

На правах рукописи

Давыдова Светлана Александровна

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ
И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПРОИЗВОДСТВА ПЕЛЛЕТ
ИЗ ТРОСТНИКА ЮЖНОГО НА КОРМ
КРУПНОМУ РОГАТОМУ СКОТУ**

Специальность 05.20.01 – Технологии и средства механизации
сельского хозяйства

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Волгоград – 2013

Работа выполнена в ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный аграрный университет»

Научный руководитель: Ряднов Алексей Иванович

доктор сельскохозяйственных наук,
профессор, Заслуженный работник
высшей школы РФ

Официальные оппоненты: Шапров Михаил Николаевич

доктор технических наук, профессор, ФГБОУ
ВПО «Волгоградский государственный
аграрный университет», заведующий кафедрой
«Безопасность жизнедеятельности»,
Заслуженный работник высшей школы РФ

Русакова Галина Георгиевна

доктор сельскохозяйственных наук, ФГБОУ
ВПО «Волгоградский государственный
технический университет», профессор кафедры
«Промышленная экология и безопасность жизнедеятельности» Заслуженный изобретатель РФ

Ведущая организация: ФГБОУ ВПО «Калмыцкий государственный университет»

Защита диссертации состоится 22 апреля 2013 года в 10 ч 15 мин. на заседании диссертационного совета Д220.008.02 при ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный аграрный университет» по адресу: 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26, зал заседаний.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный аграрный университет».

Автореферат разослан «20» марта 2013 года и размещен на официальных интернет-сайтах ВАК РФ и Волгоградского ГАУ.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Ряднов Алексей Иванович

Общая характеристика работы

Актуальность темы. В настоящее время в Российской Федерации проводится реализация национального проекта «Развитие АПК», одно из направлений которого – «Ускоренное развитие животноводства». Вопрос кормления крупного рогатого скота (КРС) стоит остро в ряде регионов страны, в том числе и в Астраханской области. Отсутствие производства кормовых смесей напрямую влияет на стоимость мясной и молочной продукции. Однако баланс кормовой базы может быть обеспечен за счет местных возобновляемых ресурсов. В условиях Астраханской области перспективными источниками получения кормовой смеси являются дикорастущие растения, такие как тростник южный, рогоз и др. Их использование позволит сбалансировать и создать дешевые и полноценные рационы для КРС. Одним из таких видов продукции являются пеллеты, изготовленные на основе тростниковой сечки. Содержание углеводов в тростнике южном и в зерновых культурах примерно одинаково – до 12%, белков – до 47%, жиров – до 5%.

Существующая технология производства пеллет включает ряд технологических операций с высоким уровнем энергозатрат. Кроме того, наличие в исходном сырье составных частей метелок ведет к снижению технологических и питательных качеств пеллет. В существующих линиях производства пеллет отсутствуют машины для удаления или очеса метелок. В связи с этим в настоящее время актуально усовершенствовать технологию производства пеллет путем ввода менее энергоемких операций и устройств для очеса метелок тростника южного перед его измельчением.

Степень разработанности темы. До настоящего времени изучены вопросы использования тростника южного в народном хозяйстве с обоснованием технологий его переработки в стройматериалы, бумагу, биотопливо. В виде пеллет он используется лишь в качестве энергоносителя.

Основные способы использования тростника южного изложены в работах А. И. Абрамова, Г. А. Лосева, У. Каск и др. Однако отсутствует научное обоснование применения пеллетированного тростника южного в качестве корма КРС, не изучен вопрос о влиянии наличия метелок тростника южного на качество пеллет.

Цель исследования – повышение эффективности технологии производства пеллет из тростника южного на корм крупному рогатому скоту за счет введения новых технологических операций и устройств подготовки растений к измельчению.

Задачи исследования:

1. Изучить размерно-массовые свойства тростника южного и его химический состав.
2. Выбрать частные показатели и разработать комплексный критерий оценки эффективности технологии производства пеллет из тростника южного на корм КРС.
3. Усовершенствовать технологию производства пеллет из тростника южного на корм КРС.
4. Разработать устройство очеса метелок тростника южного к измельчителю грубых кормов и оптимизировать его геометрические и кинематические параметры.
5. Исследовать прирост живой массы молодняка КРС при откорме его на мясо пеллетами, изготовленными по усовершенствованной технологии, и их крошимость.
6. Оценить эффективность применения рекомендуемой технологии по комплексному критерию эффективности.
7. Разработать рекомендации предприятиям по совершенствованию технологии изготовления пеллет из тростника южного на корм КРС.

