью реле времени, мелассы – с помощью счетчика шестеренчатого ШЖ-40.

В связи с вышеизложенным имеется необходимость в обосновании конструктивно-технологической схемы, параметров и режимов работы

устройства для смешивания сыпучих концентратов с балансирующими (БМВД, премиксы) и жидкими добавками (патока, жиры) и раздачи высокоэнергетической кормосмеси.

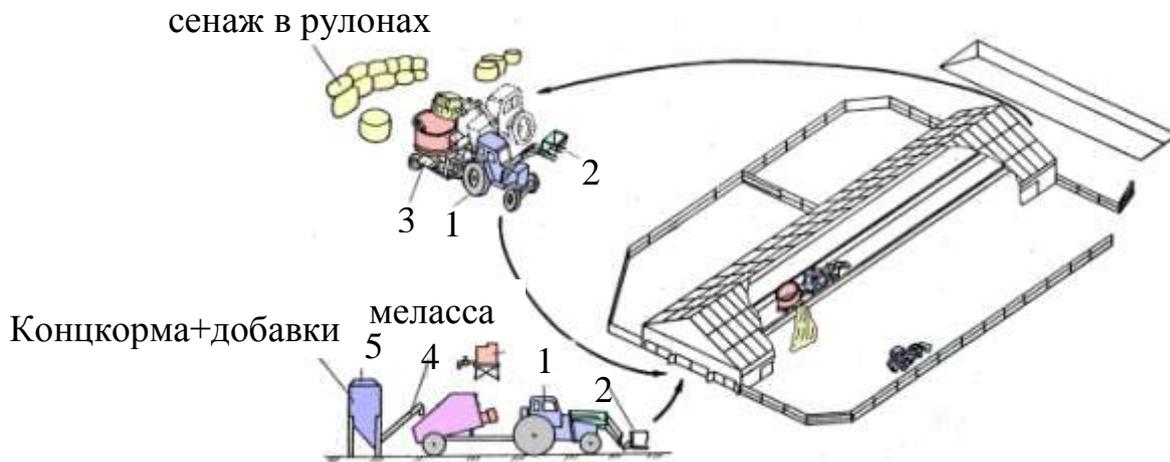


Рисунок 18 – Технологическая схема производства работ на фермах КРС с малокомпонентным сенажно-концентратным типом кормления животных:

- 1 - трактор МТЗ-80/82; 2 - фронтальный погрузчик ПКУ-0,8;
 3 – измельчитель-раздатчик прессованных стебельчатых кормов ИСКП-5;
 4 – смеситель-раздатчик концентратов, жидких (меласса) и балансирующих добавок; 5 – бункер концентратов с дозирующим шнеком

Дальнейшие исследования показали, что такие раздатчики-смесители необходимы и для свиноводческих ферм с содержанием животных в необогреваемых помещениях легкого типа на глубокой подстилке с кормлением и поением животных вволю из групповых кормушек и поилок. В этих случаях их можно использовать в качестве загрузчиков комбикормов в групповые кормушки (рис. 19), а также в качестве смесителей в случаях смешивания концентратов с премиксами и другими балансирующими добавками в хозяйствах, имеющих только размольные отделения зерновых.

В целях расширения функциональных возможностей новой машины рассмотрим вероятность применения ее на свиноводческих фермах с картофельно-концентратным типом кормления животных, который широко распространен в Центральном, Северо-Западном, Приволжском, Уральском, Сибирском и Дальневосточном округах. Наибольшее количество картофеля производится в центральном (до 29%), Приволжском (до 26%) и Сибирском (до 19%) округах /23/.

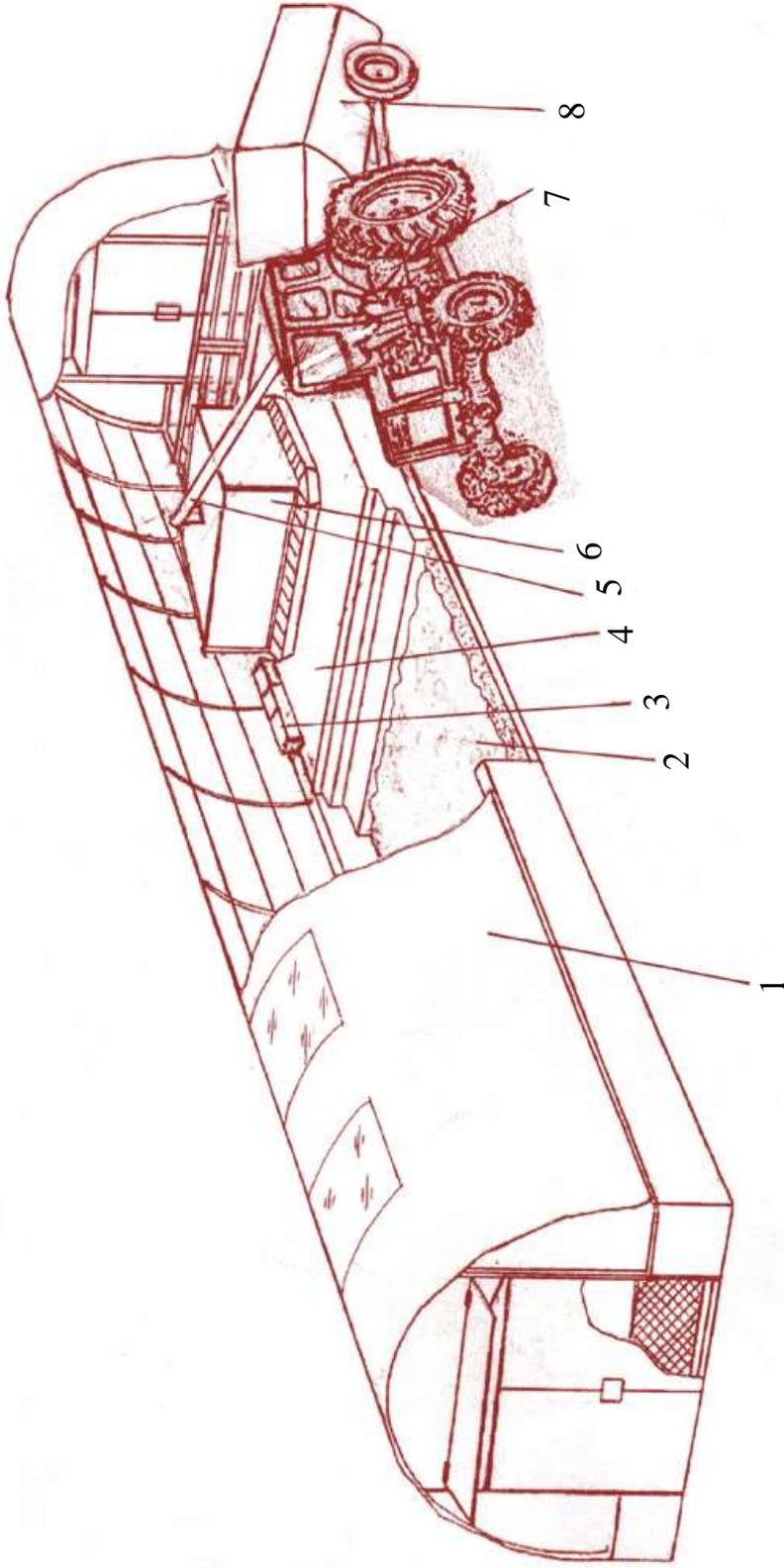


Рисунок 19 – Схема размещения оборудования в свиарнике-ангаре с крупногрупповым содержанием животных на глубокой подстилке:

1 – свиарник-ангар; 2 – логово с подстилкой; 3 – групповая поилка; 4 – кормовой стол; 5 – загрузочный транспортер; 6 – групповая самокормушка; 7 – трактор класса 0,6-1,4 ТС; 8 – смеситель-загрузчик кормов

В 2005 г. в хозяйствах всех категорий в России было произведено 36,4 млн.т картофеля, из них: в коллективных хозяйствах – 2,2 млн.т; в фермерских хозяйствах – 0,7 млн.т; в личных подсобных хозяйствах – 33,5 млн.т.

Из общего количества произведенного картофеля на потребление населения расходуется 36%, на семена – 24%, на корм скоту – 36,6% и на промышленную переработку (спирт) – 3,4%. Из этих данных видно, что более трети произведенного картофеля используется на корм скоту в основном в запаренном виде. Основная часть его (свыше 92%) производится в личных подсобных хозяйствах, в которых может содержаться 100-250 свиней.

Известен способ приготовления запаренных кормосмесей в смесителях-запарниках, в которых тепловая обработка всех кормовых компонентов производится одновременно за счет подачи в смеситель пара, производимого отдельно стоящими паровыми котлами. Недостатками таких способов являются большие затраты тепла на прогрев смесителей, большие потери тепла на поверхностях смесителей и значительное снижение производительности вследствие длительного остывания запаренной кормосмеси в смесителе. Кроме того, острой необходимости в запаривании некоторых кормовых компонентов нет /22/.

Для устранения указанных недостатков предлагается способ, предусматривающий не запаривание всех смешиваемых кормовых компонентов в смесителе, а варку только корнеклубнеплодов в отдельной емкости с последующей перегрузкой их в смеситель, где, смешиваясь с другими кормовыми компонентами, передают им тепло, образуя готовую к скармливанию по температурным параметрам кормосмесь (рис. 20).

Технологическая схема приготовления влажных кормосмесей заключается в следующем. Вначале в заварную емкость загружаются корнеклубнеплоды и заливается вода. При горении горючих материалов происходит варка корнеклубнеплодов. Одновременно в работающий смеситель загружаются концентрированные корма, жировые, белково-витаминные и другие добавки. После завершения варки корнеклубнеплоды перегружаются в смеситель путем опрокидывания заварной емкости, где, смешиваясь с другими компонентами, передают им тепло, образуя готовую к скармливанию по температурным параметрам кормосмесь без дополнительных затрат времени на остывание. Во время смешивания комбикорма запариваются и обеззараживаются теплом корнеклубнеплодов. Для ускорения остывания во время смешивания (в случае необходимости) включается в работу вентилятор, подающий воздух в смеситель. По мере окончания смешивания и остывания массы открывается выгрузное окно и кормосмесь выгружается в кормораздающие или транспортные средства.

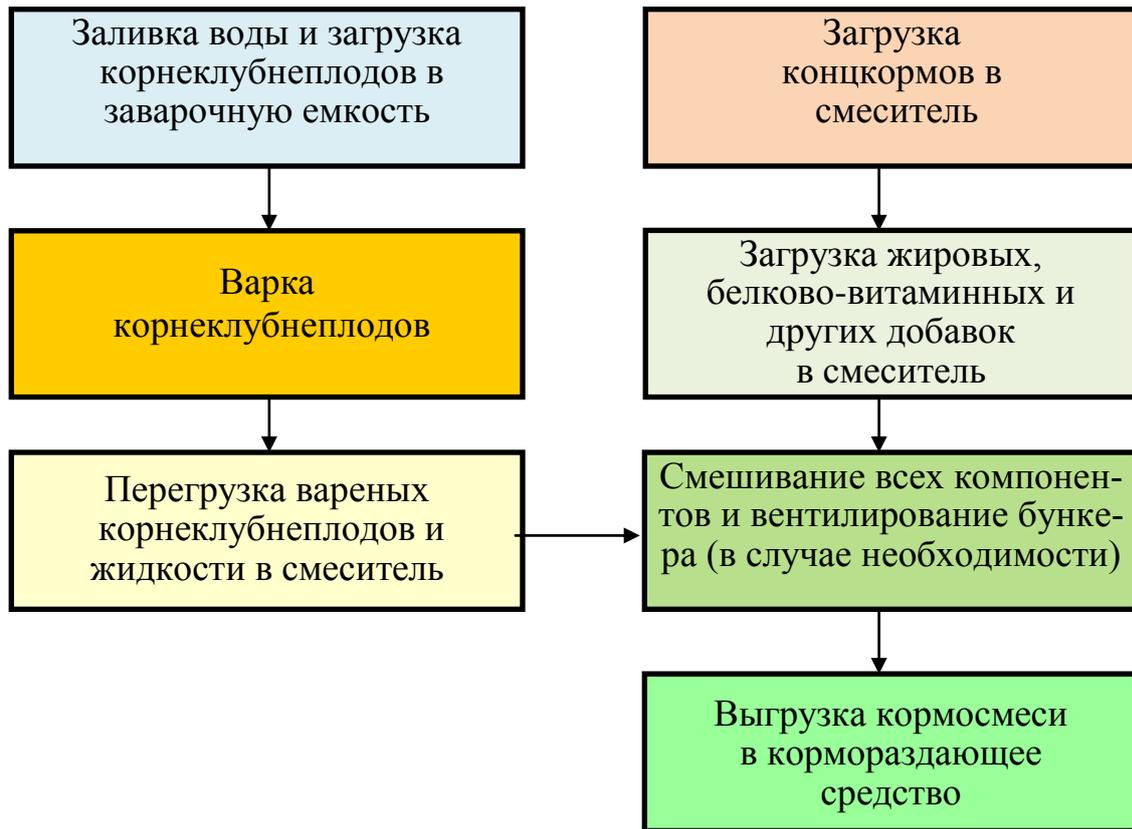


Рисунок 20 – Технологическая схема приготовления влажных кормосмесей с тепловой обработкой корнеклубнеплодов и смешиванием их с концентрированными кормами, жировыми, белково-витаминными и другими добавками

В сравнении с прототипом, предложенный способ и агрегат для его осуществления позволяют увеличить удельную производительность, приходящую на единицу объема смесителя, более чем в 3 раза за счет уменьшения времени запаривания с 60-70 до 30 минут при прямой варке корнеклубнеплодов, а также уменьшения времени остывания с 90 минут до 15 минут (времени смешивания). Кроме того, уменьшаются также затраты на энергоресурсы до 1,64 раза за счет варки отдельных кормовых компонентов, требующих тепловую обработку, а также исключение затрат тепла на прогрев смесителей.

Применение предложенных способа и средства в зонах с широким использованием картофеля в производстве животноводческой продукции (Северо-Западном, Центральном, Уральском, Дальневосточном и Сибирском округах) позволит резко увеличить эффективность производства мяса.

Выбор типа и вместимости бункеров недостающего оборудования вышеприведенных кормовых линий определим с помощью структурно-функционального анализа технологических процессов.

Главными функциями технических средств для смешивания и раздачи концентрированных кормов с мелассой и другими балансирующими добавками на фермах крупного рогатого скота являются:

- прием отдозированных порций концентрированных кормов и смешивание их с мелассой и балансирующими добавками;
- транспортирование и распределение кормосмесей по кормушкам с контролем их нормы выдачи.

Наряду с основными функциями разрабатываемое оборудование должно выполнять ряд вспомогательных функций:

- обеспечение привода смешивающе-выгрузного устройства;
- загрузка концентрированных кормов;
- загрузка мелассы и других балансирующих добавок;
- обеспечение возможности контроля количества загружаемых или выдаваемых кормовых материалов по массе и др.

Вспомогательные функции могут выполняться самостоятельным оборудованием. Концентрированные корма могут загружаться шнековым транспортером из бункеров типа БСК-10, меласса – шестеренчатым насосом. Контроль количества загружаемых кормовых материалов может осуществляться весовым способом с помощью тензометрических устройств, установленных на смесителе-раздатчике, или объемным способом по времени работы выгрузочного транспортера, а мелассы – счетчиком.

Грузовместимость бункера кормораздающего средства должна быть равной или кратной массе корма, потребной для выдачи наиболее многочисленной группе, т.е.

$$V_{\text{б}} = \frac{n_{\text{ж. макс}} G_{\text{сут.}}}{\rho \psi z},$$

где $n_{\text{ж. макс}}$ – количество животных в одной производственной группе;

$G_{\text{сут.}}$ – суммарная суточная норма выдачи кормов на 1 голову одной производственной группы;

ρ – объемная масса кормосмеси, кг/м^3 , $\rho \approx 600 \text{ кг/м}^3$;

ψ – коэффициент полезной вместимости бункера раздатчика смесителя, $\psi \approx 0,8-0,7$;

z – кратность кормления животных в сутки, $z = 2-3$.

Принимаем $z = 3$.

Размер групп зависит от многих факторов и на молочных фермах может колебаться от 20 до 100 голов, на откормочных фермах 20-200 голов /4/. Примем $n_{\text{ж. макс}} = 200$.

Суточная норма выдачи концентрированных кормов на 1 голову составляет от 2 до 7 кг, мелассы – 0,5-2 кг.

Примем суммарную норму выдачи всех кормов:

$$G_{\text{сут.}} = 4,5 + 1,5 = 6 \text{ кг.}$$

Тогда

$$v_{\text{б}} = \frac{200 \cdot 6}{600 \cdot 0,7 \cdot 2} \approx 1,5 \text{ м}^3.$$

Главными функциями технических средств для доставки, смешивания концкормов с премиксами и загрузки их в групповые кормушки свинарников с содержанием животных на глубокой подстилке являются:

- прием отдозированных порций концкормов и смешивание их с премиксами (в случае необходимости);
- доставка и загрузка комбикормов в групповые кормушки.

Кроме того, разрабатываемое оборудование должно выполнять следующие вспомогательные функции:

- обеспечение привода смешивающе-выгрузного устройства;
- загрузка концентрированных кормов;
- загрузка премиксов и других балансирующих добавок.

Последние две вспомогательные функции могут выполняться самостоятельными устройствами, как и в первом технологическом процессе.

Вместимость бункера кормозагрузочного средства примем из следующих соображений.

В подавляющем числе случаев вместимость свинарников с содержанием животных на глубокой подстилке не превышает 200 голов. При суточной норме выдачи 3 кг на голову, за сутки расходуется 600 кг комбикормов. Если загружать самокормушку один раз в три дня за один рейс, то вместимость бункера кормозагрузочного средства должна быть:

$$v_{\text{б}} = \frac{600 \cdot 3}{600} = 3 \text{ м}^3.$$

Главными функциями технических средств для приготовления влажных кормосмесей с тепловой обработкой клубнеплодов при концентратно-картофельном типе кормления свиней являются:

- варка корнеклубнеплодов;
- смешивание и выгрузка всех компонентов в кормораздаточные или транспортные средства.

Кроме того, разрабатываемые технические средства должны выполнять следующие вспомогательные функции:

- обеспечение привода смешивающе-выгрузного устройства;
- заливка воды и загрузка клубнеплодов в заварочную емкость;
- перегрузка вареных клубнеплодов в смеситель;
- загрузка концкормов в смеситель;
- загрузка жировых, белково-витаминных и других добавок в смеситель.

Указанное техническое средство должно обслуживать поголовье свиней до 200 голов, находящихся в ЛПХ, так как до 92% картофеля производится в них.

Ежесуточно такому количеству поголовья требуется зерновой смеси /22/ $2 \times 200 = 400$ кг, картофеля $3 \times 200 = 600$ кг. Если принять, что картофель в смеси с концентратами будет выдаваться два раза в сутки, за один цикл необходимо приготовить смеси $1000/2 = 500$ кг, в том числе 200 кг концкормов и 300 кг картофеля.

Вместимость емкости для варки картофеля составит:

$$v_6 = \frac{300}{680 \cdot 0,9} = 0,49 \text{ м}^3.$$

Общая вместимость смесителя

$$v_6 = \frac{500}{600 \cdot 0,8} = 1,04 \text{ м}^3.$$

Проведенный структурно-функциональный анализ показал, что несмотря на использование разрабатываемых технических средств в разных технологических процессах основные функции их одинаковые: прием, смешивание разных кормовых компонентов и балансирующих добавок и выдачу готовых кормосмесей в кормушки в мобильном варианте или в транспортные или кормораздающие средства в стационарном исполнении. Привод их может быть выполнен от электродвигателей или от гидромоторов, работающих от гидросистем тракторов. Вместимость бункеров их должна быть в пределах от 1 до 3 м^3 .

Главной функцией всех устройств является смешивание материалов, которое может проводиться разными способами. В последние годы в ГНУ СКНИИМЭСХ были проведены исследования различных способов смешивания в смесителях периодического действия. Были изучены рабочие процессы трех и четырехшнековых смесителей с передней и центральной выгрузкой, смесителей шнеково-гравитационного и мотовильного типа (рис. 21).

Проведенные исследования показали, что для приготовления кормосмесей со стебельчатыми кормами на фермах крупного рогатого скота наиболее подходят смесители с вертикальным коническим шнеком. Они более надежны в работе, так как способны пропускать крупные инородные включения благодаря большим пространствам между рабочими органами. По этой схеме разработаны агрегаты АКМ-9. Исследования показали также, что энергоемкость процесса можно снизить до 30% при использовании наклонных до 30° смесителей с двумя нижними шнеками, в которых материал шнеками подается в поднятую часть бункера, а оттуда под действием гравитационных сил осыпается в нижнюю часть бункера /4/.

Однако эта схема предпочтительна для стационарных смесителей и смесителей небольшой вместимости.

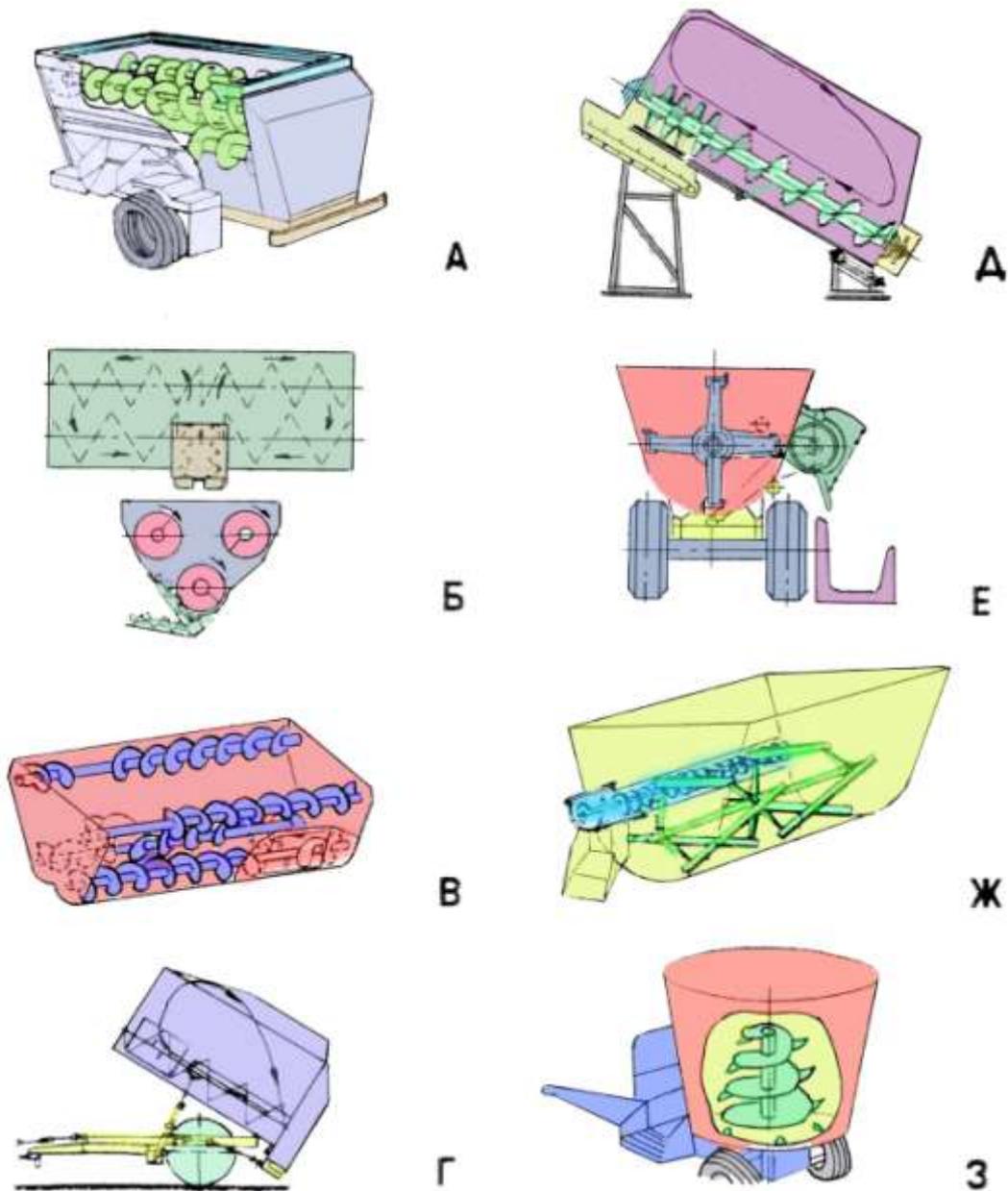


Рисунок 21 – Схемы существующих смесителей и измельчитель-смесителей кормов:

А – трехшнековые с центральной и торцевой выгрузкой кормосмесей;
 Б – со смешивающе-выгрузным устройством; В – четырехшнековые;
 Г – трех- и одношнековый с наклонным бункером; Д – двухшнековый с наклонным расположением бункера; Е – с мотовильно-лопастным валом; Ж – шнеко-мотовильного типа; З – с вертикальным коническим шнеком

Технологическая схема работы мобильного смесителя с одним наклонным шнеком представлена на рис. 22.

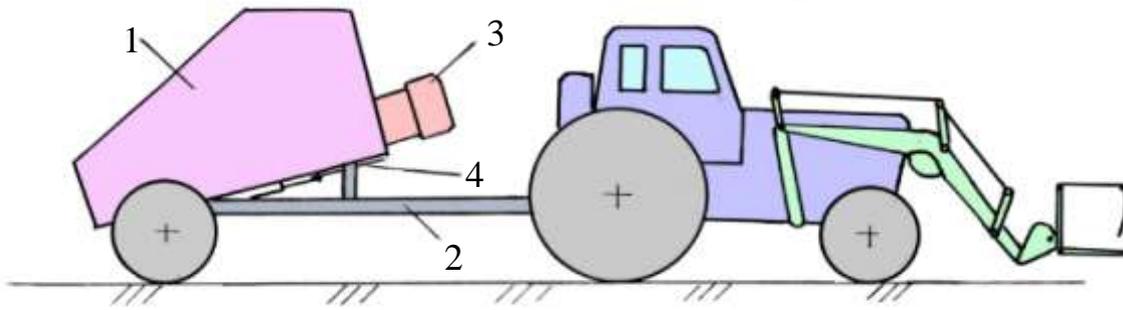


Рисунок 22 – Схема прицепного смесителя-загрузчика-раздатчика кормов: 1 – бункер; 2 – ходовая часть; 3 – гидропривод шнека; 4 – заслонка с гидроприводом

Более сложен агрегат для приготовления влажных кормосмесей с варкой клубнеплодов (рис. 23).

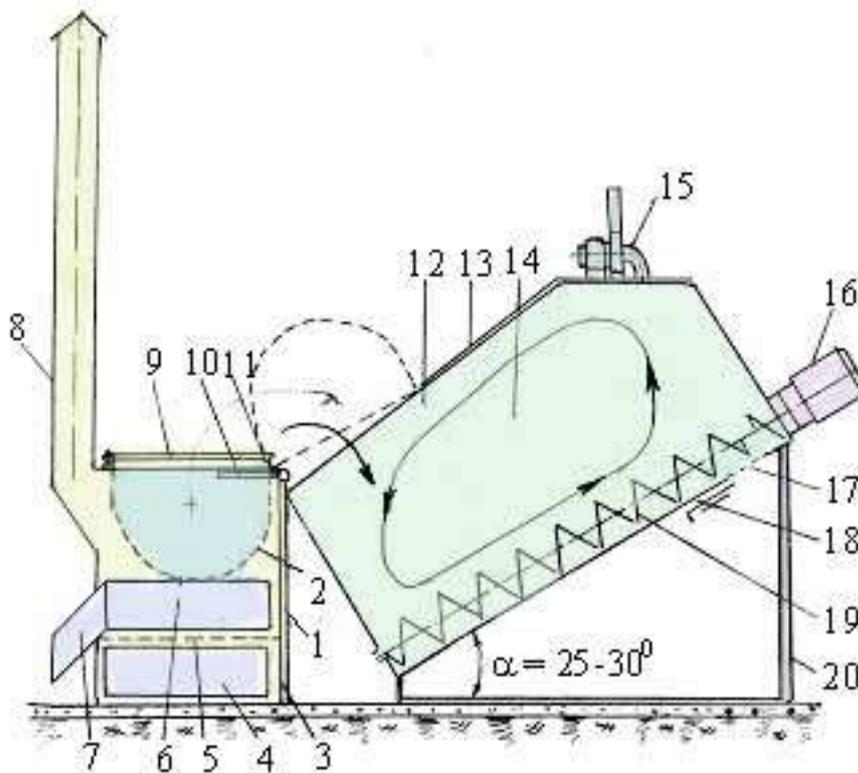


Рисунок 23 – Агрегат для приготовления влажных кормосмесей с тепловой обработкой корнеклубнеплодов и смешиванием их с концентрированными кормами, жировыми, белково-витаминными и другими добавками

Он состоит из заварочной емкости 2 с крышкой 9, установленной над топочным устройством 1, смесителя 14 с бункером 12 и крышкой 13. В полутрубах днища бункера размещены один или два шнека 19, приводимых в движение электродвигателем 16. В днище бункера имеется выгрузное окно 17, перекрываемое заслонкой 18. Бункер установлен

на раме 20 под углом к горизонту $25-30^{\circ}$, что снижает энергоемкость процесса смешивания и облегчает загрузку из бункера в транспортные средства /4/ кормовых компонентов и выгрузку готовой кормосмеси из бункера. Для ускорения остывания кормосмеси (в случае необходимости) на крышке 13 бункера установлен вентилятор 15.

Топочное устройство 1 оснащено колосниковой решеткой 5, на которую загружают горючие материалы через окно 6, закрываемое дверцей 7. Ниже колосниковой решетки имеется выдвижная емкость для сбора золы. Продукты горения удаляются из топочного устройства 1 через вытяжную трубу 8.

Заварная емкость, установленная над топочным устройством, выполнена поворотной для обеспечения перегрузки сваренных корнеклубнеплодов путем опрокидывания на оси 11 с помощью рычага 10 в смеситель.

Принятие каждым хозяйством самостоятельного решения по составу кормовой смеси является одним из главных условий, обеспечивающих высокоэффективное производство животноводческой продукции. Оптимизацию кормовых рационов необходимо проводить по методам, разработанным институтами ВИЖ, СКНИИЖ и др.

В молочном скотоводстве травяные системы позволяют получать без подкормки концентратами и белковыми добавками удои 3-3,5 тыс.кг молока на корову в год. Однако следует иметь в виду, что при пастбищной системе перегон коровы на 1 км приводит к снижению удоя до 1 кг. Выход на продуктивность порядка 5,0 тыс.кг молока на корову в год может быть достигнут при использовании травяных и зернофуражных кормов.

Ориентировочно рационы силосно-корнеплодного типа дойным коровам живой массой 500 кг при различном удое и 3,8% жирности молока можно составить по уравнению регрессии /5/:

$$M = 0,116 x_1 + 0,501 x_2 + 0,749 x_3 + 1,28 x_4 + 1,95 x_5,$$

где M - среднесуточный удой;

x_1 - силос кукурузобобовый и травяной ($30 \leq x_1 \leq 35$);

x_2 - свекла и другие корнеплоды ($5 \leq x_2 \leq 20$);

x_3 - сено ($3 \leq x_3 \leq 5$);

x_4 - зернобобовые и другие концентраты ($1,5 \leq x_4 \leq 9$);

x_5 - добавки (мочевина, поваренная соль, фосфорно-кальциевые соли) ($0,28 \leq x_5 \leq 0,49$).

С целью обеспечения детализированного кормления животных необходимо формировать в группы по функциональному состоянию (срокам отела), по продуктивности, возрасту, периодам производственного цикла откорма молодняка и др. В настоящее время, по мнению многих ученых, наиболее приемлем следующий принцип формирования групп

животных для молочных комплексов: 1 - группа раздоя (60 дней лактации); 2 – установившийся период лактации (60-120 дней); 3 – стельные (120-200 дней лактации); 4 – стельные (200-300 дней лактации); 5 – сухостойные. В зависимости от размера комплекса внутри указанных групп могут быть выделены подгруппы по уровню продуктивности, возрасту, массе и т.д.

За рубежом проводят разделение дойного стада на функциональные группы по трем критериям указанные в таблице 4 /5/. Первый критерий - число дней после отела (Д), второй – суточная молочная продуктивность (У), третий – упитанность коровы по пятибалльной шкале (К). В таблице значения суточного удоя указаны применительно к годовой продуктивности, равной 6000кг на голову.

Таблица 4 – Критерии для разделения дойного стада на группы

Номер группы	Число дней после отела (Д)	Суточный удой (У) на голову, кг	Упитанность (К), баллы
1	0 – 100	Более 24	3,5 – 2,5
2	101 – 200	24 – 16	2,5 – 3,0
3	201 – 305	16 – 8	3,0 – 3,75
4	306 – 345	-	3,5 – 3,75
5	346 - 365	-	3,5 – 3,75

Указанными критериями руководствуются следующим образом. Если в течение первых 50 дней после отела суточный удой по результатам контрольной дойки ниже 24 кг, то корову досрочно переводят во вторую группу. Если суточный удой остается высоким после 100 дней лактации, то задерживают в первой группе до следующей контрольной дойки. Если в течение 200 дней после отела живая масса коровы восстанавливается очень медленно, то корову задерживают во второй группе.

При кормлении должно соблюдаться условие – **круглые сутки в кормушках или на кормовом столе должна быть кормовая смесь**. Для того, чтобы кормосмесь не портилась перед каждой раздачей на каждом погонном метре кормушки должно оставаться 1,5 – 2 кг кормовой смеси.

На откормочных фермах молодняка КРС производственный цикл делится на периоды, при этом программу кормления телят до 60-дневного возраста изменяют каждую неделю, после - каждый месяц (табл. 5).

Размер групп зависит от многих факторов и на молочных фермах может колебаться от 32 до 100 коров /6/, на откормочных фермах – 20-200 голов. Число животных в каждой производственной группе можно определить по выражению:

Таблица 5 Программа кормления молодняка крупного рогатого скота 2, 3 и 4 периодов
(рекомендации ВИЖ)

Пе-риоды	Возраст животных, дней	Сено, кг		Силос, кг		Комбикорм 61-1, кг		Зерносмесь № 1, кг		Зерносмесь № 2, кг		Всего, к.ед.	Количество концентратов, кг	Количество к.ед. в концентратах
		в день	за период	в день	за период	в день	за период	в день	за период	в день	за период			
2	100-110	1,0	10,0	6,0	60,0	1,6	16,0							
	110-140	1,1	33,0	8,0	240,0	1,8	54,0							
	140-170	1,2	36,0	10,0	300,0	2,1	63,0							
	170-201	1,5	46,5	13,0	393,0	2,2	68,2							
	201-231	1,5	45,0	13,0	390,0	2,6	78,0							
	231-257	1,6	41,6	13,0	338,0	3,0	78,0							
Итого, кг			212,1		1721,0		357,0						357,0	
Итого, к.ед.			95,44		344,2		428,4					868,04		428,4
3	257-291	1,7	57,8	14,0	476,0	-	-	3,3	112,2					
	291-321	1,8	54,0	16,0	480,0	-	-	3,5	105,0					
Итого, кг			111,8		956,0		-		217,2				217,2	
Итого, к.ед.			50,31		191,2		-		201,9			443,4		201,9
4	321-351	1,9	57,0	18,0	540,0					3,9	117,0			
	351-381	2,0	60,0	20,0	600,0					4,2	126,0			
	381-411	2,0	60,0	21,0	650,0					4,4	132,0			
	411-441	2,0	60,0	20,0	600,0					5,0	150,0			
	441-471	2,0	60,0	19,0	570,0					5,5	165,0			
	471-509	2,0	76,0	18,0	684,0					6,0	228,0			
Итого, кг			373,0		3624,0						918,0		918,0	
Итого, к.ед.			167,85		724,8						1009,8	1902,5		1009,8
Всего за производственный цикл, кг												3213,9	1492,2	1639,7

$$n'_{жс} = \frac{t_i \cdot m_{жс}}{t_{общ}}, \quad (1)$$

где t_i - продолжительность цикла, дней;

$t_{общ}$ - продолжительность всего производственного периода, дней;

$m_{жс}$ - количество всех животных на ферме, гол.

2.3. Методика расчета технологических линий подготовки и раздачи кормосмесей

Порядок и последовательность выполнения отдельных операций проектирования и расчета параметров поточных линий подготовки и раздачи кормов следующие:

1. Определение годового, суточного расхода каждого вида корма, исходя из рационов кормления, поголовья и продолжительности кормления.

Годовой объем расхода каждого вида корма определяют из выражения:

$$G_{год} = 0,001 \sum_{i=1}^n G_i n_i t_i', \quad \text{Т}, \quad (2)$$

где G_i - норма выдачи корма в день одной голове i -й производственной группы, кг;

n_i - среднегодовое количество животных в группе, гол.;

t_i' - продолжительность кормления в году, дней;

n - число производственных групп на ферме.

Суточный расход каждого вида корма определяется по формуле:

$$G_{ср.сут} = \frac{G_{год}}{t_k}, \quad (3)$$

где t_k - продолжительность скармливания данного вида корма в году, дн.

Максимальный расход всех видов кормов на одно кормление, если суточный объем выдается равными долями, составит:

$$G_{\max.корм} = \frac{\sum_{i=1}^m G_{ср.сут}}{Z_k}, \quad (4)$$

где Z_k - кратность кормления в сутки;

m - количество видов кормов в рационе.

Во многих случаях годовой расход кормов рассчитывают также табличным способом.

2. Расчет количества силосованных кормов (зеленой массы) для закладки годового запаса.

Количество корма для закладки в хранилища определяют из выражения:

$$G_{год.з.м.} = \frac{G_{год}}{1 - \eta}, \quad (5)$$

где η - коэффициент, учитывающий потери сухого вещества при хранении (для силоса в траншеях $\eta = 0,15-0,25$).

3. Определение вместимости хранилища каждого вида корма и выбор типоразмера хранилищ.

Размеры силосных траншей должны быть такими, чтобы ежедневно обеспечивался отбор силосованных кормов слоями (Δp) более 30 см.

Допустимые параметры траншейных хранилищ, соответствующих темпу выгрузки в день, определяют из выражения:

$$S_{\max} = \frac{G_{сп.сут}}{\rho \cdot \Delta p}, \quad (6)$$

где ρ - плотность корма в хранилище, кг/м³;

S_x - поперечное сечение траншеи, м².

Зная требуемую площадь сечения хранилища и высоту типовых силосохранилищ (3 м), из типоразмерного ряда выбирают ближайший размер ширины хранилища. При проектировании нового хранилища ширину траншеи можно выбрать из условия, что высота ее должна быть не менее 4 м.

Длину и объем траншеи находят из условия, что кормоуборочными машинами и транспортными средствами, имеющимися в распоряжении хозяйств, можно заполнить хранилища за 3-4 дня.

Хранилища сена и корнеклубнеплодов выбирают из существующих типовых проектов.

Необходимое число кормохранилищ определяется из выражения:

$$Z_{xp} = \frac{G_{год}}{V_{xp} \cdot \rho \cdot \psi}, \quad (7)$$

где V_{xp} - объем выбранного хранилища, м³;

ψ - коэффициент использования вместимости

Полученное число хранилищ округляют до целого.

С целью увеличения производительности кормовых агрегатов за счет сокращения времени переезда их между хранилищами целесообразно предусматривать компактное расположение хранилищ на кормовой зоне фермы, а лучше всего запроектировать крытые комбинированные хранилища, в которые снизу закладываются силосованные корма, а сверху – прессованные грубые корма. В этом случае загрузка силосованных и грубых кормов в агрегаты может производиться с минимальными перемещениями погрузочного средства.

4. *Определение теоретической производительности поточной кормовой линии.*

Теоретическую производительность линии находят по уравнению:

$$Q_m = \frac{G_{кор}^{max}}{T_{дон}}, \quad (8)$$

где $T_{дон}$ – допустимое время разового кормления животных согласно распорядку дня. На молочных фермах $T_{дон} \leq 2$ ч, на откормочных фермах $T_{дон} \leq 7$ ч.

5. *Определение технологических параметров машин поточной линии.*

Как указывалось выше, для южных районов России наиболее эффективны мобильные кормораздающие средства. При их использовании нет больших проблем в обеспечении надежности кормовых линий. При прежних технологиях поочередной раздачи кормовых компонентов вместимость бункеров кормораздатчиков выбирали из условия обслуживания одной или нескольких линий раздачи в одном помещении.

В случаях соблюдения детализированных норм кормления животных полноценными кормосмесями вместимость бункеров должна быть равной или кратной массе порций корма, потребной для выдачи одной производственной группе. Величина таких порций корма зависит не только от динамики поголовья, но и от размера фермы и кратности кормления. При беспривязном содержании кратность кормления животных кормосмесями можно принимать равной 2. За рубежом в ряде случаев применяют даже однократное кормление из кормушек увеличенной вместимости или с пола прохода.

Размер групп животных на фермах крайне не одинаков. Например, на откормочной ферме вместимостью 500 голов размер групп изменяется от 75 до 225 голов. Грузовместимость бункера кормораздающего средства должна быть равной или кратной массе корма, потребной для выдачи наиболее многочисленной группе, т.е.

$$V_б = \frac{n_{ж. max} \cdot G_{сум}}{\rho' \cdot \psi' \cdot Z_{к}}, \quad (9)$$

где $n_{ж. max}$ – количество животных в одной производственной группе;

$G_{сут.}$ – суточная норма выдачи кормов в одной производственной группе, кг;

ρ' – объемная масса кормосмеси, кг/м³;

ψ' – коэффициент полезной вместимости бункера раздатчика-смесителя (для смесителей с горизонтально расположенными рабочими органами $\psi' = 0,9$, для смесителей с вертикальным коническим шнеком $\psi' = 0,7-0,8$).

В расчетах кратность кормления Z_k необходимо принимать не менее 2. Тогда при подготовке и раздаче кормосмесей малой по численности группе кормосмеситель будет недогружен. Однако при однократной раздаче корма в праздничные дни он будет загружен полностью.

В случае использования смесителя в стационарном исполнении вместимость его необходимо принимать из тех же соображений. Результаты исследований и передовой опыт показал, что рациональной вместимостью бункера следует считать 10-14 м³.

Зная требуемую вместимость бункера многофункциональных агрегатов и условия их функционирования (расстояние между производственными объектами, состояние дорожных условий и др.), определяют их производительность по выражению:

$$Q = \frac{3,6 \cdot C_{см}}{\frac{L}{V_б \cdot \rho' \cdot \psi' \cdot v_{тр}} + \frac{G_c}{G_{сут} Q_c} + \frac{G_2 \rho'}{G_{сут} \cdot Q_c \cdot \rho_{г.м}} + \frac{G_k \cdot \rho_{с.м}}{G_{сут} Q_c \rho_{к.м}} + \frac{l_1}{v_p G_{сут}}}, \quad (10)$$

где G_c, G_2, G_k – суточная норма выдачи соответственно силосованных, грубых и концентрированных кормов на одну голову, кг;

Q_c – производительность загрузочного устройства на силосе, кг/с;

$\rho', \rho_{с.м}, \rho_{г.м}, \rho_{к.м}$ – плотность кормосмеси и в монолите соответственно силосованных, грубых и концентрированных кормов.

Можно принимать $\gamma_c = 300$ кг/м³; $\rho_{с.м} = 700-900$ кг/м³;

$\rho_{г.м} = 100-150$ кг/м³; $\rho_{к.м} = 550-650$ кг/м³;

$C_{см}$ – коэффициент использования времени смены, $C_{см} = 0,70-0,80$;

$G_{сут.}$ – суточная норма выдачи всех видов кормов, кг;

$v_{тр.}, v_p$ – средняя скорость агрегата соответственно при движении по ферме и при раздаче смесей, м/с;

l_1 – фронт кормления одного животного, м;

L – расстояние, проходимое агрегатом за один цикл раздачи, кроме длины выдачи кормосмеси, м.

Выражение (10) справедливо для агрегата, загружаемого погрузочным устройством, отбирающим в единицу времени одинаковый объем

всех видов кормовых компонентов. Если какой-то компонент загружается другим каким-либо способом и средством, то в выражение необходимо подставлять фактическое время загрузки этого компонента в секундах вместо дроби в знаменателе формулы (10) с величинами, соответствующими данному виду корма. Кроме того, если в бункер загружают, кроме упомянутых трех компонентов, другие корма, то в знаменатель добавляют их время загрузки в секундах.

В свою очередь, производительность фронтальных погрузчиков ПКУ-0,8, оборудованных дополнительным фрезбарбаном, определяют из выражения:

$$Q_n = \frac{3,6lh_\phi\gamma_m \cdot C_{cm}}{\frac{1}{v_o} + \frac{lh_\phi\rho_m}{V_\kappa \cdot \rho_1} \left(\frac{h_1}{v_n} + \frac{L_1}{v_p} + \frac{L_1}{v_{mp}} + t_3 + t_5 \right)}, \quad m / ч, \quad (11)$$

где v_o, v_n, v_p, v_{mp} - скорости соответственно опускания и подъема фрезы при работе, движения погрузчика с грузом и без него, м/с;

l - ширина фрезы, м;

h_ϕ - глубина фрезерования, м;

ρ_m, ρ_1 - плотность кормов в монолите и отфрезерованного материала, кг/м³;

V_κ - вместимость ковша, м³;

h_1 - высота подъема стрелы, не затрудняющая заполнение ковша напором, $h_1 = 1,5$ м;

L_1 - расстояние от места стоянки кормораздающих средств до места забора корма, м;

t_3 и t_5 - время соответственно наполнения ковша напором и время опорожнения. ковша, t_3 и $t_5 \approx 10-15$ с;

C_{cm} - коэффициент использования времени смены.

Расчетные значения производительности погрузчика при $h_1 = 1,5$ м, объемной массе в монолите силоса $\rho_{cm} = 900$ кг/м³, грубых кормов $\rho_{2.м} = 150$ кг/м³, разрыхленных $\rho_c = 300$ кг/м³; $\rho_2 = 75$ кг/м³; $v_n = 0,25$ м/с; $v_o = 0,07$ м/с; $v_{mp} = 2$ м/с; $t_3+t_5 = 25$ с; $v_p = 1$ м/с; $h_\phi = 0,3$ м; $C_{cm} = 0,8$; $l_1 = 1,5$ м; $V_\kappa = 1$ м³ приведены в табл. 6.

Производительность погрузчика снижается с увеличением расстояния перемещения кормов. Поэтому кормораздающие средства необходимо размещать в непосредственной близости к местам забора кормов. Кроме того, хранилища грубых и силосованных кормов необходимо размещать на минимально возможном расстоянии между собой. В перспективе должны найти применение крытые хранилища, в которых внизу будут храниться силосованные корма, а сверху их – тюкованные грубые корма.

Таблица 6 – Расчетные значения производительности фронтального погрузчика ПКУ-0,8 с фрезбарбаном (за 1 ч сменного времени)

Показатели	Расстояние перемещения материалов L_1 , м											
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	65	60	
Производительность Q на погрузке, т/ч:												
силоса	15,6	13,7	12,3	11,1	10,1	9,3	8,6	8,0	7,5	7,0	6,6	
грубых кормов	3,49	3,11	2,81	2,56	2,35	2,17	2,02	1,89	1,77	1,67	1,59	

Определив производительность автономно действующего погрузочного средства и подставив ее в выражение (10), находят производительность комплекта машин кормовой линии на всем комплексе работ: погрузке, подготовке, транспортировке и раздаче кормов.

На доставке и раздаче зеленых кормов производительность прицепного агрегата определяют из выражения (12), являющегося частным случаем выражения (10):

$$Q_n = \frac{3,6G_{сут} \cdot n_{ж}}{\frac{2L}{v_{mp}} + \frac{n_{ж} G_{сут} L_o}{V_b \cdot \rho \cdot \psi \cdot v_{mp}} + \frac{n_{ж} G_{сут}}{Q_3} + \frac{n_{ж} l_1}{v_p} + \frac{n_{ж} G_{сут}}{V_b \rho \psi}}, \quad (12)$$

где $G_{сут}$ - суточная норма выдачи корма на 1 голову, кг;

$n_{ж}$ - число животных на ферме, гол.;

L - расстояние между местом стоянки агрегата и фермой, м;

L_o - суммарное расстояние между фермой и полем, полем и хранилищем добавок, хранилищем и местом выдачи кормов, м.

Расчетные значения производительности агрегатов на доставке и раздаче зеленых кормов без учета коэффициента использования времени смены ($C = 0,8$) приведены в табл. 7.

Количество кормораздающих агрегатов в технологической линии определяют путем деления теоретической производительности линии (выражение 8) на фактическую производительность агрегатов в конкретных условиях функционирования.

Технологические, конструктивные параметры и кинематические режимы работы некоторых перспективных машин и агрегатов, входящих в поточные линии, определяют из выражений, приведенных в /4, 11/ и на стр. 41- 65.

Таблица 7 – Расчетные значения производительности агрегатов при раздаче зеленых кормов и их смесей

Объем бункера, м ³	Производительность (т/ч) при расстоянии транспортирования, м							
	1000		3000		5000		9000	
	В а р и а н т ы							
	1	2	1	2	1	2	1	2
3	6,1	2,5	2,9	1,7	1,9	1,3	1,1	0,9
4	7,1	3,2	3,6	2,2	2,4	1,7	1,4	1,2
5	7,9	3,8	4,2	2,7	2,9	2,1	1,8	1,4
6	8,5	4,3	4,8	3,1	3,3	2,4	2,1	1,7
10	10,1	5,9	6,5	4,5	4,8	3,6	3,1	2,6
16	11,3	7,6	8,1	6,0	6,3	5,0	4,4	3,7
19	11,6	8,1	8,7	6,6	6,9	5,5	4,9	4,2
20	11,7	8,3	8,9	6,75	7,2	5,7	5,1	4,4
22	11,9	8,6	9,1	7,1	7,5	6,0	5,4	4,6

Примечание: 1 вариант - загрузка агрегата от автономно функционирующего кормоуборочного комбайна; 2 вариант - загрузка агрегата от комбайна, агрегатируемого с одним трактором (с переагрегатированием)

Производительность стационарного измельчителя можно определить из выражения:

$$Q = \frac{3,6 \cdot V_{\delta} \cdot \gamma_{см} \cdot \psi_{\delta}}{t_2 + t_6 + t_7 + \frac{V_{\delta} \gamma_{см} \psi_{\delta}}{Q_{ср}}}, \quad (13)$$

где t_2 , t_6 , t_7 - время соответственно измельчения грубых кормов, смешивания всех компонентов, выгрузки кормосмесей.

Проанализируем направления повышения производительности смесителя. Время выгрузки кормосмесей зависит от величины выгрузного окна, частоты вращения шнеков, производительности отгрузного транспортера. Частота вращения шнеков $n_{ш}$ принимается из условия обеспечения требуемого качества смешивания кормов при приемлемой потребной мощности; $n_{ш}$ обычно принимается в пределах 15-30 мин⁻¹. Примем $n_{ш} = 24$ мин⁻¹. Диаметр шнеков по аналогии с существующими измельчителями-смесителями принят равным $D = 0,55$ м.

Тогда максимальная производительность двух шнеков при принятых параметрах составит:

$$Q = k \cdot \psi \cdot \gamma_{см} \cdot \pi \cdot n \cdot D^3 / 240, \quad \text{т/ч},$$

где k - коэффициент заполнения межвиткового пространства, $k = 1,0$;

ψ - отношение шага к диаметру витка, $\psi \approx 0,8$;

n - частота вращения шнеков, мин^{-1} .

Тогда

$$Q = 2 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 300 \cdot 3,14 \cdot 0,55^3 / 240 = 90,2 \text{ т/ч.}$$

Такую производительность может обеспечить скребковый отгрузной транспортер шириной 900 мм. При этом выгрузное окно в бункере, а, следовательно, и заслонку, необходимо принять шириной не менее 800 мм и длиной до 1000 мм.

При такой производительности отгрузного устройства для выгрузки 3 т кормосмеси из бункера смесителя потребуется не более 2 мин.

Время измельчения стебельчатых кормов t_2 зависит также от многих факторов: вида и влажности материалов, частоты вращения шнеков и др. Наиболее длительно измельчается сенаж в рулонах в пленочной упаковке – до 10 мин. Из опыта работы мобильных горизонтально-шнековых измельчителей можно принять время измельчения грубых кормов 4...8 мин. Это время можно полностью исключить, если в бункер загружать предварительно измельченные на специальных измельчителях грубые корма. Таким образом, суммарное время измельчения грубых кормов, смешивания всех компонентов и выгрузки кормосмесей составит:

$$t_2 + t_6 + t_7 = (4...8) + (4...6) + 2 = 10...16 \text{ мин.}$$

Подсчет по формуле (13) показывает, что один смеситель в течение трех часов может обслужить до 1000 голов молодняка КРС или 700 молочных или мясных коров. Если грубые корма измельчать на специализированном измельчителе, а, следовательно, исключить из рабочего цикла смесителя дополнительное время на измельчение рулонов, то производительность агрегата возрастет до 10,6 т/ч., что позволит увеличить обслуживаемое поголовье до 1500 голов молодняка КРС и 1000 коров.

6. Предварительная оценка надежности проектируемых поточных кормовых линий.

Ограниченные финансовые ресурсы, высокая стоимость запасных частей, увеличение числа операций, выполняемых одним агрегатом, выдвигают особые требования к надежности применяемых машин и оборудования. Основным показателем надежности машин и комплексов является коэффициент готовности

$$k_z = \frac{t_p + t_r}{t_p + t_r + t_B}, \quad (14)$$

где t_p , t_r , t_B - соответственно суммарное время непосредственной

работы, время на выполнение вспомогательных операций, время на восстановление (устранение отказов).

Поточные кормовые линии, в том числе многофункциональные кормовые агрегаты, состоят из различных отдельных агрегатов, надежность которых можно определить.

Зависимость коэффициента готовности системы от коэффициента готовности последовательно соединенных элементов, входящих в эту систему, представляет:

$$k_{zc} = \left[\sum_{i=1}^n \frac{1}{k_{zi}} - (n-1) \right]^{-1}. \quad (15)$$

Если коэффициенты готовности отдельных последовательно соединенных элементов системы одинаковы и равны $k_{zэ}$, то коэффициент готовности системы

$$k_{zc} = \left[\frac{n}{k_{zэ}} - (n-1) \right]^{-1}, \quad (16)$$

где n – количество последовательно соединенных элементов, то есть надежность работы агрегатов или комплектов машин с последовательно соединенными элементами зависит не только от надежности отдельных элементов, но и от их количества (рис. 24).

При большом количестве элементов можно получить относительно низкие показатели надежности системы даже при достаточно высокой надежности системы отдельных элементов.

На больших фермах кормовые линии иногда можно представить в виде систем с параллельным соединением элементов или в виде сложных систем, включающих в себя как последовательно, так и параллельно соединенные элементы. Под параллельным соединением элементов понимается система, в которой отказ одного или нескольких элементов не приводит к отказу всей системы.

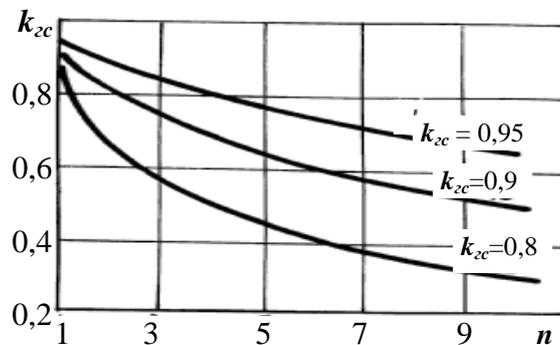


Рисунок 24 - Зависимость коэффициента готовности системы от количества последовательно соединенных элементов

Из теории надежности известно, что система, состоящая из параллельно работающих одинаковых элементов, имеет показатели составляющих систему элементов. Каждую параллельную линию, состоящую из последовательно соединенных элементов можно свести к одному приведенному элементу, а затем уже рассматривать систему, состоящую из одних последовательно работающих элементов.

Учитывая вышеизложенное, можно предварительно оценить надежность проектируемых многофункциональных агрегатов, структурные схемы которых представлены на рис. 25.

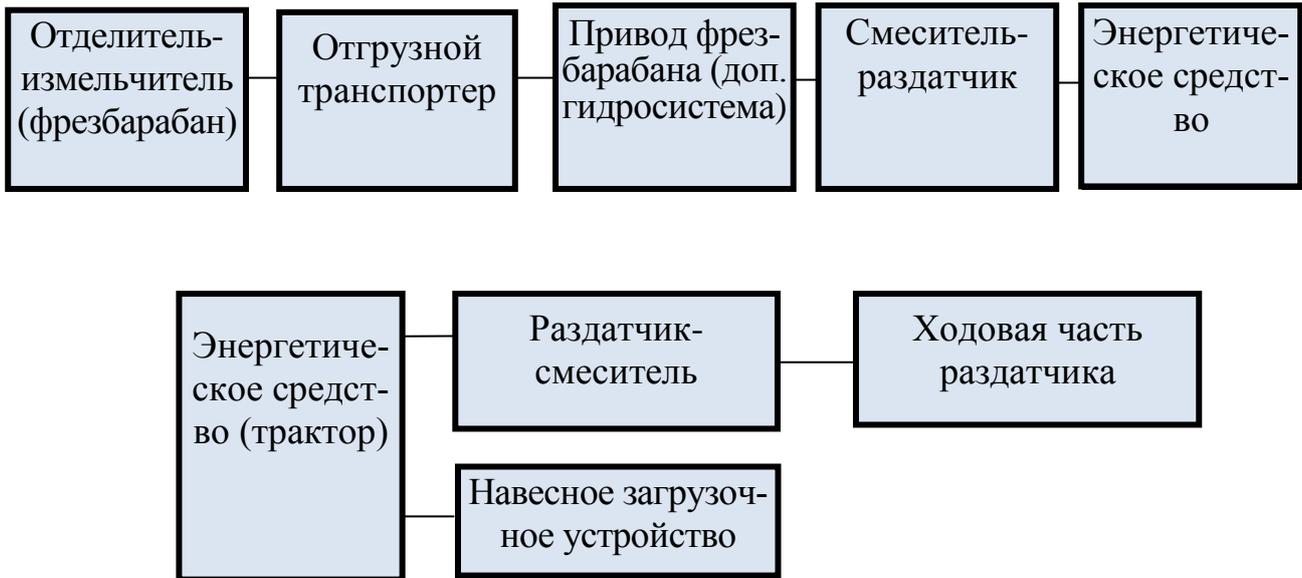


Рисунок 25 – Структурные схемы многофункциональных кормовых агрегатов:

а - самоходный агрегат с загрузочным устройством;

б – прицепной измельчитель-смеситель-раздатчик кормов, загружаемый и транспортируемый погрузочно-транспортным агрегатом

Анализ литературных источников показывает, что в начальный период эксплуатации коэффициент готовности агрегатов аналогичного назначения в производственных условиях составляет 0,92-0,98. В среднем можно принять 0,95. Однако в период эксплуатации машин коэффициент готовности их понижается до 0,9 и ниже. Если принять значение k_{ci} каждого элемента 0,95, то коэффициент готовности агрегата k_{zc} в первом варианте составит не более 0,77 (см.рис. 25), то есть свыше 20% времени будет расходоваться на восстановление машин. Поэтому такой агрегат будет эффективен только при высокой надежности составляющих его узлов. Для второго варианта k_{zc} будет составлять 0,85, что значительно выше.

7. Построение графика сменной (суточной) работы технологического оборудования, потребности в рабочей силе.

Построение такого графика поможет избежать ошибки в проектировании поточных линий, уточнить и во многих случаях упростить организацию выполненных работ, связанных не только с кормлением животных, но и внесением подстилки, уборкой навоза и доением коров. При этом может выясниться, что одним трактором, оснащенным загрузочным фронтальным устройством со сменным оборудованием и многофункциональным агрегатом, можно выполнить все операции по выемке из хранилищ, транспортировке и раздаче кормосмесей, внести подстилку и убрать навоз с проходов и выгульных площадок при беспривязном содержании животных. В конечном итоге применительно к конкретным условиям функционирования синтезируют несколько вариантов организационно-технологического исполнения поточных линий с техническим оснащением. Окончательный выбор рациональных вариантов проводят на основе их технико-экономической оценки.

2.4. Мероприятия, повышающие эффективность использования измельчителей-смесителей-раздатчиков кормов

В настоящее время практикуются следующие варианты загрузки смесителей-раздатчиков кормовыми компонентами:

- измельчитель-смеситель-раздатчик по очереди объезжает хранилища кормовых компонентов и поочередно загружается ими;
- измельчитель-смеситель-раздатчик загружается в хранилищах только силосованными и грубыми кормами, а остальными (концкорма, меласса, БМВД) – в пункте хранения и дозирования.

Процесс загрузки бункера кормовыми компонентами может занимать до 80% времени полного цикла кормления. Для сокращения времени погрузки необходимо как можно большее количество компонентов сосредоточить в одном месте по пути следования агрегата к местам выдачи. Наименьших затрат труда можно достичь в случае загрузки измельчителей-смесителей-раздатчиков без их передвижения.

Для обеспечения требуемой работоспособности измельчителей-смесителей-раздатчиков очень важно правильно обкатать их под нагрузкой. Следует иметь в виду, что в первоначальный период вследствие шероховатости внутренней поверхности бункера и витков шнека рабочие органы испытывают очень большие нагрузки. Поэтому в течение первых 70-100 часов работы агрегат целесообразно использовать на смешивании таких кормовых компонентов, как кукурузный силос, патока, полова, корнеклубнеплоды, сено. Травяной силос, сенаж, подвяленная зеленая масса бобовых

относится к наиболее трудно измельчающимся и смешивающимся кормам. Их необходимо добавлять в кормосмеси в ограниченных количествах или после хорошей приработки рабочих органов смесителя.

Как правило, все смесители обеспечивают требуемое качество смешивания в течение первых пяти минут работы, чего нельзя сказать о времени измельчения, которое может достигать 15 минут. Поэтому наивысшая производительность агрегата достигается при загрузке предварительно измельченных кормовых компонентов.

Силосованные корма должны измельчаться до требуемых частиц (не более 30 мм) силосоуборочными комбайнами Е-280, Дон-680, КДП-3000 (производство «Беларусь»). В таком случае корм лучше трамбуется, легче выгружается, смешивается и почти полностью поедается животными. Потери питательных веществ снижаются примерно на 25%. В случае, если силосованные корма заложены на хранение в крупноизмельченном виде (после комбайнов КСС-2,6), то выемку их из хранилищ целесообразно проводить с доизмельчением фронтальными погрузчиками с дополнительным фрезбарбаном.

Стебельчатые корма на фермах размером более 400 голов целесообразно предварительно измельчать на специализированных измельчителях ИРТ-165, ИРТ-80, ИСК-6 (конструкции СКНИИМЭСХ), ИРК-145, ИРК-180 (Беларусь) и др.

Для сокращения времени измельчения тыкву и корнеклубнеплоды необходимо загружать первыми, затем - стебельчатые корма и после них все остальные компоненты.

Питательная ценность полученных в раздатчиках-смесителях кормосмесей во многом зависит от качества дозирования кормовых компонентов, которые рекомендуется последовательно загружать в бункер смесителя, установленный на тензометрических весах, вторичный прибор которых смонтирован в передней части смесителя.

Дозирование грубых и сочных кормов может осуществляться объемным способом по числу загружаемых погрузчиками ПКУ-0,8 (ПЭ-0,8Б) ковшей с периодическим контролем их массы на тензовесах. Дозированную подачу концентрированных кормов из бункеров типа ПСК-10 в смесители-раздатчики с необходимой точностью ($\pm 5\%$) можно осуществлять шнековыми транспортерами диаметром 100-200 мм путем изменения продолжительности их работы с помощью реле времени. Дозирование мелассы и других питательных растворов следует осуществлять счетчиками ИР-11 и др.

В условиях использования низкоконцентратных рационов с большим содержанием объемистых кормов и несоблюдения технологической дисциплины при их заготовке и хранении экономически выгодно часть низкокалорийных кормов, в первую очередь не в полной мере соответствующую

щих требованиям по качеству, скармливать животным отдельно, используя кормораздатчики типа КТУ-10.

Если на ферме имеется помещение для напольного хранения комбикормов и различных добавок, то для их погрузки в измельчители-смесители-раздатчики можно использовать фронтальные погрузчики с ковшом.

При переходе на кормление животных многофункциональными кормовыми агрегатами необходимо хранилища кормов и производственные помещения соединить дорогами с твердым покрытием, а в помещениях устроить кормовые столы с выровненной поверхностью, приподнятой относительно логова на 200 мм. При переоборудовании существующих кормовых проходов стенки кормушек, примыкающих к проходу, удаляют, оставив наружные со стойловым ограждением, а кормовой проход и дно кормушек заливают бетоном толщиной 100-200 мм. Ширина кормового прохода должна быть не менее 3,5-4 м. Наличие кормового проезда типа «Шведский стол» упрощает удаление объедьев из помещения. Однако их целесообразно иметь в том случае, если кормораздающий агрегат не проезжает по загрязненным дорогам и не загрязняет кормовой проход.

Во многих хозяйствах еще не созданы условия для высокоэффективного использования мобильных кормовых агрегатов: нет средств для перепланировки кормовых зон ферм с целью обеспечения минимальных затрат времени на переезд агрегатов и загрузку их кормовыми компонентами, оборудования подъездных путей твердым покрытием, перепланировки помещений для животных и др.

Кроме того, в некоторых хозяйствах, где фермы расположены на небольшом расстоянии друг от друга, экономически выгодно иметь централизованную кормовую базу (кормовой двор). В этих условиях можно применять технологические линии со стационарными измельчителями-смесителями. В качестве их можно использовать разработанные прицепные измельчители-смесители-раздатчики кормов или стационарные варианты.

Для полноценной работы и увеличения прибыли фермы требуются: корм в необходимом количестве, программа оптимизации кормов, измельчитель-смеситель-раздатчик кормов, опытный оператор. В последние годы заводы-изготовители кормовых агрегатов оказывают потребителям всевозможные услуги.

Так, сервисный центр «Запагромаш» оказывает услуги: технические консультации по выбору машины, доставке техники, фирменное гарантийное и послегарантийное обслуживание, поставки запасных частей, консультации по составлению оптимальных рационов для различных половозрастных групп животных с использованием компьютерных программ, авторский надзор за эксплуатацией программы.

Для максимально эффективного внедрения технологии кормления КРС полнорационными кормосмесями с использованием ИСРК-12 «Хозяин» с каждым кормораздатчиком поставляется программный комплекс по составлению оптимальных рационов кормления «Хозяин-кормление молочного скота» и «Хозяин-кормление выращиваемого скота».

Данный программный комплекс разработан совместно со специалистами Московской сельскохозяйственной академии им.К.А. Тимирязева с учетом возможности балансирования неограниченного количества компонентов питания и их соотношений. Главная задача программного комплекса – из заданного набора кормов и кормовых добавок составить рацион, обеспечивающий наибольшую экономическую эффективность при текущих или прогнозируемых ценах на продукцию, корма, животных.

2.5. Методика инженерного расчета измельчителей-смесителей-раздатчиков кормов с вертикальными коническими шнеками

Требуемая полезная вместимость бункера определяется из условия обслуживания одной технологической группы животных максимального размера.

Полезная вместимость находится как разность объемов бункера и объема, занимаемого шнеком.

Вместимость бункера находится из выражения:

$$v_6 = \frac{H}{3} (F_n + F_v + \sqrt{F_n \cdot F_v}),$$

где F_n, F_v - площадь соответственно нижнего и верхнего основания, m^2 ;

H - высота бункера, м.

Объем, занимаемый шнеком, определяется по формуле:

$$V_{\text{шн}} = \frac{\pi D_{\text{тр}} h_{\text{тр}}}{4} + \frac{1}{6} F_{\text{вит}} \cdot \cos \varphi,$$

где $D_{\text{тр}}, h_{\text{тр}}$ - соответственно диаметр и высота трубы шнека, м;

$F_{\text{вит}}$ - площадь нижнего витка, под которую в процессе работы корм не попадает, m^2 ;

φ - угол подъема винтовой линии.

Диаметр нижнего витка конического шнека:

$$D_{\text{нш}} = D_6 - (50 \dots 80),$$

где D_6 – диаметр нижнего основания бункера, м.

Диаметр нижнего основания бункера выбирается из условия обеспечения проезда по кормовым проходам. Обычно $D_6 \approx 2000$ мм.

Диаметр верхнего витка конического шнека можно принимать как $D_3 \approx 0,5D_6$.

Высоту выгрузного окна в бункере принимают равной 500-600 мм, ширину – 800-1000 мм. При этом, если корм подается в кормушки, то выгрузные окна устраивают в передней или задней стенке, а если на пол кормового прохода, то окна размещают на боковых стенках.

Так как выгрузка кормосмесей из бункера осуществляется в основном путем выталкивания их в выгрузное окно нижним витком шнека и ножами, то шаг витков шнека принимают меньше высоты выгрузного окна с тем, чтобы в процессе выгрузки кормов участвовало как можно больше ножей. В большинстве случаев шаг витков $S = 450-500$ мм.

Высоту бункера принимают из выражения:

$$H_6 = H_{дп} - H_k - 0,1,$$

где $H_{дп}$ – высота дверного проема помещения, м;

H_k – высота колес агрегата, м.

При этом необходимо учитывать, что высота бункера должна быть не больше высоты трактора и погрузочной высоты загрузочного средства.

Высота шнека должна быть равной

$$h_{ш} = \frac{2}{3} H_6.$$

Тогда количество витков шнека $n_{вит} = h_{ш} / S$.

Количество ножей на шнеке

$$N_n = (3,0 \dots 3,5) n_{вит}.$$

Частоту вращения конического шнека следует принимать из выражения /10/

$$n_{шн} = (6,12m^2 - 40,43m + 94,4),$$

где m – масса загруженного корма, т.

Эксперименты показали, что требуемое качество смешивания и приемлемые значения степени измельчения и энергоемкости процесса обеспечиваются при частоте вращения конического шнека 29-32 мин⁻¹.

Мощность, потребную на привод шнека, можно определить из выражения /10/

$$N = -26,69 + 1,604n_{шн} + 0,942 m + 0,018 n_{шн}^2 + 0,442n_{шн}m - 0,132 m^2.$$

Приведенное выражение получено на агрегате с бункером вместимостью 9 м^3 . При другой вместимости значения мощности могут корректироваться пропорционально фактической вместимости.

Как указывалось выше, в нашей стране производятся только несколько моделей измельчителей-смесителей-раздатчиков кормов с вместимостью бункеров не более 12 м^3 и без загрузочных устройств.

Создание кормовых агрегатов большой вместимости диктуется еще тем, что в последние годы наметилась тенденция строительства финансовыми корпорациями крупных молочных ферм (до 2000 голов) и откормочных комплексов молодняка КРС.

Кроме того, в средних по размерам хозяйствах, имеющих несколько ферм КРС с хорошими подъездными путями (Краснодарский край) используют, как правило, один кормовой двор для подготовки полнорационных кормосмесей с последующей их доставкой на фермы с применением существующих кормораздатчиков КТУ-10. Это позволяет осуществлять более жесткий контроль за расходами кормовых ресурсов и соблюдением технологической дисциплины. На таких пунктах используют несколько стационарных измельчителей-смесителей кормов или один кормовой агрегат большой вместимости.

Научно-исследовательские работы по обоснованию параметров и режимов работы измельчителей-смесителей-раздатчиков кормов большой вместимости в нашей стране проводятся впервые.

Анализ данных, полученных из проспектов измельчителей-смесителей-раздатчиков кормов зарубежных фирм, показал, что удельная металлоемкость и энергетические затраты на 1 м^3 бункера снижаются с увеличением вместимости бункера. Вместе с тем, абсолютные значения мощности, потребной на привод агрегатов разных фирм, значительно отличаются друг от друга (до 1,6 раза). Это вызвано по-видимому разными размерами и частотой вращения шнеков.

Проведенными испытаниями многофункционального кормового агрегата АКМ-9 Северо-Кавказской МИС было установлено, что при вместимости бункера 9 м^3 и частоте вращения шнека 32 мин^{-1} мощность, потребная на привод шнека агрегата, составила 31,7 кВт, что практически совпадает с мощностью, приведенной в проспекте VIGA ECO.

Вместе с тем было выявлено [4], что мощность, потребная на привод шнека, прямо пропорциональна частоте вращения шнека. Поэтому мощность, потребную на привод смесителя, можно изменять частотой вращения шнека в некоторых пределах, обеспечивающих требуемое качество смешивания компонентов за допустимое время (5-7 минут).

Увеличить вместимость смесителя можно удлинением бункера с одновременным увеличением числа шнеков до двух. Если оставить габариты одной части бункера такими же как и в агрегате АКМ-9, то вместимость

бункера достигнет только 18 м^3 . Для достижения вместимости 16 м^3 требуется несколько уменьшить габариты бункера, а вместимость 20 м^3 можно достичь путем постановки приставки к бункеру вместимостью 4 м^3 , при этом желательно не менять габариты шнеков.

При постановке двух шнеков мощность на их привод возрастет практически в два раза. В этом случае существующий ВОМ трактора МТЗ-80(82) при частоте вращения $n = 540 \text{ мин}^{-1}$ не обеспечит требуемую мощность. Необходимо переходить на частоту вращения ВОМ $n = 1000 \text{ мин}^{-1}$, что позволит при прежнем крутящем моменте снять с ВОМ трактора МТЗ-80(82) мощность $N = 31,7 \times 1000/540 = 59,7 \text{ кВт}$ (80 л.с.), т.е. использовать всю мощность двигателя МТЗ-80. Но мощность двигателя энергетического средства, с которым агрегируется измельчитель-смеситель-раздатчик кормов, складывается из мощности, потребной на привод смесителя и мощности, расходуемой на перекачивание трактора с агрегатом.

$$N_{\text{э.с.}} = N_{\text{с}} + N_{\text{тр.}}, \quad (17)$$

где $N_{\text{с}}$ – мощность, потребная на привод смесителя;

$N_{\text{тр.}}$ – мощность, потребная на транспортирование трактора с агрегатом.

Мощность на транспортирование

$$N = \frac{G \cdot f \cdot v}{270} \text{ л.с.}, \quad (18)$$

где f – коэффициент сопротивления перекачиванию.

По грунтовой дороге со снегом $f = 0,03 \dots 0,07$;

G – масса транспортного средства с грузом, кг;

v – скорость транспортирования, км/ч. $v = 3,6 \div 10 \text{ км/ч}$.

Примем $v = 5,4 \text{ км/ч}$.

По аналогии с имеющимися данными массу измельчителя – смесителя-раздатчика кормов можно принять равной 6000 кг, массу перевозимого корма – 5500 кг, массу трактора – 4480 кг. Суммарная масса составит 15980 кг.

$$N = \frac{15980 \cdot 0,07 \cdot 5,4}{270} = 22,4 \text{ л.с.}$$

Тогда суммарная мощность составит $N_{\text{э.с.}} = 80 + 22,4 = 102,4 \text{ л.с.}$

Принимаем в качестве энергетического средства трактор Беларусь-1025 с мощностью двигателя 105 л.с. и габаритами: высота по кабине – 2820 мм, ширина – 1970 мм. Указанные габариты можно положить в основу габаритов разрабатываемого измельчителя – смесителя – раздатчика кормов.

Ранее проведенными исследованиями /4/ было установлено, что время достижения требуемого качества смешивания и измельчения уменьшается с увеличением частоты вращения шнека, но одновременно с этим возрастает мощность, потребная на привод шнека. Можно считать, что указанные качественные параметры достигаются за допустимое время 5-7 минут при частоте вращения шнека, равной 30 мин^{-1} . Поэтому частоту вращения шнеков примем равной $n = 30 \text{ мин}^{-1}$.

Тогда общее передаточное число привода составит $i_{\text{общ.}} = 1000/30 = 33,3$. В целях унификации для привода шнеков оставим ранее разработанные конически-цилиндрические редукторы с передаточным числом $i_p = 17,2$. Поэтому передаточное число дополнительной раздаточной коробки (редуктора) будет $i_k = i_{\text{общ.}}/i_p = 33,3/17,2 = 1,936$. Раздаточная коробка должна обеспечить передачу движения через два карданных вала на редукторы обоих шнеков с одним направлением вращения (рис.26).

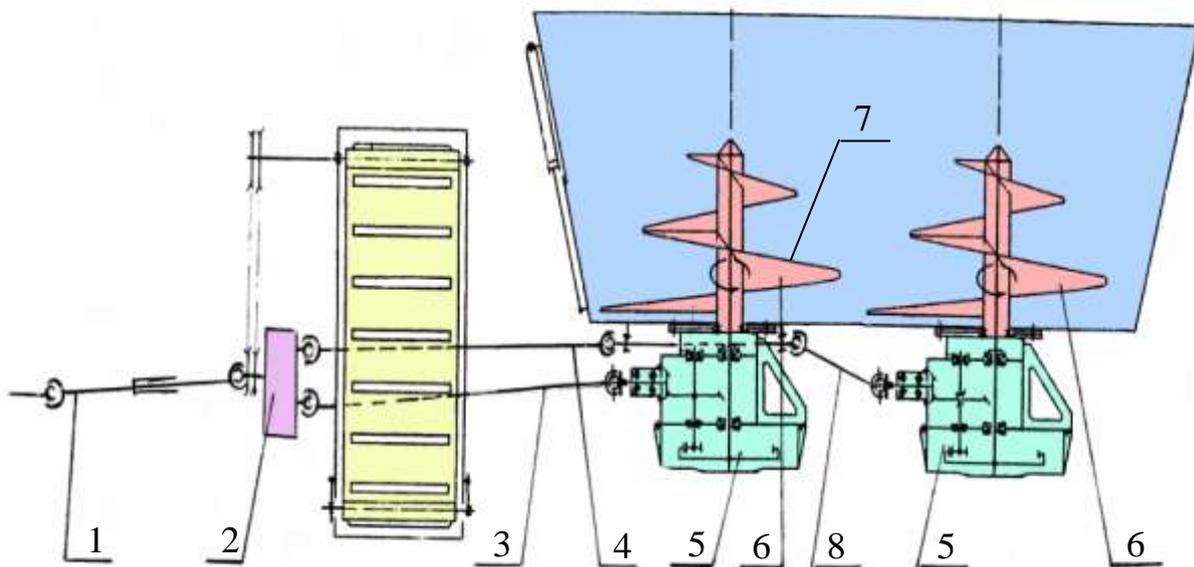


Рисунок 26 – Схема привода шнеков в измельчителе-смесителе-раздатчике кормов с вместимостью бункера $16-20 \text{ м}^3$:

- 1 – карданная передача от ВОМ трактора или от электродвигателя;
- 2 – раздаточная коробка; 3 – карданная передача на первый редуктор;
- 4, 8 – карданные передачи на второй редуктор; 5 – конически-цилиндрические редукторы;
- 6 – шнеки конические; 7 – подвесной подшипник

В качестве раздаточных коробок желательно использовать серийные автомобильные коробки. Наиболее близкое к требуемому передаточному числу $i = 1,94$ имеет раздаточная коробка автомобиля ГАЗ-66, у которой $i = 1,98$. Указанная коробка передает полную мощность двигателя $N = 120 \text{ л.с.} =$

88,2 кВт при частоте вращения первичного вала $n = 3600 \text{ мин}^{-1}$, что обуславливает крутящий момент:

$$M = \frac{973,8 \cdot N}{n} = \frac{973,8 \cdot 88,2}{3600} = 23,86 \text{ кг} \cdot \text{м}.$$

В случае постановки ее на измельчитель-смеситель-раздатчик кормов через нее должен передаваться крутящий момент:

$$M_1 = \frac{973,8 \cdot 80}{1000} = 77,9 \text{ кг} \cdot \text{м}, \text{ т.е. в три раза больше.}$$

Поэтому раздаточная коробка автомобиля ГАЗ-66 по крутящему моменту не проходит.

На автомобиле УРАЛ-5557 установлена раздаточная коробка с передаточными числами $i = 1,3$ и $2,15$, которая передает мощность $N = 176 \text{ кВт}$ при частоте вращения $n = 2100 \text{ мин}^{-1}$.

Это обуславливает крутящий момент

$$M = \frac{973,8 \cdot 176}{2100} = 81,6 \text{ кг} \cdot \text{м},$$

т.е. по крутящему моменту она подходит к измельчителю-смесителю-раздатчику кормов, у которого $M_1 = 77,9 \text{ кгм} < 81,6 \text{ кгм}$.

При имеющихся передаточных числах коробки отбора мощности $i_1 = 1,3$ и $i_2 = 2,15$ общее передаточное число привода составит:

$$i_{1\text{общ.}} = 1,3 \cdot 17,2 = 22,36; \quad i_{2\text{общ.}} = 2,15 \cdot 17,2 = 36,98.$$

Тогда частота вращения шнеков на первой передаче коробки будет:

$$n_{1\text{ш}} = n_{\text{ВОМ}} / i_{1\text{общ.}} = 1000 / 22,36 = 44,7 \text{ мин}^{-1},$$

на второй передаче коробки:

$$n_{2\text{ш}} = 1000 / 36,98 = 27 \text{ мин}^{-1}.$$

Частота вращения $n_{1\text{ш}} = 44,7 \text{ мин}^{-1}$ является завышенной, ее можно применять только в случаях измельчения сена или соломы на стоянке агрегата, в других случаях мощности двигателя трактора будет недостаточно.

Однако первую передачу можно использовать на стационарном варианте измельчителя-смесителя с повышенной мощностью установленного электродвигателя, производительность которого на частотах вращения $n_{\text{ш}} = 44,7 \text{ мин}^{-1}$ будет значительно выше производительности мобильного агрегата за счет уменьшения продолжительности измельчения и смешивания кормов. Ранее было установлено, что при частоте вращения шнеков равной 32 мин^{-1} , мощность на их привод требуется $59,7 \text{ кВт}$. Так как мощность потребная на привод шнеков прямо пропорциональна частоте их

вращения, то нетрудно посчитать, что при частоте вращения шнеков равной $44,7 \text{ мин}^{-1}$, мощность на привод шнеков составит $N = 83,4 \text{ кВт}$.

Поэтому для привода стационарного варианта измельчителя-смесителя кормов вместимостью 20 и 16 м^3 целесообразно принять соответственно электродвигатели мощностью $N = 90$ и 75 кВт и $n = 1000 \text{ мин}^{-1}$.

В этом случае производительность измельчителя-смесителя возрастет на 40-50% в сравнении с агрегатом, оснащенный электродвигателем мощностью 55 кВт и обеспечивающим частоту вращения шнеков не более 32 мин^{-1} .

Частота вращения шнеков $n_{2ш} = 27 \text{ мин}^{-1}$ на второй передаче коробки будет несколько заниженной. Однако если установить частоту вращения ВОМ $n_{ВОМ} = 1100 \text{ мин}^{-1}$, что допустимо по инструкции трактора, то $n_{2ш} \approx 30 \text{ мин}^{-1}$, что обеспечит требуемое качество измельчения и смешивания за 5-7 минут. При этом мощность, необходимая на привод, составит 55 кВт.

Поэтому в качестве понижающего редуктора на измельчителе-смесителе-раздатчике кормов вместимостью $16-20 \text{ м}^3$ можно использовать раздаточную коробку автомобиля УРАЛ-5557.

Производительность измельчителя-смесителя-раздатчика кормов можно определить из ранее полученного выражения (10).

Подсчет по формуле показал, что при $L = 150 \text{ м}$; $\rho_c = 300 \text{ кг/м}^3$; $v_{тр} = 2 \text{ м/с}$; $Q_c = 5 \text{ кг/с}$; $l_1 = 80 \text{ м}$; $v_p = 1 \text{ м/с}$ и изменении вместимости бункера от 9 до 20 м^3 , то есть более чем в два раза, производительность агрегата изменяется в пределах 6,8...9 т/ч, то есть всего на 30%. Это объясняется значительными затратами времени на загрузку кормовых компонентов (до 80%) и переезды агрегата между хранилищами кормов. Производительность агрегата наиболее интенсивно растет при увеличении производительности загрузочного устройства до 8 кг/с (28 т/ч). Поэтому при создании кормовых агрегатов большой вместимости необходимо параллельно работать над повышением производительности загрузочных средств.

С целью выявления экономической эффективности кормовых агрегатов с бункерами вместимостью 16 и 20 м^3 был проведен расчет их технико-экономических показателей по программе, разработанной во ВНИП-ТИМЭСХ в соответствии с методикой МСХ РФ (1998г.), применительно к откормочным фермам молодняка КРС размером 500, 1000, 1500 и 2000 скотомест.

Результаты расчета приведены на рисунках 27 и 28. Из рисунков видно, что измельчители-смесители-раздатчики кормов с бункерами вместимостью 16 и 20 м^3 экономически выгодно применять на фермах размером более 1000 скотомест. Применение их позволяет снизить удельные эксплуатационные затраты на 1 т приготовленного корма до 19%, а затраты на оплату труда - более 20%.

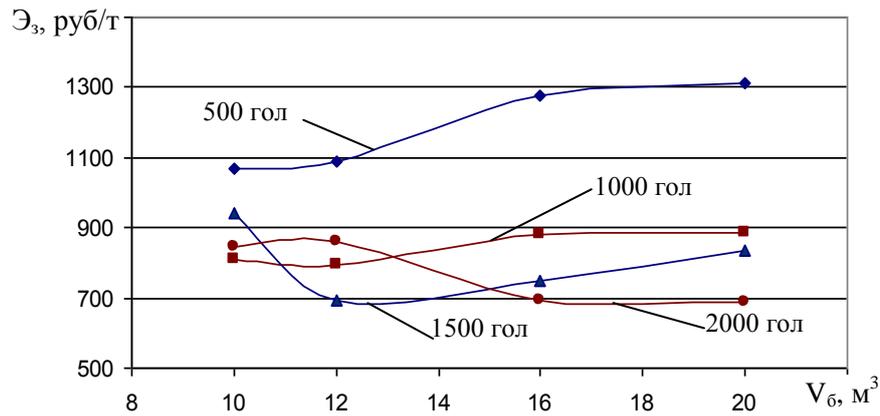


Рисунок 27 – Зависимости удельных эксплуатационных затрат на приготовление и раздачу 1т кормосмеси от вместимости бункера кормового агрегата на фермах разных размеров

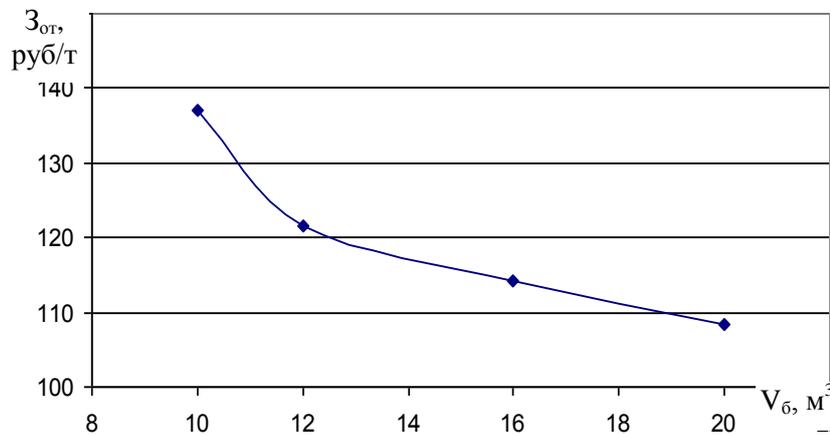


Рисунок 28 – Зависимость удельных затрат на оплату труда от вместимости бункера кормового агрегата на ферме размером 1500 скотомест

2.6. Методика инженерного расчета измельчителей-смесителей-раздатчиков кормов с горизонтальными и наклонными шнековыми рабочими органами

Вместимость бункера определяется по выражению (9) и округляется до значения, обеспечивающего прием рациона для поголовья кратного 50 голов.

Исходя из условия активизации всей массы корма, в бункере желательно применять шнеки с большими диаметрами. Однако из конструктивных соображений и с учетом свойств смешиваемых материалов рекомендуется ограничивать интервал этих диаметров значениями $D = 500\text{--}600$ мм, выбирая их из ряда, предусмотренного ГОСТ 2037-82. Шаг витков шнеков принимают $S = (0,8\text{--}1,0)D$.

Вылет ножей за пределы витков можно принять равным $h_n = 25$ мм. Зазор между боковыми стенками и ножами обычно устанавливают в пределах 25 мм. Тогда расстояние между осями нижних шнеков должно быть:

$$C_{ш} = D + (2h_n + 2l_1) = D + 2(h_n + l_1),$$

где l_1 – толщина днища, $l_1 = 5-7$ мм.

Угол наклона боковых стенок с учетом опорожнения бункера равен:

$$\alpha \geq \arctg f_c + (5 \dots 10)^\circ,$$

где f_c – коэффициент трения кормосмеси о сталь.

Высота бункера ограничивается высотой выездных ворот, погрузочной высотой загрузочных средств и высотой агрегируемого трактора, обычно высоту бункера для условий отечественных ферм принимают равной 2,6 м.

Определив поперечное сечение бункера, можно найти его длину:

$$L_б = V / S_n \cdot \psi,$$

где S_n – площадь полезного сечения бункера, m^2 ;

ψ – коэффициент заполнения бункера, $\psi \approx 0,9$.

Полезное сечение бункера определяется с учетом диаметра валов шнеков:

$$S_n = S_б - 1,57D_в^2,$$

где $S_б$ – площадь поперечного сечения бункера, m^2 ;

$D_в$ – диаметр вала шнеков, м.

Направление навивок принимается обеспечивающим движение корма по низу бункера к его центру. Длина ненавитого участка на нижнем шнеке равна

$$L_о = (0,4-0,6) S.$$

Расположение выгрузного окна определяется расположением ненавитого участка. Для повышения равномерности выдачи кормосмесей размеры выгрузного окна должны быть: высота $h = 500-600$ мм, ширина $b = 900-1000$ мм.

Рациональной частотой вращения шнеков можно считать $n_{ш} = 20-25$ $мин^{-1}$.

Мощность на привод шнеков можно приближенно определить по выражению /11/:

$$N_{ш} = K_1(4,89 + 9,85\omega)LD/2,4,$$

где $K_1 = 1,5$ – коэффициент запаса мощности, вызванный дополнительным измельчением материала ножами; ω – частота вращения шнека, $рад./с$; L – длина шнека, м; D – диаметр витков шнека, м.

Общую мощность на привод раздатчика-смесителя находят как сумму мощностей на привод шнеков и выгрузного транспортера:

$$N_{об} = N_{ш} + N_{тр.}$$

Конструкция цепочно-планчатого транспортера должна обеспечить производительность до 120 т/ч и рассчитывается по известным методикам.

Двухшнековые смесители можно использовать и в стационарном варианте. Ранее было установлено, что постановка бункера под углом 30° к горизонту приводит к уменьшению крутящих моментов на приводе, а следовательно, и мощности на 29,8% [4]. Это объясняется тем, что корма попадают в верхнюю зону бункера не в результате энергоемкого процесса выталкивания кормов вверх встречными витками шнеков, а путем менее энергоемкого процесса транспортирования шнеками вверх с последующим гравитационным осыпанием их из поднятой части бункера в нижнюю.

В этом случае в конструкцию смесителя вносят следующие изменения. Шнеки выполняются с односторонней навивкой и только в поднятой части, у торцевой стенки бункера шнеки оснащаются противоположной навивкой, длину которых принимают равной $L_{ш} = (0,5-1,0)S$.

Длину ненавитого пространства оставляют прежней $L_o = (0,4-0,6) S$.

Выгрузное окно устраивают не в боковине бункера, а в днище. Ширину его, а следовательно, и заслонки, необходимо принимать равной 800 мм и длиной до 1000 мм. Ниже выгрузного окна монтируют отгрузной скребковый транспортер шириной не менее 900 мм. Параметры его принимают из условия обеспечения производительности не менее 100 т/ч.

Мощность, потребная на привод стационарного двухшнекового смесителя с наклонным бункером, определяется по выражению:

$$N_{ш} = K_1 K_2 (4,89 + 9,85\omega) LD / 2,4,$$

где K_2 – коэффициент, учитывающий уменьшение мощности при наклонном бункере, при угле равном 30° $K_2 = 0,7$.

2.7. Методика инженерного расчета фронтального погрузчика с фрезерным приспособлением для отрезания и доизмельчения силосной массы

Фронтальный погрузчик с фрезерным приспособлением представлен на рисунке 11.

Основными параметрами фрезерного приспособления являются: длина l_6 и диаметр D фрезбарабана; частота вращения фрезбарабана n ; глубина фрезерования h_f ; частота вращения стрелы n_2 ; количество ножей z ; мощность, потребная на привод N ; производительность на отрезании корма Q_1 , а также производительность погрузчика за полный цикл работы.

Длину фрезбарабана выбирают по ширине агрегата ($H_{агр}$):

$$l_6 = (1 \dots 0,75) H_{agr}, \text{ м.}$$

На погрузочных средствах с хорошей маневренностью, к которым можно отнести погрузчик ПКУ-0,8, длину барабана с целью уменьшения материалоемкости и энергоемкости можно принимать $l_6 = 0,75 H_{agr} \approx 1,5 \text{ м.}$

Диаметр фрезбарабана принимают в пределах $D = 0,5-0,6 \text{ м.}$

Количество ножей на барабане в значительной степени зависит от его конструкции и составляет 60-120 шт.

Скорость фрезерования на силосе можно принимать равной 20-25 м/с, на грубых кормах – 70-75 м/с. Поэтому привод фрезбарабана необходимо принимать двухскоростным в случае, если планируется использовать средство на погрузке силосованных и грубых кормов.

Частота вращения фрезбарабана определяется из выражения:

$$n_1 = \frac{30v}{\pi r_2}, \text{ мин}^{-1}.$$

Частота вращения стрелы определяется :

$$n_1 = \frac{30v_2^2}{\pi L_c}, \text{ мин}^{-1},$$

где v_2 – скорость опускания стрелы, $v_2 \approx 0,0167 \text{ м/с};$

L_c - длина стрелы, м.

Глубина фрезерования принимается в пределах $h_\phi = (0,6-0,7)D, \text{ м.}$

Производительность фрезбарабана на отрезание материала /4/:

$$Q = \frac{60\pi r_2 L_c \arccos(1 - \frac{h_\phi}{r_2}) l_6 \rho n_1 n_2}{(n_2 + n_1)}, \text{ кг/ч},$$

где ρ - плотность материала, кг/м^3 .

Производительность погрузчика за полный цикл работы (отрезание материала, наполнение ковша, подача погрузчика к транспортному средству, опорожнение ковша и отъезд погрузчика от кормораздающего средства) определяется по выражению 11 (стр. 33).

Мощность на отрезание и разгон порций корма определяется из выражения /12/.

$$N_1 = \frac{L_c v}{1000 z_1 (1 + u)} (\pi k_l l_6 + 0,5 v_c^2 l_1 \rho \arccos(1 - \frac{h_\phi}{r_2})), \text{ кВт},$$

где u – отношение угловой скорости фрезы к угловой скорости стрелы;

k_l – суммарное сопротивление фрезерованию, включающее в себя сопротивление резанию и сопротивление деформациям транспортируемого груза.

Величину k_l определяют из выражения /12/:

$$k_l = 117,53 l_{пh\phi} + 310,84.$$

Мощность холостого хода фрезбарабана /12/ определяется из выражения:

$$N_{xx} = l_6 k_{xx}, \text{ кВт},$$

где k_{xx} – коэффициент, учитывающий энергетические затраты при холостом ходе фрезбарабана. При частотах вращения $n_1 = 400 \text{ мин}^{-1}$ $k_{xx} = 1$, при $n_1 = 800 \text{ мин}^{-1}$ $k_{xx} = 2 \text{ кВт/м}$.

Суммарная мощность, необходимая на привод фрезбарабана N_6 :

$$N_6 = N_1 + N_{xx}.$$

Приведенная методика во многом справедлива и для расчета заборных устройств многофункциональных агрегатов, в которых наряду с отделением порций корма от монолита, основной функцией загрузочного устройства является также подача отобранного материала в бункер смесителя. Кроме того, в связи с тем, что ширина транспортирующего органа в несколько раз меньше ширины отбирающей фрезы, требуется подать отобраный материал со всей ширины фрезы на отгрузной транспортер. Это, как правило, выполняют шнеко-фрезерным рабочим органом /4/. В шнеко-фрезерном рабочем органе отрезные ножи устанавливаются на витках шнека со встречными навивками, граница между которыми проходит по центру отгрузного транспортера.

В этом случае мощность на перемещение отфрезерованного корма к отгрузному транспортеру можно определить по аналогии со шнековыми транспортерами:

$$N_2 = \frac{Ql\omega_1^1}{367},$$

где ω_1^1 – коэффициент сопротивления, учитывающий вредные сопротивления на всем транспортирующем устройстве, в том числе сил трения материала о кожух и монолит, возникающих при отборе корма и периферии барабана под действием центробежных сил; $\omega_1^1 \approx 0,7$.

2.8. Обоснование конструктивно-технологической схемы, параметров и режимов работы универсального измельчителя стебельчатых кормов и подстилки в тюках, рулонах и в рассыпном виде

В валовом производстве кормов в стране около 60% занимают объемистые корма /14/. На ближайшую перспективу повышение сохранности, энергетической и протеиновой питательности сена и сенажа будут обеспечены в основном за счет более широкого применения технологий их заготовки в прессованном виде. Увеличение объемов прессованных сена и сенажа к 2010 году ожидается до 50%, что позволит при меньших финансовых и материально-технических средствах увеличить на 1 млн.т сбор кормовых единиц и повысить на 5-9% содержание сырого протеина в корме из всех видов трав

/14/. Одной из перспективных технологий является технология заготовки сенажа из бобовых трав или злакобобовой смеси в рулонах с пленочным покрытием. Эта технология является наиболее устойчивой к погодным условиям и позволит ускорить возрождение животноводства в экономически слабых хозяйствах, так как не требует больших капитальных вложений в строительство дорогостоящих хранилищ. Комплексы машин для заготовки сенажа в рулонах и сена (соломы) в тюках и рулонах освоены многими предприятиями. Однако отечественные измельчители стебельчатых материалов ИРТ-165, ИРТ-80 в последние годы не выпускаются. К тому же они имеют высокие энергоемкость и материалоемкость. Зарубежные универсальные измельчители прессованных грубых кормов и подстилки очень дороги (30-60 тыс. евро) и значительному числу товаропроизводителей не доступны.

В связи с этим возникла необходимость в создании универсального измельчителя грубых кормов в тюках, рулонах и в рассыпном виде. При обработке грубых кормов, как правило, осуществляются следующие технологические операции: загрузка – подача корма – измельчение – выгрузка корма. Основными операциями в этом процессе являются подача кормов к измельчающему органу и измельчение корма.

Анализ существующих и технических средств для измельчения прессованных грубых кормов и подстилки показал, что в мировой практике наметились два направления в этой области:

- создание измельчителей, перерабатывающих стебельчатые материалы с последующей их загрузкой в транспортные и кормораздающие средства;

- создание многофункциональных измельчителей, выполняющих функции не только измельчителей, но и раздатчиков или разбрасывателей подстилки. Последние выполнены в мобильном варианте.

Оба варианта измельчающих машин состоят из бункера-питателя, измельчающего устройства и отгрузочного устройства. В свою очередь бункера-питатели выполняются в виде горизонтальных призматических бункеров с подвижным дном и вращающихся бункеров с наклонным или вертикальным расположением. Вертикальные вращающиеся бункера обеспечивают подачу стебельчатых кормов в любой форме: рулонов, тюков или в рассыпном виде.

Наклонные вращающиеся бункера можно применять при измельчении только рулонов, так как при загрузке в них материалов в виде тюков или в рассыпном виде имеют место большие потери за счет выброса их из бункера.

Измельчающие устройства выполняются в виде молоткового ротора, или ножевого ротора, или счесывающе-режущей гребенки. Последние используются в раздатчиках рулонированных кормов, когда не требуется

высокая степень их измельчения. Во всех молотковых аппаратах рабочим органом является ротор с шарнирно-подвешенными молотками. Молотковые аппараты долговечны и надежны в работе. Шарнирное крепление молотков предотвращает возможные аварии при контакте с крупными твердыми предметами, попавшими в измельчитель. Однако эти аппараты имеют сравнительно высокий удельный расход энергии на привод /15/. Молотковые аппараты хорошо вписываются в измельчители с вертикальными вращающимися бункерами.

В измельчителях с наклонными вращающимися бункерами применяются дисковые измельчающие аппараты.

Они также надежны в работе, просты в эксплуатации. К недостаткам их следует отнести большие габаритные размеры и меньшие возможности регулирования качества измельчения материалов /4/.

В кормоуборочных машинах широкое распространение получили ножевые барабанные аппараты. Однако при измельчении материалов, длительное время хранящихся на открытых площадках, они имеют недостаточную надежность работ вследствие попадания в них инородных предметов.

Проведенный анализ позволил установить, что в универсальном измельчителе стебельчатых кормов и подстилки в тюках, рулонах и в рассыпном виде различных размеров целесообразно использовать вертикальный вращающийся бункер и ротор молоткового типа.

Предлагаемый измельчитель (рисунок 10) состоит из вертикального вращающегося бункера, выполняющего роль питателя, измельчающего ротора с молотками, подбарабанья с отрезным ножом, гребенкой и одним рядом регулируемых противорезов, приводов ротора и бункера. Вертикальный бункер с двумя подпружиненными захватами обеспечивает по неподвижному днищу равномерную подачу к измельчающему ротору стебельчатых кормов в любой форме: тюках, рулонах и в рассыпном виде.

Измельченный материал выбрасывается ротором на сторону в стог. Технологический процесс осуществляется следующим образом. Стебельчатые корма или подстилка погрузчиками ПКУ-0,8, СНУ-0,5 или ПГ-0,8 загружаются в бункер. Бункер, вращаясь, подает массу на ротор. Масса, попадая на ротор, подвергается ударному воздействию молотков, которые увлекают и отбрасывают массу в подбарабанье. В результате ударов молотков, противоударного действия ножа, зубьев гребенки и противорезов материал измельчается и расщепляется, и далее выбрасывается на сторону в стог. Из стога погрузчиком измельченная масса грузится в кормораздающие или транспортные средства. Производительность измельчителя регулируется изменением частоты вращения бункера и величины внедрения молотков в материал за счет подъема или опускания лифтеров. Однако при создании такого измельчителя пришлось столкнуться с рядом

трудностей в выборе рациональных материалов и режимов работы, что потребовало обоснования его технологических параметров.

Параметры и режимы работы измельчителя можно выбрать из следующих соображений. Главными функциями универсальных измельчителей стебельчатых материалов являются такие процессы как измельчение сенажа в рулонах, сена и соломы в тюках и рулонах любых размеров, а также в рассыпном виде. Дополнительными функциями могут быть выброс материала в стог или транспортные средства. Некоторые модификации измельчителей должны обеспечить выдачу материала в кормушки. Размеры порции сена и соломы, погружаемые грейферными погрузчиками из скирд, могут превышать два метра в условном диаметре. Размеры рулонов могут быть от 1 м до 1,8 м в диаметре и до 1,5 м в длину. Тюки имеют также самые различные размеры: от 400x500x700 до 900x1200x2600 мм. Масса тюков и рулонов может колебаться от 15 до 700 кг. Качество измельчения материалов должно быть самое различное, в зависимости от условий дальнейшего их использования. Следует отметить, что до настоящего времени мировая наука и практика не установили четких требований к качеству измельчения кормов, диктуемому физиологией животных. Но по большинству мнений можно констатировать следующее. Если после измельчения сено (солома) используется в составе кормосмеси, приготовленной в многофункциональных кормовых агрегатах, то средневзвешенный размер частиц после измельчения должен находиться в пределах 30-50 мм.

Если измельченный продукт выдается измельчителем непосредственно в кормушки, то средний размер частиц может достигать 80 мм.

При использовании соломы на фермах КРС и свинофермах в качестве подстилки средний размер частиц ее после измельчения должен быть в пределах 80-100 мм, на птицефермах – до 40 мм.

В связи с вышеизложенным, измельчитель должен иметь регулируемую степень измельчения материалов. Средневзвешенный размер частиц должен изменяться в пределах от 30 до 100 мм.

Производительность измельчителя обуславливается также условиями их использования. Так, если они применяются в мобильном варианте в качестве измельчителя-раздатчика, то производительность их можно определить из выражения:

$$Q = \frac{v_p \cdot q}{l_1 \cdot n}, \quad (19)$$

где v_p – рабочая скорость агрегата, при выдаче в кормушку, м/с;

для трактора МТЗ-80 $v_p = 0,5-1$ м/с;

q – суточная норма выдачи корма на 1 голову, кг; обычно для сена – $q = 4$ кг, для сенажа – $q = 18$ кг;

l_1 – фронт кормления, приходящийся на 1 голову. Для молодняка

КРС - $l_1 = 0,4-0,7$; для коров – $0,6-1,2$ м;
 n – кратность кормления в сутки. Обычно $n = 2-3$.

Тогда при измельчении и выдаче сена

$$Q = \frac{0,5 \cdot 4}{1 \cdot 2} = 1 \text{ кг/с} = 3,6 \text{ т/ч.}$$

При измельчении и выдаче сенажа в рулонах

$$Q = \frac{0,5 \cdot 18}{1 \cdot 3} = 3 \text{ кг/с} = 10,8 \text{ т/ч.}$$

Если измельчитель используется на стационаре для создания оперативного запаса измельченных кормов на фермах размером 200-1000 коров, то производительность его определяется из следующих соображений. Измельчитель может работать в период между кормлениями животных, так как он и кормораздающие средства загружаются одним и тем же погрузочным средством. Период кормления продолжается как правило в сутки до 4 часов.

С учетом обеденного перерыва и отвлечения погрузчика на другие операции, на работу измельчителя с погрузчиком остается 3 часа, за которые необходимо измельчать суточную норму кормов. Суточный объем перерабатываемых кормов на ферме размером 1000 голов составит:

сена 4×1000 голов = 4000 кг;

сенажа 18×1000 голов = 18000 кг.

Допустим на сене измельчитель должен работать 1 час, на сенаже в рулонах – 2 часа. Тогда производительность измельчителя на сене должна быть:

$$Q = \frac{4000}{1\text{ч}} = 4000 \text{ кг/ч, на сенаже } Q = \frac{18000}{2\text{ч}} = 9000 \text{ кг/ч.}$$

Анализируя требуемую производительность измельчителя при работе на стационаре и в качестве раздатчика, можно принять, что производительность его должна быть на грубых кормах до 4 т/ч, на сенаже в рулонах – до 11 т/ч.

Диаметр бункера равный 2200 мм выбирается из условия свободной загрузки в него рулонов сена и соломы с максимально возможным диаметром 1800 мм, а также возможности перевозки его автомобильным транспортом. Высота бункера принимается равной 1300 мм из условия размещения в нем рулонов длиной 1200 мм.

Длина ротора L_p выбирается из условия срезания молотками материала на половине диаметра днища, т.е. приблизительно 1100 мм. Из конструктивных соображений принимаем $L_p = 1020$ мм. По аналогии с ранее разработанными дробилками диаметр ротора по концам молотков примем равным $d_p = 530$ мм.

Для обеспечения максимальной степени измельчения грубых кормов необходимая скорость молотков должна быть не менее $v=58\text{м/с}$ [17]. Тогда при диаметре ротора $d_p = 530$ мм частота вращения его составит:

$$n_p = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot d_p} = \frac{60 \cdot 58}{3,14 \cdot 0,53} = 2091 \text{ мин.}^{-1}$$

Примем частоту вращения ротора $n_p = 2100 \text{ мин.}^{-1}$.

В связи с большой мощностью движение от электродвигателя к ротору передадим с помощью поликлиноремной передачи.

Вместе с тем, ряд исследований /16,17/ показали, что при значительно меньшей скорости молотков (28 м/с) обеспечивается достаточная производительность. Поэтому при измельчении материалов на корм возможен привод барабана непосредственно от электродвигателя. В этом случае частота вращения его будет 1450 мин.^{-1} , скорость молотков – 38 м/с.

Частота вращения бункера определяется из следующих соображений. За один оборот бункера молотками ротора срезается объем равный

$$v = \pi \cdot r_6^2 \cdot a_1, \quad (20)$$

где r_6 - радиус бункера, м;

a_1 – высота выхода молотков над лифтерами (величина внедрения молотков в материал или толщина срезаемого слоя), примем $a_1 = 0,05$ м.

Тогда производительность измельчителя составит:

$$Q = 60 \pi \cdot r_6^2 \cdot a_1 \cdot n_6 \cdot \gamma \cdot \psi_1 \cdot \psi_2, \quad (21)$$

где n_6 – частота вращения бункера, мин.^{-1} ; γ – плотность тюков или рулонов, $\gamma \approx 200 \text{ кг/м}^3$; ψ_1 – коэффициент отставания массы от бункера, $\psi_1 = 0,85$; ψ_2 – коэффициент неравномерности плотности измельченной массы, $\psi_2 = 0,85$ для тюков и $0,98$ для рулонов.

Из выражения (21) имеем:

$$n_6 = \frac{Q}{60 \pi r_6^2 a_1 \gamma \psi_1 \psi_2}. \quad (22)$$

При производительности $Q = 4000 \text{ кг/ч}$ на сене

$$n_6 = \frac{4000}{60 \cdot 3,14 \cdot 1,05^2 \cdot 0,05 \cdot 0,85 \cdot 0,85 \cdot 200} = 2,66 \text{ мин.}^{-1}.$$

При производительности $Q = 11000 \text{ кг/ч}$ на сенаже

$$n_6 = \frac{11000}{60 \cdot 3,14 \cdot 1,05^2 \cdot 0,05 \cdot 0,85 \cdot 0,85 \cdot 330} = 4,66 \text{ мин.}^{-1}.$$

С учетом возможно большей производительности, требуемой при измельчении соломы на подстилку и на материал для выращивания грибов, можно принять частоту вращения бункера в пределах $2-9 \text{ мин}^{-1}$.

Если принять для привода бункера электродвигатель с частотой вращения вала $n = 750 \text{ мин}^{-1}$, то общее максимальное передаточное число составит:

$$i_{\text{общ.}} = 750 / 2 = 375.$$

Последняя ступень привода представляет собой цепную передачу между контрприводом и бункером, на котором приварена цепь $t = 38,1 \text{ мм}$. Диаметр бункера принят равным 2200 мм , на котором приварено 186 звеньев цепи $t = 38,1 \text{ мм}$. Если принять число зубьев приводной звездочки $z = 9$, то передаточное число этой передачи составит:

$$i_3 = 186 / 9 = 20,6.$$

В этом случае передаточное число остальной части привода составит:

$$i_2 = i_{\text{общ.}} / i_3 = 375 / 20,6 = 18,2.$$

Так как частота вращения бункера должна изменяться от 2 до 9 мин^{-1} , то для реализации этого требования можно принять коробку перемены передач ГАЗ-53, передаточные числа которой:

- на I передаче $i_1 = 6,48$;
- на II передаче $i_2 = 3,09$;
- на III передаче $i_3 = 1,71$;
- на IV передаче $i_4 = 1,0$;
- на задней передаче $i_3 = 7,9$.

Так как коробка перемены передач ГАЗ-53 может работать только в горизонтальной плоскости, то для изменения плоскости вращения в кинематической цепи привода бункера необходимо предусмотреть конический редуктор с передаточным числом $i = 1,25$.

Передаточное число цепной передачи между коническим редуктором и контрприводом

$$i_{\text{ц}} = i_1 / i_1' = 18,2 / 6,48 \cdot 1,25 = 2,26.$$

Принимаем $i_{\text{ц}} = 2,5$.

В этом случае частота вращения бункера на первой передаче составит:

$$n_1 = \frac{n_d}{i_k \cdot i_y \cdot 2} = \frac{750}{1,25 \cdot 6,48 \cdot 2,5 \cdot 20,6} = 1,8 \text{ мин}^{-1}.$$

На второй передаче $n_2 = 3,7$; на третьей передаче $n_3 = 6,7$; на четвертой передаче $n_4 = 11,65$ и на задней передаче $n_3 = 1,47 \text{ мин}^{-1}$.

Энергоемкость процесса зависит от многих факторов: вида и влажности материала, степени измельчения, производительности и др. Ранее проведенные исследования показали, что удельную энергоемкость процесса при заданных условиях примерно можно принять равной 7 кВт/т. При требуемой производительности 4 т/ч потребная мощность составит $7 \times 4 = 28$ кВт, при 11 т/ч – 77 кВт. Поэтому предварительно для привода ротора примем электродвигатель мощностью 75 кВт и частотой вращения $n = 1450$ мин.⁻¹. По аналогии с измельчителем ИРТ-80 для привода бункера примем электродвигатель мощностью 3 кВт и частотой вращения $n = 750$ мин.⁻¹.

Выше приведенные конструктивно-технологическая схема, параметры и режимы работы должны обеспечить высокий уровень технической надежности и качества выполняемого технологического процесса. Принятые технические решения приводов позволяют получать три скорости измельчающего ротора, пять скоростей вращения питающего бункера и выбирать оптимальные режимы работы в зависимости от типа загружаемых компонентов или их состояния.

2.9. Методика инженерного расчета измельчителя-раздатчика рулонированных кормов и подстилки с наклонным бункером

В хозяйствах, где корма (сено, сенаж) и солома на подстилку заготавливаются в рулонах, наиболее целесообразно использовать измельчители-раздатчики с наклонным бункером. Они проще по конструкции и дешевле измельчителей с вертикальным бункером. Такие измельчители, разработанные ГУ СКНИИМЭСХ, выпускаются также в республике Беларусь (рис.29). Они состоят из загрузочного устройства, приемного вращающегося бункера, выполняющего роль питателя, измельчающего устройства, привода и ходовой части. В измельчающем устройстве предварительное разрыхление и резание осуществляется ножевыми рабочими органами, а окончательное измельчение – молотками, расположенными по окружности вращающегося диска. Степень измельчения регулируется количеством введенных противорежущих пластин в межмолотковое пространство.

Технологический процесс работы измельчителя-раздатчика осуществляется следующим образом. В начале рулоны сенажа или сена фронтальным погрузчиком, оборудованным специальным захватом, устанавливаются на горизонтальной площадке на небольшом расстоянии друг от друга. Затем на измельчителе-раздатчике гидравлической системой опускаются захваты в горизонтальное положение и максимально разводятся в разные стороны. После этого агрегат задним ходом подается на рулон до упора, при этом водитель должен как можно точнее расположить центр агрегата по центру рулона. Затем водителем приводом рукояток распреде-

лителя вначале обхватывает рулон захватами, затем поднимает рулон и подает его в бункер. При подъезде к местам выдачи захваты разводятся в стороны, включается ВОМ трактора и, продвигаясь по проходу, агрегат выдает корма или подстилку.

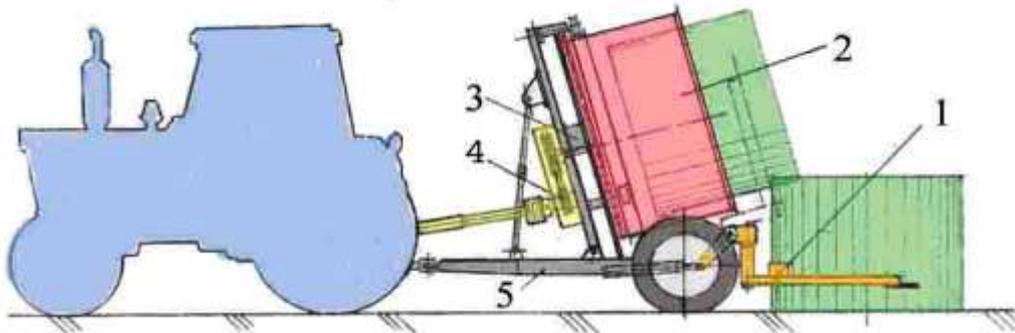


Рисунок 29 – Схема измельчителя-раздатчика рулонированных кормов и подстилки:

1 – загрузочное устройство; 2 – приемный бункер;
3 – измельчающее устройство; 4 – привод; 5 – ходовая часть

Требуемую производительность измельчителя на выдаче сенажа можно определить из выражения (19) (стр.77). По этому выражению определяется и производительность измельчителя на выдаче подстилочного материала, только вместо суточной нормы выдачи корма на 1 голову берется суточная норма внесения подстилки. В соответствии с ОНТП 17-8 для коров молочных и мясных пород норма внесения подстилки составляет $Q_{п} = 5$ кг/гол.; для откормочного поголовья - $Q_{п} = 3$ кг/гол. в сутки. Количество выделяемых экскрементов одной коровой в сутки составляет $Q_{п} = 55$ кг, молодняком КРС – 27 кг, влажностью соответственно $W_{э} = 88$ и 86% .

Влажность соломенной подстилки $W_{п} = 20\%$. Вышеприведенные типовые нормы внесения подстилки приняты из условия соблюдения санитарно-гигиенических норм. Между тем, для нормального протекания процесса компостирования смеси подстилки с навозом, при котором происходит обеззараживание и дезодорация, необходимо, чтобы влажность компостируемого материала не превышала $70-75\%$ /19/.

Количество подстилки (соломы), необходимое для получения пригодной для компостирования смеси, определяется из формулы:

$$Q_n = Q_э \frac{W_э - W_{см}}{W_{см} - W_n}, \quad (23)$$

где $W_э$, W_n , $W_{см}$ – относительная влажность соответственно экскрементов, подстилки и их смеси;

$Q_э$ – количество экскрементов, выделяемых одной коровой

в сутки, кг/гол;
 Q_n – норма внесения подстилки, кг/гол.

Для получения смеси влажностью 75% норма внесения соломы на молочных фермах составит:

$$Q_n = 55 \frac{88 - 75}{75 - 20} = 13, \text{ кг/гол.}$$

На откормочных фермах норма внесения составит:

$$Q_n = 27 \frac{86 - 75}{75 - 20} = 5,4, \text{ кг/гол.}$$

Поэтому предусмотренные типовыми проектами нормы внесения соломы при содержании животных на глубокой подстилке не могут обеспечить нормального протекания процесса компостирования смеси.

Проведенными ГНУ СКНИИМЭСХ исследованиями было выявлено, что примерно 80% экскрементов выделяется животными у кормушек на площадке шириной 2,5-3м. В этом случае для уменьшения расхода подстилки в зоне Северного Кавказа наиболее эффективно беспривязное содержание молодняка КРС на частосменяемой подстилке, позволяющей уменьшить ее расход в сравнении с содержанием их на глубокой подстилке. В этом случае подстилка вносится только в логово, а площадки, примыкающие к кормушкам, на которых скапливается до 80% навоза, убираются бульдозерным отвалом по мере необходимости (несколько раз в неделю). Однако для дойного стада наиболее целесообразно боксовое содержание и содержание на глубокой подстилке. В этих случаях меньше загрязняются животные и прежде всего их вымя, а следовательно, сокращаются затраты труда на их очистку и улучшается качество молока.

Определим количество подстилки, необходимое для внесения в логово с часто убираемым навозным проходом. Примем, что в навозном проходе скапливается 70% экскрементов. Тогда в логове с подстилкой будет выделено только 8 кг экскрементов.

Для получения смеси влажностью 75% норма внесения подстилки составит:

$$Q_c = 8 \frac{86 - 75}{75 - 20} = 1,6 \text{ кг/гол.}$$

В связи с вышеизложенным, для нормального протекания процесса компостирования экскрементов технические средства для внесения подстилки должны обеспечивать нормы внесения соломы в логова с глубокой

подстилкой на молочных фермах до 13 кг/гол., на откормочных фермах – 5,4 кг/гол., а при содержании молодняка на частосменяемой подстилке – 1,6 кг/гол.

В этих случаях производительность выгрузного механизма разбрасывателя составит:

$$Q = \frac{g_p K}{l_1 n}, \quad (24)$$

где g_p – рабочая скорость разбрасывателя, м/с, для МТЗ-80

$$g_{p_{\min}} \approx 0,5 - 1 \text{ м/с};$$

K – суточная норма внесения соломы, кг;

l_1 – фронт внесения подстилки, приходящийся на 1 голову.

Для молодняка КРС – $l_1 \approx 0,4 - 0,7$; для коров – $l_1 = 0,6 - 1,2$ м;

n – кратность внесения подстилки в сутки. Обычно $n = 1 - 2$.

Тогда, для молочных и мясных коров: при $l_1 = 1$ м; $n_k = 2$ находим из выражения:

$$Q_m = \frac{0,5 \cdot 13,0}{1 \cdot 2} = 3,25 \text{ кг/с} = 11,7 \text{ т/ч.}$$

Однако такую производительность трудно обеспечить. Поэтому примем $n = 3$.

Тогда

$$Q_m = \frac{0,5 \cdot 13,0}{1 \cdot 3} = 2,16 \text{ кг/с} = 7,8 \text{ т/ч.}$$

Для откормочных ферм с содержанием молодняка на глубокой подстилке

$$Q_o = \frac{0,5 \cdot 5,4}{0,5 \cdot 2} = 2,7 \text{ кг/с} = 9,72 \text{ т/ч.}$$

Для откормочных ферм с содержанием скота на частосменяемой подстилке при однократном внесении ее в сутки

$$Q_o = \frac{0,5 \cdot 1,6}{0,5 \cdot 1} = 1,6 \text{ кг/с} = 5,76 \text{ т/ч.}$$

При двукратном внесении подстилки на последних фермах $Q = 2,88$ т/ч.

Таким образом, производительность разбрасывателя на выдаче подстилки на молочных фермах должна составлять до 11,7 т/ч, на откормочных фермах – 2,88-9,72 т/ч.

При внесении подстилки с кормового прохода выше стойлового ограждения дальность бросания ее должна достигать 8,5 м, при внесении подстилки с навозного прохода – до 5 м.

Производительность при использовании в качестве измельчителя ориентировочно можно определить из выражения:

$$Q = \frac{N}{N_{уд}}, \text{ Т/ч,}$$

где N – мощность, передаваемая через ВОМ энергетического средства, или мощность установленного электродвигателя, кВт;
 $N_{уд}$ – удельная энергоёмкость процесса, кВт ч/т. $N_{уд} = 3-6$ кВт ч/т.

Диаметр бункера $D_б$ определяется диаметром рулона $D_{рул}$ и находится из выражения:

$$D_б = D_{рул} + 0,2.$$

Диаметр D_1 , описываемый рабочей кромкой ножей ротора:

$$D_1 = D_б / 2.$$

Диаметр ротора с выгрузными лопатками равен:

$$D_{рот} = D_1 + (0,15 \dots 0,2).$$

Количество отрезных ножей ротора необходимо принимать как $z \approx 4$ шт.

Угол наклона лезвия отрезного ножа τ должен быть равен 30%.

Вылет ножей в бункер a_1 должен быть в пределах $n_1 \approx 0,03-0,07$ м.

Более точно /15 /:

$$a_1 = \left(\frac{38,46Q}{\rho R^{2,03}} \right)^{1,03}.$$

Угол заточки лезвия ножа $j = 12-30^\circ$.

Частоту вращения бункера n находим из выражения:

$$n \approx \frac{Qn_1}{30\pi^2 n_1 R_б a_1 r_2 \rho - Q},$$

где r_2 – радиус, описываемый рабочей кромкой отрезных ножей ротора, м, $r_2 = D_1 / 2$;

n_1 – частота вращения ротора, мин.⁻¹

Минимальный угол наклона бункера β , град., равен:

$$\beta \geq \arctg \frac{r_2 n_1 a_1 \rho \sin \alpha}{4r_2^2 (2R_б - r_2)(n + n_1)},$$

где R – радиус бункера, м.

Длина ротора молоткового аппарата равна:

$$L = (0,29 \dots 0,33) R, \text{ м.}$$

Мощность, потребная на привод бункера, составит:

$$N_{бун} = QN_{уд,б}, \text{ кВт,}$$

где $N_{уд.б}$ – средняя удельная энергоемкость процесса подачи материала бункером, $N_{уд.б} = 0,14$ кВт-ч/т /15/.

Мощность, потребная на привод ротора будет равна:

$$N_p = QN_{уд.р}, \text{ кВт},$$

где $N_{уд.р}$ – средняя удельная энергоемкость ротора,

$$N_{уд.б} = 2,5-5 \text{ кВт-ч/т}.$$

Мощность N на привод измельчителя, кВт, составит:

$$N = N_p + N_б.$$

2.10. Обоснование направления совершенствования погрузочных средств для животноводческих ферм с учетом соотношения потребительских качеств и стоимости

Как указывалось выше в настоящее время на фермах крупного рогатого скота не менее 50% всех затрат, связанных с кормлением животных, приходится на выемку из хранилищ и погрузку кормовых материалов. Это во многом объясняется недостатками серийных погрузочных средств. Так, при выемке сенажа и силоса из траншей с помощью грейферных и фронтальных погрузчиков, работающих по принципу отрыва порций от монолита, нарушается целостность и герметичность его не менее чем на 2 м. Проникающий воздух в разрыхленный слой активно окисляет корм и снижает его питательность до 13%, каротина на 40...60%, перевариваемого протеина 6 - 8% /24/. При теплой погоде и больших интервалах между отборами с открытой поверхности потери от порчи могут быть более значительными. Поэтому 40-50 лет назад основное внимание было уделено созданию погрузчиков фрезерного ПСК-5 и счесывающего типа ПСС-5,5, которые при отборе силосованных кормов обеспечивали целостность монолита. Однако, вследствие недостаточной универсальности по видам погружаемых материалов они не получили широкого применения. К дополнению к ним для погрузки грубых кормов были созданы погрузчики-измельчители соломы ФН-1,2 и ФН-1,4, которые в настоящее время нигде не применяются вследствие своей узкой направленности.