Научная новизна работы:

- предложен комплексный критерий эффективности технологии производства пеллет, основанный на дифференцированной оценке выбранных частных показателей с учетом их значимости;
- обосновано введение в технологию производства пеллет из тростника южного на корм крупному рогатому скоту, выращиваемому на мясо, технологических операций по очесу метелок растений устройством с оптимизированными кинематическими и геометрическими параметрами и смешиванию тростниковой сечки с дополнительными ингредиентами.

Теоретическая и практическая значимость работы. Доказаны закономерности влияния кинематических и геометрических параметров устройства по очесу метелок тростника южного на качество подготовки исходного сырья для изготовления пеллет. Предложена методика расчета комплексного критерия эффективности применения предлагаемой технологии производства пеллет. Даны рекомендации по вводу в технологию изготовления пеллет технологической операции по очесу метелок перед измельчением растений и устройства для ее реализации.

Методология и методы исследования. Теоретические исследования проводились на основе общеизвестных законов и методов теории эффективности и математического анализа, методов оптимизации, теории вероятностей, теории планирования эксперимента. Экспериментальные исследования проводились в соответствии с действующими методическими требованиями и стандартами. Обработка результатов экспериментов осуществлялась методами математической статистики с применением компьютерных технологий.

Положения, выносимые на защиту:

- размерно-массовые характеристики и результаты химического анализа состава тростника южного (*Phragmites australis*);
- теоретические предпосылки оценки эффективности технологии производства пеллет из тростника южного на корм КРС по комплексному критерию;
- усовершенствованная технология производства пеллет из тростника южного для кормления КРС;
- схема, конструктивные особенности и результаты оптимизации геометрических и кинематических параметров устройства по очесу метелок тростника южного;
- результаты исследований прироста живой массы молодняка КРС при откорме его пеллетами, основой которых является тростник южный;
- результаты исследования крошимости пеллет из тростника южного;
- оценка эффективности рекомендуемой технологии производства пеллет из тростника южного на корм КРС по комплексному критерию;
- технико-экономические показатели предлагаемой технологии производства пеллет из тростника южного на корм КРС.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность полученных результатов подтверждается достаточным объемом и высокой степенью точности эмпирических данных, использованием известных зависимостей по оценке эффективности технических систем; применением современных методик обработки результатов экспериментов; использованием ГОСТ, общепринятых методик и рекомендаций.

Основные результаты диссертации обсуждены и одобрены на научных конференциях профессорско-преподавательского состава и молодых ученых Астраханского государственного университета (2010–2013 г.), Волгоградского ГАУ (2010–2013 г.), а также на теоретическом семинаре

инженерных факультетов Волгоградского ГАУ (2013 г.) и опубликованы в 16 научных работах общим объемом 5,3 п.л. (2,2 п.л. приходится на долю автора), в том числе в 4-х работах – в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, в одном патенте РФ на изобретение и 2-х патентах РФ на полезные модели.

Основное содержание работы

Во введении обоснована актуальность темы и представлена общая характеристика работы.

В первой главе «Состояние вопроса, цели и задачи исследования» рассмотрено состояние кормопроизводства в условиях Нижнего Поволжья, определено, что к перспективным направлениям развития кормопроизводства в Астраханской области относятся: переход на использование высокопродуктивных дикорастущих растений, в основном тростника южного, и внедрение прогрессивных технологий переработки кормовых растений. Рассмотрены вопросы распространения в низовьях дельты Волги тростника южного и возможности его использования для различных целей, а также дан анализ технологических линий производства кормов.

На основе проведенного анализа сформулированы цель и задачи исследования.

Во второй главе «Теоретические предпосылки оценки эффективности производства пеллет из тростника южного» дана классификация факторов, влияющих на показатели эффективности технологии производства пеллет, на конструкционные, технологические, организационно-эксплуатационные и факторы, характеризующие тростник южный. Предложено при оценке эффективности производства пеллет использовать дифференцированный метод, который заключается в сопоставлении частных показателей эффективности исследуемой технологии с такими же показателями технологии, принятой для сравнения, а при выборе частных показателей – метод экспертных оценок.

Выбраны следующие частные показатели: себестоимость пеллет (С), питательность 1 кг пеллет (Пт), крошимость пеллет (Кр), производительность технологической линии (Пр), потери сырья (П).