Позднее за рубежом широкое распространение получил способ блочной выемки силоса вырезанием порциями в виде прямоугольных призм. В нашей стране этот способ достаточно хорошо изучен Рыбалко А.Г. и Павловым И.М. /24/. По результатам их работ было создано устройство для выемки силоса «Аллигатор» КС-00.000, навешиваемое на фронтальный погрузчик ПКУ-0,8.

С целью увеличения скорости отрезания порции корма от массива и, как следствие, производительности погрузчика в нем применен рабочий

орган отрезающего типа с двумя боковыми и одним фронтальным ножом, в западной практике называемый как «аллигатор». При этом способе выемки связи отделяемой порции с массивом с передней и боковых сторон полностью нарушаются резанием фронтальным и боковыми ножами, что ведет к снижению сопротивления отрыву порции и, как следствие, нагрузка на стрелу погрузчика, раму и передний мост трактора.

Однако такой рабочий орган работоспособен только на мелкоизмельченном силосе и сенаже. На крупноизмельченных силосованных кормах, а также на грубых кормах и тем более в случаях попадания инородных предметов, надежность его работы низкая, что не позволило ему получить широкое распространение.

Кроме силосованных и грубых кормов на животноводческих фермах используются сыпучие корма (концорма), погрузка которых осуществляется, как правило, фронтальными погрузчиками, оборудованными ковшами. Поэтому за рубежом фронтальные погрузчики применяются с быстро съемными рабочими органами: ковшом и вилами. К сожалению, в нашей стране с суровыми климатическими условиями, способствующими грязекормовым намерзаниям на присоединительных устройствах, не всегда можно быстро заменить рабочие органы не выходя из кабины трактора. Поэтому на отечественных фермах они не получили широкое распространение, на которых, как правило, применяются два погрузчика для сыпучих и стебельчатых кормов на двух тракторах.

С целью расширения функциональных возможностей фронтальных погрузчиков для погрузки всех видов кормов СКНИИМЭСХ разработано приспособление к погрузчику ПКУ-0,8 /4/, представляющее собой фрезерующий рабочий орган, заимствованный от фуражира ФН-1,2 и установленный над ковшом на дополнительной стреле. Привод его осуществляется от дополнительной гидросистемы, заимствованной от погрузчика-экскаватора. При отборе силосованных кормов погрузчик не разрыхляет «монолит», что снижает потери питательной ценности кормов за счет исключения вторичной ферментации. Для подбора с пола хранилища отфрезерованных разрыхленных кормов погрузчик оборудован вилкоковшовым захватом, оснащенный двумя боковыми и нижними пальцами, к которым приварено сплошное днище с задней и двумя боковыми стенками (патент РФ №2963139 Заявка №2008120454/12 от 22 мая 2008г. Опубликовано:10.08.2009. Бюл.№22). Недостатками таких устройств являются:

- сложность конструкции за счет наличия отрезных устройств;
- двухстадийная погрузка, понижающая производительность.

Вначале материал отрезается от «монолита» и сбрасывается на пол хранилища, затем с пола он подбирается вилко-ковшовым захватом, при этом вилко-ковшовый захват может внедряться только в разрыхленный

материал, получаемый после отделения его от монолита другими отрезными устройствами.

Для устранения этих недостатков предлагается универсальный фронтальный погрузчик с вилочно-ковшовым захватом (рисунки 30, 31), включающим нижние и два боковых пальца с режущими вертикальными ножами, днище с двумя боковинами, заднюю стенку, закрепленные к несущей раме, в верхней части которой установлен поворотный пальцевый отделитель, приводимый в действие двумя гидроцилиндрами, отличающийся тем, что пальцы поворотного отделителя оснащены сегментными ножами, а днище с двумя боковинами вилочно-ковшового захвата выполнено поворотным с фиксацией в крайних положениях пружинным механизмом (рисунок 31), а в задней стенке захвата имеются две щели для прохода боковин при повороте днища. При этом в опущенном к нижним пальцам положении днище с боковинами вместе с задней стенкой образуют ковш, а при повороте на 90^0 с помощью тросового или гидравлического привода, управляемого из кабины трактора, освобождаются нижние пальцы и они превращаются в вилы. Таким образом, в зависимости от вида погружаемых материалов захват может превращаться в вилы или ковш за счет откидного днища с боковинами.

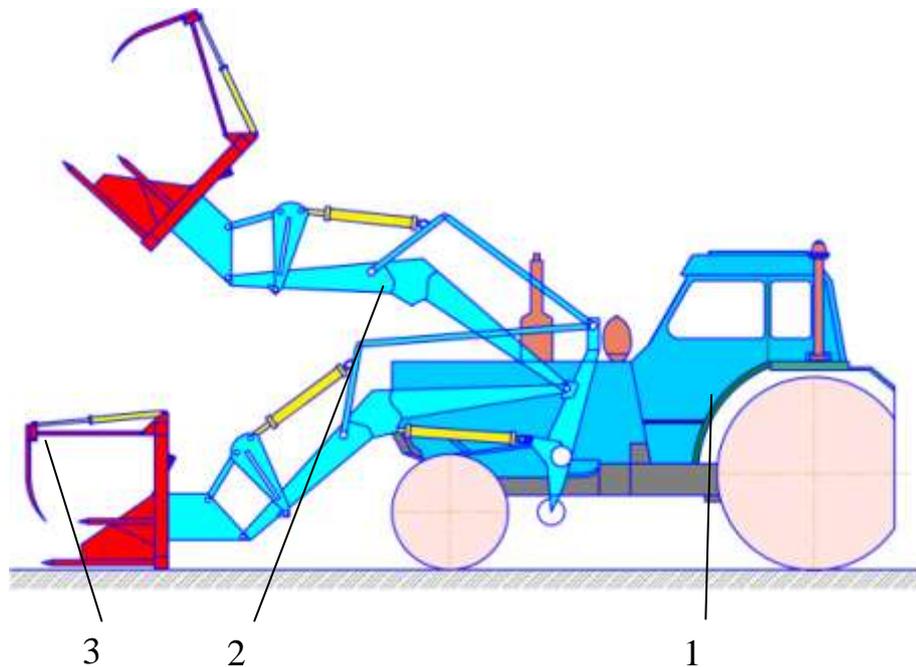


Рисунок 30 – Универсальный фронтальный погрузчик с вилочно-ковшовым захватом

1 – энергетическое средство (трактор); 2 – фронтальное погрузочное средство; 3 – вилочно-ковшовый захват

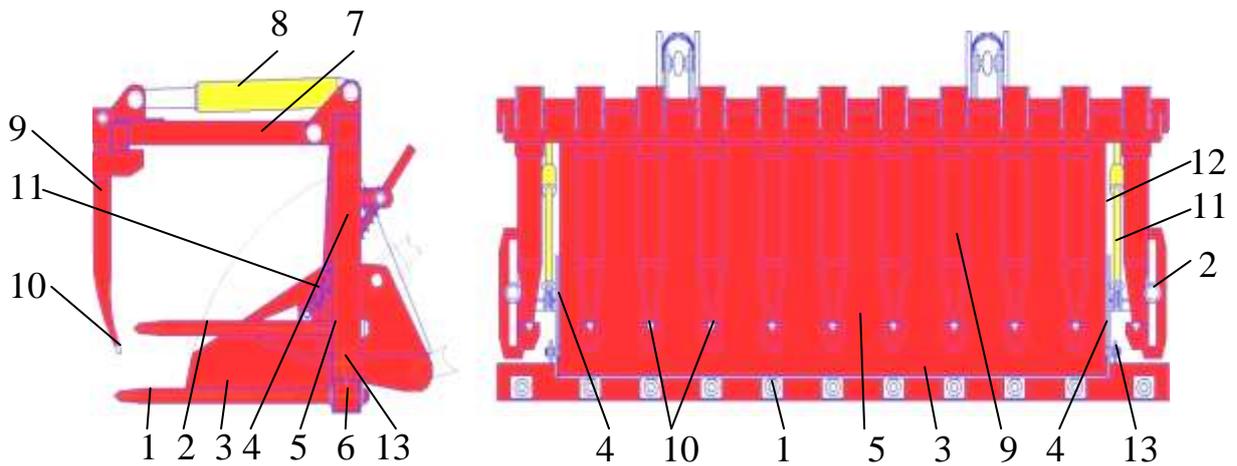


Рисунок 31 – Вилочно-ковшовый захват

- 1 – нижние пальцы; 2 – боковые пальцы; 3 – днище; 4 – боковины;
 5 – задняя стенка; 6 – несущая рама; 7 – поворотный пальцевый отде-
 литель; 8 - гидроцилиндры; 9 – пальцы отделителя; 10 – сегментные ножи;
 11 – пружинный механизм; 12 – щели в задней стенке;
 13 – ось поворота днища

Погрузчик работает следующим образом. Напором трактора пальцы нижних вилок внедряются в кормовой массив, при этом ножи боковых пальцев частично перерезают боковые поверхности отделяемого блока. Затем с помощью гидроцилиндров приводится в движение пальцевый отделитель с ножами. Последний, очерчивая траекторию по дуге, перерезает часть фронтальной поверхности отрезанной порции корма, при этом инородные включения (камни, металлические включения и др.) за счет сдвига их сегментными ножами в просветы между пальцами не приводят к выходу из строя отделителя или к прекращению внедрения пальцев в массив, что имеет место при отрезании порций корма от массива сплошными ножами. Затем захваченная порция корма запрокидыванием вилок с последующим подъемом стрелы отрывается по основанию и стенкам, поднимается вверх и погружается в транспортные средства. Наличие сегментных ножей на концах пальцев обеспечивает уменьшение сопротивления внедрения пальцевого отделителя в массив, что позволяет увеличить вместимость вилочно-ковшового захвата, а следовательно, и производительность погрузчика.

Для работы погрузчика на сыпучих кормах днище с боковинами из кабины трактора с помощью тросового или гидравлического привода поворачивается на 90° и фиксируется в прижатом к нижним пальцам положении пружинным механизмом, т.е. захват превращается из вилок в ковш. За счет этого обеспечиваются широкие технологические возможности и универсальность по видам погружаемых материалов без дооборудования фронтальных погрузчиков сложными, ненадежными и дорогими отре-

зающими устройствами (фрезами, пилообразными и черенковыми ножами, режущими цепями и др.) или сменными рабочими органами. Вследствие простоты конструкции, повышения надежности и производительности, низкой стоимости повышается эффективность использования всего погрузочно-кормораздаточного комплекса на фермах. При оснащении серийных фронтальных погрузчиков предлагаемым устройством можно обойтись на животноводческих фермах одним погрузочным агрегатом на одном тракторе вместо двух погрузчиков с двумя тракторами.

В связи с высокой эффективностью и перспективностью предлагаемой конструктивно-технологической схемы фронтального погрузчика с вилочно-ковшовым захватом возникает необходимость в обосновании рациональных его параметров.

Ранее проведенными исследованиями /4/ было выявлено, что вместимость ковша погрузчика на тракторе класса 1,4ТС должна быть равной не менее 1 м^3 . Ее можно обеспечить за счет ширины и высоты захвата, а также длины его зубьев. Рациональные значения их определим из следующих соображений.

Исследованиями /24/ было выявлено, что отделение блока по основанию от кормового массива следует осуществлять отрывом, так как удельные сопротивления разрыву в горизонтальной плоскости для силоса и сенажа составляют соответственно 1,6 кПа и 1,8 кПа, что меньше сопротивления разрыву в вертикальной плоскости в 12-12,5 раз. Поэтому ширину захвата целесообразно принимать максимально возможной из условия обеспечения внедрения нижних вилок в массив. Усилие на внедрение нижних вилок зависит от количества и длины зубьев вилочного захвата, профиля и размеров их поперечного сечения.

Усилие на внедрение вилок в массив, развиваемое энергетическим средством (трактором) можно определить из выражения

$$P = P_{кр} + P_{ин} , \quad (25)$$

где $P_{кр}$ – толкающее усилие на фронтальном погрузчике, численно равное тяги на крюке;

$P_{ин}$ – сила инерции трактора с погрузчиком.

$$P_{кр} = G \cdot \varphi , \quad (26)$$

где φ – коэффициент сцепления (для асфальта $\varphi = 0,6-0,75$; укатанного снега $\varphi = 0,3-0,4$; для сухой грунтовой дороги $\varphi = 0,6-0,8$);

G – сила тяжести трактора и фронтального погрузчика (для трактора МТЗ-82 $G_{тр} = 3555 \text{ кг}$; для погрузчика ПКУ-0,8 $G_{п} = 908 \text{ кг}$).

Подсчет по формуле 26 показал, что $P_{кр}$ в хранилищах с твердым покрытием составляет 3124,1 кг, в зимнее время по укатанному снегу 1562кг.

$$P_{ин} = (m_{тр} + m_{п})j, \quad (27)$$

где j – ускорение при внедрении вил, $м/с^2$;

$m_{тр}$; $m_{п}$ – масса трактора и погрузчика, кг.

$$m_{тр} = G_{тр}/g, \quad m_{п} = G_{п}/g, \quad (28)$$

где g – ускорение свободного падения, $g = 9,81$ м/с.

$$j = \frac{v_{н} - v_{к}}{t}, \quad (29)$$

где $v_{н}$ – начальная скорость трактора, км/ч. Примем $v_{н} = 3,6$ км/ч = 1 м/с;

$v_{к}$ – конечная скорость трактора км/ч, $v_{к} = 0$;

t – время внедрения вил, с; $t = L / v_{вн}$, с; (30)

L – длина вил, м. Априорно примем $L = 0,8$ м;

$v_{вн}$ – средняя скорость внедрения, км/ч; $v_{вн} = 0,5$ км/ч.

Тогда

$$t = L / v_{вн} = 0,8 / 0,5 = 1,6 \text{ с.} \quad (31)$$

С учетом полученного значения t при $v_{н} = 3,6$ км/ч

$$j = \frac{1,0}{1,6} = 0,625 \text{ м/с}^2.$$

Подставляя j в выражение 27, получим $P_{ин} = 284$ кг.

Откуда видно, что сила инерции трактора и фронтального погрузчика на первой и второй передачах значительно меньше напорного усилия по сцепному весу на твердом покрытии днища хранилища и по укатанному снегу.

Требуемое усилие на внедрение нижних вил в массив определим из следующих соображений.

Проведенными исследованиями /24/ было выявлено, что усилие внедрения от глубины погружения зуба круглого сечения можно определить из выражения

$$F = 2,45795L. \quad (32)$$

Если принять $L = 0,8$ м, то $F = 1,966$ кН = 196,6 кг.

Если допустить, что все зубья захвата испытывают одинаковое усилие при внедрении, и в летний период в хранилищах развиваемое тяговое усилие трактора достигает 3124,1 кг, то в захвате можно применить следующее количество зубьев

$$Z = 3124,1 / 196,6 = 15 \text{ шт.}$$

В зимний период на снегу, когда $P_{кр} = 1562$ кг число зубьев составит

$$Z = 1562 / 196,6 \approx 8 \text{ шт.}$$

Так как два боковых зуба с вертикальными ножами испытывают примерно двойные нагрузки, то окончательно примем 11 нижних зуба и два боковых. Однако в зимнее время, вследствие низкого коэффициента сцепления на снегу тягового усилия трактора будет недостаточно для внедрения такихвил. Поэтому в этот период необходимо будет работать с дополнительным использованием силы инерции трактора с погрузчиком, т.е. перед внедрениемвил необходимо будет достичь на агрегате начальную скорость до 5 м/с. В случае если по каким-то причинам не возможно установить такой режим, то придется внедрять часть зубьеввил, т.е. работать вилами меньшей ширины или с меньшим заглублением зубьев. Ширину нижнихвил определим из следующих соображений. Практика показала, что допустимые просыпания измельченных силосованных и стебельчатых кормов между зубьямивил имеют место при расстоянии между зубьями равном 140-190 мм. Примем расстояние между центрами зубьев диаметром 40 мм, принятым из прочностных соображений, равным 185 мм. Тогда при 11 зубьях расстояние между крайними зубьями будет $185 \times 10 = 1850$ мм, а общая ширина рамки, на которой крепятся зубья, составит около 2000 мм.

Определим параметры верхнего пальцевого отделителя из соображений максимально возможного отрезания порции корма от массива по фронтальной поверхности. Выше указывалось, что удельное сопротивление разрыву в вертикальной плоскости в среднем в 12 раз больше удельного сопротивления разрыву в горизонтальной плоскости /24/. Это объясняется тем, что частицы консервированного корма имеют ярко выраженную горизонтальную ориентацию и поэтому связи между слоями в горизонтальной плоскости наименьшие. Это учтено при выборе способа отделения блока корма от массива: максимальная ширина блока при допустимой его высоте.

Сопротивление перемещению режущего ножа складывается из сопротивления сжатию кормового массива, сил трения и сопротивления резанию. Исследованиями /24/ установлено, что для ножа с остротой лезвия 0,01 мм и толщиной 3-4 мм удельное сопротивление резанию кукурузного силоса составляет 16-20 Н/мм, сенажа – 20-29 Н/мм; угол заточки режущего элемента должен быть $\beta = 25 - 26^\circ$.

Верхний пальцевой отделитель приводится в действие двумя гидроцилиндрами с диаметром поршня 100 мм. При давлении в гидросистеме

равном 160 атм они развивают усилие 25120 кг. Расчет показал, что при принятой кинематической схеме привода отделителя вертикальное усилие на пальцы в конце процесса прорезания массива составит 4350 кг.

Если принять максимальное удельное сопротивление на сенаже 29 Н/мм, то расчетное суммарное значение длины ножей составит $4350,4/2,9 = 1500,1$ мм.

При принятом количестве пальцев отделителя равном 11 длина отдельного ножа составит 136 мм. Поэтому можно принять сегментные ножи с насечкой шириной до 130 мм.

Выбор параметров поворотного днища с боковинами не требует глубоких научных исследований, они принимаются из конструктивных соображений.

Обоснованные конструктивно-технологическая схема и параметры легли в основу разработанной конструкторской документации на универсальный фронтальный погрузчик всех видов кормов с вилочно-ковшовым захватом, который в зависимости от вида погружаемых материалов может превращаться в вилы или ковш за счет поворотного днища с боковинами. Такой погрузчик по критерию «Цена-качество» превосходит все ранее известные погрузочные средства.

Подводя итог можно заключить следующее. В связи с тем, что консервированные корма имеют ярко выраженную горизонтальную ориентацию и поэтому связи между слоями в горизонтальной плоскости наименьшие, то увеличение вместимости захватов для повышения производительности погрузочных средств наиболее целесообразно осуществлять за счет увеличения ширины их до 2 м при допустимой высоте (до 0,8 м).

Для повышения надежности процесса перерезания фронтальной поверхности отделяемого кормового блока целесообразно вместо сплошных ножей на верхнем прижиме установить пальцы с сегментными ножами шириной до 130 мм, которые за счет сдвига инородных включений обеспечивают надежность внедрения их в массив.

Оснащение вилчатого захвата поворотным днищем с боковинами обеспечит универсальность фронтального погрузчика по всем видам погружаемых материалов, что позволит обойтись на животноводческих фермах одним погрузочным средством на одном тракторе вместо двух погрузчиков с двумя тракторами. Фронтальный погрузчик с таким захватом по критерию «цена-качество» превосходит все известные до настоящего времени технические решения погрузочных средств.

2.11. Обоснование конструктивно-технологической схемы параметров и режимов работы агрегата комбикормового мобильного АКМ-3М

В настоящее время наиболее важной проблемой в животноводстве является проблема рационального использования кормовых ресурсов и, в первую очередь, концентратов, до 25% которых не усваивается животными вследствие несовершенных технологий их подготовки к скармливанию. Ранее в СКНИИМЭСХ были разработаны комплекты оборудования автоматизированных комбикормовых цехов производительностью 20-60 т в смену и стоимостью свыше 10 млн.руб., которые получили широкое распространение на крупных птицефабриках и в коллективных хозяйствах. Для хозяйств, начинающих развивать животноводство и для ассоциаций фермерских хозяйств необходимы менее дорогие комбикормовые агрегаты. В последние годы за рубежом широкое распространение получает технология приготовления полноценных комбикормов на мобильных агрегатах непосредственно в хозяйствах из собственного сырья без больших транспортных издержек с минимальными эксплуатационными затратами. В связи с этим в СКНИИМЭСХ проведены НИР и ОКР по созданию мобильного комбикормового агрегата. Была обоснована конструктивно-технологическая схема и определены рациональные эксплуатационно-технологические требования к мобильному комбикормовому агрегату, которые были заложены в конструкторскую документацию и в экспериментальный образец агрегата комбикормового мобильного АКМ-3М, изготовленного на средства ФГУП «Экспериментальное» Россельхозакадемии зерноградского района Ростовской области и Министерства сельского хозяйства и продовольствия Ростовской области.

Ранее для смешивания и раздачи концентрированных кормов, мелассы, жома, измельченных сочных кормов, премиксов и других балансирующих добавок на животноводческих и птицеводческих фермах СКНИИМЭСХ разработана конструктивно-технологическая схема агрегата кормового малогабаритного АКМ-3, представляющего одношнековый смеситель с наклонным бункером, установленном на одноосном шасси /25/.

Для расширения функциональных возможностей его разработана модификация агрегата (рис. 32), способная использоваться не только в качестве смесителя-раздатчика концентратов с обогащающими добавками, но и измельчать зерновые корма, то есть применяться в качестве мобильного комбикормового агрегата для производства комбикормов на месте в коллективных хозяйствах, кооперативах, фермерских и личных подсобных хозяйствах.

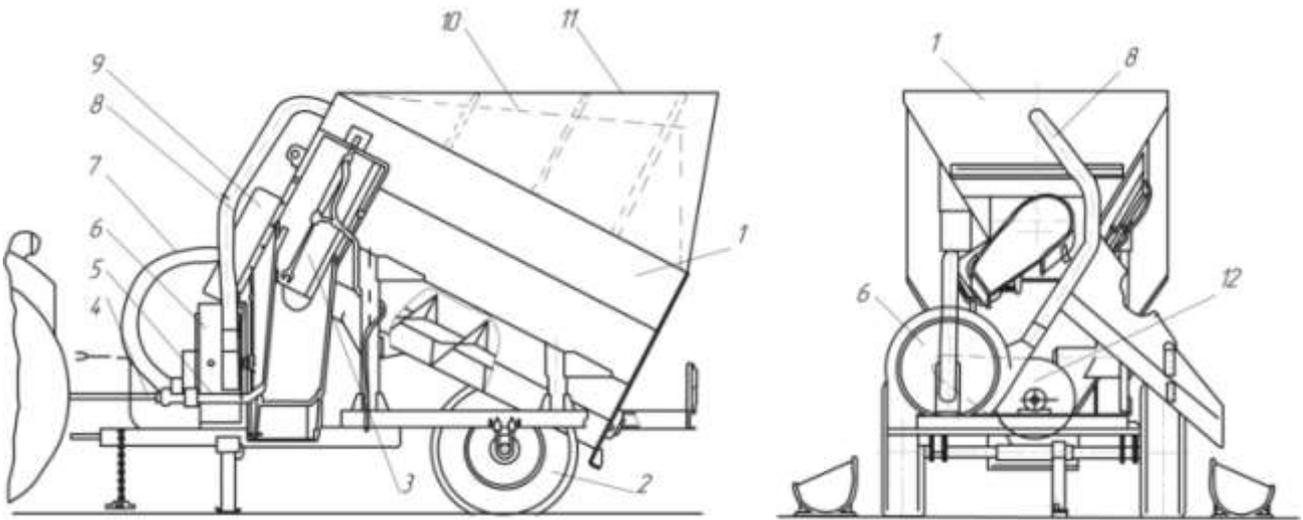


Рисунок 32 – Схема агрегата комбикормового мобильного АКМ-3М

1 – смеситель; 2 – ходовая часть; 3 – выгрузное окно; 4 – карданный вал; 5 – контрпривод; 6 – дробилка зерна; 7 – всасывающий рукав; 8 – нагнетательный трубопровод; 9 – привод смесителя; 10 – фильтр; 11 – водонепроницаемый чехол; 12 – клиноременная передача

Главными функциями такого технического средства являются:

- загрузка и измельчение зерновых кормов всех видов;
- смешивание зерновых кормов с мелассой, премиксами и другими балансирующими добавками;
- транспортирование и выдача полученной кормосмеси в кормушки, транспортные средства и склады.

Наряду с основными функциями разрабатываемое оборудование должно выполнять ряд вспомогательных функций:

- загрузка премиксов, мелассы и других балансирующих добавок;
- привод измельчающих, смешивающих, загрузочных и выгрузных устройств;
- контроль количества загружаемых и выдаваемых кормовых материалов по массе и др.

В некоторых производственных условиях возможно выполнение других функций: измельчение корнеклубнеплодов, тыквы.

Выполнение таких главных функций как смешивание всех видов измельченных кормов и добавок, транспортирование и выдача полученной кормосмеси на кормовой стол может осуществляться ранее разработанным мобильным смесителем-раздатчиком АКМ-3 с тензометрическим взвешивающим устройством.

Дополнительные главные функции – загрузка и измельчение зерновых кормов могут выполняться с помощью загрузочных транспортеров и дробилкой с вертикальной осью вращения ротора или дробилкой с гори-

зонтальной осью вращения ротора со всасывающе-нагнетательной системой с гибкими трубопроводами по типу аналогичных узлов стационарных комбикормовых установок КУ-2, «Доза» и др. Несмотря на более высокую энергоёмкость дробилки со всасывающе-нагнетательными системами в условиях применения на мобильных комбикормовых установках имеют существенные преимущества: они проще по конструкции, имеют меньшую стоимость, проще в эксплуатации (перенос всасывающего сопла от бурта одного вида зерна к бурту другого вида зерна, а также перевод его из транспортного положения в рабочее и наоборот не вызывает больших сложностей). Поэтому в качестве главного функционального блока комбикормового агрегата примем дробилку зерновых кормов со всасывающе-нагнетательной системой по типу аналогичных узлов стационарных комбикормовых установок КУ-2.

Вспомогательные функции могут выполняться самостоятельным оборудованием. Готовые измельченные концентрата могут загружаться в смеситель шнековым транспортером из бункеров типа БСК-10, меласса – шестеренчатым насосом из емкости с подогревающим устройством. Так как, мощность на привод смесителя не превышает 10 кВт, то привод смесителя целесообразно осуществить гидромотором от гидросистемы трактора, а привод дробилки зерновых кормов – от ВОМ трактора.

В конечном итоге для расширения функциональных возможностей ранее разработанного агрегата кормового АКМ-3 необходимо дополнительно оснастить его дробилкой зерновых кормов с гибким всасывающим шлангом с заборным соплом и нагнетательным трубопроводом (рис. 32) по типу дробилки комбикормовой установки КУ-2, выпускаемой ОАО «Слободской машзавод» (Кировская область). Привод дробилки осуществить от ВОМ трактора через контпривод и клиноременную передачу. Частота вращения ротора дробилки – 2800-3100 мин⁻¹. В целях исключения потерь кормов за счет распыла, бункер смесителя закрыть пристегивающимся фильтром.

При создании комбикормового агрегата выявилась необходимость в изучении влияния производительности дробилки на производительность агрегата за весь цикл работ и др.

Основные задачи исследования: построение математической модели технологического процесса агрегата; выявление действующих факторов и их влияние на критерии оптимизации.

Вначале примем следующие допущения:

1. Кормовая смесь готовится как минимум из 3-4 компонентов: ячмень, пшеница, кукуруза, премиксы;
2. Производительность дробилки для всех компонентов одинаковая;

3. Все зерновые компоненты находятся в рядом расположенных отсеках, т.е. переезд агрегата от одного зернового компонента к другому отсутствует.

Работа агрегата складывается из следующих операций: перевод всасывающего сопла из транспортного в рабочее положение; загрузка и измельчение одного вида зерна; перенос всасывающего шланга в отсек хранилища с другим компонентом; измельчение и загрузка другого вида зерна; перенос всасывающего шланга к третьему компоненту; измельчение и загрузка третьего компонента; перенос всасывающего шланга к четвертому компоненту и загрузка его в агрегат через дробилку; перевод всасывающего шланга в транспортное положение; загрузка мелассы; смешивание их во время переезда от хранилищ до места выдачи кормосмеси; раздача кормосмеси и возвращение агрегата к месту загрузки. Из схемы работы агрегата следует, что технологическое время работы будет

$$T = kt_{ц} + t_{14} , \quad (33)$$

где k , $t_{ц}$ – количество и длительность полных циклов работы, с;

t_{14} - длительность нарушения технологического процесса, с.

Длительность t_{14} нарушения технологического процесса (буксование агрегата, забивание рабочих органов и др.) в большей степени зависят от внешних факторов и в меньшей от параметров агрегата. Поэтому при предварительном анализе затраты времени на устранение нарушений технологического процесса не учитывали.

Длительность полного цикла работы агрегата

$$t_{ц} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_9 + t_{10} + t_{11} + t_{12} + t_{13}, \quad (34)$$

где $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7, t_8, t_9, t_{10}, t_{11}, t_{12}, t_{13}$ – длительность соответственно перевода всасывающего сопла из транспортного в рабочее положение, загрузки и измельчения первого вида зерна; переноса всасывающего сопла ко второму виду зерна; загрузки и измельчения второго вида зерна; переноса всасывающего сопла к третьему виду зерна; загрузки и измельчения третьего вида зерна; переноса всасывающего сопла к четвертому компоненту, загрузки четвертого компонента (премикса); перевода всасывающего сопла в транспортное положение; загрузки мелассы; смешивания и транспортирования к местам выдачи; раздачи кормосмеси; возвращения агрегата к местам загрузки.

Длительность составляющих цикла агрегата

$$t_1 \approx t_3 \approx t_5 \approx t_7 \approx t_9 \approx 5 \div 10 \text{ с}; \quad \text{сумма } t_1; t_3; t_5; t_7; t_9 \approx 25 \div 50, \text{ с} \quad (35)$$

$$t_2 = \frac{K_1}{G}; \quad t_4 = \frac{K_2}{G}; \quad t_6 = \frac{K_3}{G}; \quad t_8 = \frac{K_{\Pi}}{G}; \quad t_{10} = \frac{K_M}{G_H}; \quad t_{11} = \frac{L}{v_{\text{ТР}}}; \quad t_{12} = \frac{l_p}{v_p}; \quad t_{13} = \frac{L}{v_{\text{ТР}}}, \quad (36)$$

где $K_1, K_2, K_3, K_{\Pi}, K_M$ – количество каждого из трех видов зерна, премикса и мелассы, загружаемых за 1 цикл, кг;

G – производительность дробилки на всасывании, измельчении и подачи зерновых, кг/с;

G_M – производительность загрузочного устройства (насоса) на мелассе, кг/с;

L – расстояние между местом загрузки кормов и местом выдачи смеси, м;

$v_{\text{ТР}}$ – средняя скорость движения агрегата между хранилищами и местами потребления кормов, м/с;

v_p – средняя скорость агрегата при раздаче смеси, м/с;

l – длина выдачи смеси, м.

Число полных циклов работы агрегата для выдачи суточного рациона равно

$$k = \frac{K_{\text{сут}} n_{\text{ж}}}{K_{\text{ц}}} = \frac{n_{\text{ж}} K_{\text{сут}}}{V_{\text{б}} \gamma_{\text{см}} \psi_{\text{б}}}, \quad (37)$$

где $K_{\text{сут}}$ – суточная норма выдачи всех видов кормов одному животному, кг;

$K_{\text{ц}}$ – количество кормов, перевозимых за один цикл работы агрегата, кг;

$V_{\text{б}}$ – вместимость бункера агрегата, м³;

$\gamma_{\text{см}}$ – плотность кормосмеси, кг/м³;

$\psi_{\text{б}}$ – коэффициент заполнения бункера;

$n_{\text{ж}}$ – число животных, гол.

Подставляя значения составляющих в выражения 1 и 2, получим

$$T = \frac{n_{\text{ж}} K_{\text{сут}}}{V_{\text{б}} \gamma_{\text{см}} \psi_{\text{б}}} \left(t_1 + t_3 + t_5 + t_7 + t_9 + \frac{K_1}{G} + \frac{K_2}{G} + \frac{K_3}{G} + \frac{K_{\Pi}}{G} + \frac{K_M}{G_H} + \frac{L}{v_{\text{ТР}}} + \frac{l}{v_p} + \frac{L}{v_{\text{ТР}}} \right), \text{ с.} \quad (38)$$

Факторы K_1, K_2, K_3, K_{Π} зависимы друг от друга, т.е. невозможно установить уровень каждого из них вне зависимости от уровней других. Поэтому целесообразно заменить их на количество всех видов кормов и добавок, перевозимых за один цикл $K_{\text{ц}}$.

Тогда с учетом (35) выражение (38) приобретет вид

$$T = \frac{n_{\text{ж}} K_{\text{сут}}}{V_{\text{б}} \gamma_{\text{см}} \psi_{\text{б}}} \left[(25 \div 50) + \frac{K_{\text{ц}}}{G} + \frac{2L}{v_{\text{ТР}}} + \frac{l}{v_p} \right], \text{ с.} \quad (39)$$

Производительность агрегата

$$Q = \frac{3,6K_{\text{сут}}n_{\text{ж}}c}{V_{\text{б}}\gamma_{\text{см}}\psi_{\text{б}} \left[(25 \div 50) + \frac{K_{\text{ц}}}{G} + \frac{K_{\text{м}}}{G} + \frac{2L}{v_{\text{тр}}} + \frac{l}{v_{\text{р}}} \right]}, \text{ кг/с}, \quad (40)$$

или

$$Q = \frac{3,6cV_{\text{б}}\gamma_{\text{см}}\psi_{\text{б}}}{(25 \div 50) + \frac{K_{\text{ц}}}{G} + \frac{K_{\text{м}}}{G} + \frac{2L}{v_{\text{тр}}} + \frac{l}{v_{\text{р}}}}, \text{ кг/с}. \quad (41)$$

Количество кормов и добавок, перевозимых за один цикл, определяется из выражения

$$K_{\text{ц}} = \frac{K_{\text{сут}}n_{\text{ж}}}{k} = \frac{K_{\text{сут}}n_{\text{ж}}V_{\text{б}}\gamma_{\text{см}}\psi_{\text{б}}}{K_{\text{сут}}n_{\text{ж}}} = V_{\text{б}}\gamma_{\text{см}}\psi_{\text{б}}. \quad (42)$$

Подставляя значения $K_{\text{ц}}$ в выражение (9), получим

$$Q = \frac{3,6V_{\text{б}}\gamma_{\text{см}}\psi_{\text{б}}c}{(25 \div 50) + \frac{V_{\text{б}}\gamma_{\text{см}}\psi_{\text{б}}}{G} + \frac{K_{\text{м}}}{G} + \frac{2L}{v_{\text{тр}}} + \frac{l n_{\text{ж}}}{v_{\text{р}}}}, \text{ кг/с}, \quad (43)$$

где l_1 – фронт кормления одного животного, м.

Из выражения (43) видно, что производительность агрегата АКМ-3М зависит от вместимости бункера, длительности перевода всасывающего рукава в рабочее и транспортное положения, переноса всасывающего рукава от бурта одного вида кормового компонента к буртам других видов компонентов, производительности измельчителя-загрузчика сыпучих компонентов (зерна и премиксов), длительности загрузки мелассы и других добавок, скоростей агрегата транспортной и рабочей, расстояния перевозки и фронта выдачи кормосмеси.

Так как во многих хозяйствах мелассу не используют, то в этих случаях в выражении (43) величину $K_{\text{м}}/G_{\text{н}}$ можно исключить. С учетом этого дальнейший анализ выражения (43) проведен без указанного члена.

Анализ показал, что в общем балансе технологического времени длительность измельчения и загрузки зерновых кормов составляет 80-90%, время переноса всасывающего сопла 2-4%, длительность смешивания и транспортирования кормосмеси – 3-5%, распределения ее вдоль фронта кормления – 5-10%. Поэтому измельчать зерновые целесообразно заблаговременно перед раздачей кормосмеси.

В качестве критерия анализа можно принять производительность агрегата за 1 час чистой работы. Некоторые факторы целесообразно устано-

вить на одном уровне, например, $\gamma_{\text{см}} = 500 \text{ кг/м}^3$; $l = 0,5 \text{ м}$; $c = 0,8$; $K_{\text{сут.}}$ концкормов и премиксов – 5,5 кг.

С учетом этого было изучено влияние остальных переменных факторов на производительность агрегата.

Зависимость производительности агрегата от производительности дробилки и вместимости бункера представлены на рисунке 33.

Из рисунка 33 видно, что при постоянных значения $\gamma = 500 \text{ кг/м}^3$, $\psi = 0,7$; $c = 0,8$; $t_{\text{п}} = 30 \text{ с}$; $L = 35 \text{ м}$; $l_1 = 0,5 \text{ м}$; $v_{\text{тр}} = 1,5 \text{ м/с}$; $v_{\text{р}} = 1 \text{ м/с}$; $n_{\text{ж}} = 200$ голов с увеличением производительности дробилки производительность кормового агрегата АКМ-3М возрастает. Так при вместимости бункера 1 м^3 с ростом производительности дробилки в 5,5 раза производительность агрегата возрастает в 4,7 раза, а при вместимости бункера 3 м^3 производительность агрегата возрастает в 4,8 раза. Можно считать, что производительность агрегата АКМ-3М прямо пропорциональна вместимости бункера (рис. 33).

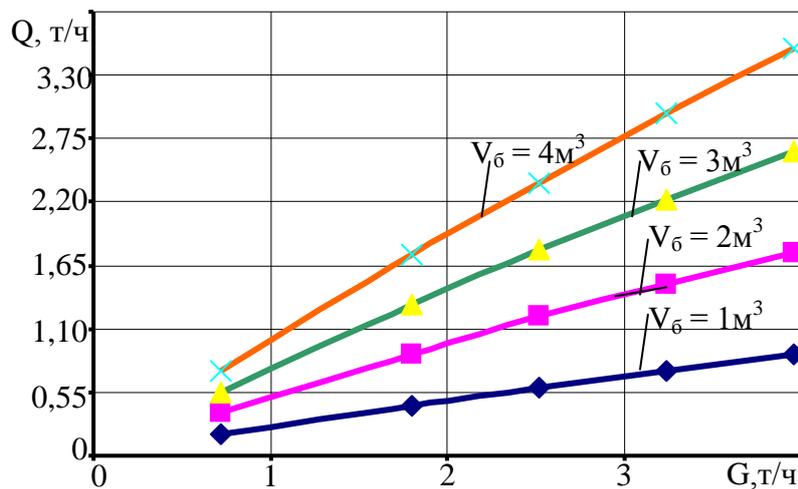


Рисунок 33 - Зависимость производительности комбикормового агрегата АКМ-3М Q от производительности дробилки G и вместительности бункера V_6

Но, так как в одной производственной группе на большинстве ферм содержится до 200 голов, то при выдаче суточной нормы кормов в 7 кг на голову за один прием требуемая вместимость бункера должна быть не более 3 м^3 .

Расстояние транспортирования кормосмеси оказывает незначительное влияние на производительность комбикормового агрегата АКМ-3М при разной производительности дробилки зерна (рис. 34).

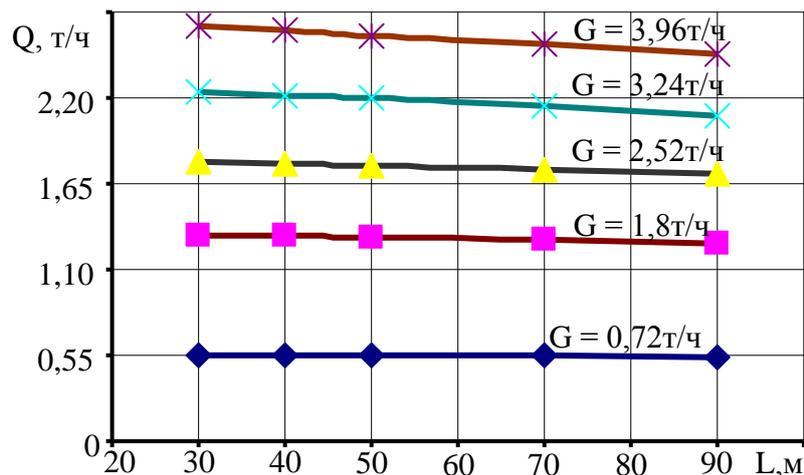


Рисунок 34 - Зависимость производительности кормового агрегата АКМ-3М от расстояния транспортирования кормосмеси и производительности дробилки зерна

Например, с увеличением расстояния транспортирования кормосмеси с 30 м до 90 м, т.е. в 3 раза, производительность агрегата при $G = 3,96$ т/ч уменьшается всего на 4,5%, а при производительности дробилки равной 2,52 т/ч на 4,3 %. Это объясняется тем, что длительность переезда агрегата в общем балансе технологического времени за 1 цикл работы агрегата составляет незначительную долю (до 5%). Основная доля технологического времени приходится на загрузку с измельчением кормовых компонентов. Однако всегда необходимо стремиться к более близкому размещению мест загрузки кормов к местам выдачи кормосмесей. Выбор производительности дробилки зерна необходимо проводить из условия потребной мощности. Практика показала, что дробилки зерна со всасывающими и нагнетательными гибкими шлангами расходуют до 7 кВт-ч/т. Так как разрабатываемый агрегат АКМ-3М планируется агрегатировать с тракторами класса 0,9-1,4ТС, т.е. с Т-40 и МТЗ-80, у которых через ВОМ можно отобрать 80% мощности трактора, то есть $50 \times 0,8 = 40$ кВт, то производительность дробилки зерна должна быть до 5,5 т/ч.

Рациональные технологические и конструктивные параметры заложены в конструкторскую документацию, по которой будет изготовлен экспериментальный образец агрегата комбикормового мобильного АКМ-3М.

Он (рис. 35, 36) состоит из одношнекового смесителя, установленного под углом 27° на ходовой части. В верхней части бункера смесителя имеется выгрузное окно с заслонкой и скатным лотком. Привод смесителя осуществляется от гидромотора, приводимого в действие от гидросистемы трактора. Перед смесителем на раме смонтирована дробилка зерновых

кормов, привод которой осуществляется от ВОМ трактора через контр-привод и клиноременную передачу.



Рисунок 35 – Агрегат комбикормовый мобильный АКМ-3М.
Вид сбоку



Рисунок 36 - Агрегат комбикормовый мобильный АКМ-3М.
Вид спереди

Дробилка оборудована гибким всасывающим рукавом и нагнетательным трубопроводом. В целях исключения потерь кормов за счет распыла, бункер смесителя закрыт фильтровальной тканью и водонепроницаемым чехлом, которые крепятся к бункеру с помощью дуг и растяжек. Избыточный воздух, прошедший через фильтрованную ткань, выходит через заднюю стенку, не закрытую водонепроницаемым чехлом. Работа агрегата осуществляется следующим образом. Вначале закрывают заслонку выгрузного окна на смесителе, включают дробилку и смеситель в работу, вставляют в борт зерна всасывающее сопло. После загрузки и измельчения одного вида зерна всасывающий шланг с соплом переносится в отсек с другим компонентом и т.д. После загрузки всех компонентов выключается ВОМ, всасывающий шланг переводится в транспортное положение и агрегат перемещается к местам выдачи. При приближении к ним водитель открывает заслонку выгрузного окна и, продвигаясь вдоль кормушек со скоростью, необходимой для обеспечения заданной нормы выдачи, раздает кормосмесь. Норму выдачи кормосмеси можно также изменять величиной открытия выгрузного окна.

Предлагаемый агрегат позволит сократить номенклатуру машин и оборудования, а следовательно, повысить эффективность производства, доставки и раздачи комбикормов в условиях резкого увеличения числа товаропроизводителей.

Для определения веса загружаемых в смеситель компонентов корма используется электронное весодозирующее устройство ЭВДУ-081 производство ООО «ЭМТА» (г.Новосибирск), которое включает в себя четыре датчика силы, электронный блок с кабелями питания (рис. 37, 38).



Рисунок 37 – Датчик силы электронного весового устройства



Рисунок 38 – Электронный блок весового устройства

Дозировка кормовых компонентов производится по предварительно занесенному в память устройства рецепту. Количество рецептов может быть от 1 до 9. Оценка веса каждого компонента производится последовательно по его номеру, начиная с первого номера, при этом загрузка их должна производиться в той же последовательности. В устройстве имеется возможность накопительного учета расхода всех компонентов за любой период, например, одной загрузки, смены, месяц, квартал и т.п.

В устройстве имеется возможность использования его в режиме весов, т.е. измерения веса без выдачи сигналов дозирования и без переключения между компонентами, а также индексации порций корма при разгрузке. Для удобства эксплуатации возможна установка дискретности индикации веса в рабочем режиме 1 кг или 10 кг. Питание весового устройства осуществляется от аккумулятора трактора. Таким образом, устройство ЭВДУ-081 выполняет следующие функции:

- формирование доз компонентов;
- формирование рецептов корма;
- накопление и хранение данных по суммарному весу каждого компонента за отчетный период, определяемый эксплуатирующей организацией.

Время хранения данных с отключенным питанием не менее одного года. Количество формируемых рецептов 9, количество компонентов в каждом рецепте 1 – 19, погрешность измерения веса загруженного корма $1\% \pm 1\text{кг}$.

Техническая характеристика агрегата АКМ-3М

Вместимость смесителя, м ³	до 2,8
Длительность смешивания кормов, мин.	4-8
Производительность, т/ч на приготовлении комбикормов	до 2,5

на смешивании и раздаче кормосмесей	до 8
Габаритные размеры, мм	4700 x 1810 x 3260
Агрегируется с тракторами кл. ТС	0,9 – 1,4
Масса, кг	1660

Исследования и испытания агрегата проводили на территории СКНИИМЭСХ и ФГУП «Экспериментальное» Россельхозакадемии Зерноградского района Ростовской области на измельчении ячменя, пшеницы, кукурузы, сорго и гороха и смешивании их с контрольным компонентом, в качестве которого использовали недробленый подсолнечник. Производительность дробилки определялась путем замера массы измельченной порции зерновых кормов тензометрическим взвешивающим устройством за период измельчения (2 мин.). Качество смешивания определяли путем взятия 20 проб после 2, 4, 6 и 8 минут смешивания при частоте вращения шнека 30 мин^{-1} и оценивали коэффициентом вариации. Неравномерность выдачи корма определяли путем взвешивания порций корма с 10 противней метровой длины и оценивали коэффициентом вариации. Расход воздуха во всасывающей системе определяли с помощью газового счетчика с диаметром выходного отверстия 110 мм.

В процессе исследований было выявлено, что производительность агрегата на измельчении зерновых компонентов зависит от подачи их в дробилку пневмотранспортной системой, которая в свою очередь определяется величиной воздушного потока, зависящей от частоты вращения вала дробилки, на котором находятся молотковый барабан и вентиляционный диск с лопатками, а также величиной открытия воздушного окна на всасывающем сопле. С увеличением частоты вращения вала дробилки воздушный поток увеличивается практически прямолинейно (рис. 39).

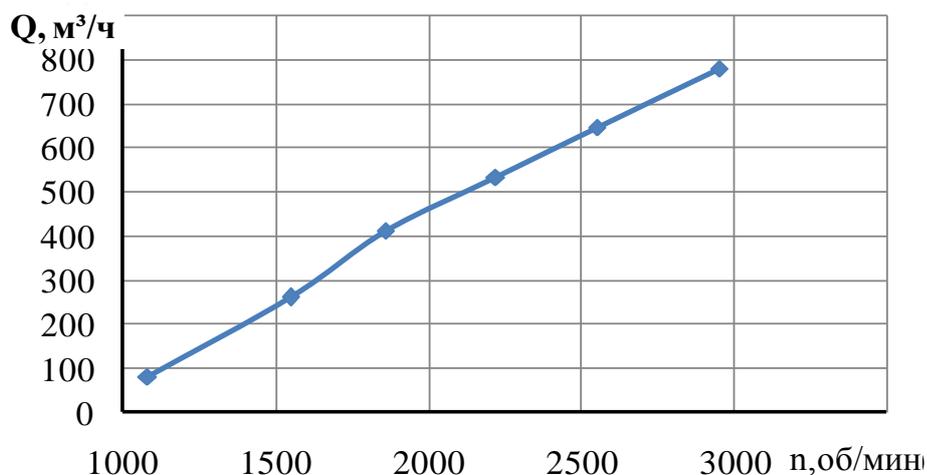


Рисунок 39 – Зависимость количества воздуха засасываемого пневмотранспортной системой дробилки от частоты вращения вала дробилки

Аналогично изменяется количество поданного зерна в дробилку (производительность дробилки) в зависимости от частоты вращения ее вала.

На количество поданного зерна в дробилку (производительность дробилки) существенное влияние оказывает величина открытия щели (рис. 40) на всасывающем окне, длина которой не изменялась и составляла 87 мм.

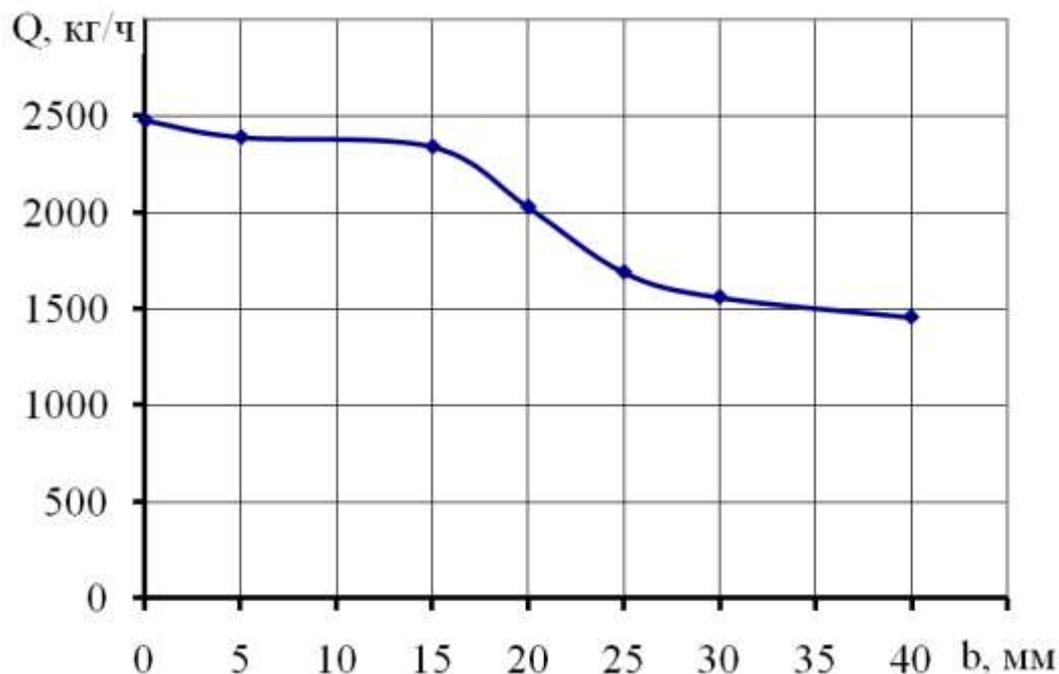


Рисунок 40 – Влияние величины открытий воздушного окна на количество поданного зерна в дробилку

Некоторая разбросанность экспериментальных точек, по-видимому, объясняется нестабильностью заглубления всасывающего сопла в измельчаемый материал. Однако из рисунка 6 можно сделать вывод, что при работе на ячмене и пшенице загрузку дробилки можно изменять величиной открытия воздушного окна на всасывающем сопле. Кроме того, наличие открытой щели снижает вероятность забивания всасывающего трубопровода труднотранспортируемым материалом (горохом). При этом открытие заслонки до 15 мм не приводит к существенному снижению производительности дробилки. Поэтому при работе на пшенице и ячмене заслонку целесообразно открывать на 5 мм, на горохе и кукурузе до 15-20 мм.

В этом случае, несмотря на снижение производительности уменьшается вероятность забивания всасывающего трубопровода материалом при большом заглублении сопла в материал.

Качество измельчения материала можно изменять постановкой сменных решет. Продолжительность замены решет не превышает 12 минут. Дробилка была оснащена решетками с диаметром отверстий 4, 6 и 8 мм. На

решете с диаметром отверстий 6 мм модуль помола ячменя и пшеницы составлял соответственно 1,5 и 1,8 мм при средней насыпной плотности $610,04 \text{ кг/м}^3$, что соответствует требованиям к качеству измельчения зерновых кормов для крупного рогатого скота (1,0-1,8 мм - средний помол). Однако при том же решете модуль помола смеси, состоящей из равных частей ячменя, сорго, гороха и кукурузы средней насыпной плотностью 748 кг/м^3 уменьшился до 1,2-1,4 мм, что соответствует требованиям к качеству измельчения для КРС и близок к требованиям (0,2-1,0 мм - тонкий помол) для свиней. Поэтому в случаях, когда требуется готовить комбикорма из сорго, гороха и кукурузы для птицы с требуемым модулем помола 1,8-2,6 мм, дробилку целесообразно оснащать решетом с диаметром отверстий 7-8 мм. При измельчении ячменя и пшеницы для свиней дробилку необходимо оснащать решетом с диаметром отверстий 4 мм.

Перемещение групп частиц материала из одного места в другое (конвективное смешивание) в примененном одношнековом смесителе с наклонным бункером осуществляется в процессе транспортирования его шнеком в верхнюю часть наклонного бункера и гравитационного осыпания материала из поднятой в нижнюю часть бункера. Поэтому в конечном итоге качество смешивания зависит от количества циклов циркуляции материала в бункере, которое в свою очередь определяется диаметром и частотой вращения шнека и длительностью смешивания. В нашем случае диаметр шнека принят равным 400 мм из условия обеспечения смешивания концентратов с измельченными сочными и зелеными кормами, а частота вращения шнека равной $30-35 \text{ мин}^{-1}$ из условия возможности привода от гидросистемы трактора с допустимой нагрузкой до 10 кВт.

Зависимость неравномерности смешивания зерновых компонентов от длительности смешивания при $n_{ш} = 35 \text{ мин}^{-1}$ приведена на рисунке 41.

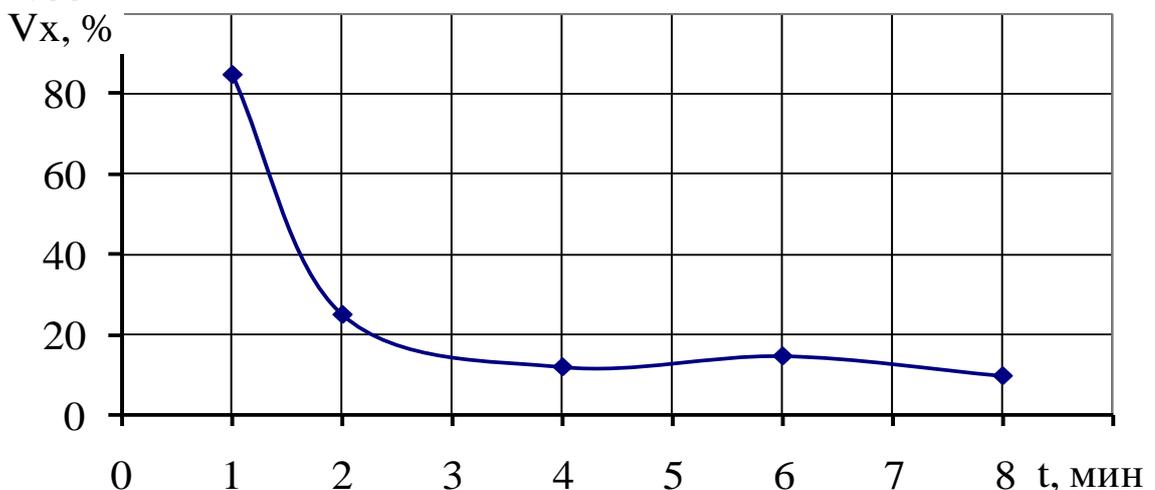


Рисунок 41 – Зависимость неравномерности смешивания зерновых компонентов от длительности смешивания

Из рисунка 41 видно, что качество смешивания стабилизируется при длительности смешивания до 4 минут. Дальнейшее смешивание не приводит к повышению однородности смеси сухих компонентов вследствие появления процесса их сегрегации. Видно также, что при смешивании сухих компонентов длительность смешивания их свыше 8 минут не приводит к улучшению качества смешивания. Однако при смешивании концентратов с жидкими добавками (мелассой, жирами и др.) требуемая длительность смешивания может быть другой. Минимальная неравномерность смешивания получена в пределах 10%, что удовлетворяет требованиям к зерновым смесям для птицы (10%), свиней (15%) и КРС (20%).

Производительность смесителя на выдаче концентратов зависит от величины открытия выгрузного окна и частоты вращения шнека. При частоте вращения шнека в пределах $25-30 \text{ мин}^{-1}$, открытии выгрузного окна на 83 мм и скорости движения агрегата 1,8 км/ч норма выдачи концентратов на 1 м фронта кормления в среднем составляла 16,5 кг, а при открытии выгрузного окна на 35 мм средняя норма выдачи была равна 4,34 кг. При этом производительность на выдаче составляла 29,7 и 7,86 т/ч при неравномерности выдачи концентратов соответственно 2,72 и 4,32% (рис. 42).

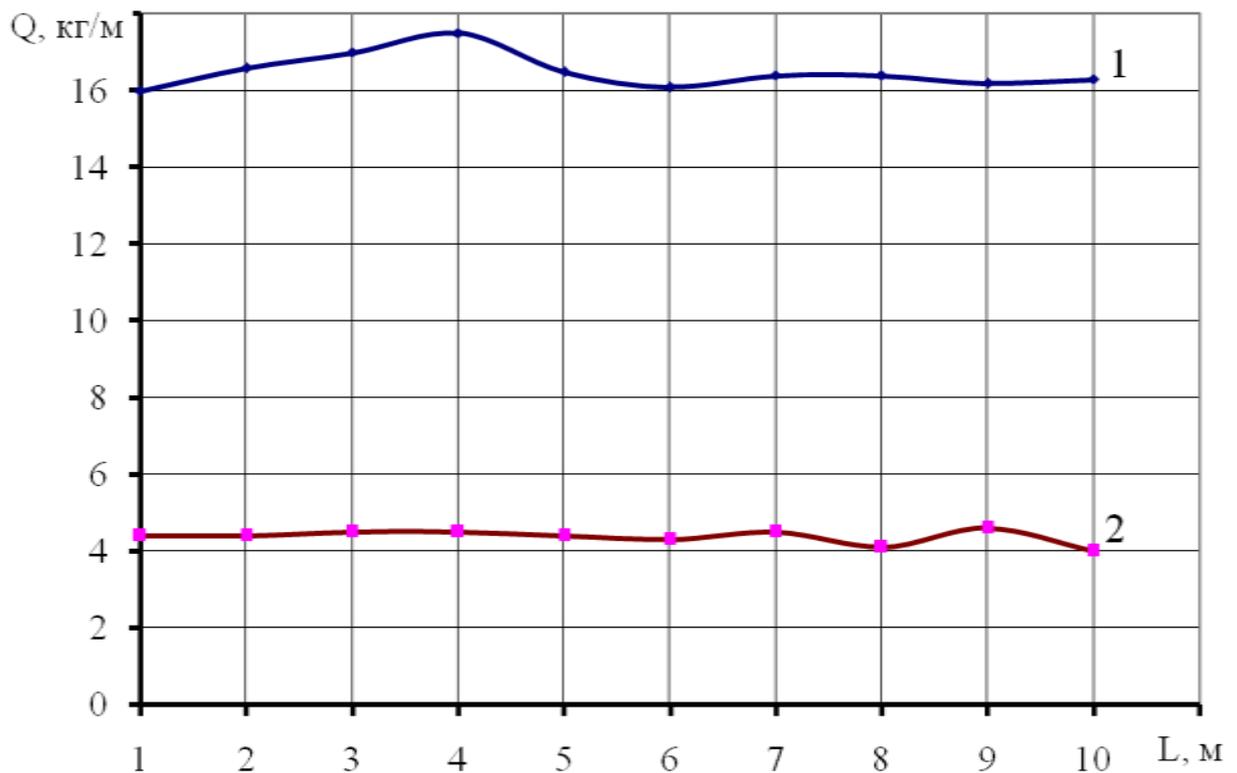


Рисунок 42 – Распределение концентратов по фронту выдачи

- 1 – при открытии выгрузного окна на 83мм;
2 – при открытии выгрузного окна 35мм

Из рисунка 42 видно, что агрегат обеспечивает требуемую неравномерность выдачи концкормов ($\pm 5\%$).

В случаях выгрузки концкормов в борт или в транспортные средства через загрузочный транспортер, то в целях сокращения длительности выгрузки кормов выгрузные окна можно открыть до 350 мм, что обеспечит производительность на выгрузке до 80 т/ч.

В целом исследования и испытания показали, что разработанный агрегат обеспечивает требуемые зоотехнические и эксплуатационно-технологические показатели. Испытания в ФГУП «Экспериментальное» Россельхозакадемии показали, что производительность на измельчении гороха составила – 2124, ячменя – 2200, кукурузы – 2450, сорго – 2657 кг/ч.

Схема размещения оперативных хранилищ кормовых компонентов и оборудования в технологической линии производства комбикормов, размещенной в здании или под навесом, приведена на рисунке 43.



Рисунок 43 – Схема технологической линии оперативного хранения кормовых компонентов и приготовления комбикормов

Для повышения производительности комбикормового агрегата все кормовые компоненты целесообразно заблаговременно подвозить тракторными прицепами или автомобилями на площадку, разделенную перегородками на отсеки, откуда загружаются в агрегат.

Вместе с тем, выявлен был ряд недостатков, которые устраняли в процессе испытаний. Так в радиально-поршневом гидромоторе для при-

вода шнека МРФ – 400/25М1 выходили из строя уплотнения на его валу вследствие повышения давления масла в корпусе гидромотора в случае когда сливной трубопровод был соединен с герметичным масляным баком трактора. При обеспечении атмосферного давления в гидробаке путем сверления отверстия в его пробке выход из строя гидромотора прекратился.

Примененная система фильтрации воздушно-кормовой смеси не в полной мере справлялась с пылением. Поэтому был дополнительно установлен циклон в задней части бункера для предварительного отделения частиц корма от воздуха. Это привело к снижению пыления.

Так как двигатель трактора загружен не полностью, то целесообразно в будущем уйти от максимальной частоты вращения вала двигателя при сохранении требуемой частоты вращения вала дробилки путем изменения передаточного числа привода от ВОМ трактора к валу дробилки.

В процессе исследования было выявлено также, что в случаях обслуживания малого числа потребителей более целесообразно применять электропривод рабочих органов агрегата. Поэтому модификацию передвижного электрифицированного агрегата с электроприводом необходимо разработать в ближайшие годы.

Эффективность мобильного комбикормового агрегата видна из следующих соображений. На строительство стационарного комбикормового цеха требуется не менее 10 млн. руб. Покупка зарубежного образца мобильного комбикормового агрегата обойдется хозяйствам более 4 млн. руб. Внедрение предлагаемого мобильного комбикормового агрегата составляет не более 850 тыс.руб., т.е. будет сэкономлено свыше 3 млн. рублей.

2.12. Обоснование инновационной технологии и комплекса машин для производства и раздачи многокомпонентных обогащенных и обеззараженных зерновых хлопьев повышенной питательности для животных

В настоящее время одной из важнейших проблем в животноводстве является проблема повышения усвояемости животными концентрированных кормов за счет совершенствования их подготовки к скармливанию. Доля концентрированных кормов в рационах крупного рогатого скота составляют 25-60% по питательности, свиней и птицы – 80-95%.

В последние 2011-2012гг. средняя по России цена на комбикорма ежемесячно непрерывно возрастала, причем темп роста ежемесячно увеличивается. Если в апреле 2012г. цена возросла на 1%, то в октябре – уже на 7% /26/. В общей сложности с апреля по ноябрь 2012г. цена выросла на

29% и составила 9253 руб./т. Поэтому нужны новые ресурсосберегающие технологии производства комбикормов.

Ранее в СКНИИМЭСХ были разработаны комплекты оборудования автоматизированных комбикормовых цехов производительностью 20-60 т в смену, а также агрегат комбикормовый мобильный АКМ-3М, в которых используются для измельчения зерновых кормов молотковые дробилки.

Основными недостатками молотковых дробилок является высокий расход энергии на измельчение, переизмельчение материала, а следовательно, образование пыли (таблица 7).

Таблица 7 - Сравнительная характеристика молотковых дробилок и вальцевых плющилок

Показатели	Дробилки			Плющилки		
	с горизонтальным ротором ДМ-5	с вертикальным ротором ВД-1	с пневмозабором КУ-2	Murska 350S2	ПЗД-6	M900
Производительность, т/ч	3,0-5,0	0,8-1,0	2,0-2,5	5,0	6,0	6,0
Мощность, потребляемая на привод, кВт	18,5	5,5	22,0	15,0	22,0	18,5
Удельный расход энергии, кВт-ч/т	6,1	5,5	8,8	3,0	3,6	3,1
Содержание пылевидных частиц, %	до 40	до 40	до 40	10-16	10-16	10-16
Привод	электро	электро	электро	ВОМ	ВОМ	электро

Широкое распространение молотковых дробилок в нашей стране, на наш взгляд, объясняется тем, что производство комбикорма традиционно было сосредоточено на крупных комбикормовых заводах, обслуживающих несколько районов, что обуславливает длительный период между производством и использованием комбикормов, а следовательно, низкую влажность их (до 12%).

Многие недостатки молотковых дробилок отсутствуют у плющилок зерна, которые наиболее эффективны при работе на увлажненных зерновых кормах, подлежащих использованию в течение короткого периода времени. Поэтому применение плющилок наиболее предпочтительно на

мобильных агрегатах, приготавливающих комбикорма на «месте» в присутствии заказчика.

Кроме того, природно-климатические условия, характерные для многих зернопроизводящих регионов России, определяют повышенную влажность зерна. У пшеницы, ржи, ячменя, овса влажность свежесобранного зерна достигает 20-25%, влажность кукурузы нередко превышает 30-35%. С целью приведения зерна в стойкое для хранения состояние его подвергают сушке. Между тем, к настоящему времени найдены способы хранения влажного зерна в полиэтиленовых мешках-рукавах, в вертикальных герметичных хранилищах и др., которые можно перерабатывать в хлопья (плющить) без предварительной подготовки.

В СССР выпускался агрегат ПЗ-3А для приготовления хлопьев из зерна путем гидротермической обработки паром низкого давления 0,03-0,07 мПа, температурой 109-130⁰С и плющения зерновых кормов влажностью 22%. Производительность агрегата ПЗ-3А составляла 3-5 т/ч при расходе пара 200 кг/т, установленная мощность электродвигателей – 36,5 кВт.

В 1970-1980 гг. СКНИИМЭСХом были разработаны и применены на откормочных площадках КРС на 20 тыс. голов «Пролетарская» и «Веселовская» плющилки с пропаривателями производительностью до 10 т/ч. Гидротермическая обработка зерна осуществлялась кратковременно паром высокого давления.

Недостатком таких агрегатов является высокая энергоемкость и материалоемкость процесса пропаривания зерна. Применение их экономически выгодно только на крупных животноводческих комплексах. Кроме того, вышеприведенные агрегаты могут производить хлопья только из зерновых кормов одного вида. Поэтому такие хлопья имеют недостаточно высокую пищевую ценность. Некоторые из них содержат мало белка или их белки имеют дефицит отдельных аминокислот (например, белок кукурузы содержит мало биологически активных и минеральных веществ) /27/. Повысить питательную ценность продуктов можно, комбинируя различными компонентами. Например, если кукурузный белок содержит мало лизина, а в белке гороха – его избыток, то смесь кукурузных и гороховых продуктов может быть более полноценной. Основная цель гидротермической обработки состоит в направленном изменении технологических свойств зерна путем изменения его влажности.

Вопросам влияния гидротермической обработки (ГТО) на свойства зерна посвящены многочисленные исследования в рамках технологии производства муки, крупы и комбикормов /27/.

Было выявлено, что изменяя влажность зерна в процессе ГТО можно направленно изменять весь комплекс его свойств, с тем, чтобы обеспечить в дальнейшем максимальную технологическую и экономическую эффек-

тивность переработки зерна в хлопья. Режимы процесса увлажнения зерна могут быть различными.

Однако из имеющихся литературных источников не удастся установить особенности ГТО многокомпонентных зерновых смесей. Проведенными нами опытами выявлено, что усилия разрушения (сжатия) всех видов зерновых кормов вначале резко уменьшаются при длительности увлажнения и температуре увлажнения 21-24⁰С до 1 часа: пшеницы на 43%, кукурузы – на 50,8; гороха – на 72,5; ячменя – на 35,2%, а затем интенсивность падения усилий сжатия до длительности увлажнения 14% медленно снижается. В первый период увлажнения (до 1ч.) также резко возрастает влажность: для пшеницы с 11,4 до 23,7%; кукурузы – с 12,1 до 24,9%; ячменя с 10,8 до 17,6%; гороха – с 10,9 до 22,5%, в то время как за последующие 13 часов увлажнения влажность их увеличивается соответственно только на 10,5; 8,1; 11,2; 20,5% .

С увеличением деформации зерен усилие сжатия для гороха, пшеницы, кукурузы и ячменя возрастает практически прямолинейно. Однако численные значения их неодинаковы. Наиболее трудно сжимаемым является ячмень, имеющий прочную оболочку. Поэтому с точки зрения снижения энергоемкости оболочку с ячменя перед плющением желательно обрушивать. Это требование обосновывается также снижением питательности рационов для птицы и свиней с большим содержанием клетчатки в оболочках ячменя. Таким образом, правильно выбранный режим замачивания и отволаживания предопределяет и облегчает процесс плющения.

Было выявлено также, что с точки зрения энергоемкости процесса плющения необходимо уменьшать величину деформации зерен. Однако толщина хлопьев ранее определена технологами: для КРС она должна быть равной 0,4 мм, для свиней – 0,2 мм. Из каких соображений это обосновано неизвестно. Целесообразно было бы в условиях дефицита энерго-ресурсов к обоснованию толщины хлопьев вернуться заново, так как это позволит снизить энергоемкость процесса плющения зерновых кормов до 2 раз.

Влияние температуры на усилие сжатия разных видов зерна не одинаково. Наибольшее влияние на усилие сжатия температура оказывает на ячмене. Однако влияние температуры увлажнения в пределах 20-45⁰С в целом незначительно. Поэтому можно считать, что увлажнение зерновых кормов при температуре – 20-35⁰С в течение 0,5-1ч. обеспечит требуемую влажность, а следовательно, минимальную энергоемкость процесса плющения всех зерновых кормов. Так за первый час увлажнения при этой температуре влажность ячменя повысилась с 10,8 до 21,5%; пшеницы с 11,4 до 23,7%; кукурузы с 12,1 до 25,3%; гороха – с 10,9 до 22,5%, в то время как за два часа увлажнения влажность их достигла соответственно 26,4; 29,5; 28,3 и 35%, т.е. в течение второго часа влажность их увеличи-

лась всего соответственно: на 1,2; 2,8; 3,0; 5,5%. В последующие 13 часов влажность их увеличилась только на 11,3; 14,7; 11,7 и 21,9% соответственно, то есть по 0,87; 1,13; 0,9 и 1,68% в час.

На основе результатов, проведенных исследований, предлагается способ производства и раздачи многокомпонентных обогащенных и обеззараженных зерновых хлопьев для животных, предусматривающий поочередную загрузку зерновых компонентов и обогащающих добавок по весу с помощью фронтального погрузчика в две стадии: вначале ковшом погрузчика, затем масса загружаемых материалов доводится до точных значений дозирующим шнеком, установленным в ковше погрузчика, а увлажнение зерновых компонентов до влажности 17-20% (рис. 44), обеззараживание, обогащение мелассой, белковыми и витаминными добавками и смешивание их, протекает одновременно в увлажнителе-смесителе (рис. 45) путем заливки в него раствора воды температурой 20-40⁰С с обеззараживающими веществами, например, йодосодержащими (монклавит), и последующим смешиванием в течение 5-10 минут, затем проводят отволаживание многокомпонентной смеси в течение одного часа при периодическом перемешивании смеси и после этого осуществляют плющение многокомпонентной смеси на одновальной или двухвальной плющилке с отгрузным транспортером, установленной на раме смесителя и технологически связанной направляющим рукавом с выгрузным окном смесителя.

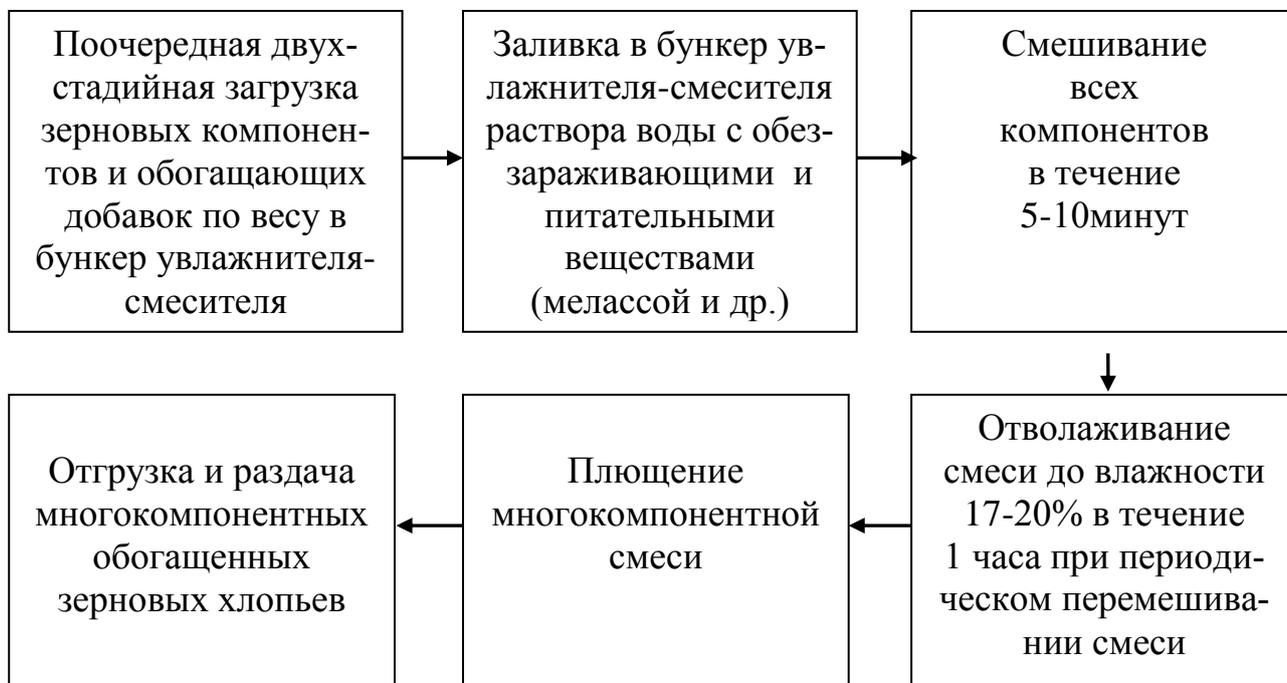


Рисунок 44 – Технология производства и раздачи многокомпонентных обогащенных и обеззараженных зерновых хлопьев для животных

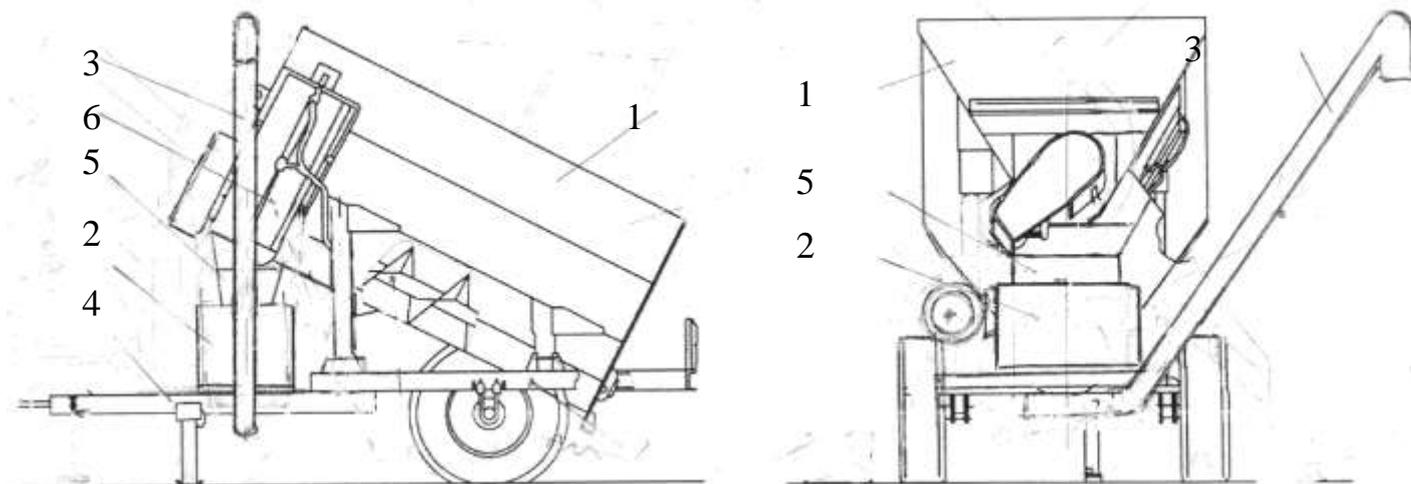


Рисунок 45 – Схема агрегата для производства многокомпонентных обогащенных и обеззараженных зерновых хлопьев для животных

1 – бункер увлажнителя-смесителя; 2 – плющилка; 3 – отгрузной транспортер; 4 – рама; 5 – направляющий рукав; 6 – выгрузное окно

Смеситель может быть выполнен мобильным с приводом от ВОМ трактора или стационарным с приводом от электродвигателей.

Двухстадийная загрузка компонентов в увлажнитель-смеситель: вначале ковшем, затем шнеком, установленным в ковше погрузчика (рис. 46), позволяет добиться высокой точности дозирования загружаемых компонентов.

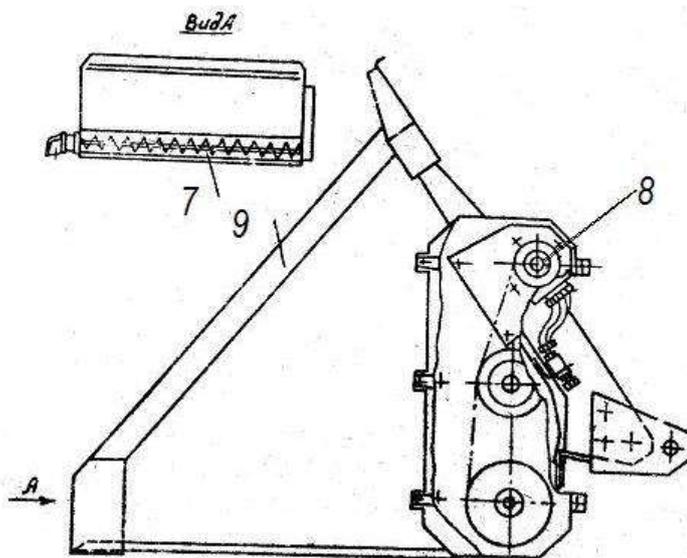


Рисунок 46 – Ковш фронтального погрузчика с выгрузным шнеком

7 – шнек; 8 – гидропривод; 9 – ковш

В случае, если финансовое положение потребителей не позволяет приобрести агрегат с электронным весовым устройством, то загрузка объемных компонентов может производиться шнеком с точностью $\pm 3\%$ по числу оборотов шнека.

Обоснование параметров мобильного агрегата для производства многокомпонентных хлопьев повышенной питательной ценности проведен из следующих соображений.

Примем следующие допущения:

1. Кормовая смесь готовится как минимум из 4-5 компонентов: ячменя, пшеницы, кукурузы, гороха, мелассы.

2. Производительность погрузочного средства для всех компонентов одинаковая.

3. Все кормовые компоненты находятся в рядом расположенных отсеках, т.е. переезд агрегата от одного зернового компонента к другому отсутствует.

Работа агрегата складывается из следующих операций: загрузка зерновых компонентов и обогащающих добавок по весу в бункер увлажнителя-смесителя; заливка в бункер увлажнителя-смесителя раствора воды с обеззараживающим и питательным растворами; смешивание всех компонентов в течение 5 минут; отволаживание смеси до влажности 17-20% в течение одного часа при периодическом перемешивании смеси; плющение многокомпонентной смеси; отгрузка многокомпонентных хлопьев. В комплект оборудования входит также загрузчик-раздатчик концкормов. Однако раздача готовых хлопьев является самостоятельной операцией и не влияет на параметры процесса приготовления хлопьев.

Количество влаги, вносимой в увлажнитель-смеситель, рассчитывается по формуле:

$$m_{\text{в}} = [m_3 (W_{\text{к}} - W_{\text{и}})] / (100 - W_{\text{и}}), \quad (44)$$

где $m_{\text{в}}$ - масса воды, необходимая для увлажнения зерна, кг;

m_3 - масса зерна, предназначенная к увлажнению, кг;

$W_{\text{к}}$ - задаваемая влажность зерна, %;

$W_{\text{и}}$ - исходная влажность зерна, %.

На основе анализа полного цикла работы агрегата было получено уравнение его производительности

$$Q = \frac{3,6 \cdot V_6 \cdot \gamma \cdot \psi}{t_4 + t_5 \frac{V_6 \cdot \gamma \cdot \psi}{G} + \frac{K_2}{G_1} + \frac{K_3}{G_2} + \frac{V_6 \cdot \gamma \cdot \psi}{G_3}}, \text{ Т/ч.} \quad (45)$$

Из выражения 45 следует, что производительность агрегата зависит от вместимости бункера, длительности загрузки зерновых компонентов и премиксов, длительности заливки мелассы и водного раствора обеззараживающих веществ, длительности смешивания, увлажнения и плющения зерновых компонентов.

Анализ полученных графиков показывает, что наибольшее влияние на производительность агрегата оказывают продолжительность увлажнения зерновых кормов, производительность плющилки и погрузчика, а также вместимость бункера смесителя. В общем балансе технологического времени работы агрегата при $v_6 = 2,8 \text{ м}^3$, $G_{\text{погр}} = 10 \text{ т/ч}$, $G_{\text{плющ}} = 5 \text{ т/ч}$, $T_{\text{увл.}} = 1 \text{ ч.}$, доля времени смешивания компонентов составляет 4 – 5%, длительность увлажнения 60-62%, длительность загрузки зерновых кормов 12-13%, длительность плющения зерносмеси до 25%. Экспериментальные исследования влияния различных факторов на показатели холодного увлажнения зерновых кормов выявили, что увлажнение их в течение одного часа достаточно для достижения влажности зерен, обеспечивающей плющение их с небольшими энергозатратами.

Грузоподъемность бункера агрегата должна быть равной или кратной массе корма, потребной для выдачи наиболее многочисленной группе, т.е.

$$V_6 = \frac{n_{\text{жmax}} G_{\text{сут}}}{\gamma \psi z}, \quad (46)$$

где $n_{\text{жmax}}$ – количество животных в одной производственной группе;

$G_{\text{сут.}}$ – суммарная суточная норма выдачи кормов на 1 голову одной производственной группы;

γ – плотность кормосмеси, $\gamma = 800 \text{ кг/м}^3$;

ψ – коэффициент заполнения бункера, $\psi = 0,8$;

z – кратность кормления животных в сутки ($z = 1 \div 3$). Принимаем $z = 1$.

Размер групп зависит от многих факторов и на молочных фермах может колебаться от 20 до 100 голов, на откормочных фермах молодняка КРС 20-200 голов. Примем $n_{\text{жmax}} = 200$. Суточная норма выдачи концентратов на 1 голову составляет от 2 до 7 кг, мелассы 0,5-2 кг.

Примем суммарную норму выдачи всех кормов $G_{\text{сут.}} = 4,5 + 1,5 = 6 \text{ кг}$.

Тогда $v_6 = 1,875 \text{ м}^3$.

В случае применения агрегата на СТФ с групповым содержанием поголовья на глубокой подстилке и кормлением из групповой кормушки вместимость бункера смесителя должна быть следующей. В подавляющем числе случаев вместимость таких свинарников не превышает 200 голов. При суточной норме выдачи 3 кг на голову, за сутки расходуется 600 кг зерновой смеси. Если загружать самокормушку один раз в три дня за один

рейс, то вместимость бункера должна быть $v_6 = 2,81 \text{ м}^3$. Принимаем $v_6 = 2,8 \text{ м}^3$.

Результаты расчетов производительности агрегата приведены на рисунках 47-50.

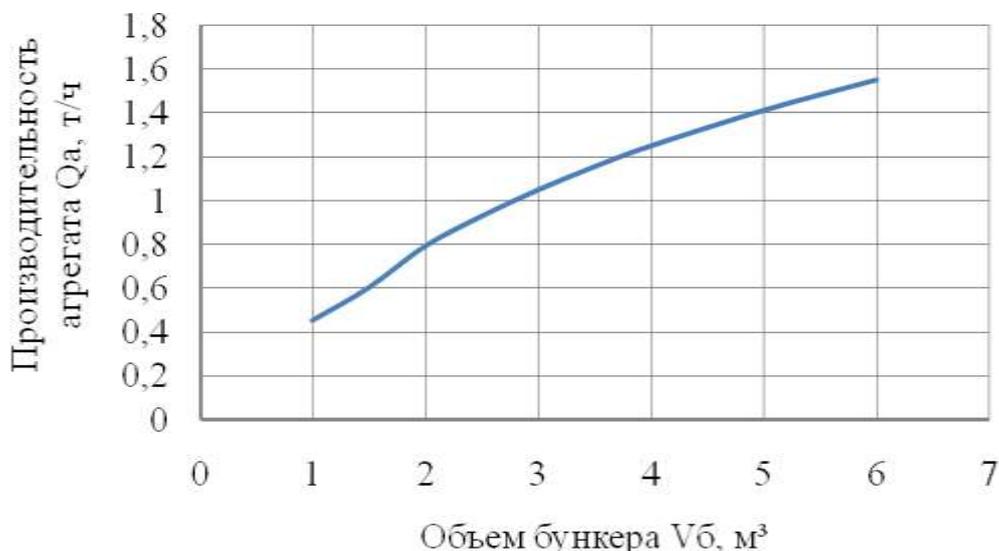


Рисунок 47 – Зависимость производительности агрегата от вместимости бункера



Рисунок 48 – Зависимость производительности агрегата от производительности погрузчика зерновых кормов

Из рисунка 47 видно, что с увеличением вместимости бункера (до 3 м^3), производительность агрегата сначала увеличивается интенсивно, а затем более плавно. Поэтому вместимость бункера агрегата должна быть приблизительно равной $2,8 \text{ м}^3$.

Из рисунка 48 видно, что производительность агрегата возрастает с ростом производительности погрузочного средства до 10 т/ч . Поэтому погрузочное средство целесообразно принимать из условия, что производительность его должна быть не менее 10 т/ч .

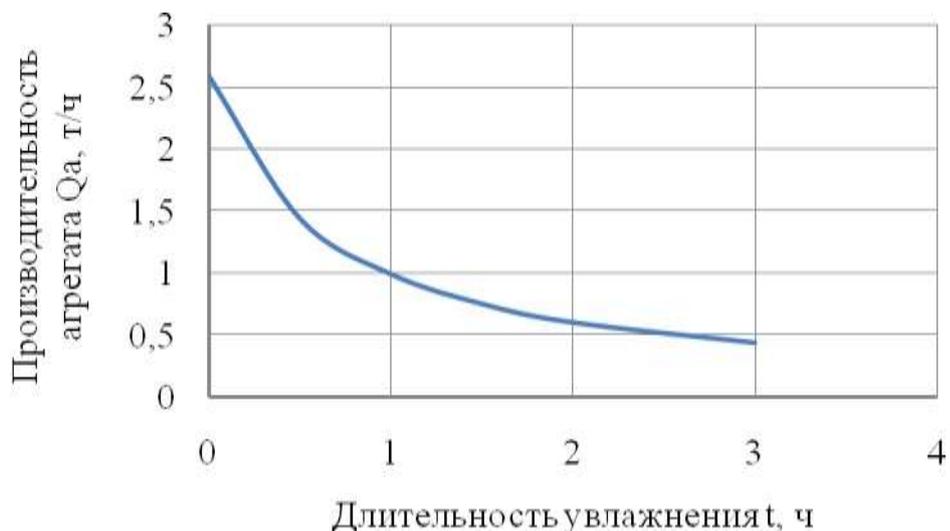


Рисунок 49 – Зависимость производительности агрегата от длительности увлажнения зерновых кормов

Из рисунка 49 видно, что производительность агрегата медленно возрастает при уменьшении длительности увлажнения (с 3 до 1,5 часов), а затем резко возрастает особенно при длительности увлажнения менее 1 часа. Поэтому с точки зрения производительности агрегата увлажнять зерновые корма целесообразно не более 1 часа, что соответствует данным ГТО зерна.



Рисунок 50 – Зависимость производительности агрегата от производительности плющилки

Из рисунка 50 видно, что с увеличением производительности плющилки производительность агрегата вначале до 4 т/ч резко возрастает, а затем интенсивность роста агрегата резко снижается. Поэтому целесообразно принимать плющилку производительностью до 5 т/ч.

Предлагаемый способ производства и раздачи многокомпонентных обогащенных и обеззараженных зерновых хлопьев и средства для его осуществления позволяют обеспечить низкое энергопотребление и высокое качество кормосмесей. В сравнении с известными способами производства зерновых хлопьев путем пропаривания и плющения зерновых кормов предлагаемые способ и средства позволяют снизить затраты энергоресурсов на 1,5-2,0 раза, а в сравнении с технологиями производства комбикормов с дроблением зерновых ингредиентов не менее 3 раз, а также обезвредить и обогатить смесь зерновых хлопьев углеводными, белковыми и витаминными добавками, что позволит увеличить их питательность и тем самым повысить продуктивность животных до 15%.

2.13. Обоснование конструктивно-технологической схемы и параметров электрифицированного раздатчика концкормов с ручным перемещением РКЭ-0,15*

В последние годы мировая наука и практика разработали ряд прогрессивных систем кормления животных. Одной из наиболее перспективных является технология дифференцированного кормления крупного рогатого скота, в соответствии с которой все виды кормов раздаются животным одновременно в виде сбалансированной по питательности кормосмеси, приготовленной в измельчителях-смесителях-раздатчиках кормов. При этой технологии с целью обеспечения дифференцированного кормления животных необходимо формировать в группы по функциональному состоянию (срокам отела), продуктивности, возрасту, периодам производственного цикла откорма молодняка и др. За рубежом проводят разделение дойного стада на функциональные группы по трем критериям: числу дней после отела, суточной продуктивности и упитанности коров по пятибалльной шкале. Однако, на отечественных фермах, особенно на небольших фермах, затруднительно разделить стадо на производственные группы, а следовательно, обеспечить организацию дифференцированного кормления животных высокоэнергетическими кормами с помощью раздатчиков-смесителей кормов. В этих случаях часть концентрированных кормов скармливают в составе кормосмеси, а оставшуюся часть раздают вручную высокопродуктивным животным в зависимости от их продуктивности. Для снижения затрат труда целесообразно разработать простые устройства для механизации указанной операции. Аналогичная ситуация имеет место и при небольшом поголовье на откормочных фермах молодняка КРС и на свиноводческих фермах.

* Работа выполнена при участии доктора технических наук профессора Цой Ю.А. (ВИЭСХ).

Так как, на фермах крупного рогатого скота корма скармливают с кормовых столов, а на свиноводческих фермах из кормушек высотой не более 400 мм, то разрабатываемый раздатчик должен обеспечить выдачу концкормов на высоту не менее 450 мм.

Вместимость бункера кормораздаточного средства можно определить из выражения:

$$V_6 = \frac{n_{\text{ж}} G_{\text{сут}}}{\rho \psi z}, \quad (47)$$

где $n_{\text{ж}}$ – количество животных в одной группе, голов:

$G_{\text{сут}}$ – суточная норма выдачи кормов одному животному, кг;

ρ – плотность концкормов, кг/м³;

ψ – коэффициент полезной вместимости бункера;

z – кратность кормления.

Если принять $n_{\text{ж}} = 50$ голов, $G_{\text{сут}} = 4,5$ кг, $\rho = 600$ кг/м³, $\psi = 0,95$; $z = 3$, то v_6 будет равно 0,15 м³.

Принимаем диаметр бункера $D_6 = 0,55$ м. При таком диаметре высота бункера при требуемом объеме $v = 0,15$ м³ из выражения 47 должна быть равной 0,65 м, а при наклонном днище под углом 45° к горизонту – 0,8 м. С учетом технологического отсека для механизмов выдачи и привода выгрузного устройства общая высота бункера составит 1 м.

Производительность выгрузного механизма на выдаче концкормов определяется из выражения:

$$Q = \frac{v_p q}{l}, \quad (48)$$

где v_p – скорость ручного перемещения раздатчика, м/с; $v_p = 1$ м/с;

q – разовая выдача концкормов, кг; $q = 1,5$ кг;

l – фронт кормления одного животного, м; $l = 0,3$ м.

Подставляя конкретные значения величин в выражение 48, получим $Q = 12$ т/ч.

В качестве выгрузного механизма можно принять ленточный или шнековый транспортеры с электроприводом от аккумуляторной батареи, установленной на раздатчике, что значительно упрощает эксплуатацию раздатчика в сравнении с кабельным питанием. В условиях ограниченного срока эксплуатации аккумуляторной батареи предпочтение надо отдать ленточному транспортеру в сравнении со шнековым. Кроме того, ленточный транспортер в зависимости от скорости ленты может выдать комбикорм на разное расстояние от раздатчика без существенного его распыления.

Из конструктивных соображений примем ширину ленточного транспортера равной 200 м. С учетом двустороннего перекрытия ленты наклонными щитками ширина рабочей части ленты составит 0,15 м.

Производительность ленточного транспортера определяется выражением:

$$Q' = 3,6abv\psi\rho, \quad (49)$$

где a – ширина рабочей части ленты, м; $a = 0,15$ м;

b – высота слоя на ленте, м; $b = 0,05 \div 0,025$ м;

ψ – коэффициент равномерности слоя корма на ленте, $\psi = 0,8$;

ρ – плотность концентратов, $\rho = 500$ кг/м.

Зная требуемую производительность равную 12 т/ч из выражения 49 получим требуемую скорость ленты.

При $b = 0,05$ м - $v = 1,11$ м/с.

При $b = 0,025$ м - $v = 2,2$ м/с.

Принимая диаметр приводного ролика ленточного транспортера равным 0,06 м, частота его вращения составит в первом случае $n_1 = 353$ мин⁻¹, во втором случае $n_1 = 706$ мин⁻¹.

Так как с увеличением скорости ленты возрастает мощность на преодоление трения в подшипниках и ленты о настил, а также на разгон порции корма, то предпочтительно работать на меньшей скорости с более толстым слоем корма на ленте. Так как общая масса раздатчика с кормом не превышает 170 кг (90 кг корма + 80 кг раздатчика), то усилие на перекачивание раздатчика не превысит $P = G\phi = 170 \cdot 0,02 = 3,4$ кг, где G – масса раздатчика с кормом, ϕ – коэффициент качения по асфальту, $\phi = 0,015-0,02$.

Поэтому принимаем ручное перемещение раздатчика.

Указанные параметры заложены были в две конструктивно-технологические схемы электрифицированного раздатчика концентратов с ручным перемещением.

В первой схеме раздатчик концентратов (рис. 51) включает в себя цилиндрический бункер 1, установленный на оси с колесами 2, к которой закреплены две рукоятки 3 для ручного перемещения, на одной из которых установлен пульт управления 13 для включения в работу и регулировки частоты вращения привода выгрузного механизма.

Бункер состоит из трех частей: верхней цилиндрической, средней - конической и нижней, в которой размещены ленточный транспортер, привод его и аккумуляторная батарея. В средней конической части бункера 4 имеется днище с периферийным выгрузным окном 5 и заслонкой 6. По центру днища вращается диск 7 с двумя лопастями 8, а под выгрузным окном размещен ленточный транспортер 9. Диск с двумя лопастями вы-

полняет функции подачи материала к выгрузному окну и разрушения сводообразования в нем. Выгрузное окно снизу днища может перекрываться заслонкой. Привод диска и ленточного транспортера осуществляется от регулируемого электродвигателя 10 постоянного тока через редуктор 11. В качестве энергоисточника используются аккумуляторы (лучше от лодочных моторов).

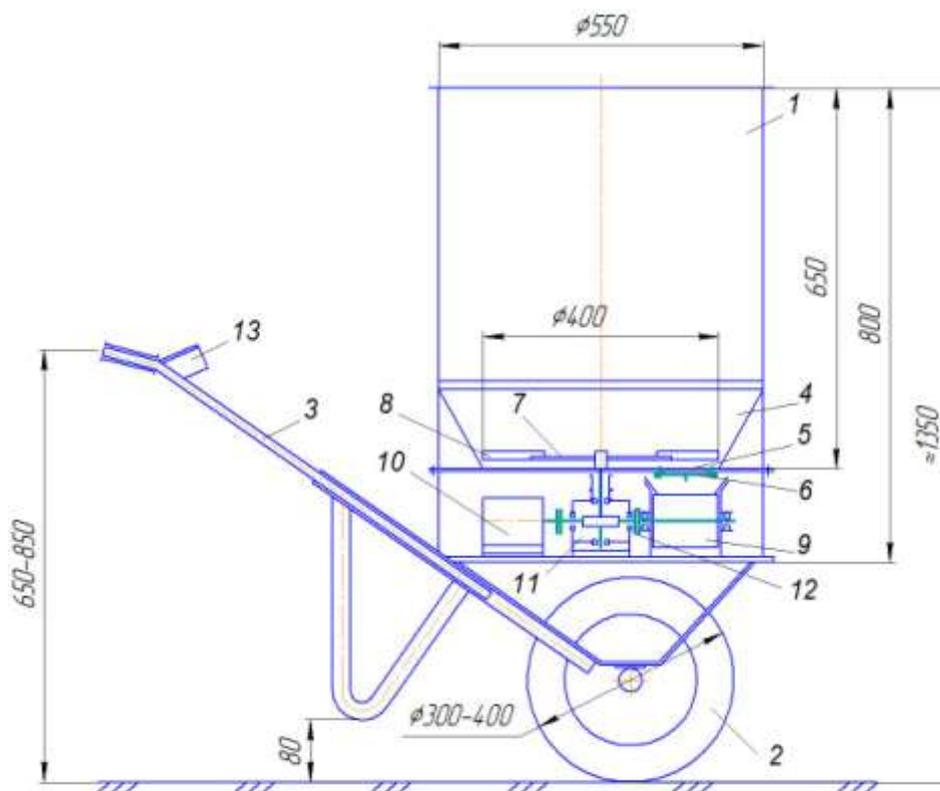


Рисунок 51 – Схема электрифицированного раздатчика концкормов с ручным перемещением (I вариант)

Во второй конструктивно-технологической схеме раздатчика (рис. 52) бункер состоит из двух частей, верхней цилиндрической и нижней с наклонным двускатным днищем 5, в котором устроены выгрузные окна 6.

Под окнами размещен ленточный реверсивный транспортер 7, вращающийся от дрели-шуруповерта 8. В качестве энергоисточника используется аккумулятор 9. Для доступа к ленточному транспортеру бункер выполнен съемным относительно горизонтального днища. Параметры раздатчика по второй схеме в основном идентичны параметрам раздатчика по первой схеме. Отличаются они высотой бункера.

Каждая из схем раздатчика имеет свои преимущества и недостатки. В первой схеме за счет лучшего использования объема высота цилиндрического бункера меньше, а следовательно, и общая высота раздатчика меньше. Во второй схеме исключены затраты энергии на вращение ворошилки, что увеличивает время работы выгрузного механизма без подза-

рядки аккумулятора. Кроме того, раздатчик по второй схеме проще по конструкции, требует меньших затрат на изготовление и обеспечивает выдачу корма на правую или левую стороны.

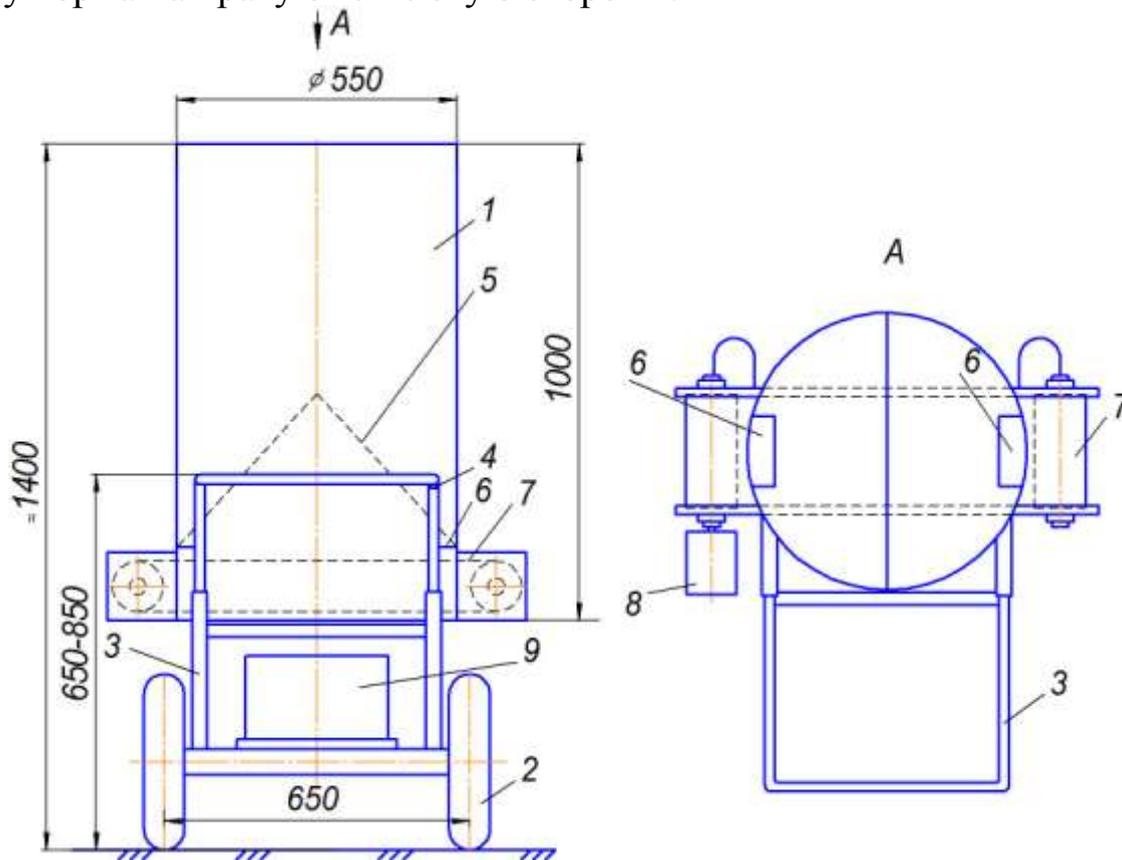


Рисунок 52 – Схема электрифицированного раздатчика концкормов с ручным перемещением (II вариант)

- 1 – цилиндрический бункер; 2 – колесная пара; 3 – рукоятка для перемещения; 4 – кнопка управления выгрузным устройством;
 5 – днище наклонное двухскатное; 6 – выгрузное окно;
 7 – ленточный транспортер реверсивный; 8 – электропривод;
 9 – аккумулятор

В связи с вышеизложенным, а также ограниченностью финансовых средств в основу макетного образца раздатчика была положена вторая схема с подачей концкормов к выгрузному механизму самоистечением по наклонному днищу.

Раздатчик (рис. 53, 54) включает в себя цилиндрический бункер, установленный на колесной паре с рукоятками для ручного перемещения и оснащенный двухскатным днищем, в нижних частях которой имеются выгрузные окна с заслонками, под которыми размещен ленточный транспортер, приводимый в движение с помощью регулируемого по частоте вра-

щения электродвигателя постоянного тока от аккумуляторной батареи, установленной на раздатчике.



Рисунок 53 – Общий вид экспериментального образца раздатчика комбикормов



Рисунок 54 – Электропривод раздатчика

Электрифицированный раздатчик комбикормов с ручным перемещением работает следующим образом. После загрузки комбикормов (концкормов) в бункер раздатчик перемещают вручную к местам выдачи. При приближении к местам выдачи оператор кнопкой на одной из рукояток включает механизм выдачи и, продвигаясь вдоль кормушек со скоростью, необходимой для обеспечения заданной нормы выдачи, раздает корма (рис. 55). Норму выдачи корма можно изменять также частотой вращения приводного вала ленточного транспортера кнопкой управления, скоростью движения и величиной открытия выгрузных окон. В случае необходимости корма можно выдавать на правую или левую сторону и порцион-

но с остановкой раздатчика (отдельным свиноматкам). При максимальных нормах выдачи кормов планировалось открывать одновременно оба окна.



Рисунок 55 – Раздатчик в работе

Техническая характеристика и результаты испытаний

Вместимость бункера, м ³	0,15
Грузовместимость, кг	до 80
Производительность на выдаче, т/ч	3-12
Диаметр колес, мм	350
Колея, мм	650
Высота выдачи кормов, мм	450
Ширина выгрузного транспортера, мм	200
Дальность бросания кормов, мм	до 1000
Габаритные размеры (длина, высота, ширина), мм	1230x1400x790
Масса (с аккумулятором 20 кг), кг	80
Емкость аккумулятора, А-ч	105

Исследования раздатчика проводились на территории СКНИИМЭСХ. Пределы раздачи кормов определяли путем отбора проб на минимальном и максимальном режимах раздачи. Пробы отбирали с противней размером 0,5x 0,5 м не менее чем в 10 местах через равные промежутки по всей длине линии выдачи корма. Собранный корм взвешивали с точностью до 0,1 кг.

Неравномерность раздачи корма устанавливали на минимальном, оптимальном и максимальном режимах работы и оценивали коэффициентом вариации.

Мощность, потребная на привод ленточного транспортера, определяли путем замера напряжения и силы тока при разных частотах вращения приводного вала. Усилие на перекачивание раздатчика определяли путем замера двумя динамометрами горизонтальной и вертикальной составляющих на проездах с разным покрытием: с твердым (асфальт, бетон), с грунтовым с ямками глубиной до 25 мм.

Опыты проводились на измельченной пшенице с модулем помола 1,35 мм, плотностью 658 кг/м³ и влажностью 9,0 %.

Результаты энергетической оценки приведены на рисунке 56.

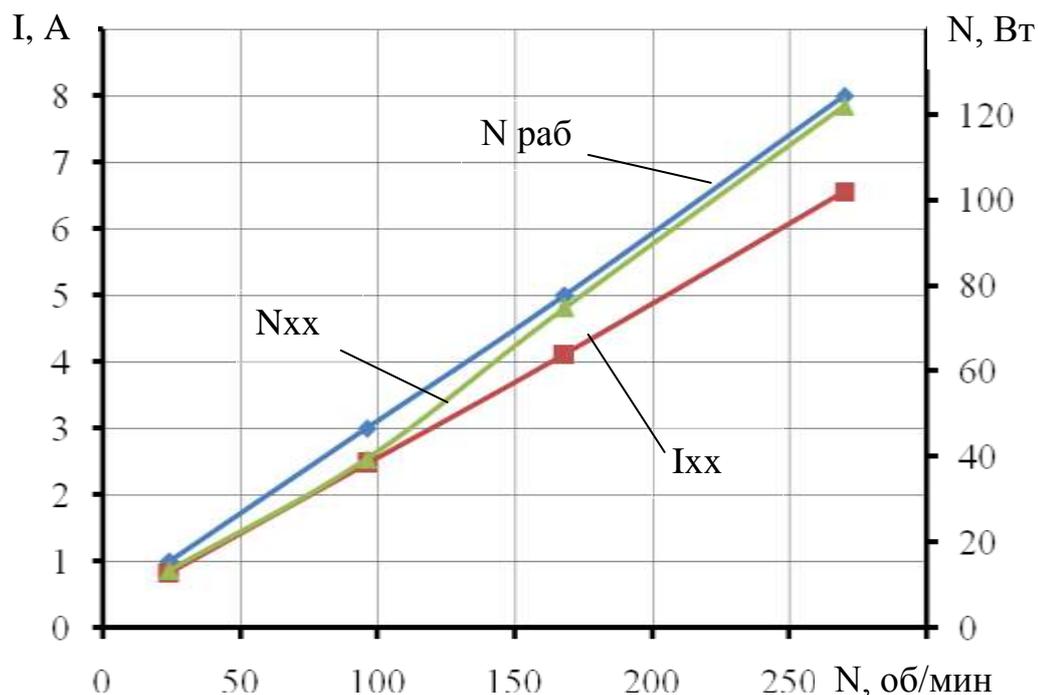


Рисунок 56 – Зависимости силы тока и мощности, потребной на привод, от частоты вращения приводного вала

$i_{xx}, N_{xx}, N_{раб}$ – мощности, потребные на привод холостого хода и во время выдачи корма

Из рисунка 56 видно, что мощность холостого хода прямо пропорциональна частоте вращения приводного вала ленточного транспортера. При этом мощность холостого хода при частоте вращения вала 270 об/мин. достигает 84% рабочей мощности на привод ленточного транспортера (121 Вт), то - есть мощность, потребная на транспортирование материала ленточным транспортером, составляет всего 19 Вт. Большая мощность холостого хода объясняется большим сопротивлением новых уплотнений на валу транспортера. Для снижения сопротивления вращения валов транспортера в будущем необходимо применить подшипники с боковыми уплотнениями, размещенные в корпусах со сферической поверхностью. Но даже при существующей мощности, потребной на привод,

равной 70-100 Вт при емкости установленного аккумулятора 105 А-ч время работы агрегата между подзарядками аккумулятора достигает 10 ч работы агрегата, то есть один раз в пять дней. Имеется возможность уменьшить время между подзарядками аккумулятора до двух дней. В этом случае емкость аккумулятора можно уменьшить до 40-50 А-ч, а следовательно снизить массу его и агрегата в целом на 10-12 кг.

Зависимость производительности на выдаче пшеничной дерти от частоты вращения приводного вала ленточного транспортера приведена на рисунке 57.

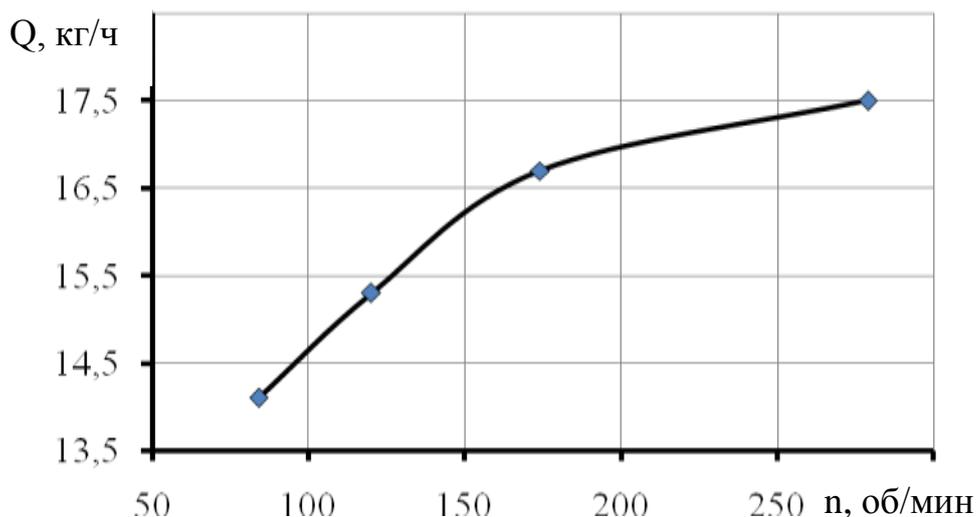


Рисунок 57 – Зависимость производительности раздатчика концкормов от частоты вращения вала транспортера

Из рисунка 57 видно, что при максимальном открытии окна производительность на выдаче составляет 14-17,5 т/ч, при этом в начале производительность растет прямо пропорционально частоте вращения вала транспортера, а затем интенсивность роста снижается. Это объясняется производительностью истечения пшеничной дерти из бункера. При работе на дерти из ячменя производительность по-видимому будет меньше из-за большей связности.

Из полученных данных можно судить, что для достижения требуемой производительности 3-12 т/ч необходимо уменьшить открытие выгрузного окна. Опыты показали, что нужная производительность достигается при открытии одного окна на 30-50 мм. Необходимости одновременного открытия двух окон нет.

Исследования показали, что на неравномерность выдачи концкормов, оказывают влияние высота столба корма в бункере, норма выдачи корма на 1 м длины кормушки, равномерность скорости движения ленты транспортера и скорости перемещения агрегата. При больших нормах выдачи корма высота столба корма в бункере резко изменяется, что увеличивает

неравномерность истечения корма из бункера, а следовательно, повышается неравномерность раздачи корма агрегатом. При производительности, обеспечивающей требуемые нормы выдачи корма на 1 м кормушки равной 4-7 т/ч, равномерность раздачи пшеничной дерти составляла 3-5%, что соответствует нормативным данным.

При общей массе раздатчика с кормом 150 кг усилие на перемещение его в горизонтальном направлении достигает 120 Н, а вертикальное усилие в момент отрыва упор рамы от поверхности прохода составляла 7 кг, затем она уменьшилась до нуля и при переходе через мертвую точку возникает обратное усилие. Для того, чтобы бункер не имел возможности опрокинуться вперед, например, в случаях попадания колес в ямы, впереди колесной пары поставлено приподнятое флюгерное колесо.

Поломок раздатчика за период испытаний не было выявлено.

Невозвратимые, возвратимые потери и сепарация концкормов во время испытаний не были замечены.

Характер распределения корма на кормовом столе выявлен следующим. При частоте вращения вала выгрузного транспортера 270 об/мин начало укладки корма размещалось от колеса 100 мм, затем на расстоянии 250 мм от колеса наблюдался утолщенный слой корма. Ширина полосы укладки корма составляла 400 мм. Для увеличения дальности бросания корма до 1 м необходимо переходить на большую частоту вращения вала транспортера (до 500 об/мин).

При технико-экономической оценке раздатчика комбикормов в качестве базы для сравнения была принята технология раздачи комбикормов с помощью ручной тележки. Загрузка комбикормов в бункера раздатчика и тележки принята одинаковой – вручную из мешков.

Расчет технико-экономических показателей проведен применительно к откормочным фермам молодняка КРС, свиноводческим и молочным фермам. При этом на откормочных КРС и свиноводческих фермах вся суточная дача концкормов (до 4,5 кг на голову) выдается сравниваемым оборудованием, а на молочных фермах – только 50 % суточной дачи концкормов (3,5 кг) (высокоудойным коровам), а остальная часть выдается в смеси с грубыми и сочными кормами раздатчиками-смесителями. Для определения границ эффективного применения сравниваемого оборудования был проведен расчет показателей при годовом объеме работ от 20 до 800 т. Заработная плата принята 100 руб./ч, стоимость электроэнергии – 5 руб./кВт·ч.

Исходные данные для расчета экономической эффективности оборудования для раздачи комбикормов приняты по паспортным данным и результатам испытаний (таблица 8).

Таблица 8 – Исходные данные для расчета экономической эффективности оборудования для раздачи комбикормов

Наименование оборудования	Масса, кг	Цена с НДС, тыс. руб.	Потребная мощность, кВт	Производительность, т/ч
Электрифицированный раздатчик комбикормов с ручным перемещением	80	40,0	0,08	7,5
Ручная тележка с выгрузкой комбикормов вручную (грабарка)	25	2,5	-	1

Результаты технико-экономических расчетов представлены на рисунке 58.

Из таблицы 8 и рисунка 58 видно, что, несмотря на увеличение капиталовложений, вследствие повышения производительности до 7 раз удельная металлоемкость процесса снижается до 57,6 %, удельные эксплуатационные расходы – до 70 %. Однако, на фермах с малым годовым объемом расхода концентратов (до 100 т) годовые эксплуатационные расходы при использовании ручных тележек ниже.

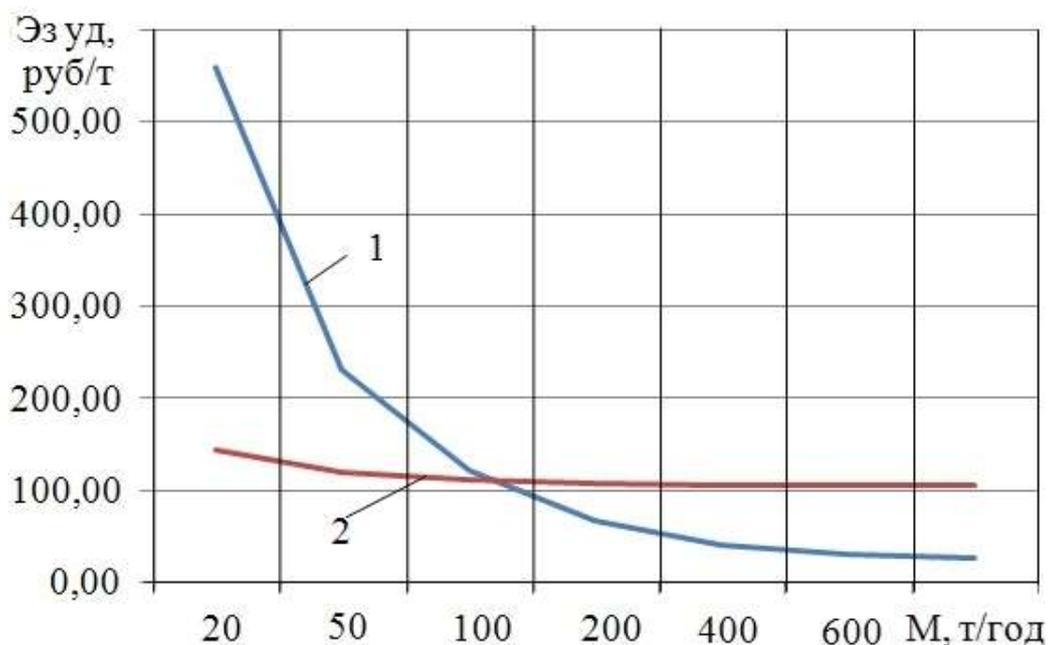


Рисунок 58 – Зависимость удельных эксплуатационных затрат от объема выдаваемых комбикормов:

1 – электрифицированный раздатчик комбикормов; 2 – ручная тележка

Поэтому электрифицированные раздатчики комбикормов с ручным перемещением наиболее целесообразно использовать на фермах с суточным расходом комбикормов более 275 кг (откормочные фермы размером более 60 голов, свиноводческие фермы – более 90 голов, молочные фермы – более 80 коров). С повышением часовой ставки работников ферм граница эффективного использования предлагаемого раздатчика комбикормов будет снижаться. Вместе с тем, при дефиците рабочей силы раздатчик целесообразно применять на фермах с меньшим поголовьем.

Предлагаемый раздатчик может найти применение не только на фермах КРС и СТФ, но и на птицеводческих фермах, а также рыбоводческих предприятиях при установке его на плавсредства.

2.14. Обоснование параметров молоткового аппарата измельчителя стебельчатых кормов с вертикальным бункером

В настоящее время в хозяйствах заготавливают грубые корма и подстилку не только в рулонах, но и в тюках. Поэтому была разработана конструктивно-технологическая схема универсального измельчителя стебельчатых кормов в тюках и рулонах любых размеров (рис.10). Он состоит из вращающегося бункера, измельчающего молоткового ротора, рамы, подбарабанья с блоком противорезов, привода ротора и бункера. Однако при его создании возникли трудности в выборе его рациональных параметров и режимов работы.

На основе проведенного обзора литературных источников /28-33/ было установлено, что рекомендуемые параметры измельчителей отличаются широкими диапазонами: скорость рабочих органов 35-72 м/с, удельная энергоемкость процесса – 3,3-11,75 кВт-ч/т, зазор между концами молотков и декой – 10-35 мм, разрушающая сила стеблей – 1,6-22 Н, угол наклона жестко закрепленных измельчающих рабочих органов – 18 - 50⁰ относительно радиуса-вектора, проходящего через ось вращения. Угол наклона свободно подвешенных молотков во время работы никто не определял, не исследовались также вопросы изменения зазора между декой и молотками при их отклонении от радиального положения. Не изучалось также влияние размеров, массы и скорости молотка на отклонение их, а следовательно, изменение зазора между концами молотков и декой, а также изменение толщины отрезаемого слоя. В связи с этим, возникла необходимость в обосновании некоторых параметров измельчающего ротора молоткового типа.

В соответствии с рабочим процессом молотки за один оборот бункера отделяют от слоя материала порции объемом:

$$V = \pi r_6^2 H_1, \quad (50)$$

где r_6 – радиус бункера, м;

H_1 – высота выхода молотков над днищем бункера (величины внедрения молотков в материал или толщина срезаемого слоя), м.

Тогда производительность измельчителя составит:

$$Q = 60\pi r_6^2 H_1 n_6 \gamma \psi_1 \psi_2, \quad (51)$$

где n_6 – частота вращения бункера, мин⁻¹;

γ – плотность материала, кг/м³;

ψ_1 – коэффициент отставания скорости материала от скорости бункера;

ψ_2 – коэффициент неравномерности плотности измельчаемой массы.

Из выражения (51) видно, что производительность измельчителя прямо пропорциональна частоте вращения бункера n_6 , величине внедрения молотков в материал или толщине срезаемого слоя H_1 . Эти величины можно менять в процессе конструирования и эксплуатации измельчителя, а следовательно, получать разную его производительность. При выборе величины внедрения молотков в материал или толщины срезаемого слоя H_1 необходимо учитывать отклонение молотков во время работы от радиального положения за счет сопротивления материала, то есть уменьшение радиуса, описываемого молотками. Отклонение молотков влияет также на увеличение зазора между ними и декой, являющегося одним из параметров измельчающего устройства.

Теоретически установлено, что величина зазора H между декой и молотками, зависит от длины молотка до оси подвески l_1 и угла наклона молотка α от радиального положения. С некоторым приближением можно принять, что:

$$H = l_1 (1 - \cos \alpha). \quad (52)$$

Из формулы (52) видно, что увеличение зазора между декой и молотками зависит от длины молотка до оси подвески и угла наклона молотка.

На молоток действуют также сила тяжести P , центробежная сила F_1 и сила разрушения P_1 материала, силу Кориолиса не учитывали.

Молоток будет в равновесии, когда выполняется равенство:

$$M_{P_1} + M_P = M_{F_1}, \quad (53)$$

где M_{P_1} , M_P и M_{F_1} – моменты соответственно от силы разрушения материала, силы тяжести молотка и центробежной силы.

Определим момент от силы тяжести молотка. При этом примем допущение, что сила тяжести P приложена к центру части молотка, распо-

ложенной выше оси подвески (рис. 59). Силой тяжести нижней части молотка, расположенной до оси подвески, пренебрегаем.

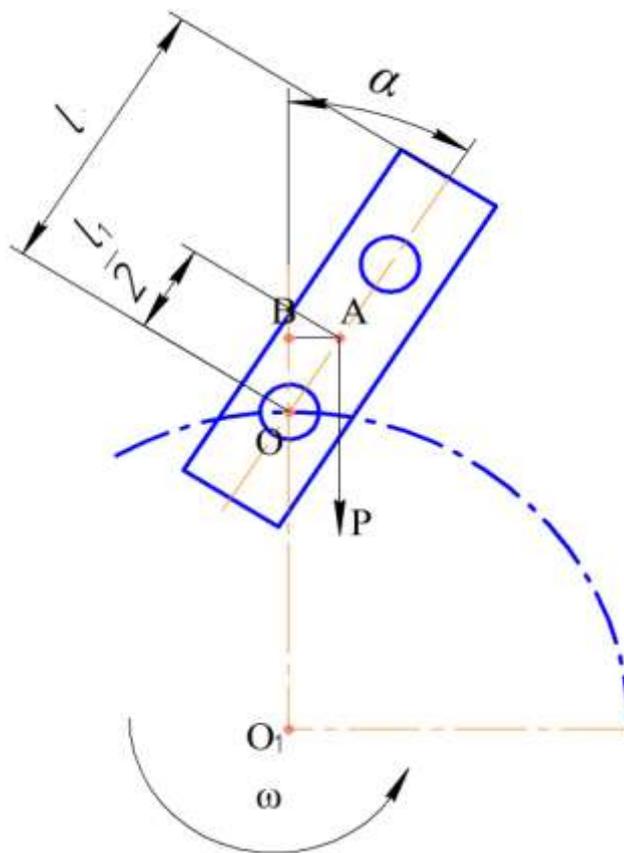


Рисунок 59 – Схема к определению момента от силы тяжести

Плечо действия силы тяжести молотка P определим из ΔOAB :

$$BA = \frac{l_1}{2} \sin \alpha . \quad (54)$$

Момент M_p силы P составит:

$$M_p = bal_1 \rho \frac{l_1}{2} \sin \alpha = ba \rho \frac{l_1^2}{2} \sin \alpha , \quad (55)$$

где b , a – соответственно ширина и толщина молотка, м;

l_1 – длина молотка от оси подвески, м;

α – угол наклона молотка относительно радиуса - вектора, проходящего через оси подвески молотка и вращения ротора, град.