При выборе комплексного критерия эффективности технологии производства пеллет принят наиболее приемлемый вид функции агрегирования для этого случая – отношение одних частных показателей к другим:

$$\varphi(W) = \frac{\prod_{i=1}^{m_1} W_i}{\prod_{i=m_1+1}^m W_i}, \quad (1)$$

где $i=1, m_1$ – номера единичных частных показателей эффективности, значения которых при совершенствовании технологии производства пеллет желательно увеличивать, а другие, т. е. $i = m_1 + 1, m$, – уменьшать.

Частные показатели эффективности $i = 1, m_1$ можно представлять как целевой эффект, а показатели, обозначенные $i = m_1 + 1, m$ – как затраты на достижение данного целевого эффекта.

Чтобы привести функцию агрегирования, представляющую собой векторную величину, к скалярному виду, а также исключить неоднородность, различный физический смысл и размерность показателей первой и второй групп, использовалось эквивалентное преобразование, а важность частных показателей учитывалась коэффициентами относительной важности α_i . В результате функция агрегированного комплексного критерия эффективности приняла вид:

$$\varphi(W) = \frac{\prod_{i=1}^{m_1} \alpha_i \frac{W_i}{W_i^{\text{тр}}}}{\prod_{i=m_1+1}^m \alpha_i \frac{W_i}{W_i^{\text{тр}}}}, \quad (2)$$

где
$$\prod_{i=1}^{m_1} \alpha_i \frac{W_i}{W_i^{\text{тр}}} = K_{\text{Пт}} K_{\text{Пр}}, \quad \prod_{i=m_1+1}^m \alpha_i \frac{W_i}{W_i^{\text{тр}}} = K_{\text{С}} K_{\text{Кр}} K_{\text{П}}, \quad (3)$$

здесь
$$K_{\text{Пр}} = \alpha_{\text{Пр}} \frac{\text{Пр}_i}{\text{Пр}_{\text{тр}}}, \quad K_{\text{Пт}} = \alpha_{\text{Пт}} \frac{\text{Пт}_i}{\text{Пт}_{\text{тр}}}, \quad K_{\text{С}} = \alpha_{\text{С}} \frac{\text{С}_i}{\text{С}_{\text{тр}}},$$

$$K_{\text{Кр}} = \alpha_{\text{Кр}} \frac{\text{Кр}_i}{\text{Кр}_{\text{тр}}}, \quad K_{\text{П}} = \alpha_{\text{П}} \frac{\text{П}_i}{\text{П}_{\text{тр}}}.$$

С учетом (3) получим
$$\varphi(W) = \frac{K_{\text{Пт}} K_{\text{Пр}}}{K_{\text{С}} K_{\text{Кр}} K_{\text{П}}}. \quad (4)$$

Тогда комплексный критерий эффективности равен математическому ожиданию функции агрегирования (4):

$$K_{\text{Э}} = m \left\{ \frac{K_{\text{Пт}} K_{\text{Пр}}}{K_{\text{С}} K_{\text{Кр}} K_{\text{П}}} \right\}. \quad (5)$$

Повышение показателей первой группы ($K_{\text{Пт}}$, $K_{\text{Пр}}$) в комплексном критерии ведет к росту эффективности, а второй группы ($K_{\text{С}}$, $K_{\text{П}}$, $K_{\text{Кр}}$) – к обратному результату.

В третьей главе «Программа и методика экспериментальных исследований» представлена программа и частные методики экспериментальных исследований. Так, для исследования размерно-массовых характеристик тростника южного предложено использовать метод, основанный на статистической оценке изменчивости выбранных показателей; для химического анализа состава наземных частей растений тростника южного, взятых с территории 6 районов Астраханской области, – известные методики и соответствующие ГОСТ; для оценки влияния использования пеллет из тростника южного в качестве корма КРС на привес животных – метод сравнения среднестатистического суточного привеса животных контрольной группы (15 голов молодняка (бычков), откармливаемых по традиционному рациону на силосе) и опытной (15 голов молодняка, откармливаемых по специальному рациону); методика определения крошимости пеллет, основанная на ГОСТ 28479-90, включает определение массовой доли пеллет до эксперимента и разрушенных после испытаний.

С целью проведения поисковых опытов была разработана и изготовлена лабораторная установка для определения степени очеса метелок тростника южного (рис. 1). Установка обеспечивала возможность варьирования частоты вращения валцов, числа лопастей на валце, зазора между валцами и угла подачи растений (табл. 1).