Центробежная сила F_l , приложена к центру тяжести части молотка, размещенной выше оси подвески молотка (точка А) и направлена по радиус-вектору, проходящему через центр тяжести молотка и центр вращения ротора (рис. 60).

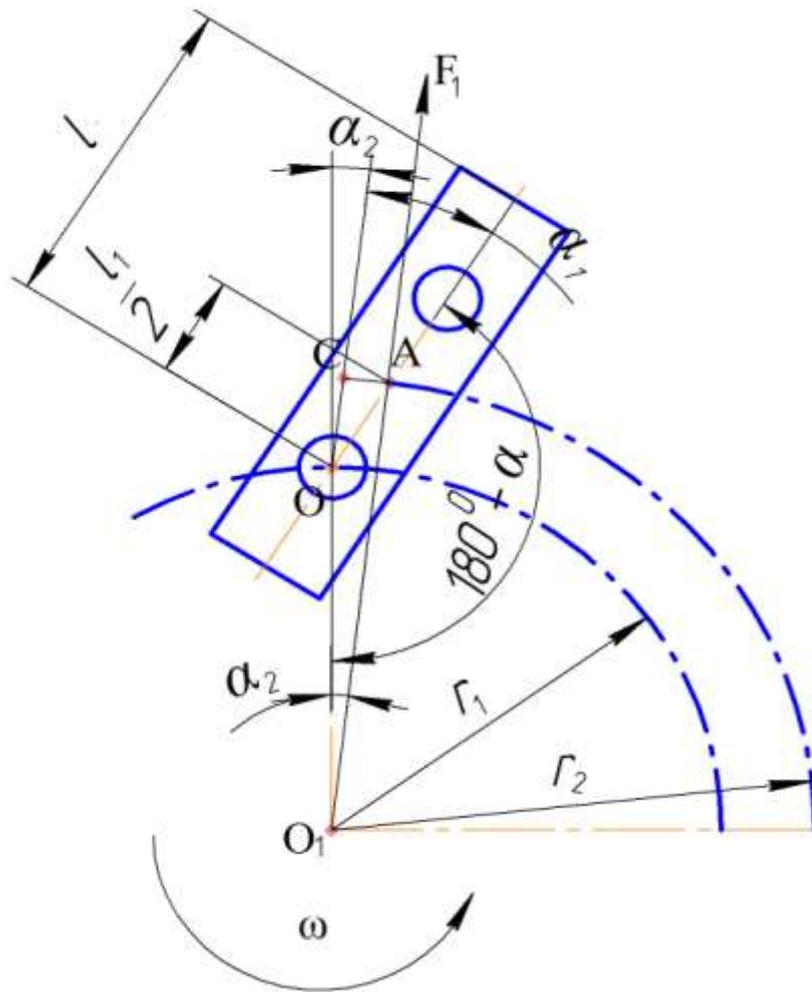


Рисунок 60 – Схема к определению момента от центробежной силы

Радиус-вектор, по которому действует центробежная сила, расположен под углом α_2 к радиус-вектору, проходящему через центры поворота молотка и вращения ротора. Из ΔO_1OA определим угол α_2 . В этом треугольнике даны две стороны r_1 , $l_1/2$ и угол O_1OA равный $180^\circ - \alpha$.

Находим сначала сторону r_2 (радиус, описываемый центром тяжести молока) по теореме косинусов:

$$r_2^2 = \frac{l_1^2}{4} + r_1^2 - 2 \frac{l_1}{2} r_1 \cos(180 - \alpha). \quad (56)$$

Откуда

$$r_2 = \sqrt{\frac{l_1^2}{4} + r_1^2 - 2 \frac{l_1}{2} r_1 \cos(180 - \alpha)}. \quad (57)$$

Затем по теореме синусов находим:

$$\sin \alpha_2 = \frac{\frac{l_1}{2} \sin(180 - \alpha)}{\sqrt{\frac{l_1^2}{4} + r_1^2 - l_1 r_1 \cos(180 - \alpha)}}. \quad (58)$$

Откуда

$$\alpha_2 = \arcsin \frac{l_1 \sin(180 - \alpha)}{2\sqrt{\frac{l_1^2}{4} + r_1^2 - l_1 r_1 \cos(180 - \alpha)}}. \quad (59)$$

Из ΔOCA плечо действия силы F_1 равно:

$$AC = \frac{l_1}{2} \sin(\alpha - \alpha_2) = \frac{l_1}{2} \sin \left[\alpha - \arcsin \frac{l_1 \sin(180 - \alpha)}{2\sqrt{\frac{l_1^2}{4} + r_1^2 - l_1 r_1 \cos(180 - \alpha)}} \right]. \quad (60)$$

Так как $F_1 = m \frac{v_m^2}{r_2}$, $v = \frac{\pi D n}{60} = \frac{\pi r_2 n}{30}$ и $m = \frac{ab l_1 \rho}{g}$,

где v_m – линейная скорость центра тяжести молотка, м/с;

m – масса молотка, кг;

g – ускорение свободного падения, м/с².

Тогда,

$$F_1 = \frac{ba l_1 \rho \pi^2 r_2 n^2}{30^2 g}. \quad (61)$$

Момент от силы F_1 составит:

$$M_{F_1} = \frac{ba l_1^2 \rho \pi^2 r_2 n^2}{30^2 g \cdot 2} \sin \left[\alpha - \arcsin \frac{l_1 \sin(180 - \alpha)}{2\sqrt{\frac{l_1^2}{4} + r_1^2 - l_1 r_1 \cos(180 - \alpha)}} \right]. \quad (62)$$

Определим момент от силы разрушения материала P_1 . В целях упрощения математических выкладок примем допущение, что сила P_1 приложена к центру торцевой стенки молотка и направлена перпендикулярно к радиус-вектору, проходящему через центр вращения ротора и центр торцевой стенки молотка (рис.61).

Окружная скорость молотков больше окружной скорости бункера. Усилие разрушения материала на концах всех молотков имеет разное значение вследствие разности плотности и скорости вращения материала в рулоне.

Из ΔODE плечо действия силы P_1 :

$$OE = l_1 \cos \alpha_4 = l_1 \cos(\alpha - \alpha_3). \quad (63)$$

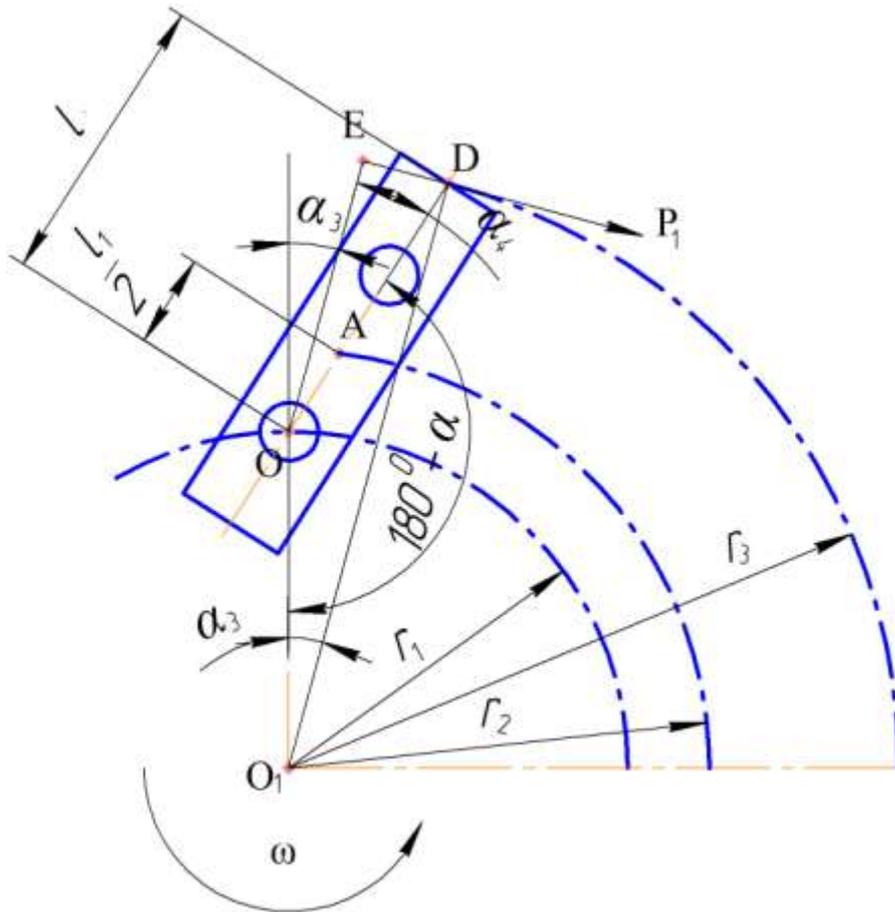


Рисунок 61 – Схема к определению момента от силы разрушения материала

Из ΔO_1OD определим α_3 . В нем даны две стороны r , l_1 и угол $O_1OD = 180^\circ - \alpha^\circ$.

Находим сначала сторону r_3 по теореме косинусов:

$$r_3^2 = l_1^2 + r_1^2 - 2l_1r_1 \cos(180 - \alpha). \quad (64)$$

Откуда

$$r_3 = \sqrt{l_1^2 + r_1^2 - 2l_1r_1 \cos(180 - \alpha)}. \quad (65)$$

Затем по теореме синусов находим:

$$\sin \alpha_3 = \frac{l_1 \sin(180 - \alpha)}{\sqrt{l_1^2 + r_1^2 - 2l_1r_1 \cos(180 - \alpha)}}. \quad (66)$$

Откуда

$$\alpha_3 = \arcsin \frac{l_1 \sin(180 - \alpha)}{\sqrt{l_1^2 + r_1^2 - 2l_1r_1 \cos(180 - \alpha)}}. \quad (67)$$

Подставляя α_3 из выражения (67) в формулу (63) получим:

$$OE = l_1 \cos(\alpha - \alpha_3) = l_1 \cos \left[\alpha - \arcsin \frac{l_1 \sin(180 - \alpha)}{\sqrt{l_1^2 + r_1^2 - 2l_1r_1 \cos(180 - \alpha)}} \right]. \quad (68)$$

Тогда

$$M_{P_1} = P_1 l_1 \cos \left[\alpha - \arcsin \frac{l_1 \sin(180 - \alpha)}{\sqrt{l_1^2 + r_1^2 - 2l_1 r_1 \cos(180 - \alpha)}} \right]. \quad (69)$$

Подставляя значения M_{P_1} , M_P и M_{F_1} из выражений (69), (55) и (62) в выражение (53), получим:

$$\begin{aligned} & P_1 l_1 \cos \left[\alpha - \arcsin \frac{l_1 \sin(180 - \alpha)}{\sqrt{l_1^2 + r_1^2 - 2l_1 r_1 \cos(180 - \alpha)}} \right] + ba\rho \frac{l_1^2}{2} \sin \alpha = \\ & = \frac{bal_1^2 \rho \pi^2 r_2 n^2}{30^2 g \cdot 2} \sin \left[\alpha - \arcsin \frac{l_1 \sin(180 - \alpha)}{2\sqrt{\frac{l_1^2}{4} + r_1^2 - l_1 r_1 \cos(180 - \alpha)}} \right]. \quad (70) \end{aligned}$$

Заменяя значение r_2 из выражения (57) получим:

$$\begin{aligned} & P_1 l_1 \cos \left[\alpha - \arcsin \frac{l_1 \sin(180 - \alpha)}{\sqrt{l_1^2 + r_1^2 - 2l_1 r_1 \cos(180 - \alpha)}} \right] + ba\rho \frac{l_1^2}{2} \sin \alpha = \\ & = \frac{bal_1^2 \rho \pi^2 n^2 \sqrt{\frac{l_1^2}{4} + r_1^2 - l_1 r_1 \cos(180 - \alpha)}}{30^2 g \cdot 2} \sin \left[\alpha - \arcsin \frac{l_1 \sin(180 - \alpha)}{2\sqrt{\frac{l_1^2}{4} + r_1^2 - l_1 r_1 \cos(180 - \alpha)}} \right], \quad (71) \end{aligned}$$

или

$$n = \frac{30^2 g \cdot 2 \left\{ P_1 l_1 \cos \left[\alpha - \arcsin \frac{l_1 \sin(180 - \alpha)}{\sqrt{l_1^2 + r_1^2 - 2l_1 r_1 \cos(180 - \alpha)}} \right] + ba\rho \frac{l_1^2}{2} \sin \alpha \right\}}{\sqrt{bal_1^2 \rho \pi^2 \sqrt{\frac{l_1^2}{4} + r_1^2 - l_1 r_1 \cos(180 - \alpha)} \sin \left[\alpha - \arcsin \frac{l_1 \sin(180 - \alpha)}{2\sqrt{\frac{l_1^2}{4} + r_1^2 - l_1 r_1 \cos(180 - \alpha)}} \right]}}. \quad (72)$$

Из выражений (71) и (72) видно, что все параметры измельчающего устройства: геометрические размеры и радиус подвески молотков, угол отклонения молотков, частота вращения ротора находятся в сложной взаимосвязи между собой и разрушающей силой материала.

Выразить усилие разрушения материала молотком P_1 аналитическим путем в настоящее время не представляется возможным. Поэтому значение ее определяли экспериментальным путем. Опыт показал, что на измельчителе с радиусом, описываемым концами молотков 265 мм, и длиной молотков от оси подвеса 130 мм при производительности 6,4 т/ч на

соломе мощность, потребная на привод ротора без холостого хода (15 кВт), составила 33,6 кВт. При частоте вращения $n = 2100 \text{ мин}^{-1}$ крутящий момент на валу ротора составляет $M = 973,8 \cdot N/n = 973,8 \cdot 33,6/2100 = 15,58 \text{ кгм}$. Измельчитель оборудован 40 молотками, которые соприкасаются с материалом только на половине окружности, описываемой ими. Поэтому можно считать, что крутящий момент создается только 20 молотками. Допустим, что усилие разрушения материала приложено к концам молотков. Тогда на каждый молоток действует усилие разрушения материала равное:

$$P_1 = \frac{M}{20(r_1 + l_1)} = 2,94 \text{ кг.}$$

На вышеуказанном измельчителе при изменении подачи материала путем изменения частоты вращения загрузочного бункера была получена также производительность равная 2,8 т/ч при потребляемой мощности вместе с мощностью холостого хода $N = 27,9 \text{ кВт}$ и 9,4 т/ч при $N = 90 \text{ кВт}$. Применяя вышеописанную методику, было определено, что в первом случае усилие разрушения материала P_1 составляет 1,11 кг во втором случае $P_1 = 6,5 \text{ кг}$. Поэтому границы варьирования усилия разрушения материала P_1 принимаем от 1 до 8 кг.

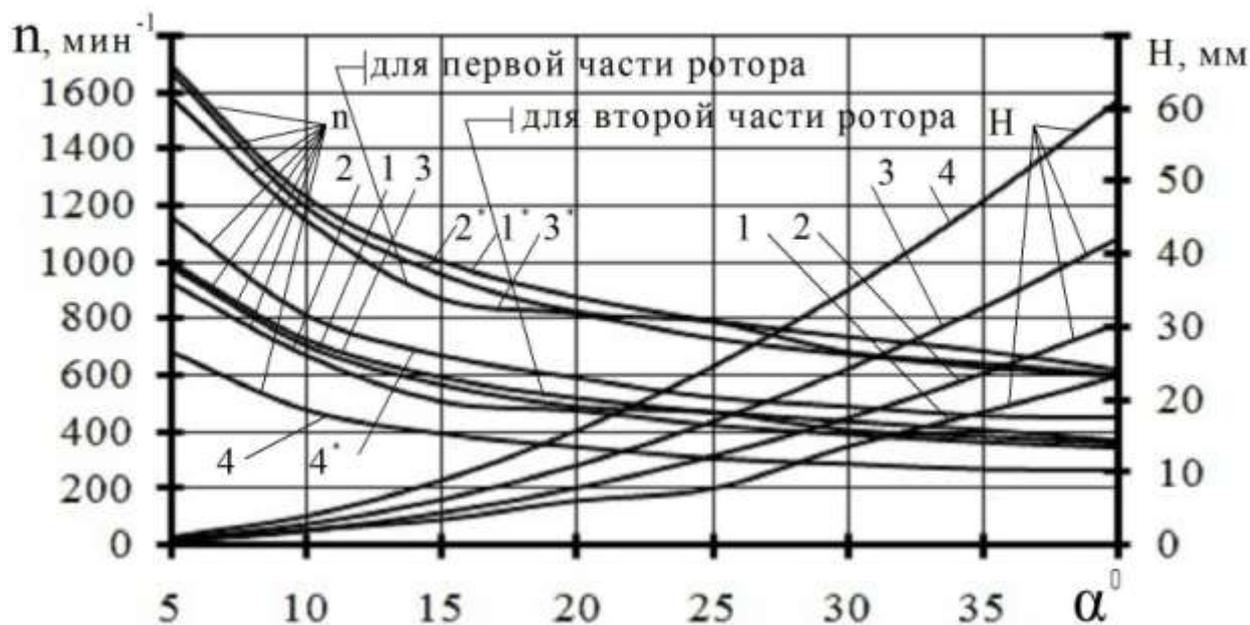
Полученное значение P_1 несколько выше значений, определенных ранее другими авторами на копрах с вращающимися ножами. Это вызвано тем, что в нашем случае сила P_1 включает в себя не только силы отделения материала от массива, но и силы разрушения его на противорезах, разгона отделенных частиц корма и силы трения материала о деку с противорезами.

Уравнения (52), (71) и (72) позволяют проанализировать количественные связи между параметрами измельчающего ротора молоткового типа и выбрать их рациональные значения применительно к конкретным условиям эксплуатации.

В качестве критерия можно принять частоту вращения ротора, геометрические размеры молотков и увеличение зазора между молотком и декой.

Значение частоты вращения ротора и увеличение зазора между молотками и декой при $P_1 = 2,94 \text{ кг}$, $\rho = 7856 \text{ кг/м}^3$, $b = 0,05 \text{ м}$, $a = 0,01 \text{ м}$ и разных значениях r , l и α приведены на рисунке 62.

Из (рис. 62) видно, что темпы увеличения зазора между молотком и декой вначале с увеличением угла наклона молотков до 25° небольшие, затем они возрастают, особенно для длинных молотков. При $\alpha = 25^\circ$ увеличение зазора составляет от 7 до 17 мм, а при 40° – от 23 до 42 мм в зависимости от размеров молотков и радиуса, описываемого осями их подвески.



- 1 — для ротора с $l_1 = 0,1\text{ м}$; $r_1 = 0,165\text{ м}$;
 2 — для ротора с $l_1 = 0,13\text{ м}$; $r_1 = 0,135\text{ м}$;
 3 — для ротора с $l_1 = 0,18\text{ м}$; $r_1 = 0,085\text{ м}$;
 4 — для ротора с $l_1 = 0,26\text{ м}$; $r_1 = 0,135\text{ м}$

Рисунок 62 – К выбору частоты вращения ротора в зависимости от допустимого увеличения зазора между молотками и декой

Из графика видно также, что размеры молотков при одном и том же радиусе окружности, описываемой молотками равным $0,265\text{ м}$, на частоту вращения ротора влияют незначительно (разница не превышает $8,5\%$). Однако минимальная частота вращения ротора с такими размерами имеет место при длине молотка $l_1 = 0,13\text{ м}$ (рисунок 63). Меньшее значение частота вращения имеет место на роторе большого диаметра $\varnothing = 0,79\text{ м}$ с молотками длиной $l_1 = 0,26\text{ м}$ и радиусом их подвески $r_1 = 0,135\text{ м}$ (рис. 62). Однако ротор такого диаметра значительно сложнее вписывается в конструкцию измельчителя и его труднее балансировать.

Требуемая частота вращения ротора зависит также от величины усилия разрушения материала (рис. 64).

Однако усилие разрушения материала на каждом молотке различны. На периферийных молотках они имеют большие значения, обусловленные большей подачей материала на них и большей плотности периферийных слоев материала в рулоне. Определим пропускную способность молотков по длине ротора. При этом примем допущение, что ширина и глубина срезаемого слоя каждым молотком одинаковая. Тогда длина срезаемого слоя каждым молотком за один оборот бункера составит

$$L = 2\pi r_i,$$

где r_i — средний радиус срезаемого слоя каждым молотком.

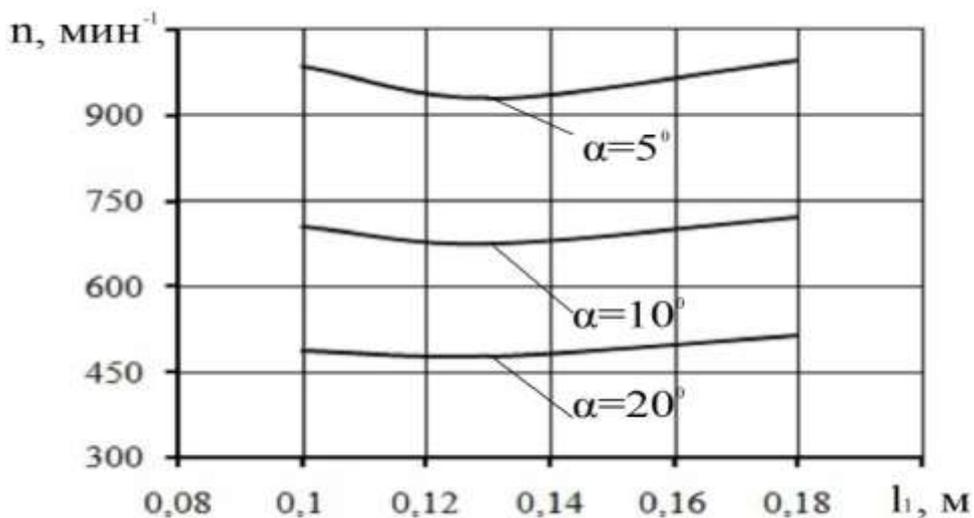


Рисунок 63 – Зависимость частоты вращения ротора n от длины молотков l_1 при разных углах отклонения молотков

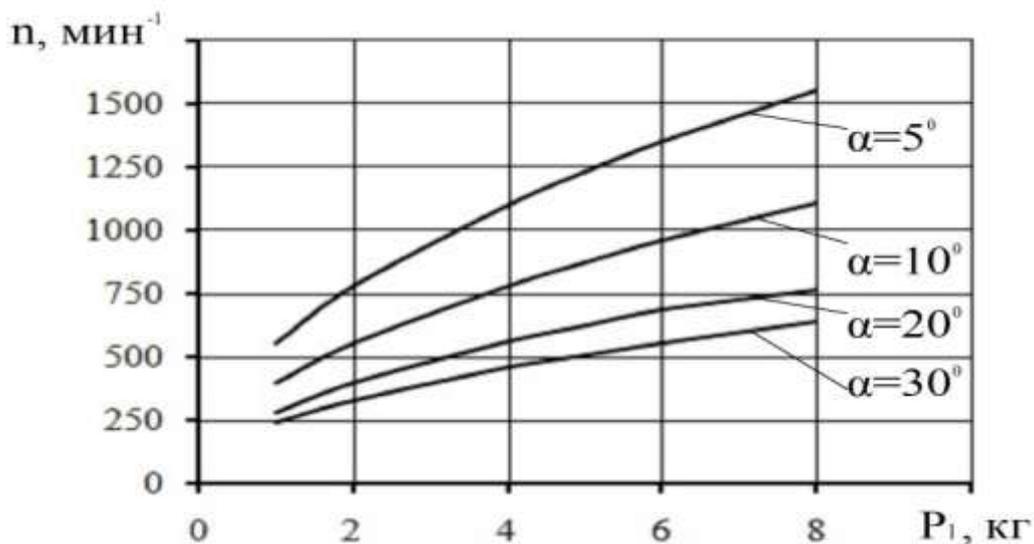


Рисунок 64 – Зависимость требуемой частоты вращения ротора n

Так как в нашем случае ширина каждого срезаемого слоя составляет 0,01 м, то при длине ротора равном 1 м, радиус для первого молотка составит 0,9 м, для остальных девяти молотков соответственно 0,8; 0,7; 0,6; 0,5; 0,4; 0,3; 0,2; 0,1 и 0 м.

Тогда для первого наружного молотка $L_1 = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,9 = 5,65$; для второго молотка – $L_2 = 5,02$; для третьего – $L_3 = 4,39$; для четвертого – $L_4 = 3,76$; для пятого – $L_5 = 3,14$; для шестого – $L_6 = 2,5$; для седьмого – $L_7 = 1,88$; для восьмого – $L_8 = 1,25$; для девятого – $L_9 = 0,63$; для десятого – $L_{10} = 0$ м. Средняя длина срезаемых слоев составляет 2,82 м. Длина срезаемого слоя первым молотком превышает среднюю длину срезаемых слоев всеми молотками в 2 раза, вторым молотком – в 1,84; третьим – в 1,55;

четвертым – в 1,33; пятым – в 1,11 раза, остальных молотков соответственно в 0,88; 0,66; 0,44; 0,22 раза. Так как ширина и высота срезаемого слоя для всех молотков одинакова, то можно заключить, что средняя подача на первый молоток превышает среднее значение подачи на все молотки в 2 раза.

Кроме того, известно, что первоначальные витки при формировании рулона менее уплотнены, чем наружные. Исследованиями Ставропольской сельскохозяйственной академии установлено, что плотность слоев сена уменьшается от периферии рулона к центру. На первых пяти метрах отделенного слоя масса достигает $Q = 6$ кг на одном погонном метре, затем наблюдается резкое снижение на следующих 10 м ($Q = 4$ кг), затем зависимость снижения массы сена от длины слоев развернутого рулона приобретает более равномерный характер после 20 метров снятого слоя и стабилизируется на величине $Q = 3$ кг. Можно считать, что плотность рулона в трех наружных слоях толщиной 0,3 м в 1,5 раза выше плотности средних слоев рулона.

С учетом больших значений подачи и плотности материала пропускная способность первого молотка ротора в три раза превышает среднюю пропускную способность молотков ротора.

В связи с вышеизложенным каждый разноудаленный молоток от центра бункера должен иметь индивидуальные параметры по массе и скорости, с тем, чтобы обеспечить одинаковые углы их отклонения при разной пропускной способности, обуславливающей разное усилие разрушения на молотках. Экспериментальными исследованиями было установлено, что среднее усилие разрушения материала на молотках возрастает с повышением производительности измельчителя по линейной зависимости. Если допустить, что такая зависимость усилия разрушения от пропускной способности будет справедлива для каждого молотка, то усилие разрушения P на первом молотке, имеющего трехкратную пропускную способность будет составлять, при $P_1 = 2,94$ кг $P_{\text{пер. мол.}} = 8,8$ кг.

При этих значениях усилия разрушения частота вращения первой части ротора с тремя рядами молотков должна быть равной не менее 1700 мин^{-1} . Если принять эту частоту вращения, то практически $2/3$ ротора будет вращаться с завышенной частотой вращения, что может привести к переизмельчению материала и к повышению энергоемкости измельчителя.

Поэтому ротор целесообразно выполнить составным как минимум из двух частей: первая, имеющая длину примерно 33% от общей длины ротора с тремя рядами молотков и высокую частоту вращения и вторая часть наиболее длинная (примерно $2/3$ длины ротора) с пониженной частотой вращения (до 1000 мин^{-1}). Кроме того, первую часть ротора целесообразно

оснастить молотками с повышенной толщиной для уменьшения угла отклонения их при работе и увеличения срока службы.

На основе проведенных исследований ГНУ СКНИИМЭСХ разработаны универсальные стационарный измельчитель и прицепной измельчитель-раздатчик стебельчатых кормов и подстилки в тюках и рулонах любых размеров, а также в рассыпном виде.

Стационарный измельчитель (рис. 65) состоит из загрузочного вращающегося бункера, ротора, блока противорезов, подбарабannya с выгрузным устройством, поддерживающих роликов, приводов ротора и бункера и рамы.



Рисунок 65 – Общий вид универсального измельчителя стебельчатых материалов

Ротор измельчителя состоит из вала, дисков и шарнирно качающихся на осях молотков. Технологический процесс измельчения материала осуществляется следующим образом. Неизмельченное сено, солома, сенаж (в тюках, рулонах или в рассыпном виде) подается погрузчиками ПКУ-0,8, СНУ-550, ПЭ-0,8 в загрузочный бункер, имеющий два диаметрально расположенных подпружиненных захвата. Бункер, вращаясь, обеспечивает по неподвижному днищу равномерную подачу материала любой формы к ротору, где он измельчается и выбрасывается на кормовой стол или бурт. Производительность измельчителя регулируется изменением частоты вращения бункера. Для этого в приводе бункера предусмотрена коробка перемены передач. Степень измельчения изменяется вводом или выводом из рабочей зоны молотков противорезов.

Техническая характеристика универсального измельчителя стебельчатых материалов

Производительность, т/ч	до 6
Мощность установленных электродвигателей, кВт	
на приводе ротора	75
на приводе бункера	3
Диаметр бункера, мм	2100
Высота загрузки материала, мм	2170
Высота выгрузки материала, мм	445 - 680
Габаритные размеры, мм	4000 x 2310 x 2170
Масса, кг	2700

Испытания показали, что средний размер частиц, производительность и мощность, потребная на привод измельчителя, возрастают с увеличением частоты вращения бункера (рис. 66).

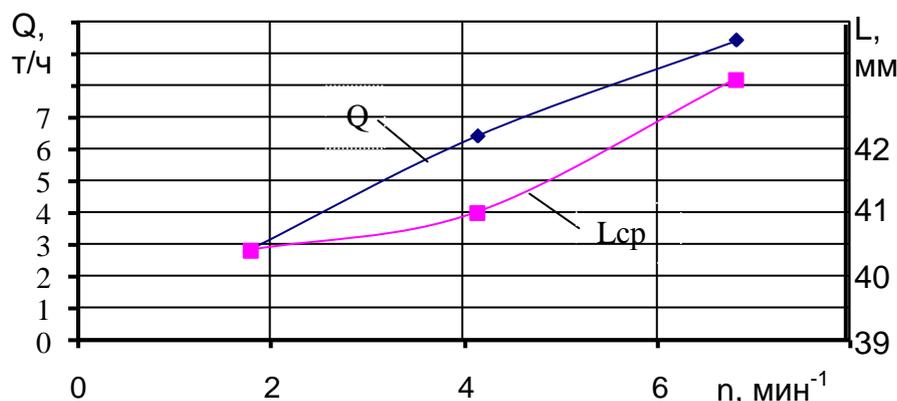


Рисунок 66 – Зависимость производительности измельчителя и среднего размера частиц измельченной соломы в зависимости от частоты вращения бункера

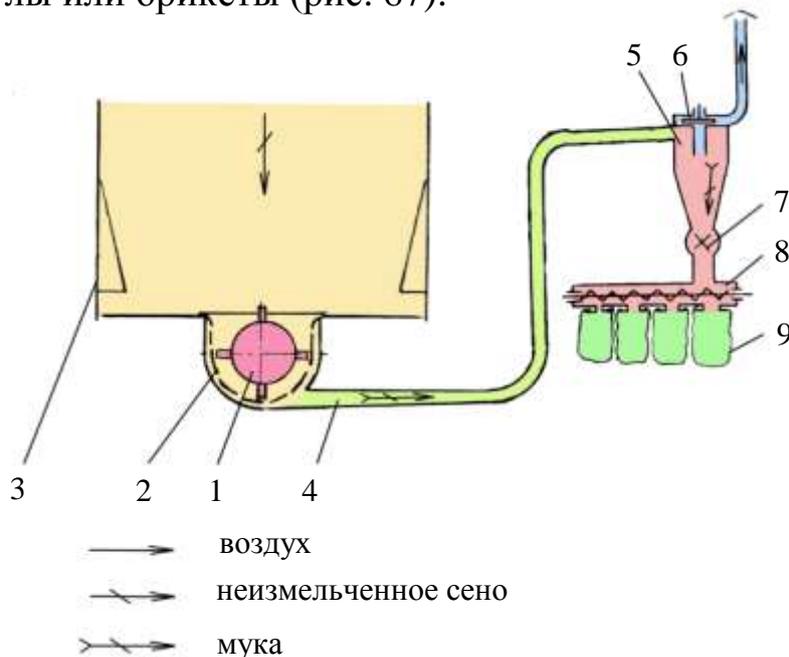
Минимальная удельная энергоёмкость процесса измельчения имеет место при частоте вращения бункера равной 4 мин⁻¹ (7,6 кВт-ч/т). При этой частоте вращения бункера обеспечивается производительность 6 т/ч при мощности, потребной на привод ротора, 50 кВт.

Количество частиц сена длиной до 10 мм от общей измельченной массы составляет 52,3%, длиной - 11-20 мм – 10,3%, длиной 21-50 мм – 26,4%, длиной 51-75 мм – 6,7%, свыше 75 мм – 4,3%. Средняя длина частиц сена при частоте вращения бункера 4,13 мин⁻¹ составляет 21,6 мм, соломы пшеничной - 40,9 мм. Расщепление стеблей и разрушение междоузлий сена достигает 88%, соломы - 85%.

Кроме вышеописанного варианта разработана модификация измельчителя с электродвигателем мощностью 55 кВт и прицепной вариант из-

мельчителя к тракторам класса 1,4-3,0 ТС. Они отличаются от стационарного варианта измельчителя уменьшенными диаметром бункера и длиной ротора (соответственно на 200 и 100 мм).

Разработанные измельчители могут использоваться и для производства муки из сена на корм и соломы на топливные брикеты. Для этого на измельчителе вместо проходной деки устанавливается решето с отверстиями диаметром 6-8 мм. В этом случае измельченный в муку продукт отсасывается вентилятором в циклон, откуда он через дозатор и шнек с окнами затаривается в мешки или подается в оборудование, превращающее их в гранулы или брикеты (рис. 67).



1 – измельчитель молоткового типа; 2 – решето; 3 – вращающийся бункер-питатель; 4 – воздуховод; 5 – циклон системы отвода муки; 6 – вентилятор; 7 – дозатор; 8 – шнек; 9 – мешки с мукой

Рисунок 67 – Технологическая схема производства сеной муки

Производительность измельчителя на производстве муки достигает 2 т/ч. Производство сеной муки в сравнении с производством травяной муки в условиях сегодняшних цен на энергетические ресурсы позволяет снизить эксплуатационные затраты на производство одного килограмма каротина и себестоимость его на 66,3%, уменьшить затраты на энергоресурсы в 4,6 раза, сэкономить капиталовложения при внедрении альтернативной технологии и оборудования для производства 500 тонн сеной муки более 4 млн. руб.

Анализ производственных ситуаций показывает, что в настоящее время инвестиции в освоении отечественной промышленностью семейства универсальных измельчителей стебельчатых материалов в тюках, рулонах и в рассыпном виде в стационарном и прицепном вариантах и с

приводом от электродвигателей и ВОМ тракторов могут принести значительную прибыль. Измельчители должны иметь две модификации: для производства резки из сена и сенажа на корм скоту и соломы на подстилку, а также для производства муки из сена для добавки ее в комбикорма и из соломы на топливные брикеты. В последней модификации измельчители должны дополнительно комплектоваться системой отсоса, дозирования и гранулирования измельченного продукта. Указанный проект может найти применение не только в животноводстве, но и при производстве альтернативных источников энергии, грибов и целлюлозы из отходов сельскохозяйственного производства.

ГНУ СКНИИМЭСХ располагает большими наработками в этом инновационном проекте, и рассчитывает на совместную реализацию его со всеми заинтересованными организациями.

Методика инженерного расчета универсального измельчителя стебельчатых кормов и подстилки в тюках, рулонах и в рассыпном виде

На основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований разработана методика инженерного расчета универсального измельчителя стебельчатых кормов и подстилки до частиц размером 30-100 мм.

Методика инженерного расчета измельчителя

Наименование параметров, обозначение и единицы измерения	Расчетные выражения	Численные значения величин
1	2	3
Требуемая производительность измельчителя при измельчении и выдачи сена и соломы на подстилку, т/ч сенажа в рулонах, т/ч Радиус бункера r_{δ} , м Высота бункера H_{δ} , м Общая длина ротора l_p , м	$Q = \frac{vq3,6}{l_p n}$ <p>Определяется радиусом рулона $r_{\delta} > r_p + (0,02 \dots 0,04)$ Определяется высотой рулона $H_{\delta} > h_p + 0,01$ $l_p = r_{\delta} - 0,08$ Принимается из конструктивных соображений</p>	<p>на сене 3,6 т/ч на соломе 5,6 т/ч на сенаже 9 т/ч</p> <p>$r_{\delta} = 2,0 \dots 2,2$ м $H_{\delta} = 1,3$ м $l_p = 1,02$ м</p>

1	2	3
<p>Длина наружной части ротора $l_{рн}$, м</p> <p>Длина внутренней части ротора $l_{вн}$, м</p> <p>Диаметр ротора d_p, мм</p> <p>Частота вращения наружной части ротора $n_{рн}$, мин⁻¹</p> <p>Частота вращения внутренней части ротора $n_{рв}$, мин⁻¹</p>	<p>$l_{рн}=0,33 l_p$</p> <p>$l_{вн}=0,77 l_p$</p> <p>$d_p \approx 500 \div 600$ мм</p> <p>Из выражения (72)</p> <p>Из выражения (72)</p>	<p>$l_{рн}= 0,33$ м</p> <p>$l_{вн}= 0,77$ м</p> <p>$d_p= 530$ мм</p> <p>$n_{рн} \geq 1600$ мин⁻¹</p> <p>$n_{рв} \leq 1000$ мин⁻¹ (в условиях подготовки сена и соломы на корм и подстилку с размерами 30-80мм)</p>
<p>Частота вращения бункера $n_{б}$, мин⁻¹</p>	$n_{б} = \frac{Q}{60\pi r_{б}^2 a_1 \psi_1 \psi_2 \rho}$	<p>на сене и соломе $n_{б}=2,66 \dots 3$ мин⁻¹</p> <p>на сенаже $n_{б}=4,5 \dots 8$ мин⁻¹</p>
<p>Количество молотков $z_{м}$, шт.</p>	$z_{м} = \frac{(L_{м} - \Delta L_{м}) K_z}{a}$ <p>где $\Delta L_{м}$ - длина ротора не перекрываемая молотками, м;</p> <p>K_z - число молотков, идущих по одному следу, $K=4$, a - толщина молотков, $a=10$ мм</p>	<p>$z_{м}=40$</p>
<p>Ширина молотков b, мм</p>	<p>$b=5a$</p>	<p>$b=50$ мм</p>
<p>Длина молотков l_1, мм</p>	<p>$l_1=(r_p - r_1)+l_2$</p> <p>где r_1 - радиус окружности, описываемой осью подвески молотка, $r_1=400$ мм; l_2 - длина короткой части молотка, $l_2=30$ мм.</p>	<p>$l_1=160$ мм</p>
<p>Количество противорежущих пластин n_n, шт.</p>	<p>$n_n = 2z'_{м} + 1$</p> <p>где $z'_{м}$ - количество молотков на одной подвеске, $z'_{м}=10$ шт.</p>	<p>$n_n=21$ шт</p>

1	2	3
Мощность, расходуемая на измельчение материала двумя частями ротором $N_{изм}$, кВт	$N_{изм} = \frac{nz(r_1 + l_1)(0,799Q - 1,554)}{1947,6}$	$N_{изм} = 20 \dots 75$ кВт
Мощность, потребная на холостой ход двумя частями ротора N_{xx} , кВт	$N_{xx} = (R' fr_u + \tau_m S_i) \omega_p + \rho_e F_i \epsilon r_0^3 \omega_p^3$	$N_{xx} = 15$ кВт
Мощность, потребная на привод ротора N_p , кВт	$N_p = N_{xx} + N_{изм}$	$N_p = 35 \dots 90$ кВт
Суммарная мощность, потребная на привод каждой части ротора, кВт	$N_{p1} = N_{p2} = 0,5 N_p$	$N_{p1} = N_{p2} = 17,5 \dots 45$ кВт
Мощность, потребная на привод бункера N_b , кВт	$N_b = 0,434 n_b^{0,894}$	$N_b = 0,8 \dots 2,7$ кВт
Суммарная мощность, потребная на привод измельчителя $N_{сум}$, кВт	$N_{сум} = N_p + N_b$	$N_{сум} = 36 \dots 93$ кВт для прицепного варианта мощность ограничена величиной, передаваемой через ВОМ $N_{сум} = 50$ кВт
Максимальная неравномерность выдачи материала $v_{q пред}$, %	$v_{q пред} = v_\gamma + (v_{n_b} - v_\nu) + v_{\psi_1} + v_{\psi_2}$	для сена, соломы и сенажа в рулонах: $v_{q пред} \leq 5\%$ для сена, соломы в тюках: $v_{q пред} \leq 15\%$ для сена и соломы в рассыпном виде $v_{q пред} \leq 12\%$

Полученные значения параметров и режимов работы были заложены в конструкцию созданного универсального измельчителя стебельчатых кормов и подстилки до частиц размером 20-80 мм. При оборудовании его круговой решетчатой декой вместо проходной деки с противорезами и корректировки энергетических и кинематических показателей он может быть использован на измельчении сена в муку для обогащения концентратов каротином и соломы в муку для приготовления гранул и брикетов на топливо.

2.15. Определение уточненной производительности погрузочно-кормораздаточного комплекса с вилочно-ковшовым захватом

Было установлено, что в общем балансе технологического времени работы смесителей-раздатчиков длительность погрузки кормов составляет до 70-80%, что обусловлено низкой производительностью погрузочных средств /4/. К тому же, вследствие недостаточной универсальности на наших фермах применяются, как правило, два погрузчика: один для стебельчатых кормов, второй – для сыпучих кормов.

Зарубежные фирмы некоторые модели смесителей-раздатчиков с горизонтально-шнековыми рабочими органами комплектуют загрузочными устройствами. Однако в нашей стране они не получили широкого распространения вследствие высокой стоимости и больших размеров ферм, на которых экономически выгодно применять специализированные погрузчики.

Погрузочные средства, предназначенные для работы со смесителями-раздатчиками, представлены в нашей стране грейферными ПЭ-0,8, ПГ-1,0 и фронтальными погрузчиками ПКУ-0,8, СНУ-550 и др., которые были разработаны 50 лет назад. Вопросы повышения производительности и расширения функциональных возможностей погрузочных средств, которые обеспечивали бы целостность «монолита» и грузили бы все виды кормов в последние 30 лет практически не решались. Одна из малочисленных разработок – устройство для выемки силоса «Аллигатор» ПКУ-0,8-20 /24/ оказалась недостаточно надежной и широкого распространения не получила.

Анализ литературных источников показал, что для обеспечения загрузки как силосованных, так и грубых кормов наиболее подходят загрузочные устройства с фрезерными рабочими органами. Поэтому СКНИИ-МЭСХ был разработан многофункциональный погрузочный агрегат, оснащенный фрезбарабаном, который сочетая в себе надежную и долговечную конструкцию фронтального погрузчика ПКУ-0,8 и достаточно простой отделитель фрезерного типа качественно выполняет операцию отде-

ления силоса и сенажа от массива. При создании такого погрузчика были проведены исследования и получено аналитическое выражение, позволяющее определить рациональные его технологические и конструктивные параметры по критерию производительности /4/.

Однако внедрение его сдерживается повышенной стоимостью. Поэтому в последнее время СКНИИМЭСХ разработан более простой рабочий орган к фронтальным погрузчикам вилочно-ковшовый захват, обеспечивающий погрузку всех видов кормов. На погрузке стебельчатых кормов он работает как вильчатый захват, на погрузке сыпучих кормов (концорма) – как ковш.

Погрузочные средства в кормовых линиях работают в комплексе со смесителями-раздатчиками кормов и поэтому рациональные параметры необходимо обосновывать не отдельных машин, а всего погрузочно-кормораздающего комплекса.

Под погрузочно-кормораздающим комплексом (ПКК) понимается совокупность машин, состоящая из погрузочного средства, кормоприготовительных и кормораздающих машин (смесителей-раздатчиков кормов), связанных технологически между собой во времени и пространстве. При этом кормораздающих машин может быть одна или несколько.

Производительность измельчителя-смесителя-раздатчика кормов можно определить из ранее полученного выражения (10).

Теоретическая производительность фронтального погрузчика с вилочно-ковшовым захватом определяется из выражения:

$$Q = 3,6 \frac{m}{T_{ц}}, \quad (73)$$

где m – масса отделенной порции консервированного корма, кг;

$T_{ц}$ – длительность цикла работы погрузчика, с.

Масса отделенной порции консервированного корма находится из выражения:

$$m = V_{в} \gamma_{о} C_{о}, \quad (74)$$

где $\gamma_{о}$ – плотность силоса или сенажа в монолите, кг/м³;

$V_{в}$ – вместимость вилочно-ковшового захвата, м³;

$C_{о}$ – коэффициент снижения вместимости вилочно-ковшового захвата.

$$C_{о} = C_{п} \cdot C_{в}, \quad (75)$$

где $C_{п}$, $C_{в}$ – коэффициенты снижения объема, связанные с уменьшением соответственно площади по основанию и высоте порции.

Коэффициент C_{Π} вызывается неравномерностью внедрения вил в бурт. Его можно определить зависимостью

$$K_{\Pi} = 1 - \frac{\Delta A}{A_T}, \quad (76)$$

где A_T – теоретическая площадь основания порции корма, равная $A_T = av$, где a и v длина и ширина вильчатого захвата, m^2 ;
 ΔA – случайная величина отклонения величины внедрения вил в бурт корма от номинального значения, m .

Аналогично
$$K_B = 1 - \frac{\Delta h}{h_B}, \quad (77)$$

где h_B – теоретическая возможная высота порции корма, m ;
 Δh – разность между теоретической и фактической высотами порции корма, m .

Длительность полного цикла погрузчика

$$T_{\Pi} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7, \quad (78)$$

где t_1 – длительность подъема захвата на необходимую высоту, s ;
 t_2 – длительность внедрения нижних вил в бурт, s ;
 t_3 – длительность внедрения верхних вил в бурт, s ;
 t_4 – длительность поворота захвата в бурте (отделение порции), s ;
 t_5 – длительность отъезда погрузчика от бурта и передвижения его к кормораздающему средству с одновременным подъемом вильчатого захвата, s ;
 t_6 – длительность подъема верхних вил и опорожнения ковша, s ;
 t_7 – длительность отъезда погрузчика от кормораздающего средства с одновременным манипулированием захватом по высоте, s .

Длительность опорожнения захвата и длительность перемещения погрузчика с грузом и без него с учетом различного маневрирования агрегата подробно рассмотрено в работе /24/. Однако в виду сложности полученных выражений анализ рабочего процесса погрузчика проще провести с некоторыми допущениями по более упрощенным выражениям.

Длительность операций при погрузке кормов составит:

$$t_1 = \frac{H_1}{v_n}; t_2 = \frac{a}{v_B}; t_3 = \frac{h_B}{v_O}; t_5 = \frac{L_1}{v_P}; t_7 = \frac{L}{v_{TP}}, \quad (79)$$

где H – высота подъема вилочно-ковшового захвата, м;
 v_n – скорость подъема захвата, м/с;
 v_b – скорость внедрения нижних вил в бурт, м/с;
 h_b – высота внедрения верхних вил, равная высоте порции отбираемого материала, м;
 v_o – скорость внедрения верхних вил в бурт, м/с;
 $v_p, v_{тр}$ – скорости движения погрузчика с грузом и без него, м/с;
 L_1 – расстояние от места стоянки кормораздаточных средств до места забора корма (зависит от ширины и длины хранилища, способа перемещения погрузчика и др.).

Подставляя значения составляющих выражения (79) в выражение (78), получим

$$T_{ц} = \frac{H_1}{v_n} + \frac{a}{v_b} + \frac{h_b}{v_o} + \frac{L_1}{v_p} + \frac{L_1}{v_{тр}} + t_4 + t_6 . \quad (80)$$

Тогда производительность погрузчика на силосе из выражений (73) и (80) составит:

$$Q_c = 3,6 \frac{V_b \gamma_o C_{п} C_b}{\frac{H_1}{v_n} + \frac{a}{v_b} + \frac{h_b}{v_o} + \frac{L_1}{v_p} + \frac{L_1}{v_{тр}} + t_4 + t_6} . \quad (81)$$

Экспериментальным путем было установлено, что коэффициенты $C_{п}$ и C_b примерно составляют 0,9, а $t_4 + t_6 = 20 \dots 30$ с.

Подставляя значение Q_c из выражения (81) в выражение (10) получим производительность погрузочно-кормораздаточного комплекса при использовании погрузчика с вилочно-ковшовым захватом

$$Q'_p = \frac{12,96 \cdot G_{сут} V_b \gamma_o C_{п} C_b C_{см}}{V_b \cdot \gamma_{см} \cdot \Psi \cdot \left(\frac{L'}{v'_{тр}} + t_{доб} \right) + \left(G_c + \frac{G_r \cdot \gamma_{см}}{\gamma_{г.м}} + \frac{G_k \cdot \gamma_{см}}{\gamma_{к.м}} \right) \left(\frac{H}{v_n} + \frac{a}{v_b} + \frac{h_b}{v_o} + \frac{L_1}{v_p} + \frac{L_1}{v_{тр}} + t_4 + t_6 \right) + \frac{3,6 V_b \gamma_o C_{п} C_b L_1}{v'_p}} , \quad (82)$$

Из выражения 82 видно, что производительность погрузочно-кормораздаточного комплекса зависит от параметров погрузочного средства: вместимости вилочно-ковшового захвата V_b , скорости движения погрузчика с грузом v_p и без него $v_{тр}$, расстояния перемещения корма при погрузке L_1 , скорости подъема захвата v_n , скоростей и расстояния внедрения в бурт нижних вил v_b , верхних вил - v_o и h_b , длительности отделения порции корма от бурта t_4 и разгрузки захвата t_6 , а также от параметров смесителя-раздатчика: вместимости бункера V_b , расстояния, проходимого за

один цикл раздачи без длины выдачи кормосмеси L' , скорости транспортирования агрегата с грузом v_p и без него $v_{тр}$, дополнительного времени на измельчение грубых кормов и погрузки всех кормовых добавок $t_{доп}$. Проанализировать влияние 11 параметров погрузочного средства и пяти параметров смесителя-раздатчика на производительность погрузочно-кормораздающего комплекса затруднительно. Поэтому часть параметров примем на желательном уровне. Экспериментом было установлено, что скорость подъема вилочно-ковшового захвата на погрузчике ПКУ-0,8 в средний период эксплуатации трактора в зависимости от оборотов двигателя составляет 0,17-0,45 м/с, скорость опускания – на плавающем положении 0,45 м/с. Скорость внедрения верхних вил v_0 в бурт составляет 0,15-0,25 м/с. Время поворота захвата в бурте (отделение порции корма) t_4 и время подъема верхних вил и опорожнение ковша t_6 по экспериментальным данным составляют $t_4 \approx t_6 \approx 10...15$ с, сумма их $t_4 + t_6 = 20...30$ с. Ранее /1/ было выявлено, что повышение скоростей движения погрузочного средства и смесителя-раздатчика без груза $v_{тр}$ и $v'_{тр}$ свыше 2 м/с не целесообразно, поэтому примем $v_{тр}$ и $v'_{тр} = 2$ м/с. Аналогично было установлено, что рациональной скоростью движения их с грузом можно считать v_p и $v'_p = 1$ м/с. В предварительных расчетах примем допущение, что загрузка кормовых добавок в бункер и доизмельчение грубых кормов производится $t_{доп}$ в течение 180 с.

В случае если расчет проводить применительно к откормочной ферме молодняка КРС вместимостью 500 голов, то значения суточной потребности в кормах составит: силоса $G_c = 16 \times 500 = 8000$ кг; сена $G_c = 1,7 \times 500 = 850$ кг; концентратов $G_c = 3,5 \times 500 = 1750$ кг; всех кормов $G_{сут} = 10600$ кг.

Расчет по формуле 82 показал, что при $C_{см} = 0,7$; $C_{п} = 0,9$; $C_{в} = 0,9$; $v_{тр}$ и $v'_{тр} = 2$ м/с; $\psi = 0,7$; v_p и $v'_p = 1$ м/с; $v_0 = 0,15$ м/с; $t_4 + t_6 = 25$ с; $L' = 150$ м; $L_1 = 25$ м, $\gamma_{см} = 300$ кг/м³ большое влияние на производительность погрузочно-кормораздаточного комплекса оказывает вместимость вилочно-ковшового захвата погрузчика (рис. 68). Так при увеличении вместимости ковша с 0,5 до 1,25 м³, производительность комплекса увеличивается в 1,27 раза при вместимости бункера смесителя-раздатчика $V_6 = 9$ м³; при $V_6 = 12$ м³ – в 1,3 раза, $V_6 = 14$ м³ – в 1,38, при $V_6 = 16$ м³ – в 1,42, при $V_6 = 20$ м³ – в 1,48 раза.

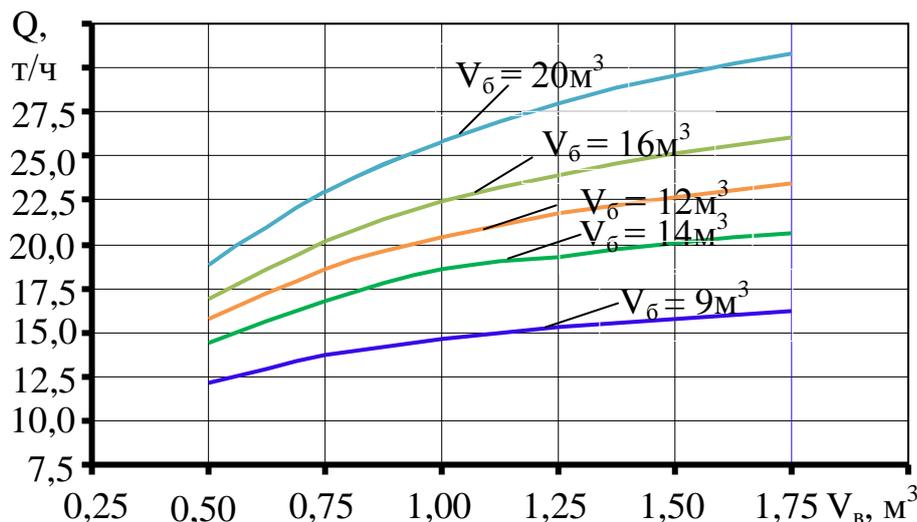


Рисунок 68 – Зависимость производительности поргрузочно-кормораздаточного комплекса от вместимости захвата погрузчика при разной вместимости бункера смесителя-раздатчика

Наибольшее влияние на производительность комплекса оказывает вместимость бункера смесителя-раздатчика (рис. 69).

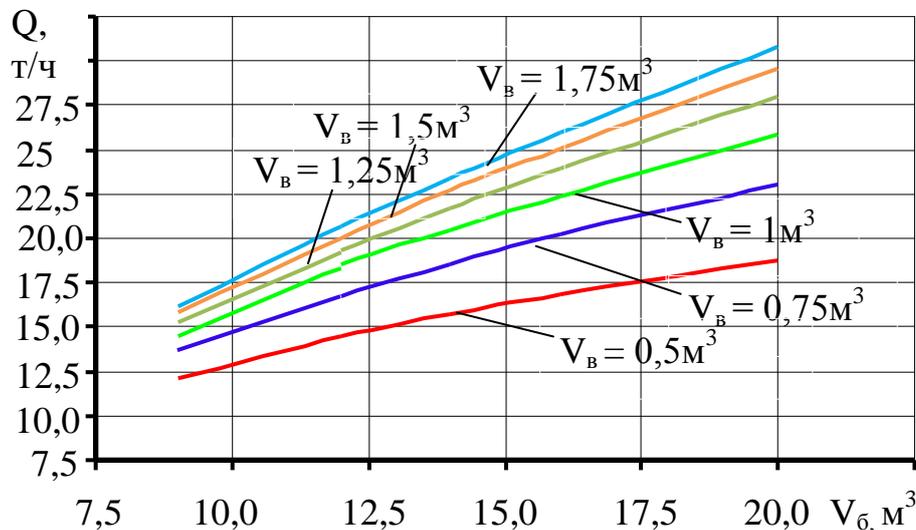


Рисунок 69 – Зависимость производительности поргрузочно-кормораздаточного комплекса от вместимости бункера смесителя-раздатчика при разной вместимости вилочно-ковшового захвата погрузчика

Из рисунка 69 видно, что с увеличением вместимости бункера смесителя-раздатчика с 9 до 20 м³, т.е. в 2,22 раза, производительность погру-

зочно-кормораздаточного комплекса возрастает в 1,68 раза при вместимости вилочно-ковшового захвата погрузчика $V_b = 0,75 \text{ м}^3$, в 1,76 раза при $V_k = 1,0 \text{ м}^3$ и в 1,82 раза при $V_b = 1,25 \text{ м}^3$. При этом с увеличением вместимости бункера смесителя-раздатчика возрастает влияние вместимости вилочно-ковшового захвата.

Однако вместимость вилочно-ковшового захвата ограничивается грузоподъемностью погрузчика. Серийные погрузчики ПКУ-0,8 на базе тракторов МТЗ-80(82) имеют грузоподъемность до 800 кг. При навеске на них вилочно-ковшового захвата грузоподъемность их понижается до 700 кг.

Исследованиями /4/ выявлено, что плотность силоса кукурузного по высоте слоя до 3 м в наземных хранилищах составляет 760-870 кг/м³. Если принять $\gamma_0 = 800 \text{ кг/м}^3$, то полезный объем вилочно-ковшового захвата из выражения (74) должен быть равен 1,0 м³. В перспективе должны найти применение погрузчики с большей грузоподъемностью и вместимостью захвата (до 1,5 м³), например, погрузчик ПБМ-1200 на базе более мощных тракторов типа МТЗ-1221 или специальных самоходных энергетических средств с гидравлической трансмиссией.

Производительность погрузочно-кормораздаточного комплекса от расстояния между местами забора и загрузки кормов уменьшается практически линейно (рис. 70).

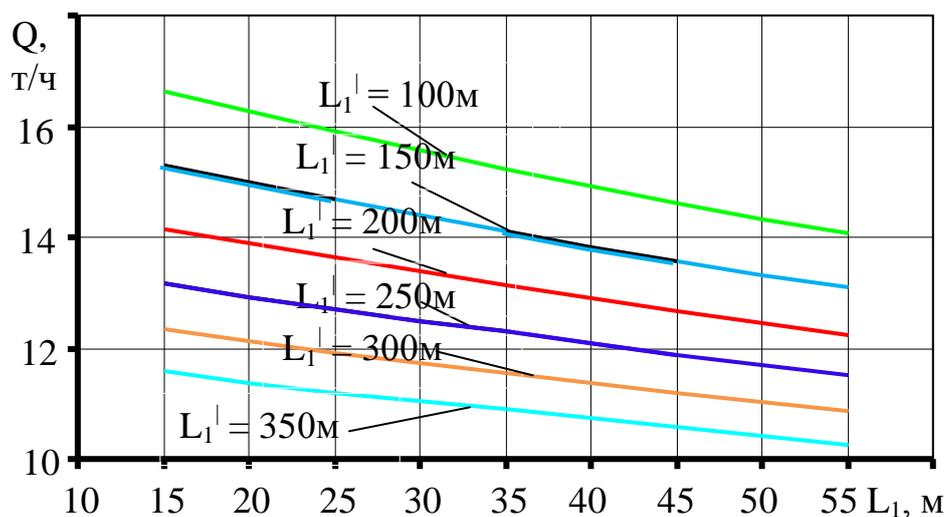


Рисунок 70 – Зависимость производительности погрузочно-кормораздаточного комплекса от расстояния между местами забора и загрузки кормов

Так, при увеличении расстояния L_1 от 15 до 55 м производительность комплекса падает при расстоянии, проходимого кормораздатчиком за один цикл работы $L_1' = 150$ м – в 1,17, при $L_1' = 200$ м – в 1,15; при $L_1' = 250$ м – в 1,14; при $L_1' = 300$ м – в 1,13 раза, т.е. с увеличением расстояния

L'_1 влияние пути, проходимого погрузчиком L_1 , на производительность комплекса уменьшается. Производительность погрузочно-кормораздающего комплекса снижается почти прямо пропорционально увеличению расстояния транспортирования кормов L'_1 . При этом наибольшее снижение наблюдается при минимальном расстоянии между местами забора и загрузки кормов L_1 : при $L_1 = 15\text{м}$ – снижение составляет 44%, при $L_1 = 25\text{м}$ – 42%, при $L_1 = 35\text{м}$ – 39%, при $L_1 = 55\text{м}$ – 36%. Из этого можно сделать вывод, что при компактном расположении хранилищ и помещений для животных на территории фермы можно повысить производительность погрузочно-кормораздающего комплекса до 40%.

Подводя итог можно заключить, что в кормовых линиях целесообразно обосновывать рациональные параметры не отдельных машин, а всего погрузочно-кормораздающего комплекса, состоящего из фронтального погрузочного средства и смесителей-раздатчиков кормов, связанных технологически между собой во времени и пространстве.

Исследованиями на полученных моделях функционирования погрузочно-кормораздающего комплекса с использованием экспериментально полученных значений некоторых факторов показали, что наибольшее влияние на производительность комплекса оказывают вместимость вилочно-ковшового захвата погрузчика и бункера смесителя-раздатчика. Вместимость вилочно-ковшового захвата серийно выпускаемых фронтальных погрузчиков на базе тракторов класса 1,4ТС должна быть равной 1м^3 . В будущем на крупных фермах перспективны погрузчики с большей грузоподъемностью и вместимостью захвата (до $1,5\text{м}^3$) на базе более мощных тракторов и специализированных самоходных средств с гидравлической трансмиссией. Следует отметить, что трактора типа МТЗ-80/82 имеют механическую трансмиссию, что приводит, как правило, к пробуксовке колес при внедрении ковша или вил в материал, а следовательно к быстрому износу шин ведущих колес. Кроме того, при частом изменении движения вперед-назад трактора срок службы муфты сцепления его уменьшается. Указанные недостатки не имеют места при агрегатировании фронтальных погрузчиков со специализированными энергетическими средствами с гидравлической трансмиссией, что обеспечивает быстрый реверс движения агрегата. Некоторые зарубежные погрузчики с такой трансмиссией (фирм «Шеффер, Джон-Дир, Мерло» и др.) могут двигаться даже боком «крабом» за счет одновременного поворота передних и задних колес вправо или влево. Поэтому в ближайшие годы необходимо создать отечественные погрузчики с гидротрансмиссией.

Наибольшее влияние на производительность комплекса оказывает вместимость бункера смесителя-раздатчика. При этом с увеличением вместимости бункера смесителя-раздатчика возрастает влияние вместимости вилочно-ковшового захвата. Поэтому эксплуатация смесителей-раздатчи-

ков с бункерами вместимостью 14-20 м³ целесообразна с погрузчиками повышенной вместимости вилочно-ковшового захвата (1,25-1,5 м³).

Расчет по полученной формуле показал также, что производительность погрузочно-кормораздающего комплекса снижается почти прямо пропорционально увеличению расстояния транспортирования кормов. При компактном расположении хранилищ и помещений для животных на территории фермы можно повысить производительность погрузочно-кормораздающего комплекса до 40%. Влияние расстояния, проходимого погрузчиком от мест забора до загрузки кормов, на производительность комплекса менее значительно (до 17%).

Увеличение скорости движения смесителя-раздатчика между хранилищами и производственными помещениями приводит к росту производительности всего комплекса. Однако интенсивность роста производительности не везде одинакова, с увеличением скорости свыше 2,5 м/с интенсивность роста падает. Поэтому стремиться к повышению скорости движения смесителя-раздатчика свыше 2,25 м/с (8,1 км/ч) нецелесообразно.

2.16. Результаты экспериментальных исследований процессов измельчения и смешивания кормов мобильным одношнековым агрегатом с вертикальным бункером типа АКМ-9

Экспериментальные исследования процессов измельчения материалов многооперационным кормовым агрегатом АКМ-9 позволили установить оптимальный порядок загрузки кормовых компонентов. Ранее считалось, что в первую очередь следует загружать грубые корма, а лишь потом тыкву с целью сохранения выделяемого ею сока. Однако такая практика показала, что грубые корма при этом работают как амортизатор, смягчая ударные нагрузки на тыкву со стороны ножей, противорезов и стенок бункера. При загрузке тыквы в первую очередь процесс измельчения был более интенсивным. Характер изменения средневзвешенных размеров частиц тыквы от времени измельчения приведен на рисунке 71.

Полученную кривую можно аппроксимировать квадратичной и экспоненциальной функцией

$$\bar{x} = 2,146t^2 - 48,852t + 313,64 \quad (83)$$

с достоверностью $R^2=0,9738$,

$$\bar{x} = 331,12e^{-0,203t} \quad (84)$$

с достоверностью $R^2=0,9685$.

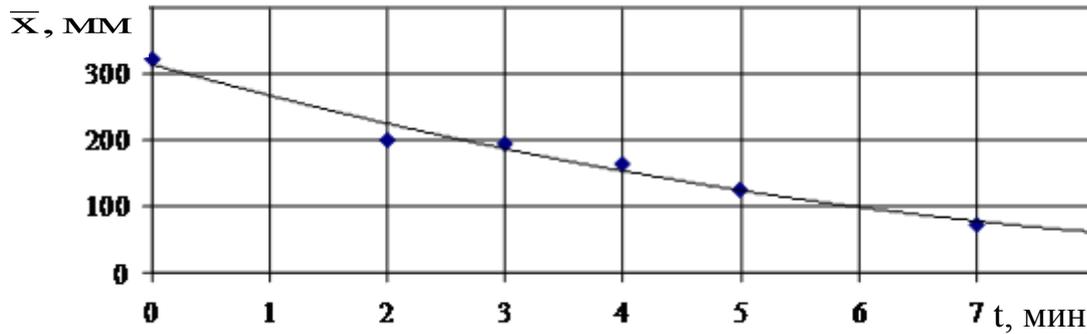


Рисунок 71 – График изменения средневзвешенных размеров частиц тыквы от длительности измельчения

Так как аппроксимация функцией $y=ax^2+bx+c$ показала более высокую достоверность, то далее будем использовать её.

Продифференцировав уравнение 1 по t , получили выражение интенсивности процесса

$$I = \frac{d\bar{x}}{dt} = 4,292t - 48,852. \quad (85)$$

Приравняв выражение 85 к нулю, нашли длительность полного затухания процесса, т.е. время после которого дальнейшего измельчения не происходит

$$t = \frac{48,852}{4,292} = 11,4 \text{ мин.}$$

Подставив значение времени в выражение 83, получили средний размер частиц после измельчения $\bar{x} = 34,75$ мм.

Также подтверждено, что наличие измельченной тыквы в бункере при загрузке грубых кормов на времени их измельчения практически не сказывается.

По результатам исследований наиболее интенсивно процессы измельчения протекают при работе на сухом люцерновом сене (рис. 72).

Аппроксимируя полученную кривую, получим выражение

$$\bar{x} = 8,432t^2 - 115,66t + 428,85 \quad (86)$$

при достоверности $R^2=0,9918$.

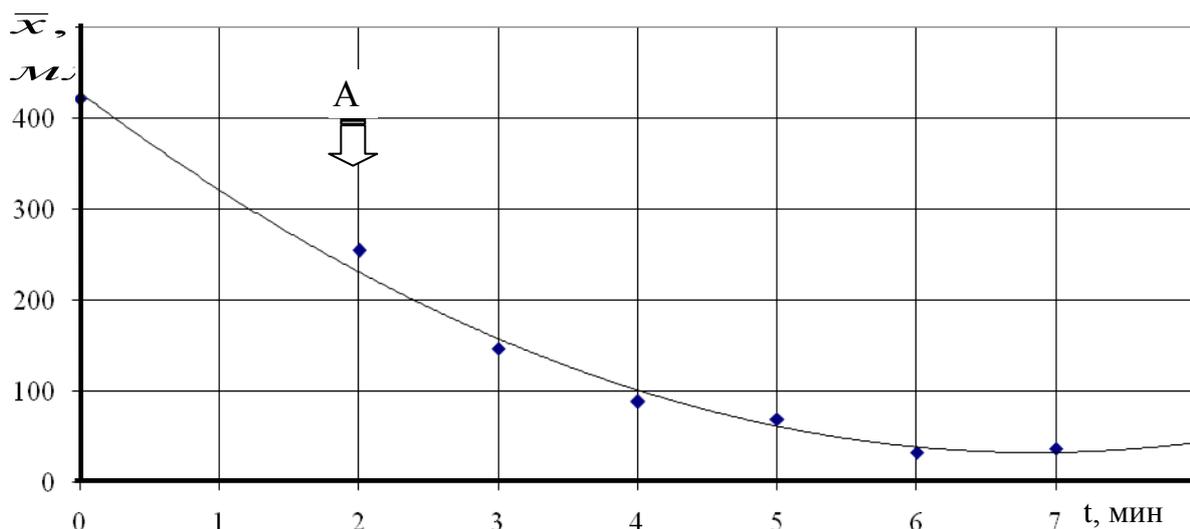


Рисунок 72 – График изменения размеров частиц сена от длительности измельчения

A – точка полного разрушения тюка

Приравняв производную $I = \frac{d\bar{x}}{dt}$ к нулю, получили длительность окончания процесса $t=6,85$ мин.

Подставив t в выражение 86, получили $\bar{x} = 32,2$ мм.

Столь быстрое измельчение можно объяснить тем, что сухое люцерновое сено является хрупким материалом и поэтому вместо резания в нем преобладает процесс переламывания. При этом работают все ножи, а не только ножи нижнего витка шнека с противорезами. С зоотехнической точки зрения такое измельчение не желательно, так как масса становится более “колючей” и хуже поедается. Перед выдачей животным такое измельченное сено необходимо смешивать с влажными силосованными кормами.

На существующих животноводческих фермах наиболее часто для приготовления кормосмесей используется ячменная солома. В чистом виде она малоаппетитна для крупного рогатого скота, но при добавлении силосованных и концентрированных кормов, а также свекольного жома и патоки хорошо поедается животными. Кроме того, солома способствует снижению кислотности кормосмеси с жомом и повышает ее поедаемость.

Были проведены также опыты по измельчению ячменной соломы, заготовленной в тюкованном виде. График изменения средней длины частиц соломы с течением времени представлен на рисунке 73. Исследования проводились также на пшеничной соломе. После измельчения пшеничная солома выгружалась внутри помещения и вручную распределялась в каче-

стве подстилки. Время измельчения пшеничной соломы и ячменной соломы практически было одинаковым.

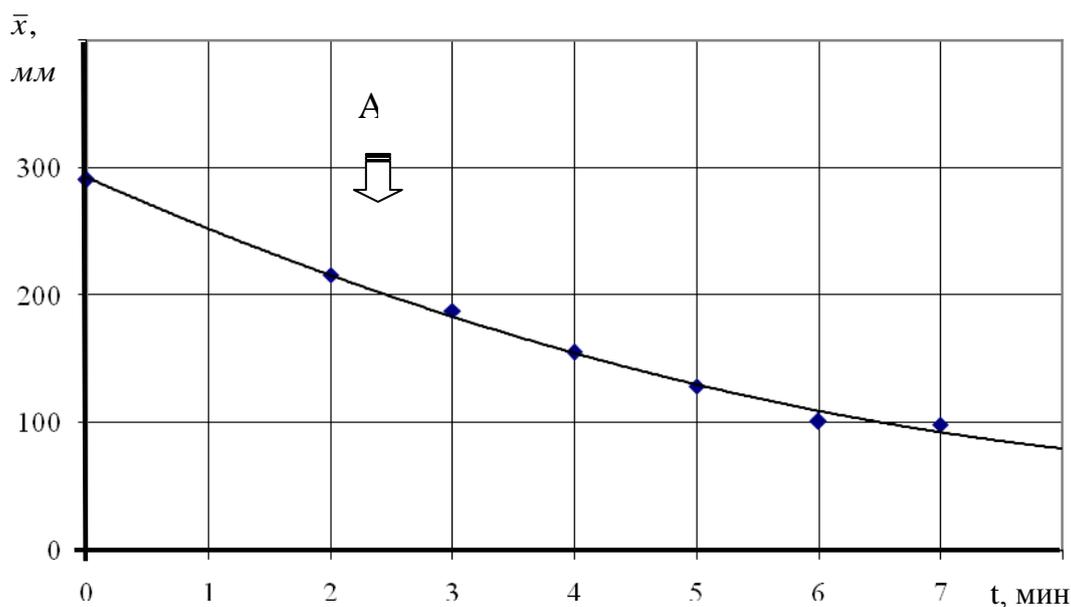


Рисунок 73 – График изменения размеров частиц ячменной соломы от длительности измельчения

A – точка полного разрушения тюка

Аппроксимируя кривую на рисунке 73, получили выражение

$$\bar{x} = 1,962t^2 - 42,23t + 292,47 \quad (87)$$

при достоверности $R^2=0,9955$.

Интенсивность процесса составила

$$I = \left(\frac{d\bar{x}}{dt}\right) = 3,924t - 42,229 \quad (88)$$

Приравняв производную $I = \left(\frac{d\bar{x}}{dt}\right)$ к нулю, получим время окончания процесса $t=10,5$ мин.

Подставив t в выражение 87, получим $\bar{x} = 65,4$ мм.

Как видно из вышеописанного, интенсивность измельчения соломы довольно низкая. Это связано прежде всего с тем, что ячменная солома имеет довольно низкий удельный вес и гравитационных сил недостаточно, чтобы увлечь массу в зону активного резания – наблюдается эффект вспучивания.

Для интенсификации процесса измельчения соломы были проведены опыты с добавлением других более тяжелых кормов (силоса и жома), вно-

симых после разрушения тюка. Так в одном из опытов на 1 тюк соломы массой 205кг было загружено 350 кг силоса. Результаты этого опыта представлены на рисунке 74.

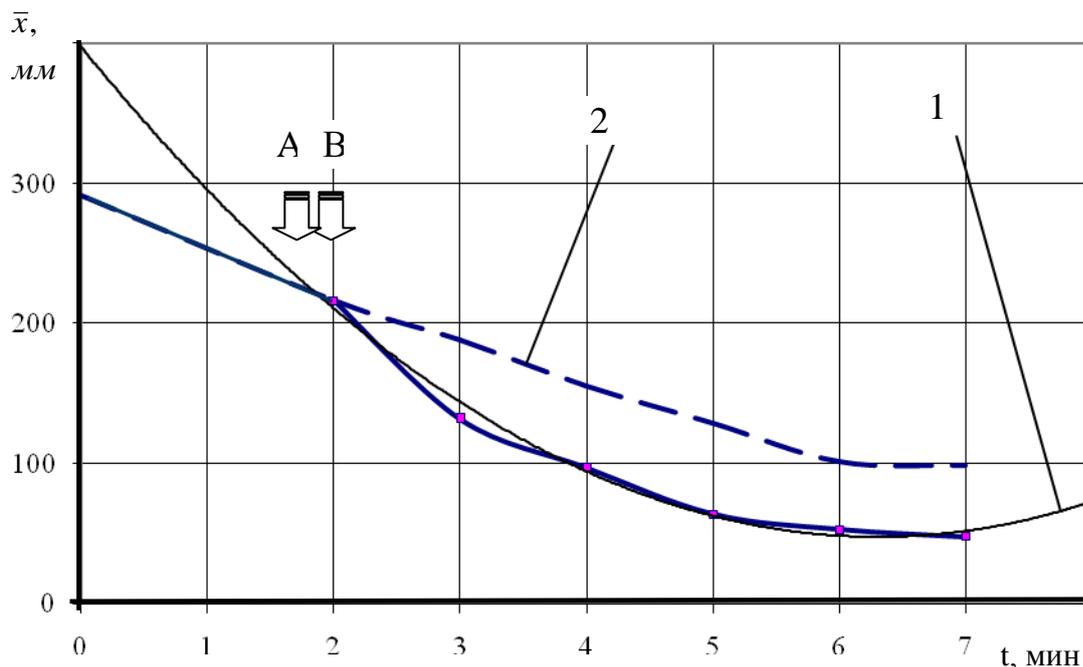


Рисунок 74 – Изменение размеров частиц соломы в зависимости от времени измельчения её в смеси с силосом

1 – линия тренда; 2 – линия протекания процесса без добавления силоса.

А – точка полного разрушения тюка; В – точка добавления силоса

Полученную кривую можно аппроксимировать выражением

$$\bar{x} = 8,788t^2 - 110,84t + 396,84 \quad (89)$$

с достоверностью $R^2=0,9895$.

Определим интенсивность процесса

$$I = \frac{d\bar{x}}{dt} = 17,576t - 110,84 \quad (90)$$

Приравняв производную $I = \frac{d\bar{x}}{dt}$ к нулю, получим время окончания процесса измельчения $t=6,3$ мин. или 8,3 мин. от начала работы агрегата.

Подставив t в выражение (89), получим $\bar{x} = 48,1$ мм.

Из этого можно заключить, что добавление силоса позволяет повысить интенсивность и степень измельчения соломы за счет уплотнения массы в активной зоне резания. Это позволяет уменьшить технологиче-

ское время работы агрегата, что ведет к увеличению его производительности.

Исследование процессов смешивания в работе многофункционального кормового агрегата проводилось в соответствии с условиями принятыми при моделировании. Полученные результаты при разных частотах вращения шнека представлены на рисунке 75.

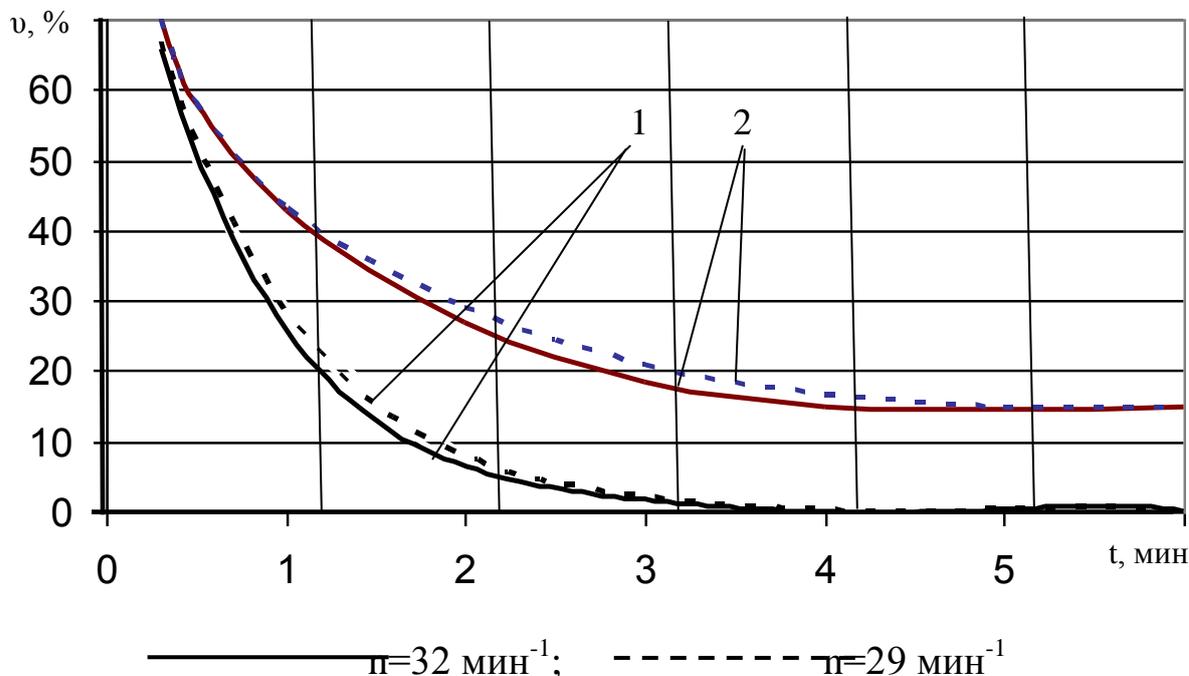


Рисунок 75 – Зависимость неравномерности смешивания от длительности процесса

- 1 – результаты вычисленные аналитическим путем,
2 – результаты экспериментальных исследований

Сравнивая данные теоретических исследований (рис. 75, кривая 1) с результатами натурного эксперимента (кривая 2), установили, что стабилизация показателя неравномерности смешивания наступает при практически одной и той же длительности смешивания (кривая 1 260-280 с, кривая 2 270-280 с). Поэтому, можно судить о достаточной сходимости данных предложенных теоретических выкладок и результатов натурного эксперимента.

Наблюдаемую эквидистантность теоретических и экспериментальных исследований можно объяснить влиянием явления сегрегации.

Мощность, потребная на привод агрегата, складывается из мощности, затрачиваемой на преодоление тягового сопротивления машины, и мощности, непосредственно передаваемой ВОМ на выполнение технологических операций по приготовлению кормосмеси.

Тяговое сопротивление прицепного агрегата зависит от его снаряженной массы, скорости движения, вида и состояния дорожного покрытия. Так в результате испытаний при движении по грунтовому покрытию при скорости 8,7 км/ч с загрузкой 2,8 т кормосмеси было зафиксировано максимальное тяговое сопротивление 4,0 кН. Мощность на его преодоление составила 6,68 кВт, что составляет 8,8% от максимальной мощности, выдаваемой двигателем трактора.

Энергетические затраты на процессы приготовления кормосмеси более значительны. Были рассмотрены отдельно процессы измельчения и смешивания.

В связи с тем, что в процессе измельчения фракционный состав массы в бункере меняется с течением времени (рис. 71-74), то мощность, затрачиваемая на этот процесс также изменяется во времени (рис. 76).

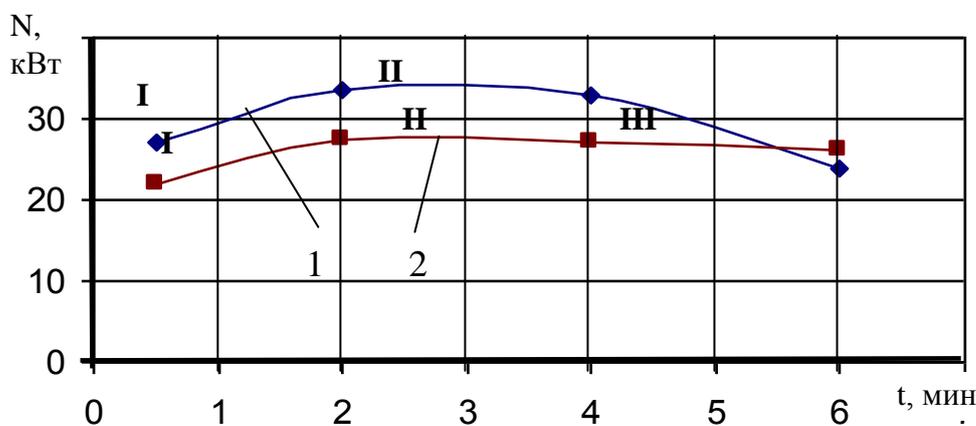


Рисунок 76 – Зависимость мощности от длительности измельчения

1 – сено люцерновое; 2 – солома ячменная

Из графика видно, что в процессе измельчения имеется 3 типовые зоны. Зона I – зона разрушения тюка: идет разрушение тюка и масса частиц корма, попадающих в зону резания, увеличивается, вследствие чего увеличивается и сопротивление, а, следовательно, и мощность, затрачиваемая на этот процесс. Зона II – зона интенсивного измельчения. В этот период количество частиц, подлежащих измельчению, остается постоянной. В зоне III – зона затухания: увеличивается процентное соотношение частиц, которые больше не измельчаются, поэтому наблюдается постепенное снижение мощности, потребной на привод шнека.

Длительность времени зон зависит от свойств материала, способа заготовки, его влажности, а также частоты вращения измельчающего аппарата – вертикального конического шнека, оснащенного ножами. Так при внесении в бункер массы в рассыпном (не тюкованном) виде длительность времени зоны 1 уменьшается.

Масса грубых кормов, загружаемых в бункер объемом более необходимого для закрытия витков шнека, мало влияет на энергетику процесса измельчения, так как уже при загрузке 400 кг сена или 300 кг ячменной соломы $\psi_{зб}$ – коэффициент заполнения бункера - равнялся 0,85 – 0,95 из-за низкой плотности измельченного корма. Силы трения в этом дополнительном объеме много меньше сил, необходимых на разрушение волокон корма.

Исследование энергетики процесса смешивания проводили на хорошо измельченном силосе, средняя длина частиц составляла 11,4 мм. В процессе работы шнека средняя длина частиц такого силоса не менялась. Поэтому можно считать, что энергия в этом случае затрачивалась в основном на смешивание. Было выявлено два фактора оказывающих определяющее воздействие на мощность, потребную на привод агрегата: частота вращения конического шнека и масса загружаемых кормов. Исследование их влияния велось по ортогональному плану второго порядка, представленному в таблице 9.

Таблица 9 – Матрица плана эксперимента зависимости мощности от частоты вращения конического шнека и массы загружаемых кормов

№ опыта	Кодированные значения факторов			Натуральные значения факторов		Мощность, кВт
	x_0	x_1	x_2	$n_{шн}$	m	
1	+	+	+	41	3	65,2
2	+	+	-	41	1	28,7
3	+	-	+	29	3	44,9
4	+	-	-	29	1	19
5	+	+	0	41	2	74
6	+	-	0	29	2	31,8
7	+	0	+	34	3	56,3
8	+	0	-	34	1	23,5
9	+	0	0	34	2	40,4

В связи с ограничением, накладываемым трактором в виде максимальной мощности, передаваемой через ВОМ при $n=540$ мин⁻¹, некоторые точки этого плана были реализованы методом интерполяции при построении соответствующих графиков (рис. 77).

Обработка матрицы планирования эксперимента позволила получить уравнение регрессии со следующими коэффициентами

$$N = -26,69 + 1,604n_{шн} + 0,6942m + 0,018n_{шн}^2 + 0,442n_{шн}m - 0,133m^2. \quad (91)$$

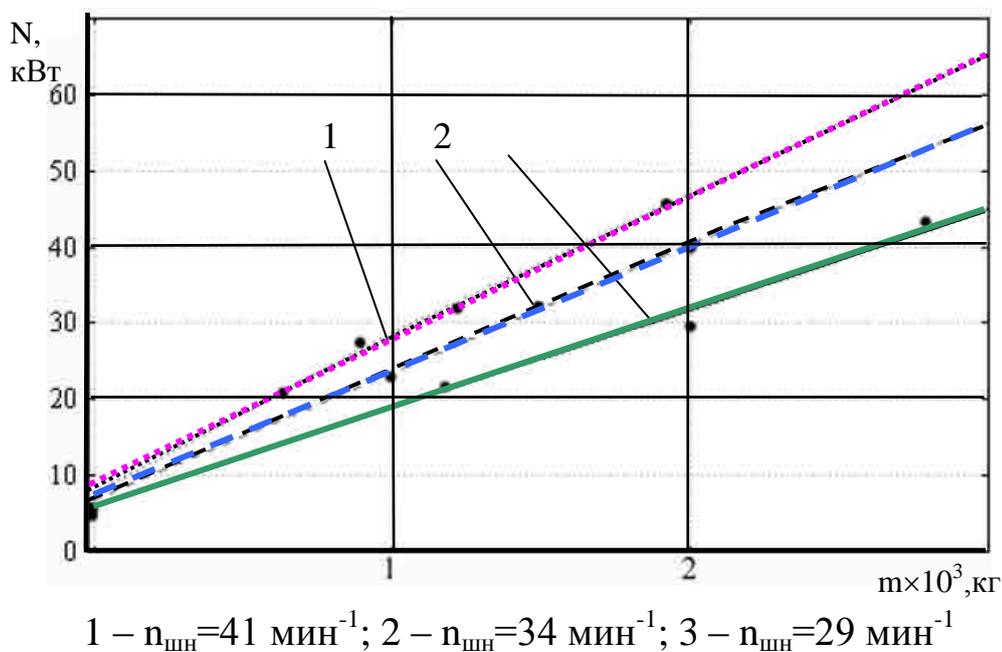


Рисунок 77 – Зависимость мощности от массы загружаемых кормов

Значимость полученных коэффициентов уравнения проверяли по t -критерию. Все коэффициенты оказались значимы при 5% уровне.

Графически уравнение 91 можно представить в виде двумерного сечения поверхности отклика (рис. 78).

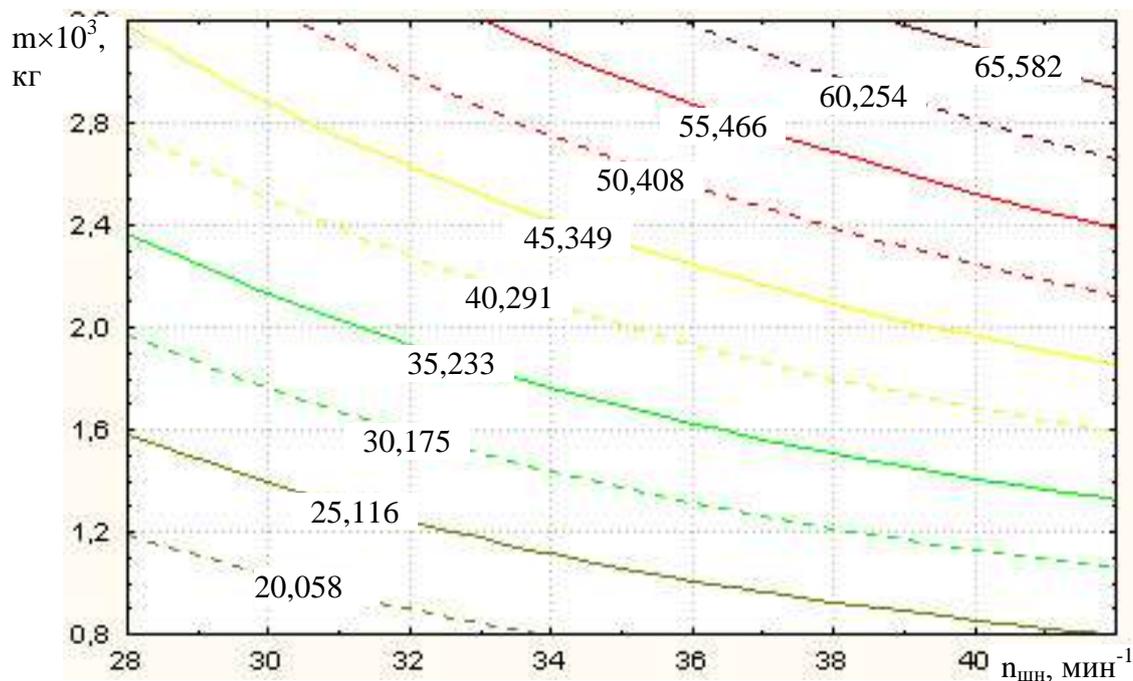


Рисунок 78 - Двумерное сечение поверхности отклика зависимости мощности, потребляемой агрегатом при смешивании, от массы загружаемых кормов и частоты вращения конического шнека

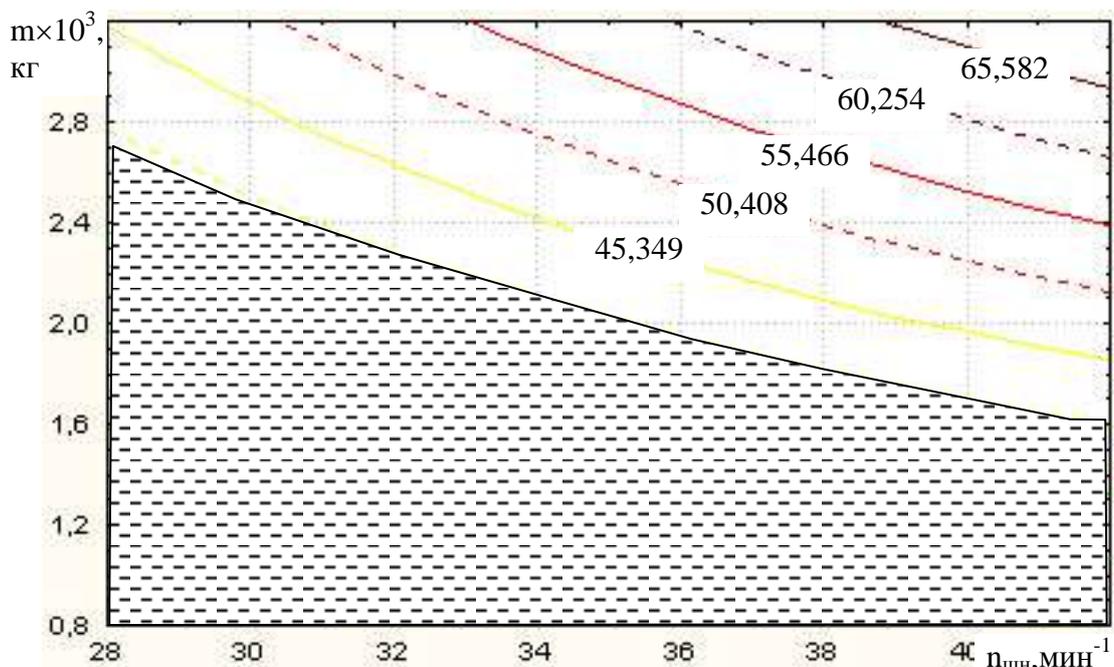
Поверхность представляет собой сечения гиперболического цилиндра, не имеющая экстремума. Функция возрастает с одинаковой интенсивностью при увеличении влияющих на неё факторов. В данных опытах интерес представляет такое сочетание факторов, которое позволяет устойчиво выполнять технологический процесс без перегрузки агрегатов ВОМ. Известно, что ВОМ трактора МТЗ-80 может передавать не более 47,1 кВт. С учетом этого, на рисунке 79 можно графически определить область устойчивой работы агрегата. Аппроксимируя пограничную кривую устойчивой работы в функции $n_{\text{шн}}=f(m)$, получим зависимость, позволяющую уже на этапе проектирования определять требуемую частоту вращения конического шнека в зависимости от грузоподъемности агрегата.

$$n_{\text{шн}} = 6,12m^2 - 40,43m + 94,4 \quad . \quad (92)$$

2.17. Обоснование параметров и режимов работы стационарных двухшнековых измельчителей-смесителей кормов с наклонным бункером

В последние годы мировая наука и практика разработала ряд прогрессивных технологий кормления животных. Одной из наиболее перспективных является технология кормления крупного рогатого скота, в соответствии с которой все виды кормов раздаются животным одновременно в виде сбалансированной по питательности кормосмеси, приготовленной в мобильных измельчителях-смесителях-раздатчиках или стационарных измельчителях-смесителях. В последние годы основное внимание уделяется обоснованию параметров и созданию мобильных кормовых агрегатов. Работы по созданию стационарных измельчителей-смесителей в России еще не проводятся. Между тем во многих хозяйствах не созданы условия для использования мобильных кормовых агрегатов (отсутствует твердое покрытие на подъездных путях, нет средств для перепланировки помещений и др.).

В связи с вышеизложенным, СКНИИМЭСХ обоснована конструктивно-технологическая схема стационарного измельчителя-смесителя кормов. Он имеет внизу бункера два шнека с ножами (рисунок 79, 80), аналогичных зарубежным мобильным агрегатам, однако бункер его поставлен под углом 25-30° к горизонту, что позволило укоротить выгрузной транспортер и уменьшить энергоемкость процесса смешивания на 30% за счет замены энергоемкого процесса выталкивания кормов вверх встречными витками шнеков на менее энергоемкий процесс транспортирования шнеками кормов в поднятую часть бункера с последующим гравитационным осыпанием их в нижнюю часть бункера.



 - область устойчивой работы агрегата на смешивании

Рисунок 79 - Двумерное сечение поверхности отклика с обозначением области устойчивой работы

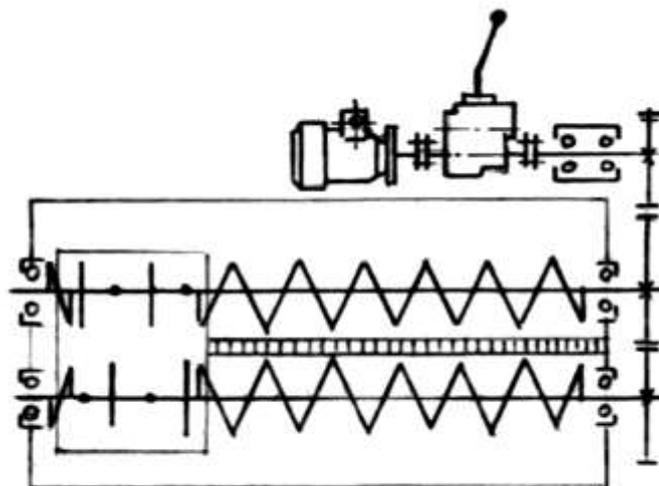


Рисунок 80 – Кинематическая схема стационарного измельчителя-смесителя

Технологической схемой работы смесителя предусмотрено следующее. Вначале в бункер смесителя загружаются корнеклубнеплоды, затем грубые корма и производится их измельчение. Не дожидаясь окончательного измельчения их, в бункер последовательно подаются силосованные корма и другие кормовые компоненты. После смешивания открывается выгрузное окно, включается отгрузной транспортер и, готовая кормосмесь выгружается в транспортное средство.

Из схемы работы агрегата следует, что технологическое время его работы будет

$$T = kt_{\text{ц}} + t_8, \quad (93)$$

где $k, t_{\text{ц}}$ - количество и длительность полных циклов работы;
 t_8 - длительность нарушений технологического процесса.
 Время полного цикла работы агрегата

$$t_{\text{ц}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7, \quad (94)$$

где $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7$ - соответственно время погрузки грубых кормов, время измельчения грубых кормов, время погрузки силосованных кормов, время погрузки концентрированных кормов, время погрузки остальных кормовых компонентов, время смешивания всех компонентов, время загрузки кормосмесей.

Загрузка жидких кормовых добавок (мелассы), количество которых контролируется по счетчику, может проводиться одновременно с загрузкой других кормовых добавок. Поэтому время их загрузки не учитывается.

Длительность циклов работы агрегата

$$t_1 = K_{\text{Г}} / Q_{\text{Г}}; \quad t_3 = K_{\text{С}} / Q_{\text{С}}; \quad t_4 = K_{\text{К}} / Q_{\text{К}}; \quad t_5 = K_{\text{О}} / Q_{\text{О}},$$

где $K_{\text{Г}}, K_{\text{С}}, K_{\text{К}}, K_{\text{О}}$ - количество силосованных, грубых, концентрированных и остальных компонентов, догружаемых за один цикл;
 $Q_{\text{Г}}, Q_{\text{С}}, Q_{\text{К}}, Q_{\text{О}}$ - производительность загрузочного устройства на грубых, силосованных, концентрированных и остальных кормах.

Время измельчения грубых кормов t_2 в значительной мере зависит от вида материала, частоты вращения шнеков и других факторов. Имеющихся знаний для выражения зависимости ее от указанных факторов пока недостаточно. Поэтому величину ее определим экспериментальным путем.

Число полных циклов работы агрегата для выдачи суточного рациона равно

$$K = \frac{Q_{\text{сут}}}{Q_{\text{ц}}} = \frac{n_{\text{ж}} \cdot K_{\text{сут}}}{V_{\text{б}} \cdot \gamma_{\text{см}} \cdot \psi_{\text{б}}}, \quad (95)$$

где $Q_{\text{сут}}$ - суточная норма выдачи кормов всем животным;

- $Q_{ц}$ - количество кормосмеси, приготавливаемой за один цикл работы смесителя;
- $n_{жс}$ - число животных на ферме;
- $K_{сут}$ - суточная норма выдачи кормов животному;
- $V_{б}$ - вместимость бункера;
- $\gamma_{см}$ - плотность кормосмеси;
- $\psi_{б}$ - коэффициент заполнения бункера.

Подставляя значения составляющих в выражения (93) и (94), получим

$$T = \frac{n_{ж} \cdot K_{сут}}{V_{б} \cdot \gamma_{см} \cdot \psi_{б}} (K_{г} / Q_{г} + t_2 + K_{с} / Q_{с} + K_{к} / Q_{к} + K_{о} / Q_{о} + t_6 + t_7) + t_8. \quad (96)$$

Время t_8 нарушения технологического процесса (буксование погрузочного средства, забивание рабочих органов и др.) в большей степени зависит от внешних факторов и в меньшей – от параметров агрегата. Поэтому при предварительном анализе затраты времени на устранение нарушений технологического процесса не учитывали.

Тогда

$$T = \frac{n_{ж} \cdot K_{сут}}{V_{б} \cdot \gamma_{см} \cdot \psi_{б}} (K_{г} / Q_{г} + t_2 + K_{с} / Q_{с} + K_{к} / Q_{к} + K_{о} / Q_{о} + t_6 + t_7). \quad (97)$$

Производительность агрегата

$$Q = \frac{3,6 \cdot V_{б} \cdot \gamma_{см} \cdot \psi_{б}}{t_2 + t_6 + t_7 + \frac{K_{г}}{Q_{г}} + \frac{K_{с}}{Q_{с}} + \frac{K_{к}}{Q_{к}} + \frac{K_{о}}{Q_{о}}}. \quad (98)$$

Из выражения (98) видно, что производительность агрегата зависит от вместимости бункера, времени загрузки кормовых компонентов, времени измельчения грубых кормов, времени окончательного перемешивания кормовых компонентов, времени выгрузки кормовых смесей.

Факторы $K_{г}$, $K_{с}$, $K_{к}$ и $K_{о}$ зависимы друг от друга, т.е. невозможно установить уровень каждого из них вне зависимости от уровней других. Поэтому целесообразно заменить их на $K_{сут}$ – суточную норму выдачи кормосмесей. Тогда и производительность загрузочного устройства на кормах отдельных видов нужно заменить средней $Q_{ср}$.

Полное время загрузки за сутки $t_{сут}$

$$t_{сут} = K_{сут} \cdot n_{ж} / Q_{ср}. \quad (99)$$

Время загрузки всех компонентов за один цикл $t_{\text{сум.уц}}$

$$t_{\text{сум.уц}} = \frac{K_{\text{сут}} \cdot n_{\text{ж}} \cdot V_{\text{б}} \cdot \gamma_{\text{см}} \cdot \Psi_{\text{б}}}{Q_{\text{ср}} \cdot K_{\text{сут}} \cdot n_{\text{ж}}} = \frac{V_{\text{б}} \cdot \gamma_{\text{см}} \cdot \Psi_{\text{б}}}{Q_{\text{ср}}} . \quad (100)$$

Тогда

$$Q = \frac{3,6 \cdot V_{\text{б}} \cdot \gamma_{\text{см}} \cdot \Psi_{\text{б}}}{t_2 + t_6 + t_7 + \frac{V_{\text{б}} \cdot \gamma_{\text{см}} \cdot \Psi_{\text{б}}}{Q_{\text{ср}}}} . \quad (101)$$

Проанализируем направления повышения производительности смесителя. Время выгрузки кормосмесей зависит от величины выгрузного окна, частоты вращения шнеков, производительности отгрузного транспортера. Частота вращения шнеков $n_{\text{ш}}$ принимается из условия обеспечения требуемого качества смешивания кормов при приемлемой потребной мощности, $n_{\text{ш}}$ обычно принимается в пределах $15 \dots 30 \text{ мин}^{-1}$. Примем $n_{\text{ш}} = 24 \text{ мин}^{-1}$.

Диаметр шнеков по аналогии с существующими измельчителями-смесителями принят равным $D = 0,55 \text{ м}$.

Тогда максимальная производительность двух шнеков при принятых параметрах составит

$$Q = K \cdot \psi \cdot \rho \cdot \pi \cdot n \cdot D^3 / 240 , \text{ м/ч},$$

где K – коэффициент заполнения межвиткового пространства, $K = 1,0$;

ψ – отношение шага к диаметру витка, $\psi \approx 0,8$;

ρ – плотность кормосмеси, $\rho \approx 300 \text{ кг/м}^3$;

n – частота вращения шнеков, мин^{-1} .

$$Q = 2 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 300 \cdot 3,14 \cdot 24 \cdot 0,55^3 / 240 = 25,06 \text{ кг/с} = 90,2 \text{ м/ч}.$$

Такую производительность может обеспечить скребковый отгрузной транспортер шириной 900 мм. При этом выгрузное окно в бункере, а, следовательно, и заслонку, необходимо принять шириной не менее 800 мм и длиной до 1000 мм.

При такой производительности отгрузного устройства для выгрузки 3 т кормосмеси из бункера смесителя потребуется не более 2 минут. Этот фактор в процессе исследований смесителя остановим на одном уровне.

Время измельчения стебельчатых кормов t_2 зависит также от многих факторов: вида и влажности материалов, частоты вращения шнеков и др. Наиболее длительно измельчается сенаж в рулонах в пленочной упаковке – до 10 мин. Время измельчения стебельчатых кормов можно значительно уменьшить путем увеличения частоты вращения шнеков в период, когда

бункер не загружен другими компонентами и крутящий момент на шнеках не максимальный. Однако это можно сделать при регулируемых частотах вращения шнеков, например, с помощью электропривода с частотным преобразователем. Пока такой электропривод имеет очень высокую стоимость и его применение проблематично. Поэтому в ближайшие пять лет необходимо рассчитывать на нерегулируемый привод, который на всех режимах работы смесителя обеспечивает минимальные частоты вращения шнека, обусловленные ограниченной мощностью электродвигателя и большими крутящими моментами на шнеках при полностью заполненном бункере. Поэтому из опыта работы мобильных горизонтально-шнековых измельчителей-раздатчиков кормов можно принять, что время измельчения грубых кормов предлагаемым смесителем будет составлять 4-8 минут. Это время можно полностью исключить, если в бункер загружать предварительно измельченные на специальных измельчителях грубые корма.

Время окончательного перемешивания t_6 зависит также от многих факторов. Однако по опыту работы смесителей порционного действия аналогичного типа время t_6 можно принять равной 4...6 минут.

Таким образом, суммарное время измельчения грубых кормов, смешивание всех компонентов и выгрузки кормосмесей

$$t_2 + t_6 + t_7 = 10-16 \text{ минут.}$$

Уравнения (97) и (101) позволяют проанализировать количественные связи между параметрами стационарных измельчителей-смесителей кормов и выбрать их рациональные значения применительно к конкретным условиям ферм.

Основные факторы, влияющие на показатели работы агрегата и их возможные уровни варьирования приведены в таблице 10.

Зависимость производительности агрегата Q от вместимости бункера V_6 при различных значениях средней производительности загрузочного устройства приведена на рисунке 81.

Из рисунка 81 видно, что увеличение вместимости бункера приводит к росту производительности. Надо иметь в виду, что неоправданное увеличение вместимости бункера приводит к повышению эксплуатационных издержек. Поэтому очень важно установить критическую точку, где функция начинает изменяться менее интенсивно. Критической можно считать точку, в которой убывание функции станет меньше среднего в рассматриваемой зоне изменения аргумента. Для этого необходимо аппроксимировать график функции и провести к нему касательную, параллельную линии аппроксимации. Точка касания с некоторым приближением является критической.

Таблица 10 – Основные факторы, влияющие на показатели работы измельчителя – смесителя, и их возможные уровни варьирования

Факторы	Уровни варьирования фактора		
	-1,0 (ниж- ний)	0.0	+1,0 (верхний)
Вместимость бункера, м ³	5	10	15
Производительность загрузочного устройства, кг/с:			
на силосе (сенаже)	3,0	4,0	6,0
на грубых кормах	0,3	0,8	2,2
на концентрированных кормах	4,0	6,0	8,0
средняя на всех видах кормов	3,5	5,0	7,0
Суточная норма выдачи кормов одному животному, кг:			
силосованных	12,0	15	20
грубых	2,0	3,0	6,0
концентрированных	2,0	2,4	7,0
кормосмеси	16,0	20,4	33,0
Обслуживаемое поголовье, гол.	50	500	2000
Время измельчения грубых кормов t_2 , с	240	360	480
Время смешивания кормовых компонентов t_6 , с	120	240	360
Время выгрузки кормосмесей t_7 , с	120	120	120

Анализ показал, что критическая точка для вместимости функционирования агрегата находится в пределах 10...14 м³ при производительности загрузочного средства 6 и 4 кг/с.

Однако по совокупным показателям вместимость может быть изменена как в сторону уменьшения, так и увеличения аргумента.

Из рисунка 82 видно, что при увеличении средней производительности загрузочного средства Q_3 с 2 до 6 кг/с производительность смесителя Q возрастает в 1,65 раза. Точка Б на кривой, определенная по вышеприведенной методике, является критической: за ней интенсивность роста Q с увеличением Q_3 уменьшается. Поэтому можно считать, что увеличивать среднюю производительность загрузочного средства более целесообразно до величины 6 кг/с.

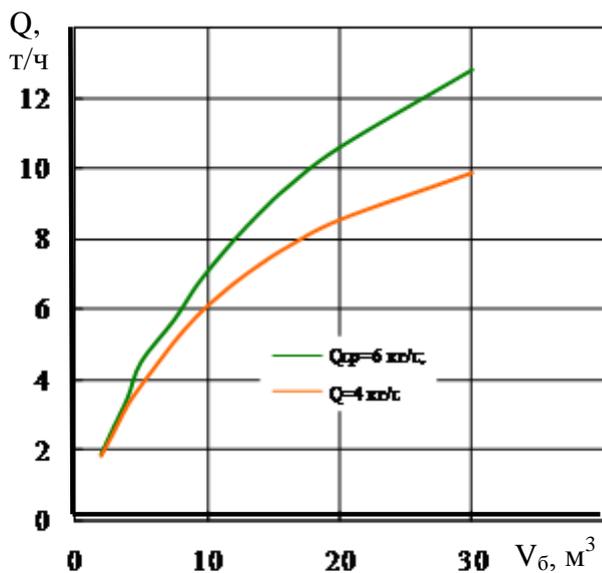


Рисунок 81 – Зависимость производительности агрегата Q от вместимости бункера $V_{б}$

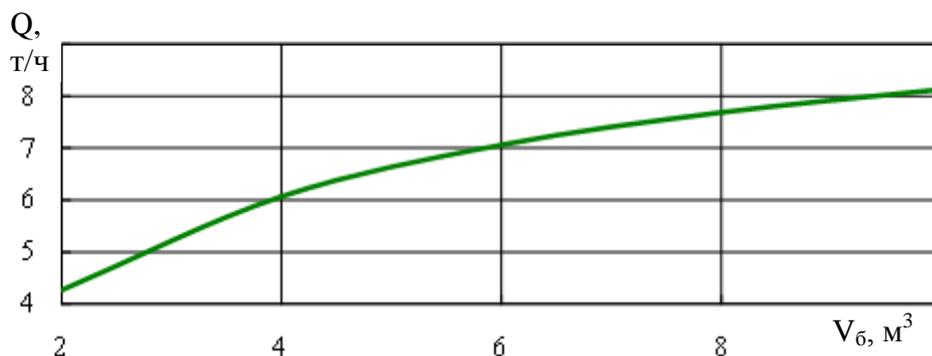


Рисунок 82 - Зависимость производительности измельчителя-смесителя Q от средней производительности загрузочного устройства Q_{cp}

Производительность смесителя в значительной мере зависит от длительности смешивания кормовых компонентов (рис. 83). Так, при увеличении времени смешивания с 2 до 8 минут производительность агрегата снижается с 8,4 до 6,048 т/ч, т.е. на 28,6%. Поэтому необходимо стремиться к сокращению длительности смешивания кормовых компонентов путем установления максимально допустимых частот вращения шнеков, применения мелкоизмельченных кормовых компонентов и др.

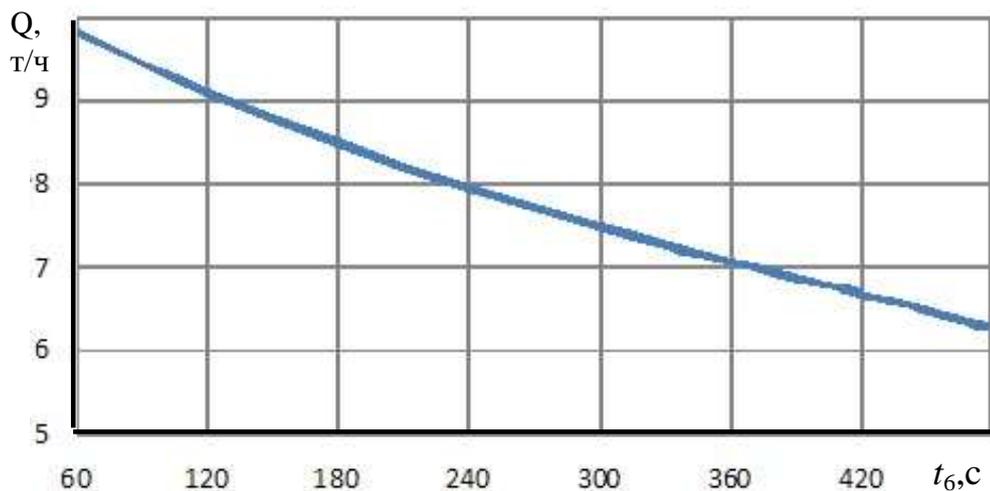


Рисунок 83 – Влияние длительности смешивания кормосмесей t_6 на производительность измельчителя-смесителя Q

Длительность измельчения грубых кормов оказывает существенное влияние на производительность смесителя (рисунок 84). Из рисунка видно, что при продолжительности измельчения грубых кормов до 10 минут производительность смесителя составляет всего 5,5 т/ч, т.е. уменьшается почти в 2 раза в сравнении со случаем, когда не требуется дополнительное время на доизмельчение грубых кормов. В случаях, когда дополнительное время измельчения составляет до 3 минут, производительность агрегата снижается на 20%, до 5 минут – на 29,4%, до 8 минут – на 40%.

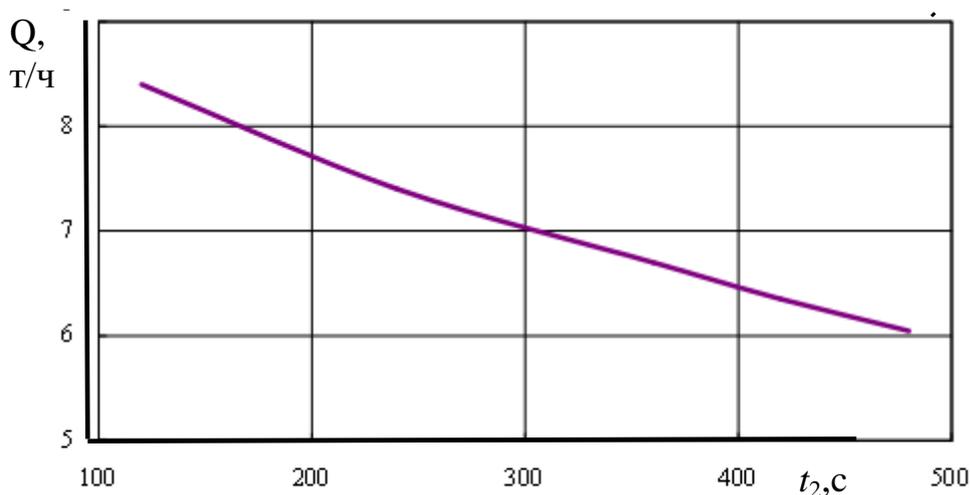


Рисунок 84 – Зависимость производительности измельчителя-смесителя Q от длительности измельчения грубых кормов t_2

Поэтому при расширении ферм может возникнуть вопрос: что лучше покупать – второй дорогостоящий измельчитель – смеситель или приоб-

рести более дешевый специализированный измельчитель грубых кормов и, прежде всего в рулонах, стоимость которого в 2-3 раза ниже.

Определим поголовье, которое может обслужить один измельчитель-смеситель. Количество их определяется выражением:

$$n_{см} = \frac{Q_{теор}}{Q_{факт}} = \frac{K_{сут} \cdot n_{ж}}{Q_{факт} \cdot z \cdot T},$$

откуда

$$n_{ж} = \frac{n_{см} \cdot Q_{факт} \cdot z \cdot T}{K_{сут}}, \quad (102)$$

где $n_{ж}$ - количество животных на ферме;

$n_{см}$ - требуемое количество смесителей;

$Q_{факт}$ - фактическая производительность смесителя;

$K_{сут}$ - суточная норма выдачи кормов 1 животному, кг;

z - кратность кормления;

T - допустимое время разового кормления животных.

Применительно к откормочной ферме молодняка КРС примем $T = 1$ ч., $z = 3$, $Q_{факт} = 7000$ кг/ч, $K_{сут} = 20,5$, $n_{см} = 1$.

Тогда из выражения (102) $n_{ж} = 1024$ гол.

Для молочной фермы примем $T = 1$ ч, $z = 3$, $Q_{факт} = 7000$ кг/ч, $K_{сут} = 30$, $n_{см} = 1$.

Тогда $n_{ж} = 700$ голов.

Из вышеизложенного следует, что один смеситель в течении трех часов может обслужить 1000 голов молодняка КРС или 700 молочных или мясных коров.

Если грубые корма измельчать на специализированном измельчителе, а, следовательно, исключить из рабочего цикла смесителя дополнительное время на измельчение рулонов, то производительность агрегата возрастет до 10,6 т/ч.

В этом случае агрегат за три часа работы может обслужить следующее поголовье:

молодняка - 1551 голов;

коров - 1060 голов.

Технико-экономические расчеты показали, что на откормочных фермах КРС размером свыше 500 голов и на молочных фермах более 400 коров, на которых используются рулонированные грубые корма, и, прежде всего сенаж, измельчители-смесители кормов целесообразно использовать совместно со специализированными измельчителями рулонированных кормов.

Вышеприведенные эксплуатационно-технологические требования, параметры и режимы работы заложены в конструкцию измельчителя-смесителя кормов, техническая документация на который передана ОАО «Хорольский механический завод» Полтавской области.

2.18. Математическая модель и результаты машинных экспериментов по обоснованию параметров и режимов работы одношнекового смесителя с наклонным бункером вместимостью до 3м³

Цель данной работы – изучить влияние параметров смесителя (угла наклона и вместимости бункера, диаметра и частоты вращения шнека, длительности работы) на неравномерность смешивания материалов.

Большинство ранее проведенных исследований посвящено изучению зависимости неравномерности смешивания кормовых материалов от длительности смешивания. Было выявлено, что процесс смешивания материалов в таких смесителях складывается из следующих процессов: перемещение групп частиц из одного места в другое внедрением или скольжением слоев (конвективное смешивание), постепенное перераспределение единичных частиц в слое или между слоями (диффузионное смешивание) и сегрегация компонентов смеси (рисунок 85).

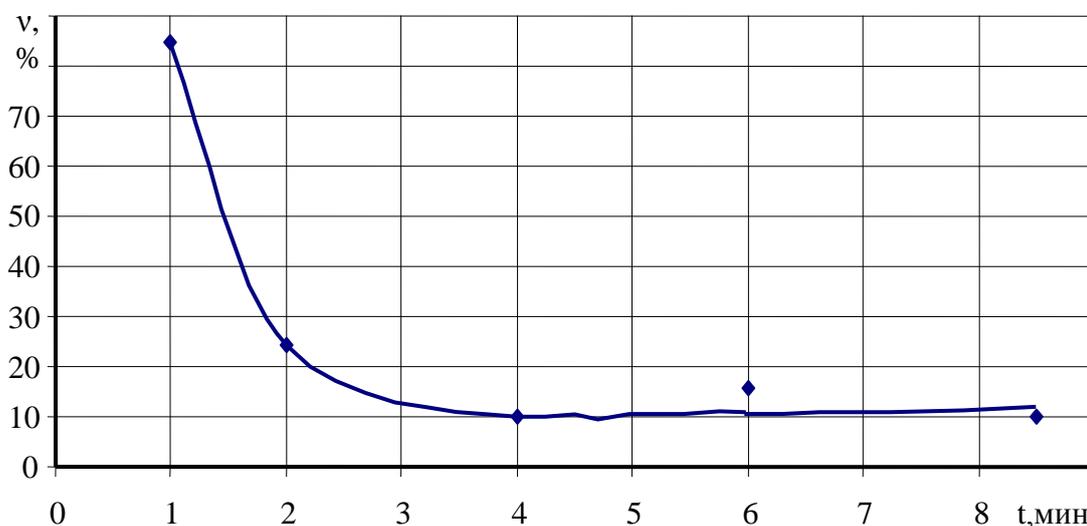


Рисунок 85 – Зависимость неравномерности смешивания материалов от длительности смешивания

Перемещение групп частиц материала из одного места в другое в нашем случае осуществляется в процессе транспортирования его шнеком в верхнюю часть наклонного бункера и гравитационного осыпания материалов из поднятой в нижнюю часть бункера. Поэтому в конечном итоге качество смешивания зависит от количества циркулирующий материала в бун-

кере, которое в свою очередь определяется производительностью подачи материала шнеком и длительностью смешивания.

Производительность шнека обычно определяется из выражения

$$Q = 47,2 (D^2 - d^2) \cdot S \cdot n \cdot \rho \cdot \psi , \quad (103)$$

где D – наружный диаметр шнека, м;

d – диаметр вала шнека, м;

S – шаг шнека, м;

n – частота вращения шнека, мин^{-1} ;

ρ – плотность продукта, кг/м^3 ;

ψ – коэффициент заполнения шнека.

Это выражение справедливо для горизонтальных шнеков со сравнительно небольшой частотой вращения винта, коэффициентом заполнения $\psi \leq 0,3-0,4$ и соотношением диаметра шнека к шагу $1 \div 1,5$. В наклонных шнеках за один оборот поступательное перемещение материала будет меньше величины шага винта, поэтому в формулу (103) многие авторы вводят коэффициенты, различные по своей природе и величине.

Так Таубер Б.А. /34/ рекомендует принимать следующие значения коэффициента уменьшения сечения груза c на наклонных конвейерах: при угле наклона конвейера $\gamma = 0^\circ c = 1$; при $\gamma = 5^\circ c = 0,9$; $\gamma = 10^\circ c = 0,8$; $\gamma = 15^\circ c = 0,7$; $\gamma = 20^\circ c = 0,6$.

Фирсов В.И. /35/ рекомендует принимать этот коэффициент из выражения

$$K = e^{-1,2 \sin \gamma} , \quad (104)$$

где γ – угол наклона шнека к горизонту, град.

Все вышеприведенные поправочные коэффициенты получены в условиях работы винтовых конвейеров с закрытым кожухом и ограниченными размерами загрузочных устройств.

В нашем случае шнек работает в открытом сверху кожухе с коэффициентом заполнения ψ больше 1 за счет вовлечения в движение вышележащих слоев материала. Поэтому закономерности процесса транспортирования материала шнеком в наклонном смесителе будут другими.

Опыты на опилках, проведенные на экспериментальном смесителе со шнеком диаметром 400 м и частотой вращения $26,5 \text{ мин}^{-1}$, показали, что производительность на выдаче из смесителя шнеком значительно превышает значения, полученные расчетным путем по ранее известным уравнениям (рисунок 86).

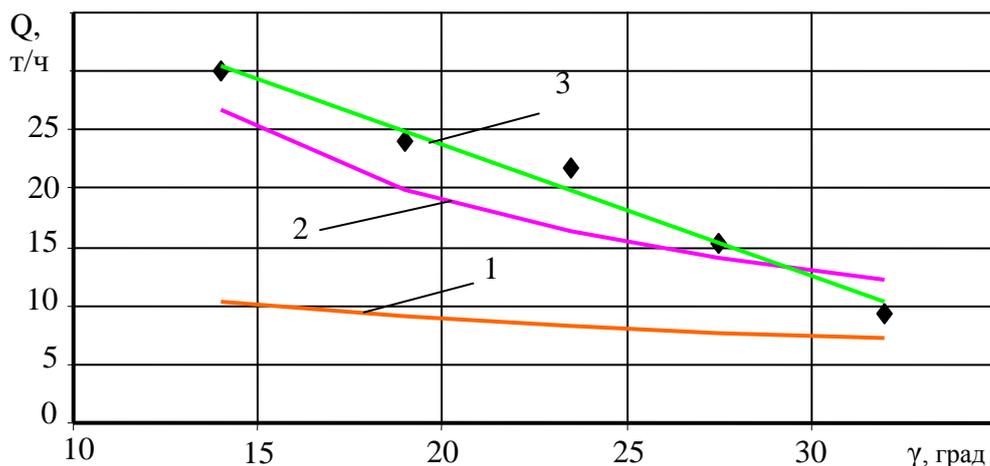


Рисунок 86 – Зависимость производительности на выдаче материала из выгрузного окна от угла наклона бункера

- 1 – по уравнению 1 с учетом коэффициента (104);
 2 – по уравнению (105);
 3 – экспериментальная

Более точные результаты производительности смесителя на выдаче получаются из выражения

$$Q = 47,2 (D^2 - d^2) \cdot S \cdot n \cdot \rho \cdot \psi \cdot \frac{c}{\sin \gamma}, \quad (105)$$

где c – экспериментальный коэффициент, зависящий от угла наклона бункера: при $\gamma = 14^\circ$ $c = 0,44$; $\gamma = 19^\circ$ $c = 0,48$; $\gamma = 27,5^\circ$ $c = 0,438$; $\gamma = 30^\circ$ $c = 0,38$; $\gamma = 32^\circ$ $c = 0,308$.