Таблица 1 – Исследуемые факторы, уровни и интервалы варьирования

Факторы	Уровни фактора			Интервал варьирования, ε
	0	-1	+1	
x_1 – зазор между валцами, мм	0	+40	-40	40
x_2 – частота вращения валцов, мин ⁻¹	750	1000	500	250
x_3 – число лопастей на валце, шт.	3	2	4	1
x_4 – угол подачи, °	75	60	90	15



Рисунок 1 – Устройство для очеса метелок тростника южного

Экспериментальные исследования предложенной конструкции устройства очеса метелок тростника южного проводили методом планирования эксперимента, позволяющего определить оптимальные значения геометрических и кинематических параметров. Результаты экспериментов обрабатывали на ЭВМ с получением уравнений регрессии и оптимальных значений факторов.

В четвертой главе «Результаты экспериментальных исследований» представлены результаты исследований и дан их анализ.

Экспериментальные данные размерно-массовых характеристик растений тростника южного (*Phragmites australis*), произрастающего в 6 районах Астраханской области в фазах развития до выброса метелки и полного созревания, показали, что средняя высота тростниковых зарослей равняется 3,2–3,4 м (табл. 2), диаметр стеблей у поверхности земли достигает 0,012–0,013 м, число стеблей на 1 м² составляет 31–45 штук. Метелка тростника южного длиной до 0,40 м, что составляет около 10% от размера наземной части растения, масса метелки в среднем составляет 15% массы наземной части растения.

Таблица 2 – Размерно-массовые характеристики *Phragmites australis*

Район	Число замеров	Высота растения, м	Масса наземной части растения, кг	Длина метелки, м	Масса метелки, кг
Камызякский	3 (по 50 растений)	3,66	0,092	0,32	0,014
Лиманский		3,98	0,099	0,40	0,015
Володарский		3,73	0,082	0,31	0,012
Икрянинский		3,14	0,079	0,30	0,012
Красноярский		2,98	0,078	0,28	0,018
Приволжский		2,13	0,070	0,25	0,011

Исследования влажности тростника в зависимости от расстояния до воды показали, что молодой тростник (июнь месяц), находящийся в воде (0 м), имел среднюю влажность до 65%, а на расстоянии от воды в 20 м – до 45%. Тростник в сентябре месяце в воде имел влажность 42%, а на расстоянии в 20 м – 26–27%. Представленные данные позволили сделать вывод: уборку тростника южного необходимо осуществлять полосами, параллельными берегу водоема, начиная с наиболее удаленных от воды растений. Это позволит в начале периода заготовки поддерживать влажность растений в пределах 30–35%, а в конце достигать 15%.

В результате исследований химического состава тростника установлено, что в наземных частях молодых растений (стебли, листья), содержится небольшое количество протеина – 3,4–3,9%, клетчатки 8,6–13,6%, а в растениях, собранных в период полного созревания, доля протеина увеличивается до 22%, а клетчатки до 29%.

Изучены две существующие технологические схемы производства пеллет: на биотопливо (схема А) и на биотопливо и корм крупному рогатому скоту (схема Б, рис. 2) и предложена новая схема производства пеллет, используемых в первую очередь на корм крупному рогатому скоту (схема В, рис. 3).