Зная массовую подачу и продолжительность работы, можно определить количество циклов циркуляций материала в бункере за одну минуту

$$n_{\text{ц}} = \frac{Q}{V_6 \rho 60} = \frac{47,2(D^2 - d^2) S n \psi c \frac{c}{\sin \gamma}}{V_6 60}, \quad (106)$$

где V_6 – вместимость бункера, м^3 .

С учетом конкретных значений параметров смесителя в проведенном эксперименте количество циркуляций материала в бункере за одну минуту составило $n_{\text{ц}} = 1,1703$.

Экспериментальными исследованиями было установлено, что в смесителе при угле наклона бункера $27,5^\circ$ и при продолжительности смешивания 1, 2, 4, 6 и 8,5 мин., что соответствует числу циркуляций материала

в бункере 1,1703; 2,3406; 4,6812; 7,020 и 2,9475, неравномерность смешивания материала составила соответственно 84,8; 24,3; 10,1; 15,6 и 10,2%. После замены продолжительности смешивания в минутах на количество циркуляций материала в бункере был построен график (рис.87), без двух последних значений, который с высокой точностью 0,9849 описывается уравнением

$$v = 101,75 n_{ц}^{-1,5816} . \quad (107)$$

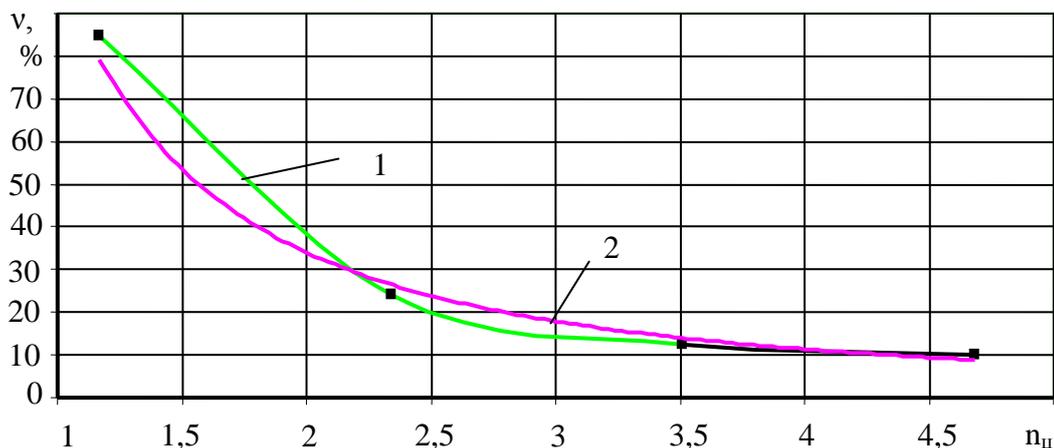


Рисунок 87 – Зависимость неравномерности смешивания от количества циркуляций материала в бункере

1 – экспериментальная; 2 – по выражению (102)

При построении графика ограничились четырьмя минутами смешивания или числом циркуляций материала в бункере равным 2,65, потому что в этот период характер смешивания проходит наиболее интенсивно и более точно описывается степенной функцией.

Подставляя значение $n_{ц}$ из выражения (106) в уравнение (107) имеем

$$v = 101,75 \left[\frac{47,2(D^2 - d^2)Snt\psi e \frac{c}{\sin \gamma}}{V_0 60} \right]^{-1,5816} , \quad (108)$$

где t – длительность смешивания, мин.

Уравнение (108) позволяет проанализировать влияние конструктивных факторов и кинематических параметров, а также угла наклона бункера смесителя к горизонту на неравномерности смешивания материалов.

По полученному выражению неравномерность смешивания разработанным смесителем при угле наклона бункера $27,5^{\circ}$ и продолжительности смешивания 4 мин. составляет 8,5%.

Сравнивая с экспериментальными данными, равными 10,1%, полученными при одних и тех же значениях параметров, видим, что ошибка составляет всего 12,4%. Поэтому можно считать, что выражение (108) с достаточной для практических целей точностью можно использовать для анализа рабочего процесса исследуемого смесителя.

Результаты расчетов зависимости неравномерности смешивания от угла наклона бункера к горизонту при четырех минутах работы смесителя вместимостью $0,97 \text{ м}^3$ представлены на рисунке 88.

Из рисунка 88 видно, что с теоретической точки зрения с увеличением угла наклона бункера смесителя к горизонту качество смешивания ухудшается. Это объясняется уменьшением производительности наклонного шнека, и следовательно, уменьшением количества циркулирующей материала в бункере. Требуемая неравномерность смешивания обеспечивается при угле наклона бункера до 30° , при котором, как было выявлено ранее [4], имеет место минимальная энергоёмкость процесса (при увеличении угла наклона смесителя до 30° , мощность, потребная на привод смесителя, уменьшается до 29%). Эксперименты показали, что численные значения теоретической неравномерности $v = 9,54\%$ при угле наклона бункера 30° практически совпадают с опытными данными: при угле наклона 32° неравномерность смешивания составила $v = 8,2\%$, а при угле наклона $27,5^\circ$ - $v = 10,1\%$. Вместе с тем, опытами было установлено также, что влияние угла наклона бункера на качество смешивания менее выражено в сравнении с теоретическими данными. Это, по-видимому, объясняется тем, что наряду со снижением производительности шнека, а следовательно, уменьшением количества циркулирующей материала в бункере, имеет место улучшение скольжения слоев материала между собой при осыпании их из верхней части бункера в нижнюю. Причем последнее обстоятельство при увеличении угла наклона бункера оказывает большее влияние на неравномерность смешивания.

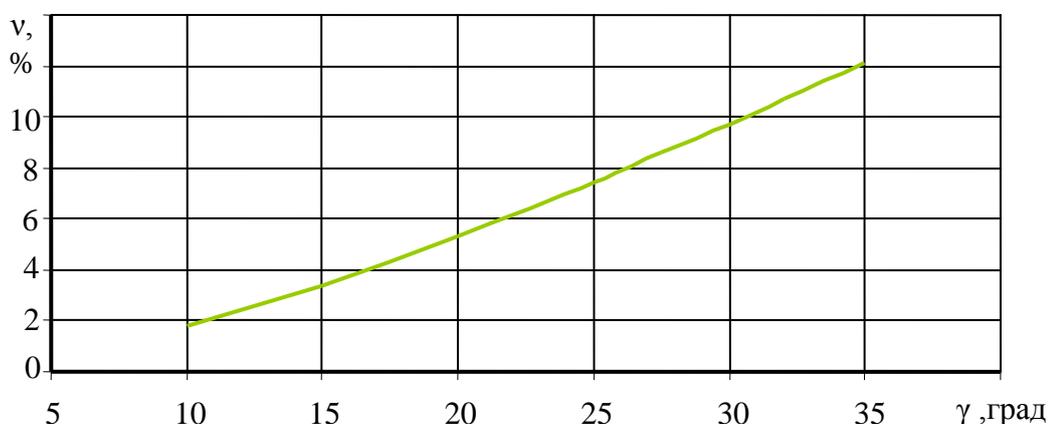


Рисунок 88 – Влияние угла наклона бункера смесителя к горизонту на неравномерность смешивания материалов

Уравнение (108) позволяет изучить влияние частоты вращения шнека на качество смешивания. На рисунке 89 представлен график зависимости неравномерности смешивания от частоты вращения и диаметра шнека при угле наклона бункера $27,5^{\circ}$ и четырех минутах смешивания в смесителе вместимостью $0,970 \text{ м}^3$.

Из рисунка 89 видно, что с увеличением частоты вращения шнека неравномерность смешивания сначала уменьшается интенсивно, а затем более плавно. При этом имеется предел, до которого целесообразно увеличивать частоту вращения шнека.

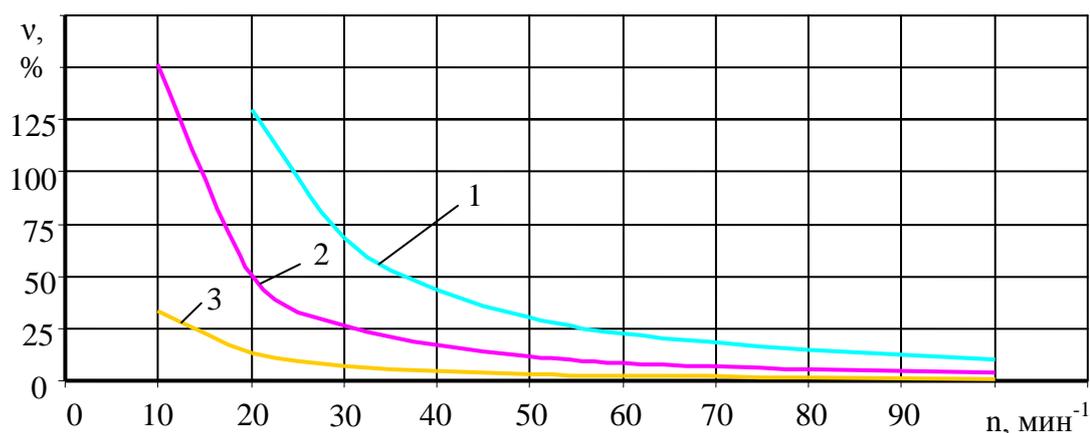


Рисунок 89 – Зависимость неравномерности смешивания материалов от частоты вращения шнека при четырех минутах смешивания

1 – $D = 0,25 \text{ м}$, $S = 0,225 \text{ м}$; 2 – $D = 0,3 \text{ м}$, $S = 0,27 \text{ м}$; 3 – $D = 0,4 \text{ м}$,
 $S = 0,36 \text{ м}$

В смесителях вместимостью до 1 м^3 за четыре минуты его работы требуемое качество смешивания (15%) обеспечивается при диаметре шнека $0,4 \text{ м}$ и частоте вращения $n \geq 25 \text{ мин}^{-1}$; при диаметре шнека $0,3 \text{ м}$ – n должна быть более 45 мин^{-1} ; при диаметре шнека $0,25 \text{ м}$ – n должна быть меньше 70 мин^{-1} .

В смесителе вместимостью до $2,5 \text{ м}^3$, установленного под углом $27,5^{\circ}$ к горизонту, требуемое качество смешивания можно обеспечить при прежних диапазонах частот вращения шнеков, но при увеличении длительности его работы до 8 минут. При этом частота вращения шнека диаметром $0,4 \text{ м}$ должна быть не менее 25 мин^{-1} , шнека диаметром $0,3 \text{ м}$ – не менее 58 мин^{-1} , шнека диаметром $0,25 \text{ м}$ – не менее 100 мин^{-1} (рисунок 90).

При длительности смешивания 4 минуты в смесителе вместимостью $2,5 \text{ м}^3$ для обеспечения требуемого качества смешивания частота вращения шнека диаметром $0,4 \text{ м}$ должна быть не менее 50 мин^{-1} ; шнека диаметром $0,3 \text{ м}$ – $n \geq 120 \text{ мин}^{-1}$; шнека диаметром $0,25 \text{ м}$ – $n \geq 200 \text{ мин}^{-1}$ (рис.91).

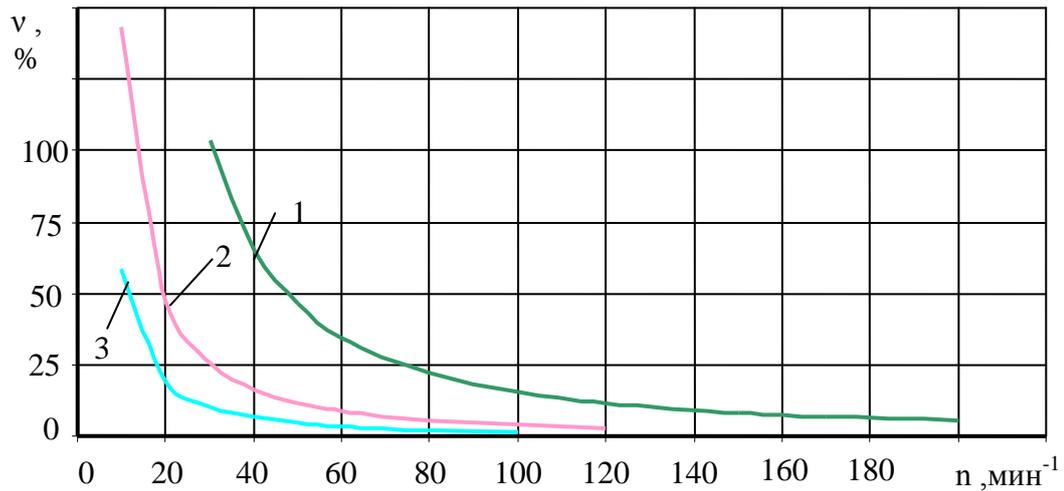


Рисунок 90 – Зависимость неравномерности смешивания материалов от частоты вращения шнека при длительности смешивания 8 минут

при: 1 – $D = 0,25$ м, $S = 0,225$ м;
 2 – $D = 0,3$ м, $S = 0,27$ м;
 3 – $D = 0,4$ м, $S = 0,36$ м.

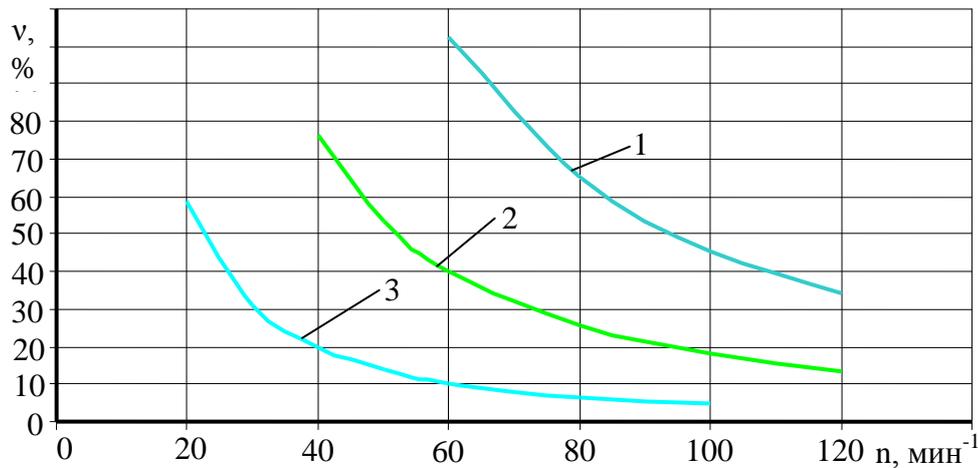


Рисунок 91 – Зависимость неравномерности смешивания материалов от частоты вращения шнека при длительности смешивания 4 минуты

при: 1 – $D = 0,25$ м, $S = 0,225$ м;
 2 – $D = 0,3$ м, $S = 0,27$ м;
 3 – $D = 0,4$ м, $S = 0,36$ м.

Указанные значения частоты вращения шнека определены применительно к стационарным вариантам смесителя. Если они используются в мобильном варианте в качестве смесителя-раздатчика, то частоту враще-

ния шнека целесообразно принять из условия обеспечения требуемой производительности, которую можно определить из выражения

$$Q = \frac{v_p q}{l_1 n}, \quad (109)$$

где v_p – рабочая скорость агрегата при выдаче корма в кормушку, м/с; для трактора МТЗ-80 $v_p = 0,5 - 1$, м/с;

q – суточная норма выдачи корма на 1 голову, кг; обычно для концентрированных кормов на фермах КРС $q = 2 - 7$ кг;

l_1 – фронт кормления, приходящийся на 1 голову. Для молодняка КРС $l_1 = 0,4 - 0,7$; для коров $0,6 - 1,2$ м;

n – кратности кормления в сутки. Обычно $n = 2 - 3$.

Тогда максимальная производительность на выдаче должна быть 21 т/ч.

Минимальная производительность на выдаче составит 12 т/ч.

Зная пределы изменения производительности из формулы (105), можно определить требуемый диапазон изменения частоты вращения шнека

$$n = \frac{Q}{47,2(D^2 - d^2)S\rho\psi e^{-1,2\sin\gamma}}. \quad (110)$$

При $\gamma = 27,5^\circ$, $S = 0,9D$, $\rho = 0,6$ т/м³ требуемые частоты вращения шнеков разных размеров в различных условиях использования смесителей-раздатчиков приведены в таблице 11.

Из таблицы 11 видно, что в мобильных смесителях-раздатчиках частота вращения шнеков, выбранная из условия обеспечения максимальных требуемых норм выдачи корма, при всех размерах шнеков обеспечивает необходимое качество смешивания при 8 минутах смешивания. Однако в этом случае производительность смесителя-раздатчика уменьшится. В целях исключения снижения производительности мобильных смесителей-раздатчиков частоту вращения шнеков целесообразно принять: для шнека $D = 0,25$ м - $n \geq 200$ мин⁻¹; для шнека $D = 0,3$ м - $n \geq 120$ мин⁻¹; для шнека $D = 0,4$ м - $n \geq 50$ мин⁻¹. При этом для обеспечения требуемых норм выдачи кормов производительность на выдаче можно ограничить величиной открытия выгрузного окна заслонкой.

Диаметр шнеков смесителя должен приниматься из условий его использования, а именно, на каких материалах он должен работать. Если только на сыпучих концентрированных кормах, то диаметр шнека можно принять равным 0,25, если в концентрированный корм будут добавляться корнеплоды и измельченные сочные корма, то для исключения залипания диаметр шнека более целесообразно принимать равным 0,3-0,4 м.

Таблица 11 – Требуемые частоты вращения шнеков разных размеров в различных условиях использования смесителей (мин⁻¹)

Диаметр шнека, м	Для обеспечения требуемой нормы выдачи кормов при раздаче		Для обеспечения качества смешивания по зоотребованиям смесителем вместимостью 2,5 м ³		Для обеспечения качества смешивания по зоотребованиям смесителем вместимостью 1 м ³ при длительности смешивания 4 минуты
	min	max	при длительности смешивания 4 мин.	при длительности смешивания 8 мин.	
0,25	60	100	200	100	80
0,3	35	56	120	60	45
0,4	15	25	50	25	20

Энергетическая оценка одношнекового смесителя с наклонным бункером

Ранее было выявлена необходимость в создании одношнекового смесителя концентратов с мелассой, премиксами и другими балансирующими добавками. Однако вопросы энергетической оценки таких смесителей до сих пор не рассматривались.

Мощность, потребная на привод смесителя, можно определить по аналогии с винтовыми транспортерами из выражения

$$N = \frac{QL}{367\eta} (\omega + \sin \gamma), \text{ кВт} \quad (111)$$

где η – общий КПД приводного механизма и подшипников вала винта;

ω – общий коэффициент сопротивления;

L – длина шнека, м;

γ – угол наклона смесителя, град.

Точный расчет коэффициента сопротивления ω , учитывающий сопротивление трения материала о винт и кожух при перемещении материала, а также на подъем на заданную высоту весьма затруднителен. Поэтому его определяют экспериментально. Величину коэффициента ω рекомендуется /36/ принимать для зерновых продуктов, муки, древесных опилок равным 1,2, для мела, торфа – 1,6, поваренной соли, глины – 2,5 и др.

В изучаемом смесителе шнек не только транспортирует материал по наклонному кожуху, но и выпучивает его в верхней части бункера вверх, что приводит к увеличению коэффициента сопротивления.

Опыты, проведенные на экспериментальном смесителе со шнеком диаметром 400 мм и частотой вращения $26,5 \text{ мин}^{-1}$, показали, что коэффициент сопротивления возрастает с ростом угла наклона смесителя (рисунок 92) и описывается уравнением с достоверностью аппроксимации $R^2 = 0,9667$

$$\omega = 386,09 \sin^2 \gamma - 237,68 \sin \gamma + 51,261 . \quad (112)$$

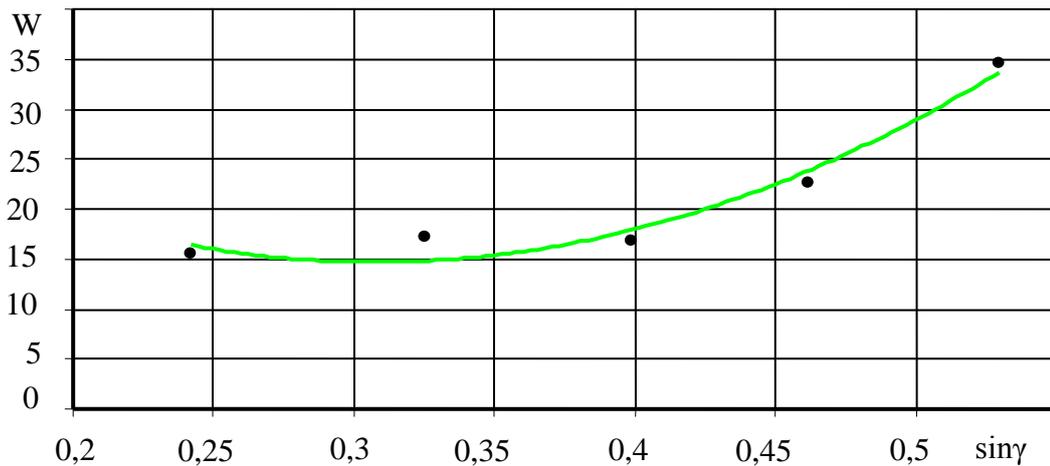


Рисунок 92 – Зависимость общего коэффициента сопротивления от синуса угла наклона смесителя

Подставляя значение ω из выражения (112) в уравнение (111), получили

$$N = \frac{QL}{367\eta} (386,09 \sin^2 \gamma - 237,68 \sin \gamma + 51,261 + \sin \gamma), \text{ кВт} . \quad (113)$$

Но производительность шнека в наклонном смесителе также зависит от угла его наклона

$$Q = 47,5 (D^2 - d^2) S \cdot n \cdot \rho \cdot \psi \frac{c}{\sin \gamma} , \quad (114)$$

где c – эмпирический коэффициент, зависящий от угла наклона бункера для $\gamma = 27,5^\circ$ $c = 0,438$; $\gamma = 32^\circ$ $c = 0,308$; $\gamma = 19^\circ$ $c = 0,48$; $\gamma = 30^\circ$ $c = 0,38$; $\gamma = 14^\circ$ $c = 0,44$. Для углов $27-30^\circ$ $c \approx 0,4$.

С учетом (114) выражение (113) примет вид

$$N = \frac{47,2(D^2 - d^2)s \cdot n \cdot \rho \cdot \psi \frac{c}{\sin \gamma} \cdot L}{367\eta} (386,09 \sin^2 \gamma - 236,68 \sin \gamma + 51,261), \quad (115)$$

где D – диаметр витков шнека, м;

d – диаметр вала шнека, м;

s – шаг витков шнека, м;

n – частота вращения шнека, мин⁻¹;

ρ – плотность материала, кг/м³;

ψ – коэффициент заполнения межвиткового пространства. В смесителе $\psi = 1,2$ за счет увеличения в движении вышележащих слоев материала шнеком.

Расчеты по выражению (115) показали, что значения расчетной мощности отличается от экспериментальной мощности на 2-7%, что свидетельствует о правомерности полученной формулы (рисунок 93).

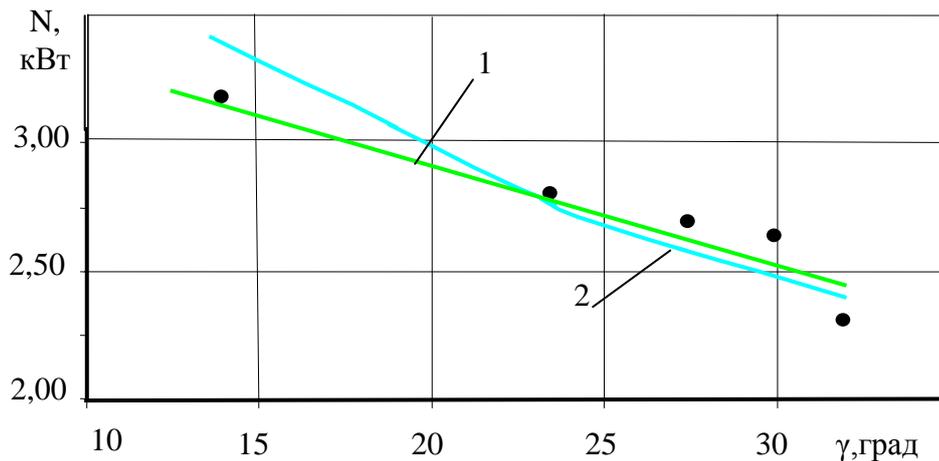


Рисунок 93 – Влияние угла наклона бункера на мощность, потребную на привод шнека

1 – экспериментальная; 2 – по уравнению (115)

Затраты энергии на смешивание материала определяются выражением

$$G = N \cdot t = \frac{47,2(D^2 - d^2)s \cdot n \cdot \rho \cdot \psi \frac{c}{\sin \gamma} \cdot L \cdot t}{367\eta} (386,09 \sin^2 \gamma - 236,68 \sin \gamma + 51,261), \quad (116)$$

где t – длительность смешивания, мин.

Величину t можно найти из ранее полученного выражения

$$v = 101,75 \left[\frac{47,2(D^2 - d^2)s \cdot n \cdot t \cdot \psi \frac{c}{\sin \gamma}}{60v_6} \right]^{-1,5816} \leq 5\%. \quad (117)$$

В этом выражении $\leq 5\%$ допустимый предел неравномерности смешивания материалов.

После преобразования выражения (117) путем возведения правой и левой ее частей в степень $(-1,5828)$ получили

$$t = \frac{6,322v_6}{(D^2 - d^2)s \cdot n \cdot \psi \frac{c}{\sin \gamma}}. \quad (118)$$

Подставляя выражение (118) в уравнение (116) нашли

$$G = \frac{0,8 \cdot \rho \cdot L \cdot v_6}{\eta} (386,09 \sin^2 \gamma - 236,68 \sin \gamma + 51,24). \quad (119)$$

Из выражения (119) видно, затраты энергии на смешивание материалов до требуемого предела не зависят от геометрических и кинематических параметров шнека, а зависят только от плотности материала ρ , длины L , объема v_6 и угла наклона γ бункера и КПД привода η .

Объем и длину бункера выбирают из технологических и конструктивных соображений. Остается проанализировать затраты энергии на смешивание материалов до требуемого предела в зависимости от угла наклона бункера. В расчетах (рис. 94) приняты $\rho = 0,200 \text{ т/м}^3$, $L = 2,4 \text{ м}$; $v_6 = 1 \text{ м}^3$ и $v_6 = 2,5 \text{ м}^3$; $\eta = 0,9$.

Нижняя кривая представляет собой удельные затраты энергии в кВт-ч на 1 м^3 бункера так как они вычислены для вместимости бункера равной 1 м^3 . Верхняя кривая вычислена для вместимости бункера $2,5 \text{ м}^3$. Однако, если полученные значения затрат энергии отнести на 1 м^3 , то удельные затраты энергии, отнесенные к 1 м^3 , совпадают со значениями, представленными на нижней кривой.

Следует отметить, что затраты энергии на смешивание материалов до требуемых пределов (15%) не совпадают с мощностью, потребной на привод смесителя, которая в зависимости от угла наклона бункера снижается

прямолинейно. Это объясняется тем, что с увеличением угла наклона бункера более интенсивно снижается производительность шнека, а следовательно, увеличивается длительность смешивания материалов.

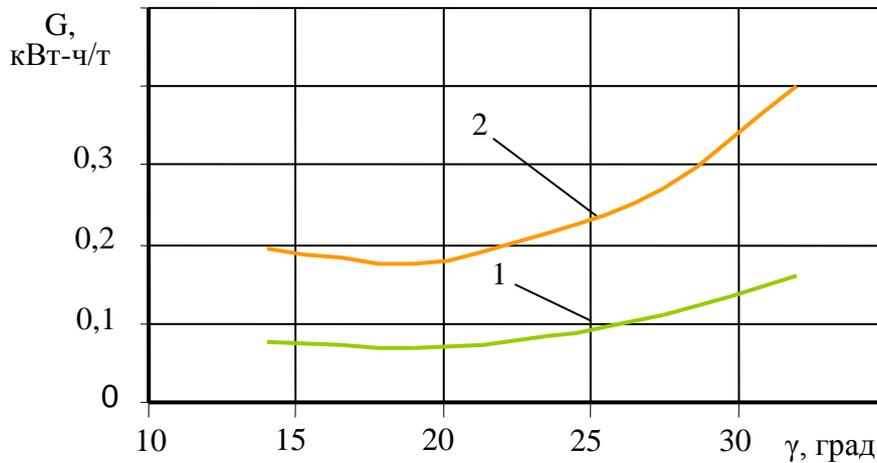


Рисунок 94 – Зависимость затрат энергии на смешивание материалов до требуемого предела в зависимости от угла наклона бункера

$$1 - v_6 = 1,0 \text{ м}^3; 2 - v_6 = 2,5 \text{ м}^3$$

Из рисунка 93 видно, что с точки зрения энергетических затрат угол наклона бункера к горизонту следует принимать в пределах 18-24°. Однако следует иметь в виду, что если предполагается смешивать связные материалы, которые могут под действием гравитационных сил осыпаться вниз только при больших углах наклона, то угол наклона бункера к горизонту следует увеличивать до 30°.

2.19. Результаты экспериментальных исследований мобильного смесителя-раздатчика концкормов с мелассой и другими балансирующими добавками

Для реализации технологии подготовки и раздачи кормов при малокомпонентном сено-сенажно-концентратном типе кормления животных был изготовлен прицепной смеситель-раздатчик-загрузчик концкормов с мелассой и другими балансирующими добавками (в дальнейшем агрегат рис. 95). Агрегат включает в себя установленный на мобильной раме бункер под углом 27° к горизонту с размещенным продольно в полутрубчатом кожухе продольным шнеком. В верхней части с одной стороны бункера имеется выгрузное окно, перекрываемое заслонкой с приводом от гидроцилиндра. К бункеру в зоне выгрузного окна закреплен скатный лоток.

Привод шнека осуществляется гидромотором. Гидромотор и гидроцилиндр приводятся в действие от гидросистемы тракторов.



Рисунок 95 – Общий вид прицепного смесителя-раздатчика концентров с мелассой и другими балансирующими добавками

Агрегат работает следующим образом. Перед загрузкой кормовых компонентов в бункер закрывают заслонку выгрузного окна и включают привод. Затем загружают последовательно кормовые компоненты и агрегат переезжает к местам выдачи. При приближении к местам выдачи водитель открывает заслонку выгрузного окна и, продвигаясь вдоль кормушек со скоростью, необходимой для обеспечения заданной нормы выдачи, раздает кормосмеси. Норму выдачи кормосмеси можно также изменять величиной открытия выгрузного окна.

Преимущества такого агрегата в сравнении с прототипом кормораздатчиком КУТ-3 заключается в уменьшении металлоемкости на 57%, снижение энергоемкости более чем на 30%.

Экспериментальные исследования проводились на смешивании концентров влажностью 12%. Качество смешивания определялось коэффициентом вариации путем введения контрольного компонента (подкрашенный ячмень) в количестве 1% от смешиваемой массы. Коэффициент вариации определялся по общепринятой методике /38,39/.

Техническая характеристика

Вместимость бункера, м ³	2,8
Производительность за 1 час чистой работы, т	до 11
Длительность смешивания, мин.	4 – 8

Габаритные размеры, мм		
	длина	4075
	ширина	1885
	высота	2580
	Высота загрузки кормов, мм	1550
	Высота выгрузки кормов, мм	530
	Колея, мм	1600
	Требуемая ширина кормового прохода, мм	не менее 2000
	Масса, кг	680

Неравномерность выдачи и норма выдачи кормосмеси определялись путем взвешивания порций кормосмеси, взятой с каждого из 10 метровых участков фронта выдачи.

Мощность, потребная на привод раздатчика, на первом этапе исследований определялась по выражению

$$N = \frac{Q\Delta P}{612\eta_t}, \quad (120)$$

где Q – подача масла, л/мин.;

ΔP – разность давлений в нагнетательной и отводной магистрали, кгс/см²;

η_t - коэффициент полезного действия,

$$\eta_t = \eta_x \cdot \eta_{mh}, \quad (121)$$

где η_x – КПД объемный;

η_{mh} - гидромеханический.

Расход и давление масла определялись дросселем – расходомером.

На втором этапе исследований, когда частота вращения шнека была уменьшена в два раза, мощность определялась измерением крутящих моментов на их валу с помощью переходной тензобалочки. При этом деформационные сопротивления тензомоста преобразовывали нормирующим преобразователем ТДА-6 (Чехословакия) в напряжение, которое регистрировали компьютером через аналоговоцифровой преобразователь ЛА-70М4. Полученный цифровой массив в программе «Excel» посредством градуировочных операций преобразовывался в массив моментов и оценивался статистически. Градуировочный коэффициент измерительного канала рассчитывался по значениям моментов, измеренных динамометром ДПУ-0,1-2.

Одновременно регистрировалось время на полуоборот вала, которое представляло собой число опросов канала АЦП, умноженное на период опроса канала, задаваемый программой регистраций. Число опросов канала, соответствующего полуобороту вала, определялось от начала до конца скачка напряжения подаваемого в АЦП от гальванического элемента через геркон.

Исследования показали, что при частоте вращения шнека равной 47 мин^{-1} неравномерность выдачи кормосмеси не превышает 3 % при производительности до 83 т/ч (рисунок 96).

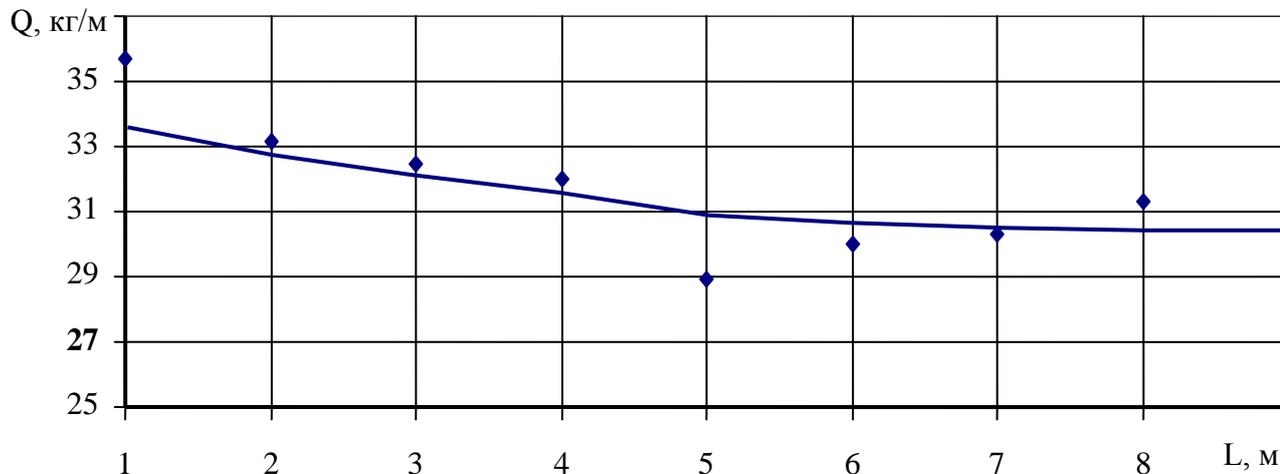


Рисунок 96 – Распределение концкормов по фронту выдачи

С уменьшением частоты вращения шнека в два раза производительность на выдаче уменьшилась до 30 т/ч, при этом неравномерность выдачи осталась практически на прежнем уровне (3-5 %) (рисунок 96).

Зависимость неравномерности смешивания от длительности смешивания при частоте вращения шнека $23,5 \text{ мин}^{-1}$ и угле наклона бункера равном 19° ; $23,5^\circ$; $27,5^\circ$; 32° представлена на рисунке 97.

Из рисунка видно, что интенсивность смешивания сухих концентрированных кормов мало зависит от угла наклона бункера в пределах $19 - 32^\circ$. Так, при четырех минутах смешивания неравномерность смешивания при указанных углах отличается не более 0,8%. Однако при добавлении мелассы к концкормам вязкость массы возрастает, что приводит к изменению характера процесса смешивания материалов при различных углах наклона бункера смесителя.

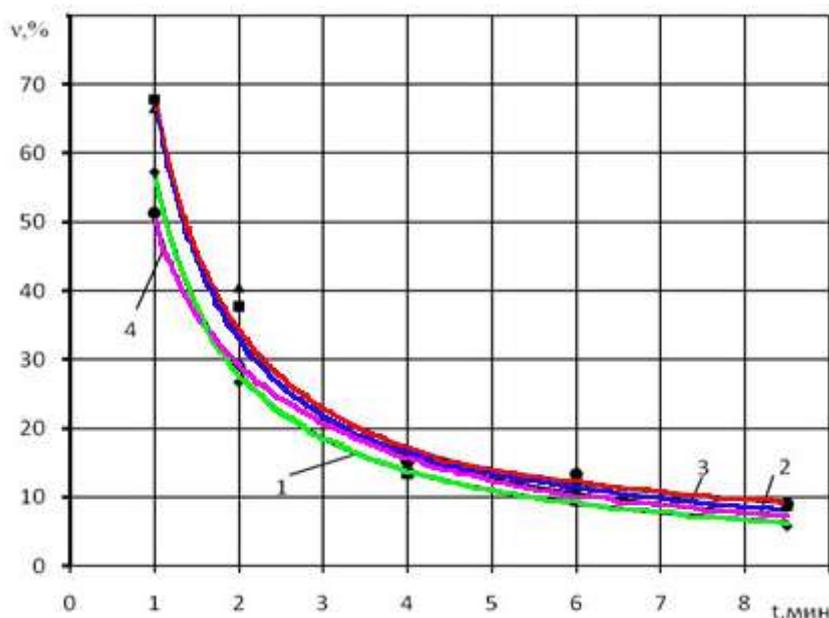


Рисунок 97 – Зависимость неравномерности смешивания сухих концкормов от продолжительности смешивания при различных углах наклона бункера: 1 - 19° ; 2 - $23,5^\circ$; 3 - $27,5^\circ$; 4 - 32°

Опыт показал (рисунок 98), что с увеличением угла наклона бункера до 30° энергоёмкость процесса уменьшается до 30%, что подтверждает результаты опытов, ранее проводимых на двухшнековых смесителях /11/.

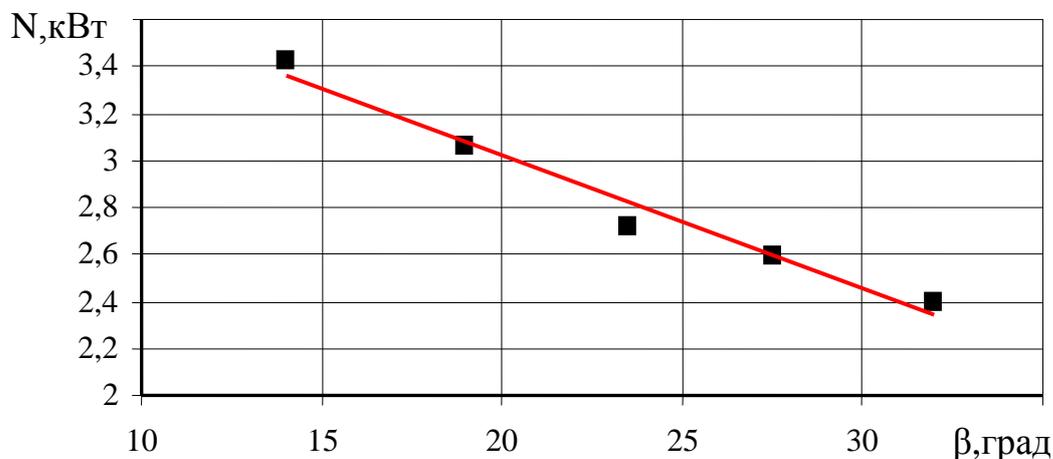


Рисунок 98 – Влияние угла наклона бункера на мощность, потребляемую на привод

В целом проведенные экспериментальные исследования и испытания показали, что разработанный агрегат обеспечивает требуемые технологические показатели работы. Он имеет производительность на выдаче до 30 т/ч, что обеспечивает максимальные нормы выдачи кормов 10 кг на 1 м фронта распределения кормосмеси, неравномерность выдачи и смешивания не превысила соответственно 3 и 8 %. В сравнении с прототипом кормораздатчиком КУТ-3 металлоёмкость агрегата на 57% меньше, а мощность, потребляемая на привод, меньше на 30%.

2.20. Пример расчета параметров линии раздачи кормов на откормочной ферме молодняка крупного рогатого скота размером 500 скотомест

Исходные данные для проектирования технологических линий подготовки и раздачи кормосмесей приведены в табл. 7-8.

Определение годового, суточного расхода каждого вида корма, исходя из рационов кормления, поголовья и продолжительности кормления.

Годовой объем расхода сена составит:

$$G_{год} = 0,001 \cdot (1,5 \cdot 225 \cdot 210 + 1,7 \cdot 75 \cdot 210 + 2,0 \cdot 200 \cdot 210) = 181,65 \text{ т.}$$

Аналогично вычисляются годовые объемы остальных кормов, значения которых приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Нормы потребности кормов на одну корову в год для Северного Кавказа (кг) /8/

Период в году	Продолжительность периода, дней	Удой за год, кг	Виды кормов							
			Грубые корма			Сочные корма		Зеленые корма	Травяная резка	Концентраты
			сено	сенаж	солома	силос	корнеклубнеплоды			
Зимний Летний	180 185	3500	630	900	180	3600	720	7955		857
Зимний Летний	180 185	4000	630	900	180	3600	900	8510	90	1075
Зимний Летний	180 185	4500	720	900		3060	1080	8510	180	1403
Зимний Летний	180 185	5000	720	900		2880	1260	8510	180	1804
Зимний Летний	180 185	5500	720	900		2700	1440	8695	180	2059
Зимний Летний	180 185	6000	720	900		2520	1620	8695	180	2424

Определение годового, суточного расхода каждого вида корма, исходя из рационов кормления, поголовья и продолжительности кормления.

Годовой объем расхода сена составит:

$$G_{год} = 0,001 \cdot (1,5 \cdot 225 \cdot 210 + 1,7 \cdot 75 \cdot 210 + 2,0 \cdot 200 \cdot 210) = 181,65 \text{ т.}$$

Аналогично вычисляются годовые объемы остальных кормов, значения которых приведены в таблице 13.

Суточный расход каждого вида корма:

$$\text{сено} - G_{ср.сут} = \frac{181,65}{210} = 0,865 \text{ т;}$$

$$\text{силос} - G_{ср.сут} = \frac{1659}{210} = 7,7 \text{ т;}$$

$$\text{концкорма} - G_{ср.сут} = \frac{546,86}{210} = 1,498 \text{ т;}$$

$$\text{зеленые корма} - G_{ср.сут} = \frac{2518,7}{210} = 16,24 \text{ т.}$$

Таблица 13 – Исходные данные ВИЖ по технологии производства говядины на ферме размером 500 голов (откорм от 100-дневного возраста живым весом 84 кг до 500-дневного возраста до веса 450 кг)

Показатели	Группы откорма			
	I	II	III	Всего
Продолжительность летнего периода, дн.	155	155	155	
Продолжительность зимнего периода, дн.	210	210	210	
Количество скотомест	225	75	200	
Количество кормодней в зимний период	47250	15750	42000	
Количество кормодней в летний период	34875	11625	31000	
Потребляемое количество кормов на 1 голову в день, кг:				
<i>в зимний период –</i>				
сено	1,5	1,7	2,0	
силос	12,0	16,0	20,0	
концорма	2,2	3,5	4,5	
<i>в летний период –</i>				
зеленые корма	32,5	32,5	32,5	
концорма	1,7	2,4	3,6	
Всего кормов, т:				
сено	70,88	26,78	84,0	181,65
силос	567,0	252,0	840,0	1659,00
концорма	163,2	83,03	300,6	546,86
зеленые корма	1133,44	377,81	1007,5	2518,70
Суточный прирост, г	775,50	846,00	902,4	-
Общий прирост, ц	636,90	231,6	658,1	1527,2
Выход навоза на 1 голову, кг				
в сутки				20,0
всего				365,0
Потребность воды на 1 гол.:				
в сутки, дм ³				29,0
всего, м ³				7117,5
Потребное количество подстилки, т				450,0
Стоимость медикаментов и дезинфицирующих средств, руб.				7250,0

Максимальный расход всех видов кормов на одно кормление, если суточный объем выдается равными долями, составит:

в зимний период -

$$G_{\max. \text{корм}} = \frac{0,865 + 7,9 + 1,5}{3} = 3,42 \text{ т};$$

в летний период -

$$G_{\max. \text{корм}} = \frac{16,24 + 1,5}{3} = 5,9 \text{ т}.$$

Расчет количества силосованных кормов (зеленой массы) для закладки силоса:

$$G_{\text{год.з.м}} = \frac{G_{\text{год}}}{1 - \eta} = \frac{1659}{1 - 0,2} = \frac{1659}{0,8} = 2073,75 \text{ т}.$$

Допустимые параметры траншейных хранилищ, соответствующих требуемому темпу выгрузки в день, равны

$$S_{\max} = \frac{G_{\text{сп.сут}}}{\rho \cdot \Delta p} = \frac{7,9}{0,8 \cdot 0,3} = 32,9 \text{ м}^3.$$

Ширину траншеи выберем из условия, что высота ее должна быть не менее $h = 3$ м:

$$B = \frac{S_{\max}}{3} = \frac{32,9}{3} \approx 11 \text{ м}.$$

Принимаем траншею шириной 12 м.

Длина траншеи составит:

$$L_{\text{тр}} = \frac{G_{\text{год.з.м.}}}{B \cdot y \cdot \gamma} = \frac{2073,75}{12 \cdot 3 \cdot 0,8} = 78,55 \text{ м}.$$

Принимаем $L_{\text{тр}}$ кратной длине плит 3 м $L_{\text{тр}} = 81$ м.

Необходимое число кормохранилищ определяется из выражения:

$$I_{\text{хр}} = \frac{G_{\text{год}}}{V_{\text{хр}} \cdot \gamma \cdot \psi} = \frac{1659}{12 \cdot 3 \cdot 81 \cdot 0,8 \cdot 0,85} = 0,8.$$

Принимаем одно хранилище.

Определение теоретической производительности поточной кормовой линии.

Теоретическая производительность линии при продолжительности разового кормления животных $T_{\text{дон}} = 1$ ч составит:

в зимний период -

$$Q_m = \frac{G_{\max. \text{корм}}}{T_{\text{дон}}} = \frac{3,42}{1} = 3,42 \text{ т/ч};$$

в летний период –

$$Q_m = \frac{5,9}{1} = 5,9 \text{ т/ч.}$$

*Определение технологических параметров машин
поточной линии*

Для обеспечения детализированных норм кормления животных вместимость бункера кормораздающего средства должна быть равной или кратной массе порции корма, потребной для одной производственной группы. На проектируемой откормочной ферме размером 500 голов минимальный размер групп животных, находящихся на одном производственном цикле откорма, составляет 75, 200 и 225 голов (см. таблицу 8).

Тогда для зимнего времени третьего периода откорма –

$$V_{\sigma} = \frac{n_{\text{жс. max.}} \cdot G'_{\text{суу}}}{\rho \cdot \psi \cdot I_{\kappa}} = \frac{200 \cdot 26,5}{300 \cdot 0,7 \cdot 3} = 7,65 \text{ м}^3;$$

для зимнего времени первого периода откорма –

$$V_{\sigma} = \frac{225 \cdot 16,2}{330 \cdot 0,7 \cdot 3} = 5,26 \text{ м}^3;$$

для летнего времени третьего периода откорма –

$$V_{\sigma} = \frac{200 \cdot 36,1}{400 \cdot 0,7 \cdot 3} = 8,6 \text{ м}^3;$$

для летнего времени первого периода откорма –

$$V_{\sigma} = \frac{225 \cdot 34,2}{400 \cdot 0,7 \cdot 3} = 9,1 \text{ м}^3.$$

Принимаем объем бункера кормораздающего средства

$$V_{\sigma} = 9,0 \text{ м}^3.$$

Для выполнения всех операций, связанных с кормлением животных, примем полуприцепной измельчитель-смеситель-раздатчик кормов, агрегируемый с трактором МТЗ-80 и загружаемый универсальным погрузчиком, состоящим из трактора МТЗ-80 и фронтального погрузчика ПКУ-0,8, оборудованного дополнительным фрезбарбаном.

Производительность такого фронтального погрузчика составит:

$$Q_n = \frac{3,6l \cdot h_{\phi} \cdot \rho_m \cdot C_m}{\frac{1}{v_o} + \frac{lh_{\phi} \rho_m}{V_{\kappa} \cdot \rho} \cdot \left(\frac{n_1}{v_n} + \frac{L_1}{v_p} + \frac{L_1}{v_{mp}} + t_3 + t_5 \right)} =$$

$$= \frac{3,6 \cdot 1,5 \cdot 3 \cdot 8,00 \cdot 0,8}{\frac{1}{0,7} + \frac{1,5 \cdot 0,3 \cdot 800}{0,8 \cdot 300} \left(\frac{1,5}{0,5} + \frac{10}{1} + \frac{10}{2} + 25 \right)} = 10,5 \text{ т/ч.}$$

При такой производительности погрузчика производительность кормораздающего средства из выражения (10) составит:

$$Q = \frac{3,6 \cdot 0,8}{\frac{1}{9 \cdot 300 \cdot 0,7} + \frac{150}{2} + \frac{7900}{10263 \cdot 5} + \frac{865 \cdot 800}{10263 \cdot 5 \cdot 100} + \frac{1498 \cdot 800}{10263 \cdot 5 \cdot 600} + \frac{80}{1 \cdot 10263}} \approx 7,68 \text{ т/ч.}$$

Количество кормораздающих средств:

$$n = \frac{Q_m}{Q_\phi} = \frac{3,4}{7,68} = 0,442.$$

Принимаем один измельчитель-смеситель-раздатчик кормов с трактором МТЗ-80 и один трактор МТЗ-82 с погрузчиком ПКУ-0.8, оборудованный приспособлением для отбора силосованных кормов.

3. ПРЕДЛОЖЕНИЯ И ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОБИЛЬНЫХ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕЙ-СМЕСИТЕЛЕЙ- РАЗДАТЧИКОВ И СТАЦИОНАРНЫХ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕЙ- СМЕСИТЕЛЕЙ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ И РАЗДАЧИ ПОЛНОРАЦИОННЫХ КОРМОСМЕСЕЙ

Значительный опыт приготовления и раздачи полнорационных кормосмесей накоплен к настоящему времени хозяйствами, которые используют измельчители-смесители-раздатчики кормов. В европейской части России более 800 хозяйств используют агрегаты АКМ-9. Так, различные модификации агрегатов АКМ-9 применяются в ОАО «Элеватор №2» Ефремовского района, СПК «Новопетровский» Каменского района Тульской области; ЗАО «Маслово» Орловского района Орловской области, СПК «Кузитовское» Ардатовского района, хозяйство «Соловьевское» Княгининского района, СПК «Автозаводец» Богородского района Нижегородской области, ООО им. Горького и СХПХ «Воробьевский» Липецкой области, ООО «Россошь-молоко» Воронежской области, СПК «Шихобалово» Владимирской области, СПК «Рассвет» Кукморского района Татарстан, СПК «Двуречье» Кировской области и во многих других.

В России кормораздатчики ИСРК-12 «Хозяин» успешно используются в ФГУП ОПХ Племзавод «Ленинский Путь» (г. Новокубанск), ЗАО племзавод «Победа» и Агрофирма «Нива» Каневского, ЗАО «Агрофирма Кавказ» Тбилисского района Краснодарского края, племколхозе «Россия» Новоалександровского района Ставропольского края, агрофирме «Восток» Шелковского и ООО им. Чапаева Ногинского района Московской области, ЗАО племзавод «Краснотуранский» Краснодарского края, ЗАО «Антоновское» Цимлянского района Ростовской области и многих других.

Кормораздатчик-измельчитель-смеситель КИС-8 применяется в АФП «Нива» Каневского района Краснодарского края.

Зарубежные измельчители-смесители-раздатчики кормов «Де-Лаваль» (Швеция) широко используются в хозяйствах Южного Федерального округа: АФП «Нива» Каневского района Краснодарского края, СПК Племзавод «Заветы Ильича» Азовского района Ростовской области; измельчитель-смеситель-раздатчик кормов SAM-5 «Секо» (Италия) – в АФП «Победа» Каневского района Краснодарского края и др.

Технологические схемы использования раздатчиков-смесителей обуславливаются конкретными условиями хозяйств. В большинстве хозяйств измельчители-смесители-раздатчики по очереди загружаются кормовыми компонентами у каждого хранилища (см. рисунок 15). При этом они перемещаются между хранилищами совместно с погрузочными средствами. В целях сокращения времени перемещения кормового агрегата целесообразно такие кормовые компоненты как концкорма, корнеклубнеплоды,

меласса, шрот и другие добавки сосредоточить в одном месте. В хозяйствах с большим потреблением отходов сахарной промышленности мелассу целесообразно хранить в заглубленном бетонированном хранилище, оборудованном подогревающим устройством и насосом РЗ-30И или НШП-20-59. Из хранилища меласса подается непосредственно в измельчители-смесители-раздатчики через счетчик ИР-11 (рис. 99).

При использовании мобильных измельчителей-смесителей-раздатчиков кормов стационарная часть кормовых линий на молочных фермах размером до 2000 коров и откормочных фермах вместимостью до 3000 скотомест может быть выполнена по схеме, представленной на рисунке 100.

В ней кроме наземных хранилищ грубых, сочных кормов и корнеплодов, предусмотрены: оперативный склад измельченных грубых кормов; бункера для комбикормов типа БСК-10 с высокопроизводительными выгрузными шнеками и пульт управления; дробилка-измельчитель стебельчатых кормов ИСК- 6 (ИРТ-80), фронтальный погрузчик ПКУ-0,8 с приспособлением для отрезания и погрузки силосованных кормов, прицепные измельчители-смесители-раздатчики; оперативный склад для корнеклубнеплодов, мелассы и премиксов. К одному торцу навеса примыкает загрузочный тамбур, выполненный из профилированной стали по металлическому каркасу, для защиты места загрузки концентрированных и грубых кормов от ветра и атмосферных осадков.

Для условий откормочных ферм и комплексов молодняка КРС, где не используются корнеклубнеплоды, предлагается упрощенный вариант технологических линий – без оперативного склада корнеклубнеплодов. В этом варианте бункера концентрированных кормов непосредственно примыкают к загрузочному тамбуру (рис. 101).

Силос (сенаж), грубые корма и корнеклубнеплоды хранятся на территории кормового двора фермы соответственно в наземных траншеях, в скирдах и кагатах, комбикорма – на центральных складах хозяйств.

Технологический процесс приготовления и раздачи кормов на предлагаемых линиях осуществляется следующим образом (рис. 102).

Грубые корма могут обрабатываться по трем схемам: по первой они загружаются в измельчители-раздатчики непосредственно у мест складирования; по второй они самосвальными прицепами 2ПТС-4М транспортируются под навес, расположенный на близком расстоянии от силосной траншеи, откуда загружаются в раздатчики; по третьей – подвезенные грубые корма из-под навеса загружаются в специализированный измельчитель и накапливаются также под навесом, откуда по мере необходимости в измельченном виде загружаются в смесители-раздатчики.

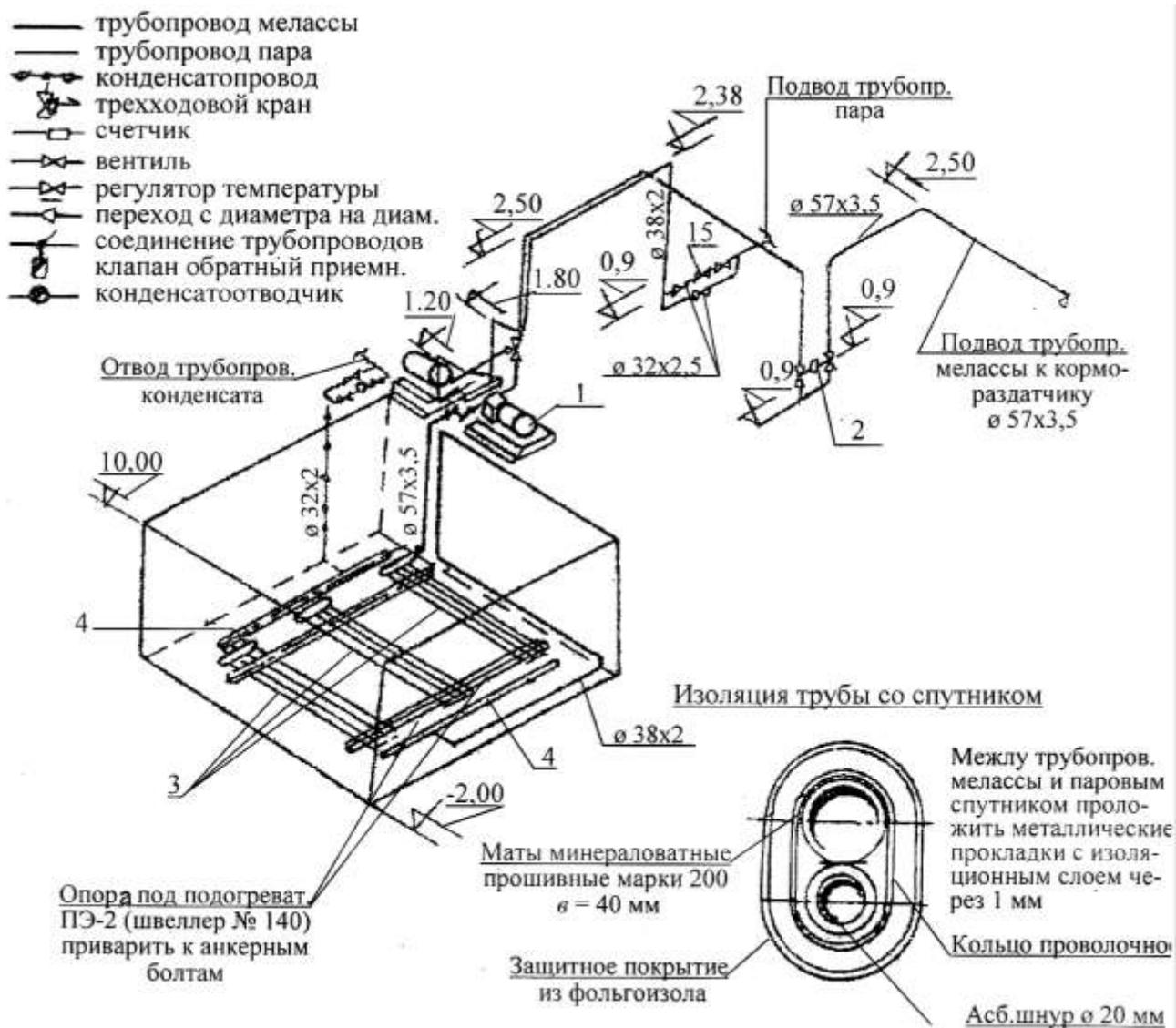


Рисунок 99 – Схема оперативного хранилища мелассы:

1 – шестеренный насос РЗ-30 и $Q = 18 \text{ м}^3/\text{ч}$ $P = 4.2 \text{ кгс/см}^2$ с электродвигателем АО2-51-6 5,5 кВт; 2 – счетчик жидкостный шестеренчатый ШЖ-40 фланцевый; 3 – подогревательный элемент ПЭ-2; $F=2 \text{ м}^2$; 4 – коллектор 108x4с-2320

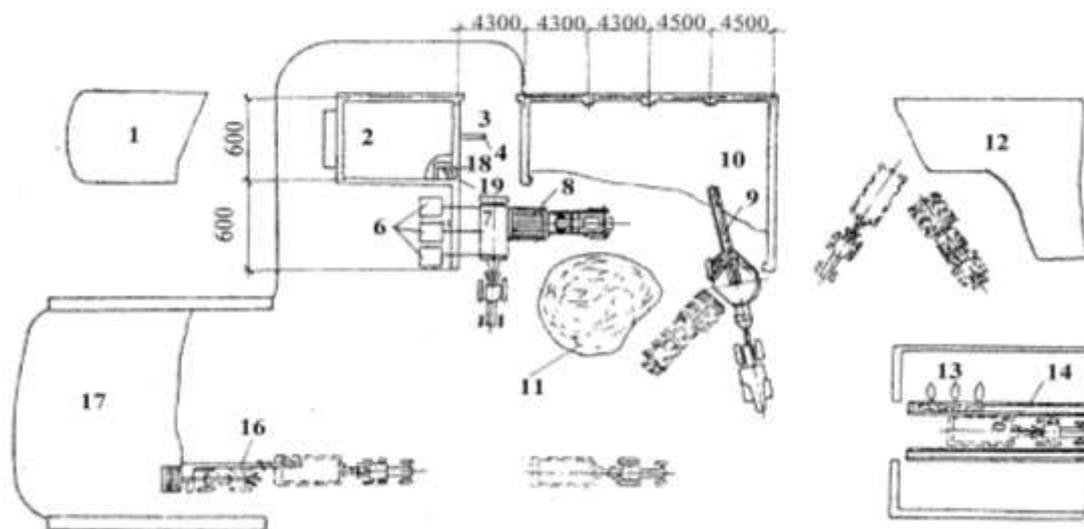


Рисунок 100 – Схема кормовой линии с использованием мобильных измельчителей-смесителей-раздатчиков кормов на крупных молочных и откормочных комплексах: 1 – борт корнеклубнеплодов; 2 – оперативный склад корнеклубнеплодов; 3 – загрузочный тамбур; 4 – загрузочный транспортер корнеклубнеплодов; 5 – оперативный склад измельченных грубых кормов; 6 – бункеры для конькормов БСК-10; 7, 15 – мобильный раздатчик-смеситель кормов; 8 – фронтальный погрузчик ПФ-0,75; 9 – дробилка грубых кормов; 10 – измельченные грубые корма; 11 – стог неизмельченных грубых кормов; 12 – скирда неизмельченных грубых кормов; 13 – помещение для животных; 14 – кормушка; 16 – погрузчик силоса (сенажа); 17 – силосохранилище; 18 – пульт управления; 19 – операторская

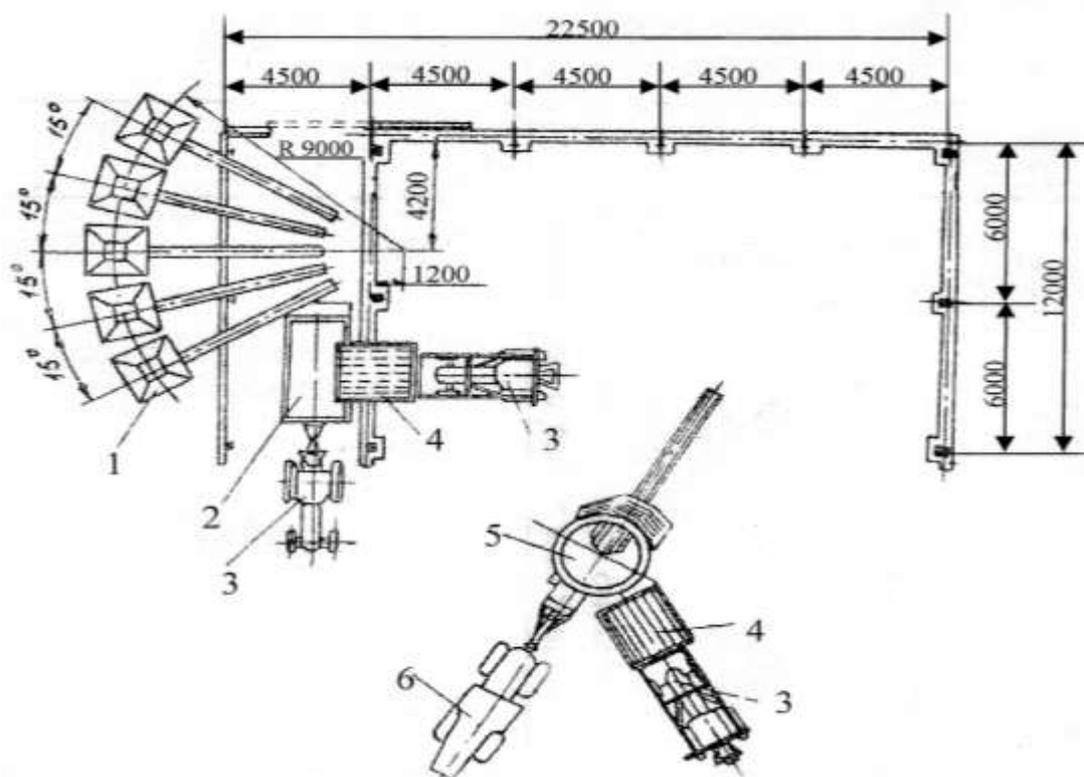


Рисунок 101 – Схема размещения оборудования в упрощенных технологических линиях приготовления и раздачи кормов: 1 – бункер конькормов БСК-10 (БК-10); 2 – раздатчик-смеситель кормов; 3 – трактор МТЗ-80; 4 – погрузчик фронтальный ПФ-0,5 (ПКУ-0,8); 5 – дробилка грубых кормов; 6 – трактор Т-150К



Рисунок 102 – Технологическая схема приготовления и раздачи кормосмесей на крупных фермах КРС:

1 – бункер комбикормов; 2 – шнек выгрузной; 3 – прицепной кормораздатчик; 4 – фронтальный погрузчик; 5 – навес; 6 – дробилка грубых кормов ИРТ-165; 7 – неизмельченная солома; 8 – телятник; 9 – пульт управления; 10 – погрузчик ПЭ-0,8; 11 – силосохранилище; 12 – корнеклубнехранилище с транспортером-питателем ТК-5Б и измельчителем-камнеуловителем ИКМ-5

Комбикорма (концкорма) из общехозяйственного склада загрузчиком ЗСК-10 подвозят и загружают в бункера БСК-10, выгрузка комбикормов из бункеров осуществляется наклонным винтовым конвейером.

Силос грузится в кормораздатчики-смесители непосредственно у мест складирования с помощью погрузчиков ПКУ-0,8 с приспособлением для отрезания массы от монолита.

Шроты, МВД и другие добавки загружаются в бункер вручную из мешков или ведер по весу.

Последовательность приготовления кормосмесей следующая. Измельчитель-смеситель-раздатчик подъезжает к наземным хранилищам и загружается силосом или сенажом. Затем он переезжает в загрузочный тамбур, где заполняется грубыми и концентрированными кормами, корнеклубнеплодами и другими добавками. Во время переездов кормораздатчика к животноводческим помещениям кормовые компоненты тщательно перемешиваются. При подъезде к кормушкам водитель опускает направляющий лоток в рабочее положение (на агрегатах, в которых он имеется) и распределяет кормосмесь вдоль фронта кормления животных.

Заслуживает внимания опыт приготовления и раздачи кормов в бывшем колхозе им.Ленина Новомосковского района Тульской области, в котором раздатчики-смесители использовали как на загрузке кормосмеси в торцах коровников на стационарные кормораздатчики, так и для работы на «склад» с последующей раздачей готовой кормосмеси кормораздатчиками КТУ-10 (рис.103). Это не потребовало дополнительных капвложений на внедрение технологической линии.

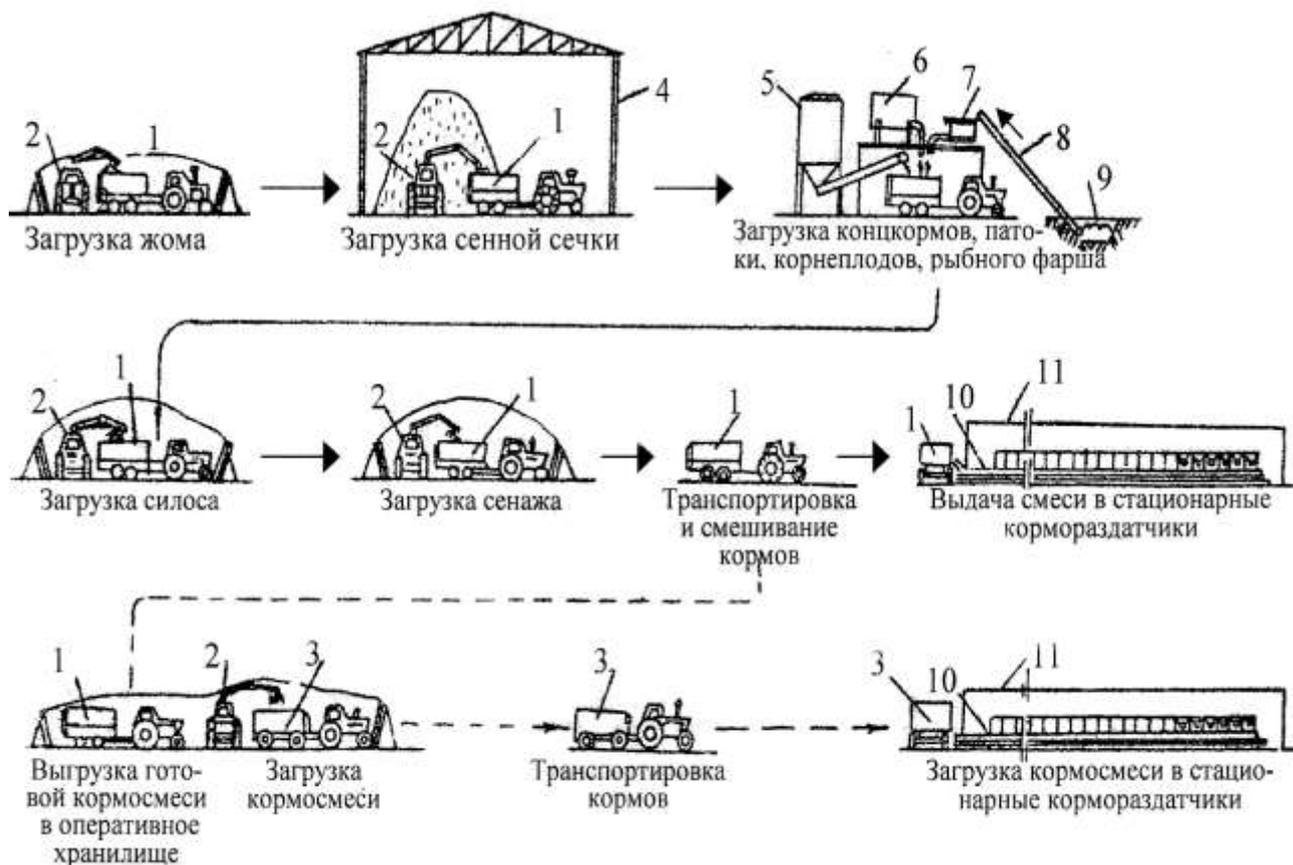


Рисунок 103 – Схема технологической линии приготовления и раздачи кормосмеси на молочном комплексе колхоза им.Ленина Новомосковского района Тульской области:

- 1 – раздатчик-смеситель; 2 – погрузчик ПЭ-0,8Б; 3 – кормораздатчик КТУ-10; 4 – крытое хранилище; 5 – бункер для концентрированных кормов с питателем; 6 – емкость для патоки с дозатором; 7 – измельчитель; 8 – транспортер; 9 – приемный бункер для корнеплодов и рыбы; 10 – стационарный ленточный кормораздатчик; 11 – здание молочной фермы

В этом хозяйстве с помощью раздатчиков РСР-10 ранее готовили полнорационную смесь из силоса, сенажа, соломы и сена, корнеклубнеплодов, комбикормов, патоки, жомов, рыбы для 1000 голов.

Хранилища грубых и сочных кормов на ферме расположены в непосредственной близости друг от друга и представляют собой наземные траншеи с силосом, сенажом и жомом, а также крытое хранилище с сенной сечкой. Погрузка всех указанных компонентов обеспечивается одним погрузчиком ПЭ-0,8Б (ПКУ-0,8), переезжающим с одного места погрузки на другое.

В ранее построенном помещении кормоцеха упрощенного типа расположены емкость для патоки 7 м^3 с насосом и объемным порционным дозатором; бункер для комбикормов с загрузочным шнеком, приемные бункера для корнеклубнеплодов и рыбы с цепочно-планчатыми транспортерами.

Все загрузочные устройства подняты на высоту, позволяющую проезжать под ними трактору с раздатчиком-смесителем. Технологический процесс осуществляется следующим образом (см. рис.103).

Раздатчик-смеситель подъезжает к траншее с жомом, где его загружает погрузчик ПЭ-0,8Б (ПКУ-0,8)2. Далее раздатчик и погрузчик переезжает в хранилище, где осуществляется загрузка сенной сечкой. С этими компонентами раздатчик переезжает в кормораздаточное отделение и загружается комбикормами, патокой, корнеплодами и рыбным фаршем.

Затем раздатчик-смеситель возвращается к силосным и сенажным траншеям и тем же погрузчиком в него загружают силос и сенаж. В ходе загрузки корма перемешиваются. Далее процесс выдачи готовой кормосмеси осуществляется по двум вариантам.

В первом варианте раздатчиком-смесителем она доставляется в тамбурную часть коровников 11 и выдается на ленточный стационарный транспортер 10. Во втором варианте кормосмесь загружается на свободную площадку в силосной траншее, постепенно накапливая ее. После того, как приготовлен необходимый объем на весь комплекс, тем же погрузчиком кормосмесь перегружают в кормораздатчики КТУ-10, перевозят к коровникам и выдают на стационарные кормораздатчики.

Такой вариант использования раздатчиков-смесителей оправдывается только при многокомпонентном рационе.

Выбор технологии приготовления и раздачи кормов зависит от многих факторов. Так, технико-экономическими расчетами установлено, что наиболее эффективными являются линии с мобильными измельчителями-смесителями-раздатчиками кормов. Однако на фермах, где отсутствуют дороги с твердым покрытием, использовать тяжелые раздатчики-смесители в плохих дорожных условиях затруднено. Не всегда их можно применять также на фермах с узкогабаритными помещениями и в хозяйствах, у которых нет возможности переоборудовать животноводческие помещения. В таких случаях корма можно готовить в смесителях, уста-

новленных стационарно, а готовые смеси распределять по кормушкам специализированными раздатчиками типа КТУ-10.

В этих условиях для существующих ферм на 200-600 голов можно рекомендовать простейшие кормоприготовительные отделения с использованием мобильных средств загрузки в стационарные смесители (рис. 104).

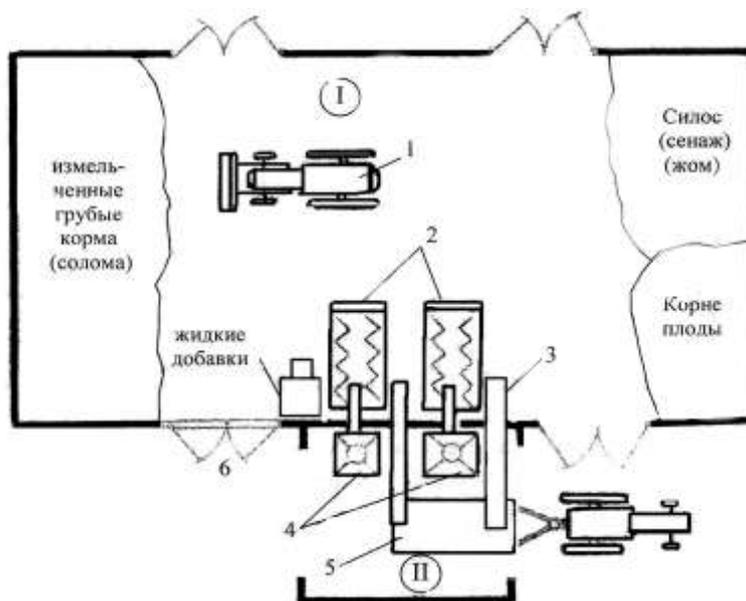


Рисунок 104 – Схема простейшего кормоприготовительного отделения на базе стационарного смесителя кормов СКС-Ф-10:

- I – помещение легкого типа; II – проездной тамбур; 1 – погрузчик; 2 – стационарный смеситель СКС-Ф-10; 3 – отгрузной транспортер ТС-40М; 4 – бункер концентратов БСК-10 (БК-15) с модернизированным шнеком; 5 – мобильный кормораздатчик КТУ-10; 6 – смеситель мелассы с карбамидом СМ-1,7

Компоненты рациона подвозятся заблаговременно.

Работа кормоприготовительного отделения осуществляется следующим образом. Вначале включается смеситель, затем в него поочередно строго по весу подают кормовые компоненты. После загрузки все компоненты в течение 3-5 минут перемешивают, затем открывают выгрузное окно и готовую кормосмесь перегружают в транспортные средства.

По такой схеме организовано приготовление кормосмесей в хозяйстве «Заворово» в Подмоскowie. В этом хозяйстве зарубежный измельчитель-смеситель-раздатчик установлен стационарно в здании бывшего кормоцеха, переведен на электропривод мощностью 50 кВт и оборудован дополнительным выгрузным транспортером /20/. Все работы по приготовлению и раздаче кормов выполняют три механизатора: один – на фронтальном погрузчике, второй – на тракторе с прицепом подвозит силос, концентрата, сено, солому, картофель и выгружает их в отдельные отсеки, разделенные

перегородками; третий – на тракторе МТЗ-80 с мобильным кормораздатчиком КТУ-10А.

По такой же схеме организовано кормление животных полнорационными кормосмесями на молочно-товарной ферме ЗАО Агрофирма «Аксайский» Аксайского района Ростовской области и др. В этом хозяйстве коровы содержатся на привязи в типовых коровниках на 200 голов каждый. При внедрении технологии кормления животных полнорационными кормосмесями сохранили раздачу их мобильным раздатчиком КТУ-10А. Для приготовления кормосмеси используется измельчитель-смеситель-раздатчик кормов фирмы Де Лаваль «Оптимикс», который совместно с трактором установлен около здания бывшего кормоцеха, одна стенка которого выполняет функции подпорной стенки (рис. 105).

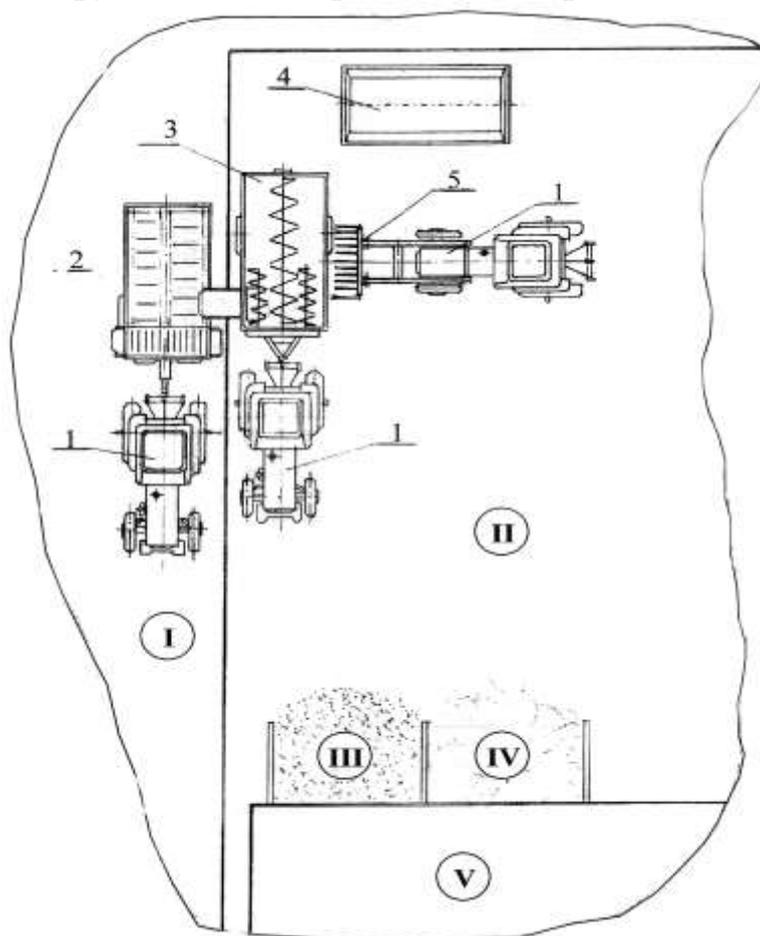


Рисунок 105 – Схема размещения оборудования в технологической линии приготовления и раздачи кормов в ЗАО Агрофирма «Аксайский» Аксайского района Ростовской области:

1 – трактор МТЗ-80(82); 2 – кормораздатчик КТУ-10; 3 – измельчитель-смеситель-раздатчик кормов «Оптимикс» фирмы Де Лаваль; 4 – ларь с крышкой для концкормов; 5 – фронтальный погрузчик ПКУ-0,8 или ПЭ-0,8Б

Площадка с кормоцехом в силу рельефа местности приподнята над рядом расположенным проездом. Вследствие этого выгрузка кормосмесей из смесителя обеспечивается непосредственно в кормораздатчик КТУ-10 без дополнительного транспортера.

Агрегат «Оптимикс» используется совместно с трактором МТЗ-80 только на стационаре. Все кормовые компоненты, в том числе силос, грубые корма, комбикорма заблаговременно подвозятся прицепами 2ПТС-4 на площадку, откуда погрузчиком загружаются в агрегат. В процессе эксплуатации было выявлено, что агрегат «Олимпикс» медленно измельчает рулоны сенажа в пленочной упаковке. Поэтому перед смешиванием рулоны сенажа предварительно измельчаются на измельчителе рулонов ИРК-145 «Бобруйскагромаш» в хранилище рулонов. Концкорма подвозятся прицепами 2ПТС-4 и выгружаются в ларь с крышкой, откуда вручную загружаются в агрегат для смешивания. В дальнейшем планируется механизировать этот процесс.

4. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ И РАЗДАЧИ КОРМОВ

Экономическая эффективность принятой технологии определяется по методике /9/.

Исходные данные для расчета экономической эффективности некоторых технологий и машин приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Исходные данные для расчета экономической эффективности некоторых технологий и комплектов машин

Наименование машин и оборудования	Масса, кг	Цена с НДС, тыс.руб. (на 01.10.06)	Удельный расход топлива, кг/ч	Потребная мощность, кВт	Производительность, т/ч
1	2	3	4	5	6
Тракторы:					
Т-30	2270	210	3-7		
МТЗ-80	3345	438	8-14		
МТЗ-82	3555	484	8-14		
Кормораздатчики:					
КТУ-10 (РКТ-10)	2127	149	9		5...10
КТП-10	2127	149	9		5...10
КТ-6	1370	125,5	7		3...7
Прицепной раздатчик-смеситель кормов ИСРК-12 «Хозяин»	3800	990	10,5 (с МТЗ-80)		5...10
Агрегат кормовой многофункциональный АКМ-9	3150	550	10,0 (с МТЗ-80)		5...10
Полуприцепной измельчитель-смеситель-раздатчик кормов и подстилки SOLOMIX-1000 VL	3500	1300	10,5 (с МТЗ-80)		5...10
Электронные весы к раздатчикам-смесителям		70,0... ...91,2			
Тракторные прицепы:					
2ПТС-4 (ГКБ-887Б)	1700	61,0	9,5 (с МТЗ-80)		5...10
1ПТС-2,5 (ГКБ-95011)	805	45,0	5,0 (с Т-30)		3...8

Продолжение табл.14

1	2	3	4	5	6
Погрузчики: ПКУ-0,8-0,3 ПЭ-0,8Д	908 1890	90,0 190,0	8,0 (с МТЗ-80) 8,0 (с ЮМЗ-6)		5...13 5...15
Кормоуборочные комбайны: КСД-2,0 (Рось-2) КИР-1,5 Е-281 (б/у)	2000 810 8600	150,0 58,8 595,0	13,0 (с МТЗ-80) -«- 15,0		до 35 до 38 12...35
Измельчители: универсальный измельчитель грубых кормов в тюках и рулонах конструкции СКНИИМЭСХ измельчители рулонов грубых кормов: ИРК-145 ИРК-180	2500 1150 1950	400,0 284 432,5	 13,0 (с МТЗ-80) 14,0 (с МТЗ-80)	75,0	4...6
Прицепной раздатчик сыпучих кормов	1300	150,0	8,0		4...10
Бульдозер навесной БН-Ф-2,5 конструкции ВНИПТИМЭСХ	250	30,0	8,0		14...20
Бульдозер навесной резиновый БНР-Ф-2,3 конструкции ВНИПТИМЭСХ	200	15,0	8,0		13...18

В целях выявления экономической эффективности перспективных технологий кормления животных по программе, разработанной во ВНИПТИМЭСХ в соответствии с методикой МСХ России (1998 г.), применительно к откормочным фермам молодняка крупного рогатого скота в возрасте от 6 до 18 месяцев размером 250-2000 голов и молочным фермам размером 200-2000 коров был проведен расчет технико-экономических показателей следующих технологий:

- **в первой технологии** предусмотрено поочередное скармливание кормовых компонентов, при этом силосованные и зеленые корма в летний период раздаются с помощью кормораздатчиков типа КТУ-10, остальные корма (неизмельченные грубые, концорма, корнеплоды и др.) выдаются вручную;

- **во второй технологии** все корма выдаются поочередно механизированным путем: силос и зеленая масса – кормораздатчиком КТУ-10, концорма – самозагружающимся навесным раздатчиком, сено – измельчителем-раздатчиком рулонированных кормов ИРК-1,8;

- **третья технология** предусматривает круглогодичное кормление животных сенажом из трав, заготовленных в виде рулонов в пленочной упаковке, с помощью раздатчика-измельчителя ИРК-1,8, концорма выдается самозагружающимся навесным раздатчиком;

- **в четвертом варианте** осуществляется круглогодичное однотипное кормление животных полнорационными кормосмесями из консервированных кормов измельчителем-смесителем-раздатчиком кормов АКМ-9;

- **в пятом варианте** при такой же технологии кормления, как и во втором, используется агрегат АКМ-9, но рулонированные стебельчатые корма предварительно измельчаются измельчителем-раздатчиком ИРК-1,8;

- **в шестом варианте** круглогодичное однотипное кормление животных консервированными кормами производится с помощью измельчителя-смесителя-раздатчика кормов «Оптимикс» (Швеция) с загрузчиком силосованных кормов.

Внесение подстилки во второй, третьей и пятой технологиях осуществляется с помощью измельчителя-раздатчика рулонированных кормов ИРК-1,8, в четвертой технологии – агрегатом АКМ-9, в первой технологии подстилка доставляется в помещение прицепом 2ПТС-4 и вручную разравнивается по логовам.

Содержание животных на откормочных фермах принято беспривязное, на молочных фермах - привязное с доением коров в молокопровод АДМ-200.

Остальные технологические процессы во всех технологиях осуществляются одними техническими средствами, приведенными в таблицах 15 и 16.

Результаты расчета применительно к откормочной ферме размером 500 голов и молочной ферме на 400 коров представлены в таблицах 17-20.

Некоторые сводные технико-экономические показатели технологий откорма молодняка КРС и производства молока на фермах разных размеров приведены на рисунках 106-109.

Из таблиц 17-20 и рисунков 106-109 видно, что применение импортных кормовых агрегатов «Оптимикс» (Швеция) не дает экономических преимуществ.

ществ в сравнении с отечественными агрегатами аналогичного назначения, а на откормочных фермах размером до 250 голов приносит убыток даже в сравнении с традиционной технологией поочередного скармливания кормовых компонентов и применением ручного труда (первой технологией). Это объясняется высокой стоимостью их и низкой оплатой труда на наших фермах.

Совершенствование традиционной многокомпонентной технологии с поочередным скармливанием кормов в части механизации раздачи концентратов и неизмельченных грубых кормов экономически выгодно на фермах размером более 250 голов молодняка КРС или 200 коров.

Из таблиц 17-20 и рисунков 106-109 видно также, что наименьшие эксплуатационные затраты, металлоемкость, затраты труда, капиталовложения и энергоемкость имеет третья технология с малокомпонентным сенажно-концентратным типом кормления животных с использованием измельчителя-раздатчика сенажа в рулонах с пленочной оболочкой. Затраты труда в этой технологии в сравнении с технологией, предусматривающей круглогодичный однотипный многокомпонентный тип кормления животных с помощью многофункционального агрегата АКМ-9, ниже на 14-33% на откормочных фермах и на 12-14% на молочных фермах в зависимости от размера ферм, а в сравнении с базовой первой технологией – на 26-225%. Однако вследствие высокой стоимости сенажа в рулонах с пленочным покрытием, вызванной большой стоимостью комплекса машин для его заготовки (свыше 2 млн.руб.), чистая прибыль в сравнении с технологиями, предусматривающими кормление животных сбалансированными кормосмесями, уменьшается, но незначительно (10-13%), причем наибольшее снижение годового экономического эффекта имеет место на молочных фермах.

Поэтому можно считать, что технология с малокомпонентным типом кормления животных сенажом из бобовых трав или злакобобовой смеси, заготовленным в рулонах с пленочным покрытием, является наиболее высокоэффективной на откормочных фермах. Вместе с тем эта технология позволит ускорить возрождение животноводства в слабых хозяйствах, так как не требует больших капитальных вложений на строительство дорогостоящих хранилищ, а также в зонах, в которых системы кормопроизводства не могут быть ориентированы на высокопродуктивные кормовые культуры, такие как кукуруза, кормовые корнеплоды (засушливые зоны Северного Кавказа и др.).

Таблица 15 - Технологическая карта производства работ на откормочной ферме. Технология – 4

Операции и оборудование	Производительность, т/ч	Объем работ, т	Время работы, ч	Кол-во агрегатов	Зарплата, руб.	Расход электроэнергии, кВт-ч	Стоимость электроэнергии, руб.	Уд. расх. топлива, кг/ч	Топливо		Масло		Загра-ты на ГСМ, руб.
									Расход, кг	Ст-ть, руб.	Расход, кг	Ст-ть, руб.	
1. Доставка концентрированных кормов МТЗ-80 + ГКБ-887 Б	8	605	76		1172			8,5	643	5142	36	900	6042
2. Погрузка силосованных кормов МТЗ-80 + ПКУ-0,8	13	2884	222		3438			10	2218	17745	124	3105	20850
3. Погрузка грубых кормов МТЗ-80 + ПКУ-0,8	2	316	158		2447			9,5	1500	11998	84	2100	14097
4. Погрузка комбикорма ЗСП-60	30	605	20		313	89	195,2						
5. Транспортировка и раздача кормосмеси МТЗ-80 + АКМ-9	7,5	3804	507		7862			13	6594	52752	369	9232	61983
6. Погрузка подстилки МТЗ-80 + ПКУ-0,8	3	450	150		2325			9,5	1425	11400	80	1995	13395
7. Транспортировка и внесение подстилки МТЗ-80 + АКМ-9	2	450	225		3488			13	2925	23400	164	4095	27495
8. Уборка навоза из помещений и транспортировка в хранилище МТЗ-80+ПКУ-0,8+БН-Ф-2,3-2	18	3650	203		3143			13	2636	21089	148	3691	24779
9. Подъем воды ВУ-16-28А (3 кВт)	7	7117,5	-	1	-	3050	6711	-	-	-	-	-	-
10. Хранение воды БР-15	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11. Поение животных холодной водой 9 мес. теплой водой 3 мес. (5х1кВт) АК-4Б		5338				10800	23760						
12. Ветсанобработка лечения животных		1779	850	5	13175								
ИТОГО			2410		37362	13939	30666		17941	143525	1005	25117	168642

Таблица 16.- Технологическая карта производства работ на молочной ферме 400 голов. Технология – 4

Операции и оборудование	Производительность, т/ч	Объем работ, т	Время работы, ч	Кол-во агрегатов	Зарплата, руб.	Расход электроэнергии, кВт-ч	Стоимость электроэнергии, руб.	Уд. расх. топлива, кг/ч	Топливо		Масло		Заплаты на ГСМ, руб.
									Расход, кг	Ст-ть, руб.	Расход, кг	Ст-ть, руб.	
1. Доставка концентрированных кормов МТЗ-80 + ГСБ-887 Б	8	365	46		821			8,5	388	6205	22	869	7074
2. Погрузка силосованных кормов МТЗ-80 + ПКУ-0,8	13	1898	146		2628			10	1460	23360	82	3270	26630
3. Погрузка грубых кормов и подстилки МТЗ-80 + ПКУ-0,8	2	482	241		4338			9,5	2290	36632	128	5128	41760
4. Погрузка комбикорма ЗСП-60	30	365	12		219	54	118						
5. Транспортировка и раздача кормосмеси МТЗ-80 + АКМ-9	7,5	2628	350		6307			13	4555	72883	255	10204	83087
6. Погрузка подстилки МТЗ-80 + ПКУ-0,8	3	190	63		1140			9,5	602	9627	34	1348	10974
7. Транспортировка и внесение подстилки МТЗ-80 + ГСБ-887 Б	1,6	190	119		2138			8,5	1009	16150	57	2261	18411
8. Распределение подстилки вручную	1	190	190		3420	5541	12190						
9. Уборка навоза ТСН-160	4	4015	504	2	9067								
10. Транспортировка в хранилище МТЗ-80+ГСБ-887 Б	45	4015	89		1606			8,5	758	12134	42	1699	13833
11. Очистка корм. проходов МТЗ-80+БН-Ф-2,3-2	20	131	7		118			10	66	1051	4	147	1198
12. Доеение коров, гол/ч АДМ-8А-200 ВИЭСХ	100	1000	1200	1	86400	12600	27720						
13. Охлажд., хранение молока РОЗ-5,0	-		1460	1	1314	9490	20878						
14. Подъем воды ВУ-16-28А	7	2847		1		1220	2684						
15. Хранение воды БР-15				1									
16. Поение животных АК - 4Б		2847	340	5	5270	4320	9504						
17. Ветсанобработка животных			4767		124786	33224	73094						
ИТОГО					124786	33224	73094		11128	178042	623	24926	202968

Таблица 17 - Удельные экономические показатели. Откормочная ферма 500 гол

Наименование	1 вариант			2 вариант			3 вариант		
	Всего	на 1 гол	на 1 ц привеса	Всего	на 1 гол	на 1 ц привеса	Всего	на 1 гол	на 1 ц привеса
Эксплуат. затрат, руб	583514	1167	382	681588	1363	446	346290	693	227
Капиталовложения, руб	3109775	6220	2036	3278525	6557	2147	3022025	6044	1979
Себестоимость, руб	3357156	6714	2198	3329776	6660	2180	3117776	6236	2041
Металлоёмкость, кг	16500,0	33,0	10,8	18600	37,2	12,2	13695	27,4	9,0
Затр. энергоресурсы,руб	229753	459,5	150,4	271982	544,0	178,1	127422	254,8	83,4
Затраты труда, чел*ч	4760	9,5	3,1	4877	9,8	3,2	2674	5,3	1,8

Наименование	4 вариант			5 вариант			6 вариант		
	Всего	на 1 гол	на 1 ц привеса	Всего	на 1 гол	на 1 ц привеса	Всего	на 1 гол	на 1 ц привеса
Эксплуат. затрат, руб	539571,9	1079,1	332,1	540091	1080,2	332,4	809237	1618,5	498,1
Капиталовложения, руб	3334775,0	6669,6	2052,5	3447275	6894,6	2121,8	4291025	8582,1	2641,1
Себестоимость, руб	3248492,2	6497,0	1999,4	3237107	6474,2	1992,4	3583264	2205,5	2205,5
Металлоёмкость, кг	14750	29,5	9,1	17050	34,1	10,5	18000	36,0	11,1
Затр. энергоресурсы,руб	199308	398,6	122,7	168788	337,6	103,9	192690	385,4	118,6
Затраты труда, чел*ч	3435	6,9	2,1	3545	7,1	2,2	3757	7,5	2,3

Таблица 18 - Экономические показатели производства говядины на ферме 500 гол

Показатели	1 вариант	2 вариант	3 вариант	4 вариант	5 вариант	6 вариант
Себестоимость, руб.	3357156	3396372	3211309	3248492	3237107	3583264
Выручка от реализации						
скота живым весом (без НДС)	4276227	4361751	4404514	4549178	4549178	4549178
Балансовая прибыль, руб	919071	965380	1193205	1300685	1312070	965913
Налог от балан. приб., руб	275721	289614	357961	390206	393621	289774
Налог от валовой, руб	427623	436175	440451	454918	454918	454918
Чистая прибыль, руб.	215727	239591	394792	455562	463531	221222
Норма прибыли, %	6,4	7,1	12,3	14,0	14,3	6,2
Годовой экономический эффект, руб	в сравнении с 1 вар					
		23863	179064,8	226065,1	234034,6	-8275,4

Таблица 19-Экономические показатели производства молока на ферме 400 гол

Показатели	1 вариант	2 вариант	3 вариант	4 вариант	5 вариант	6 вариант
Себестоимость, руб.	3541873	3389155	3306700	3633363	3655821	3805772
Выручка от реализации						
молока (без НДС)	5000000	5000000	5000000	5400000	5400000	5400000
Балансовая прибыль, руб	1458127	1610845	1693300	1766637	1744179	1594228
Налог от балан. приб., руб	437438	483253	507990	529991	523254	478268
Налог от валовой приб., руб	500000	500000	500000	540000	540000	540000
Чистая прибыль, руб.	520689	627591	685310	696646	680925	575960
Норма прибыли, %	14,7	18,5	20,7	19,2	18,6	15,1
Годовой экономический эффект, руб	в сравнении с 1 вар					
	106902	164621	175957	160236	55271	

Таблица 20 - Удельные экономические показатели. Молочная ферма 400 коров

Наименование	1 вариант			2 вариант			3 вариант		
	Всего	на 1 гол	на 1 ц молока	Всего	на 1 гол	на 1 ц молока	Всего	на 1 гол	на 1 ц молока
Эксплуат. затраты, руб	1062894	5314	106	1021785	5109	102	778847	3894	72
Капиталовложения, руб	3913855	19569	391	3913105	19566	391	3729355	18647	345
Себестоимость, руб	3541873	17709	354	3322701	16614	332	3210388	16052	297
Металлоёмкость, кг	24157,0	120,8	2,4	18507	92,5	1,9	21552	107,8	2,0
Затр. энергоресурсов,руб	306667	1533,3	30,7	277296	1386,5	27,7	163036	815,2	15,1
Затраты труда, чел*ч	9010	45,1	0,9	9155	45,8	0,9	7691	38,5	0,7

Наименование	4 вариант			5 вариант			6 вариант		
	Всего	на 1 гол	на 1 ц молока	Всего	на 1 гол	на 1 ц молока	Всего	на 1 гол	на 1 ц молока
Эксплуат. затраты, руб	1030673,9	5153,4	95,4	1079849	5399,2	100,0	1209767	6048,8	112,0
Капиталовложения, руб	4200729,7	21003,6	389,0	4369480	21847,4	404,6	4853230	24266,1	449,4
Себестоимость, руб	3633363,4	18166,8	336,4	3655821	18279,1	338,5	3805772	19028,9	352,4
Металлоёмкость, кг	22407	112,0	2,1	24707	123,5	2,3	23357	116,8	2,2
Затр. энергоресурсов,руб	276062	1380,3	25,6	246343	1231,7	22,8	276948	1384,7	25,6
Затраты труда, чел*ч	8295	41,5	0,8	8542	42,7	0,8	8102	40,5	0,8

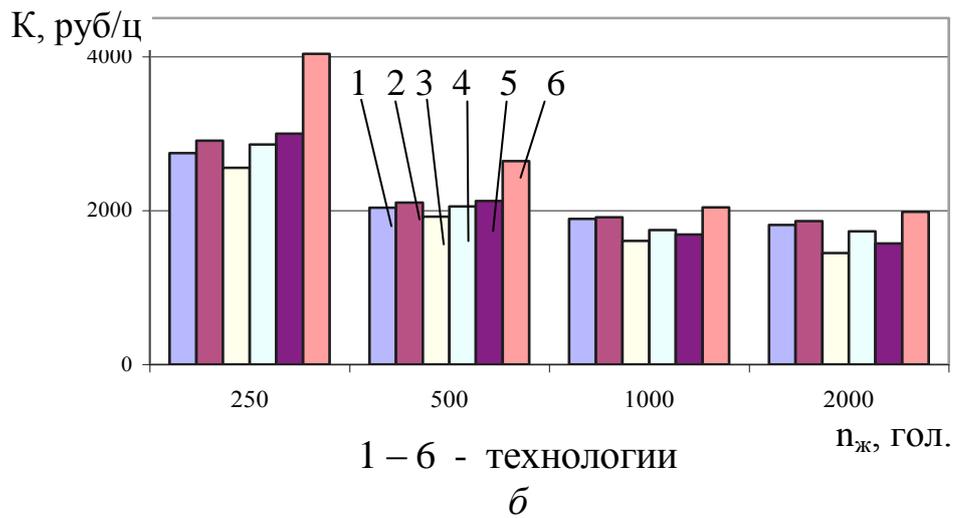
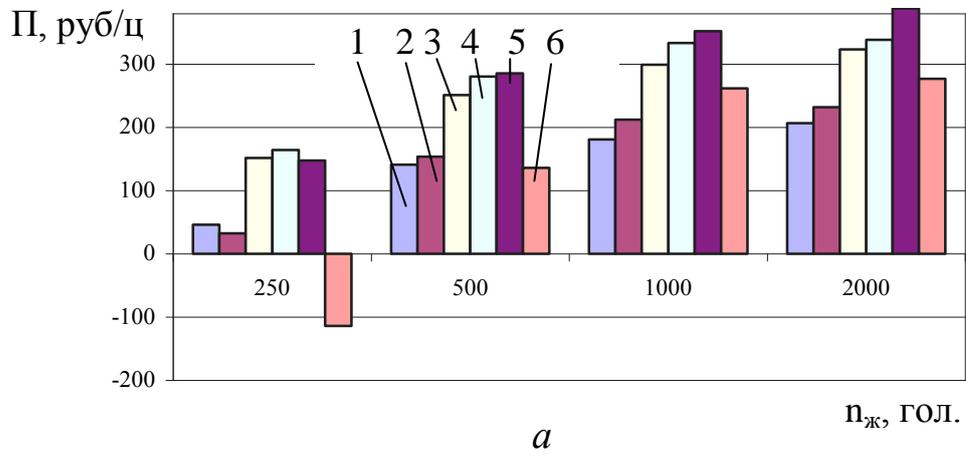
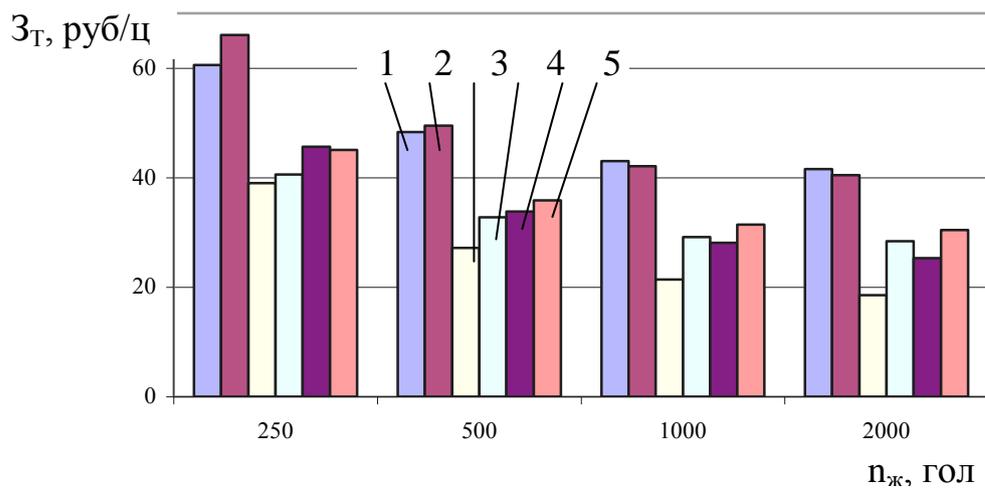
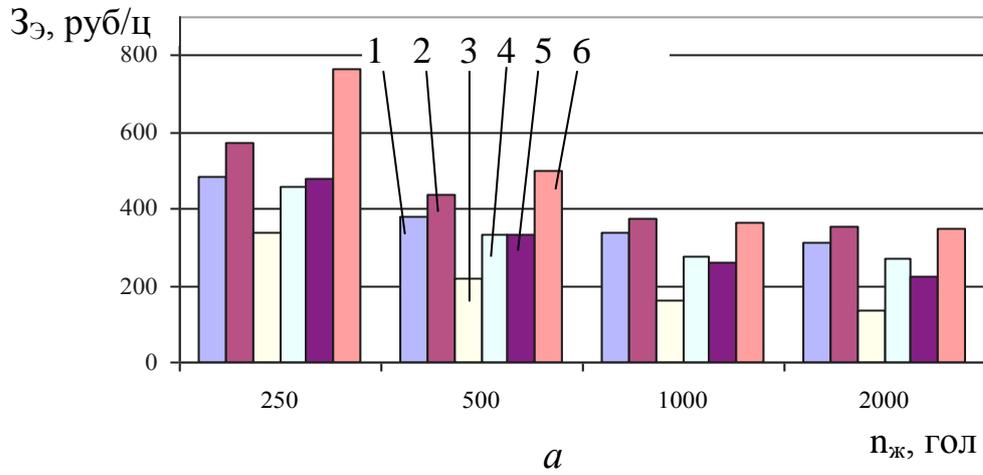


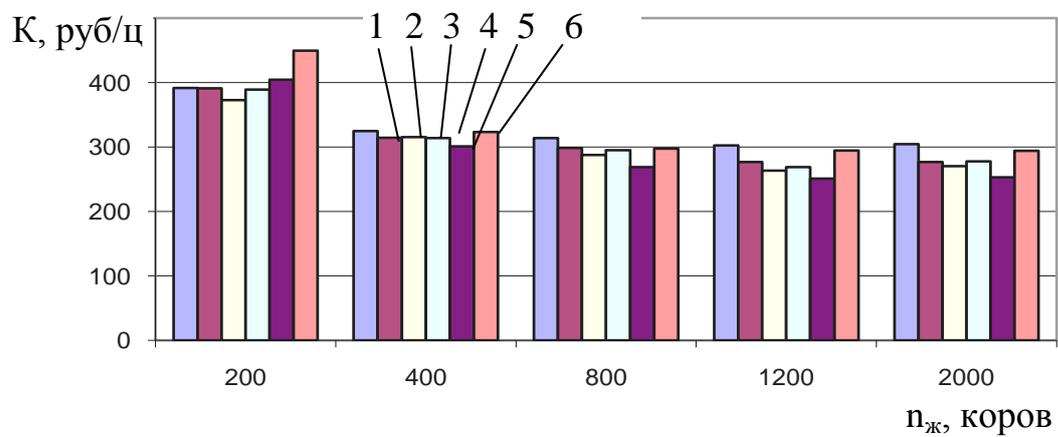
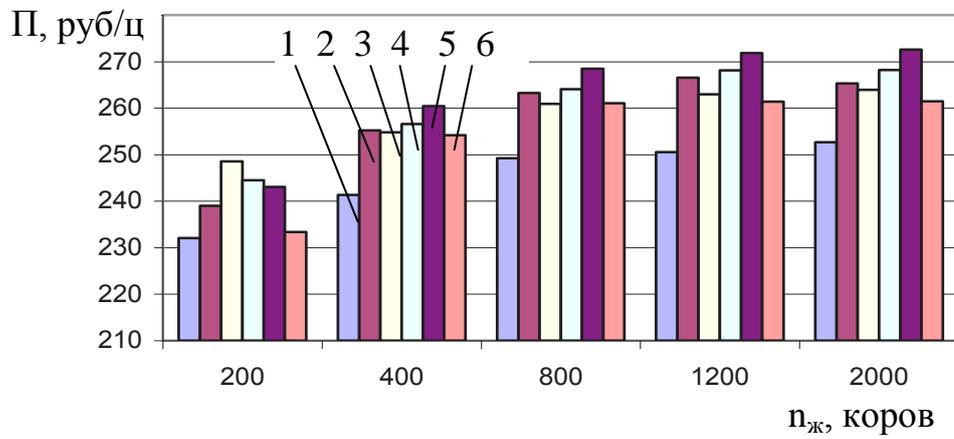
Рисунок 106 - Зависимость чистой прибыли П (*a*) и капиталовложений К (*б*) от размера ферм при различных технологиях откорма молодняка КРС



1 – 6 – технологии

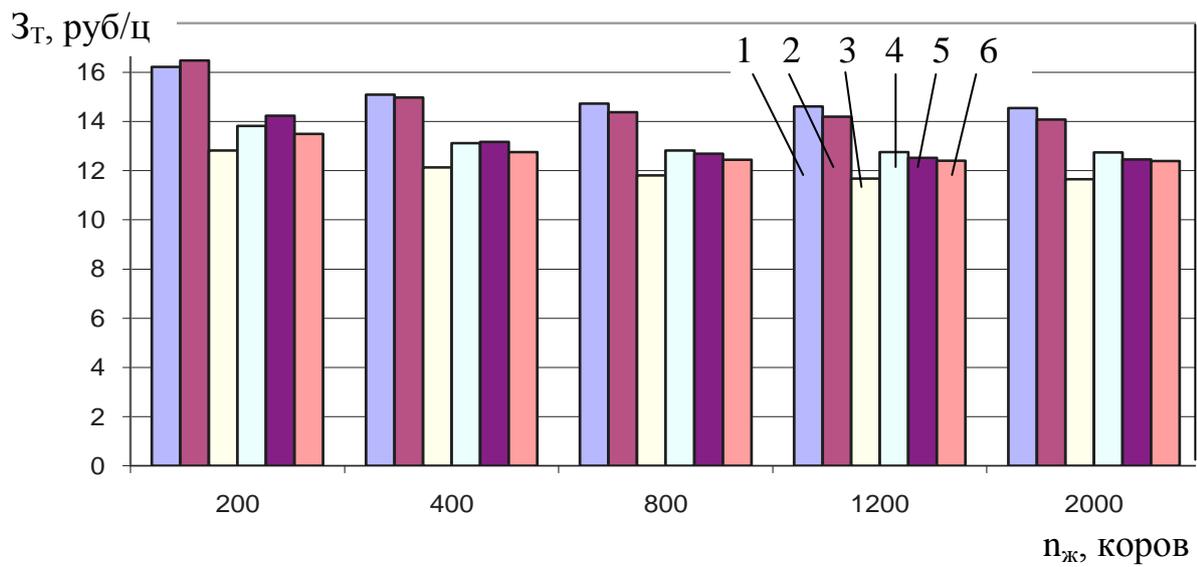
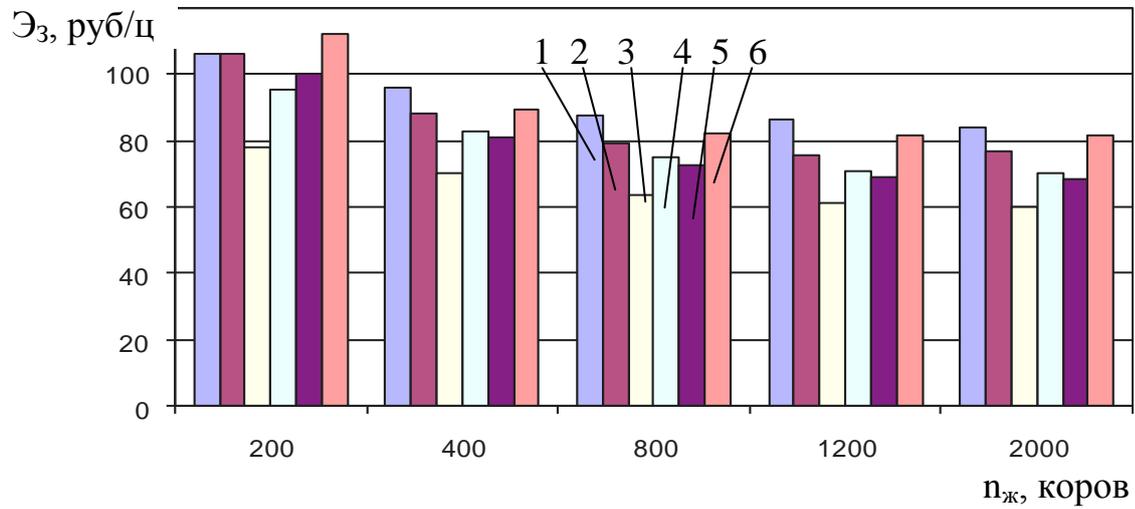
б

Рисунок 107 - Зависимость эксплуатационных затрат $Z_{\text{э}}$ и затрат на оплату труда от размера ферм при различных технологиях откорма



1 – 6 - технологии

Рисунок 108 - Зависимость чистой прибыли Π и капиталовложений K от размера молочных ферм при различных технологиях кормления коров



1-6 – технологии

Рисунок 109 - Зависимость эксплуатационных затрат Эз и затрат на оплату труда Зт от размера молочных ферм при различных технологиях кормления коров

Наибольший экономический эффект достигается при использовании четвертой и пятой технологий с дифференцированным кормлением животных полноценными кормосмесями с помощью измельчителей-смесителей-раздатчиков кормов. В сравнении с традиционной первой технологией с поочередным скармливанием кормовых компонентов годовой экономический эффект на откормочных фермах составляет 95-860 тыс.руб., на молочных фермах 300-4171 тыс.руб. в зависимости от размера ферм.

При этом на фермах размером свыше 500 голов, на которых используются рулонированные грубые корма, и прежде всего, сенаж, измельчители-смесители-раздатчики целесообразно использовать совместно со специальными измельчителями рулонированных кормов. В этом случае вследствие резкого повышения производительности дорогостоящих кормовых агрегатов годовой экономический эффект увеличивается от 8 тыс. руб. на откормочной ферме размером 500 голов до 300 тыс.руб. на ферме размером 2000 голов и на молочных фермах от 83 до 470 тыс.руб. Снижаются также удельные эксплуатационные затраты, затраты энергоресурсов и др.

Как вариант указанных технологий на фермах с подъездами без твердого покрытия или стационарными раздатчиками внутри помещений допустимы системы приготовления полноценных кормосмесей на базе стационарных измельчителей-смесителей. Экономические показатели системы приготовления и раздачи кормов в этом случае снижаются, но незначительно (до 5,0%) .

ЛИТЕРАТУРА

1. Кабанов В.Д. Прогноз производства продуктов животноводства в России на пороге XXI века / В.Д. Кабанов // Вестник РАСХН. – 1993. - № 3. - С. 9-10.
2. Морозов Н.М. Повышение конкурентоспособности продукции животноводства на основе новой техники и технологии / Н.М.Морозов // Вестник Россельхозакадемии.- 1997.-№5. – С.22-24.
3. Тенденции развития сельскохозяйственной техники за рубежом (по материалам Международной выставки «Agritechnica 2003» Ганновер, Германия, 9-11 ноября 2003 г.) М.: ФГНУ Росинформагротех. - 2004. - 144 с.
4. Кормановский Л.П. Механико-технологические основы точных технологий приготовления и раздачи кормосмесей крупному рогатому скоту многофункциональными агрегатами / Л.П.Кормановский, М.А.Тищенко // М.: Типография Россельхозакадемии, 2002. - 344 с.
5. Симарев Ю.А. Технологические процессы приготовления кормов в коровниках / Ю.А.Симарев // Инженерно-техническое обеспечение АПК. - 1996. - № 1. - С. 22-25.
6. Админ Е. Рациональные способы группировки коров на комплексах / Е.Админ, Н.Зюнкина // Молочное и мясное скотоводство.-1977.- №9. - С. 13-16.
7. Методические рекомендации по проектированию и расчету параметров поточных линий подготовки и раздачи кормов на промышленных фермах крупного рогатого скота.- М.: ВИЭСХ,1975.
8. Справочник инженера-механика сельскохозяйственного производства Ч.II М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. - 367 с.
9. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники: Нормативно-справочный материал.- М.: Минсельхозпрод России, 1998. - С. 54-87.
10. Брагинец С.В. Параметры и режимы работы многофункционального кормового агрегата с вертикальным коническим шнеком.: Дисс. ...канд.техн.наук: 05.20.01.-Зерноград, 2007. - 144 с.
11. Филатов С.К. Совершенствование процессов смешивания и раздачи кормосмесей крупному рогатому скоту горизонтально-шнековым раздатчиком-смесителем: Дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.01.- Зерноград, 1987.-164с.
12. Хлебов Ю.А. Обоснование технологического процесса погрузки кормов загрузочным устройством многофункционального кормового агрегата: Дисс. ...канд.техн.наук: 05.20.012.- Зерноград, 2002. – 146 с.

13. Современное состояние и тенденции развития сельскохозяйственной техники. Научно-аналитический обзор (По материалам Международной выставки, 2005).-М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. – 144 с.
14. Концепция – прогноз развития животноводства в России до 2010. - М.: ЦНСХБ. - 2001. – 128 с.
15. Сергиенко А.Г. Совершенствование процесса подготовки грубых кормов и подстилки измельчителя с наклонным вращающимся бункером: Дис...канд.техн.наук: 05.20.01.- зерноград, 2001.
16. Матушкин О.П. Совершенствование мобильного измельчителя-раздатчика стебельчатых кормов роторного типа для ферм крупного рогатого скота: Авт. дисс...канд. техн. наук: 05.20.01. - Киров. - 2003. – 19 с.
17. Кукта Г.М. Машины и оборудование для приготовления кормов / Г.М.Кукта // М.: Агропромиздат. - 1987. - 303 с.
18. Алексенко Н.П. Механизация и технология животноводства. Линии раздачи кормов. Учебное пособие / Н.П.Алексенко, А.М.Семенихин, М.А.Тищенко, В.И.Фирсов // зерноград. Редакционно-издательский отдел ФГОУ ВПО АЧГАА. - 2004. – 144 с.
19. Цой Ю.А. Рекомендации по реконструкции молочных ферм на базе адаптивных технологий и оборудования / Ю.А.Цой, Е.Е.Хазанов, С.В. Рыжов, М.А.Тищенко//М. - Типография Россельхозакадемии, 2000. – 144 с.
20. Стяжкин В. Что дает перевод коров на «единичный корм» / В.Стяжкин, А.Кутлямбеков // Животноводство России.- 2002. - № 8. - С. 28-31.
21. Эберт Х., Томас К. Анализ затрат на основе потребительской стоимости. – М.: Экономика, 1973. – 190 с.
22. Справочник фермера. – М.: Информагротех, 1992. – 424 с.
23. Агропромышленный комплекс России в 2004 г. МСХ РФ. – М.: Федеральное агентство по сельскому хозяйству, 2005.
24. Рыбалко А.Г. Механико-технологические основы блочно-порционной выемки консервированных кормов из траншейных хранилищ//А.Г.Рыбалко, И.Н.Павлов/ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». Саратов, 2004.-268с.
25. Тищенко М.А. Прицепной малогабаритный смеситель-раздатчик кормов/М.А.Тищенко М.А., С.В.Брагинец, А.Т. Овчинников//Техника и оборудование для села. №9.-2010. – С.31.
26. Соболева О.С. Цены на продовольствие в 3 квартале 2012 года и особенности мясного рынка. Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2012. №12.-С.67-73.
27. Егоров Г.А. Технология муки, крупы и комбикормов/Г.А.Егоров, Е.М. Мельников, Б.М.Максимчук//М.:Колос.1984.-378с.

28. Кошурников Д.Н. Повышение эффективности функционирования бункерного измельчителя-раздатчика стебельчатых кормов путем оптимизации параметров молоткового ротора/Автореф. дис.... канд.техн.наук/Зональный н. – и ин-т сельского хозяйства Северо-Востока им. Н.В.Рудницкого – Киров, 2009.-19с.

29. Бузиков Ш.В. Совершенствование измельчающее-разбрасывающего устройства подборщика-измельчителя соломы из валков/ Автореф.дис....канд.техн.наук/Зональный н. – и ин-т сельского хозяйства Северо-Востока им. Н.В.Рудницкого – Киров, 2009.-23с.

30. Махнев Е.Л. Исследование и обоснование параметров рабочих органов измельчителя грубых кормов молоткового типа/ Автореф.дис....канд.техн.наук/Зональный н. – и ин-т сельского хозяйства Северо-Востока им. Н.В.Рудницкого – Киров, 2009.-19с.

31. Абседжанов Т/ Автореф.дис....канд.техн.наук/Казахский сельскохозяйственный институт.-Алма-Ата,1979.-24с.

32. Сергиенко А.Г. Совершенствование процесса подготовки грубых кормов и подстилки измельчителем с наклонным вращающимся бункером/ Автореф. дис.... канд. техн.наук/Всерос. н. и и проект-технол. ин-т механизации и электрификации сель. хоз-ва. –Зерноград,2002.-20с.

33. Артюшин А.А. Повышение эффективности и снижение энергоемкости технических процессов и системы технических средств при измельчении стебельчатых кормов/А.А.Артюшин, В.К.Скоркин, Е.И.Резник. Технологическое и техническое обеспечение производства продукции животноводства. Научные труды ВИМ. Том 142. Часть I.- М.2002.-С.117-129.

34. Таубер Б.А. Подъемно-транспортные машины.-М.: Лесная промышленность,1980.-456с.

35. Фирсов В.И. К определению производительности наклонных шнеков. Технология и механизация животноводства. Межвузовский сборник научных трудов. Выпуск 1.-Зерноград: АЧГАА,2002.-С.50-51.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ КОРМОВЫХ ЛИНИЙ.....	5
2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОТОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ ПОДГОТОВКИ И РАЗДАЧИ КОРМОВ.....	18
2.1. Основные этапы проектирования поточных технологических линий подготовки и раздачи кормов.....	18
2.2. Возможные системы кормления животных и обоснование но- менклатуры недостающих линий.....	23
2.3. Методика расчета технологических линий подготовки и раздачи кормосмесей.....	41
2.4. Мероприятия, повышающие эффективность использования измельчителей-смесителей-раздатчиков кормов.....	51
2.5. Методика инженерного расчета измельчителей-смесителей лей раздатчиков кормов с вертикальными коническими шнеками.....	54
2.6. Методика инженерного расчета измельчителей-смесителей раз- датчиков кормов с горизонтальными и наклонными шнековыми рабочими органами.....	61
2.7. Методика инженерного расчета фронтального погрузчика с фрезерным приспособлением для отрезания и доизмельчения силосной массы.....	63
2.8. Обоснование конструктивно-технологической схемы, парамет- ров и режимов работы универсального измельчителя стебель- чатых кормов и подстилки в тюках, рулонах и в рассыпном виде.....	65
2.9. Методика инженерного расчета измельчителя-раздатчика рулонированных кормов и подстилки с наклонным бункером.....	72
2.10. Обоснование направления совершенствования погрузочных средств для животноводческих ферм с учетом соотношения потребительских качеств и стоимости.....	77
2.11. Обоснование конструктивно-технологической схемы параметров и режимов работы агрегата комбикормового мобильного АКМ-3М.....	85
2.12. Обоснование инновационной технологии и комплекса машин для производства и раздачи многокомпонентных обогащенных и обеззараженных зерновых хлопьев повышенной питательности для животных.....	101

2.13. Обоснование конструктивно-технологической схемы и параметров электрифицированного раздатчика концкормов с ручным перемещением РКЭ-0,15.....	111
2.14. Обоснование параметров молоткового аппарата измельчителя стебельчатых кормов с вертикальным бункером.....	122
2.15. Определение уточненной производительности погрузочно-кормораздаточного комплекса с вилочно-ковшовым захватом.....	139
2.16. Результаты экспериментальных исследований процессов измельчения и смешивания кормов мобильным одношнековым агрегатом с вертикальным бункером типа АКМ-9.....	147
2.17. Обоснование параметров и режимов работы стационарных двухшнековых измельчителей-смесителей кормов с наклонным бункером	156
2.18. Математическая модель и результаты машинных экспериментов по обоснованию параметров и режимов работы одношнекового смесителя с наклонным бункером вместимостью до 3м ³	166
2.19. Результаты экспериментальных исследований мобильного смесителя-раздатчика концкормов с мелассой и другими балансирующими добавками.....	178
2.20. Пример расчета параметров линии раздачи кормов на откормочной ферме молодняка крупного рогатого скота размером 500 скотомест	182
3. ПРЕДЛОЖЕНИЯ И ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОБИЛЬНЫХ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕЙ-РАЗДАТЧИКОВ-СМЕСИТЕЛЕЙ И СТАЦИОНАРНЫХ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕЙ-СМЕСИТЕЛЕЙ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ И РАЗДАЧИ ПОЛНОРАЦИОННЫХ КОРМОСМЕСЕЙ.....	188
4. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ И РАЗДАЧИ КОРМОВ.....	198
ЛИТЕРАТУРА.....	213
ПРИЛОЖЕНИЕ. Рекомендуемые комплексы машин для приготовления и раздачи кормосмесей на фермах крупного рогатого скота.....	216

В.И. ПАХОМОВ, М.А.ТИЩЕНКО, С.В. БРАГИНЕЦ,
А.В. ЯКОВЛЕВ, М.В. ЧЕРНУЦКИЙ, И.И. ТИЩЕНКО

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ЛИНИЙ ПОДГОТОВКИ И РАЗДАЧИ КОРМОСМЕСЕЙ
ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО СОСТАВА
МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ АГРЕГАТАМИ**

Методические рекомендации

Редактор – Клименко О.С.
Корректор – Кононенко С.Г.
Компьютерная верстка – Цыбулина Т.Г.

Подписано к печати 18.10.2013 г. Формат 60x84 1/16.
Объём 13,75 п.л. Тираж 500 экз. Заказ 22-2013.
Печатно-множительная группа ГНУ СКНИИМЭСХ