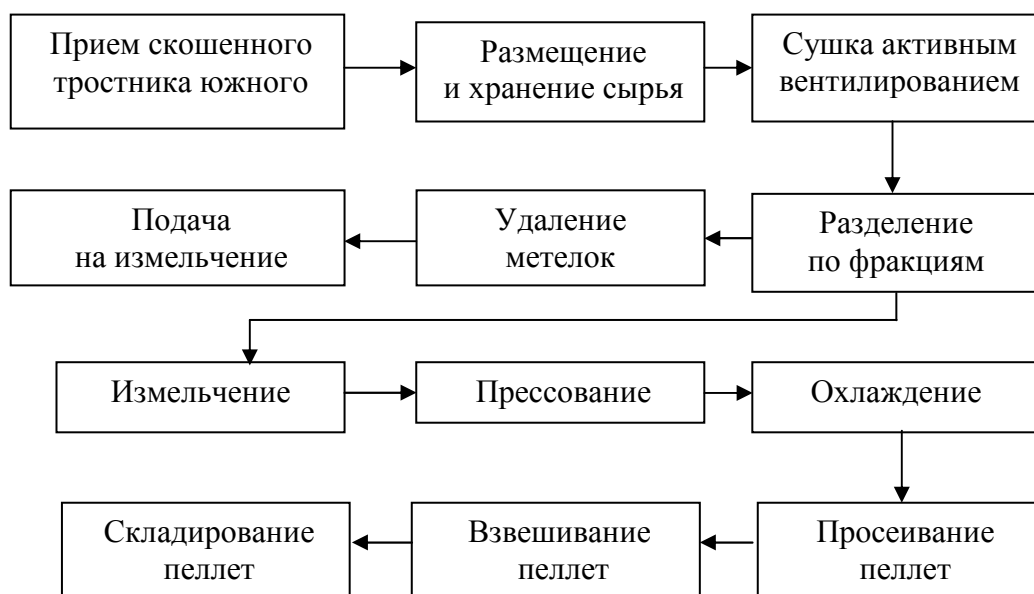


Рисунок 2 – Схема существующей технологической линии производства пеллет (схема Б)

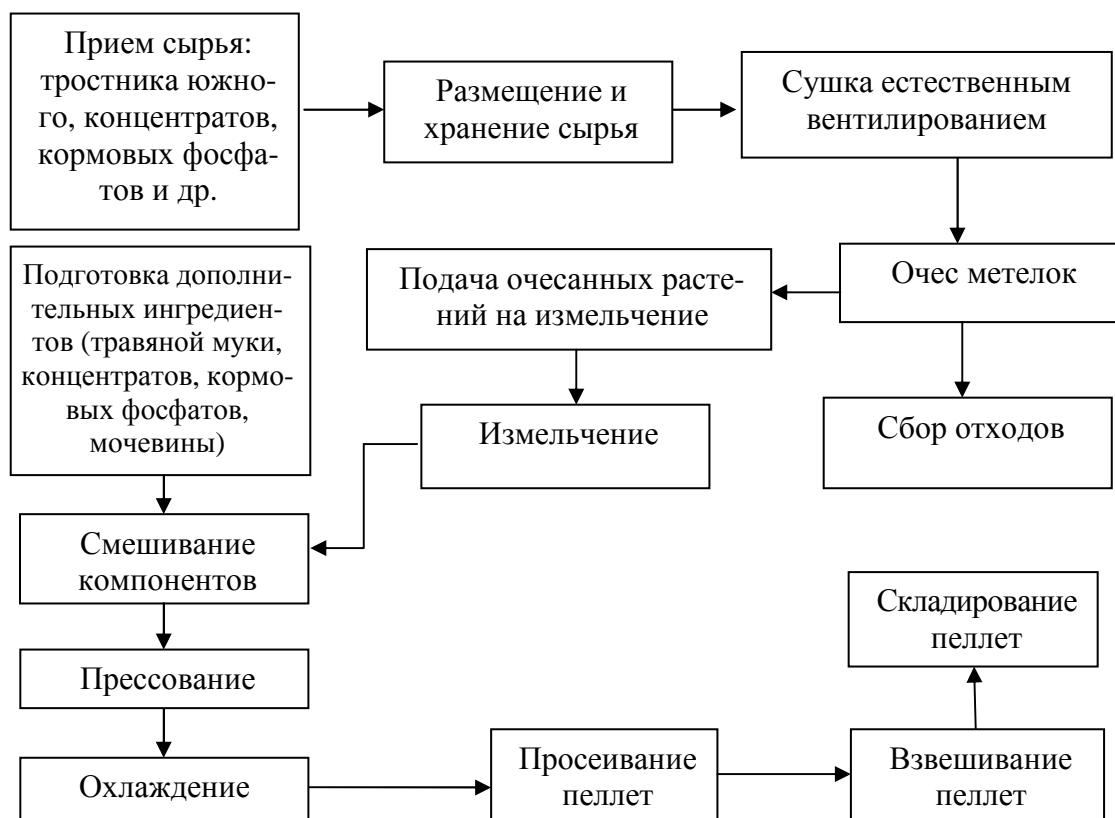


Рисунок 3 – Схема рекомендуемой технологической линии производства пеллет (схема В)

Уборка тростника южного во всех случаях осуществлялась вручную, но на относительно ровных и не заболоченных участках – комбайном, разработанным по нашему патенту на изобретение № 2453102.

По комплексному критерию эффективности и экономическим показателям сравнивались схемы Б и В. Схема Б предполагает использование как молодого тростника южного, так и созревшего, с метелками. При этом растения имеют существенный разброс по влажности, в связи с этим данная технология предусматривает обязательную сушку растений активным вентилированием. Кроме того, в отличие от технологий по схемам А и В используются операции по разделению растений на фракции и удалению метелок.

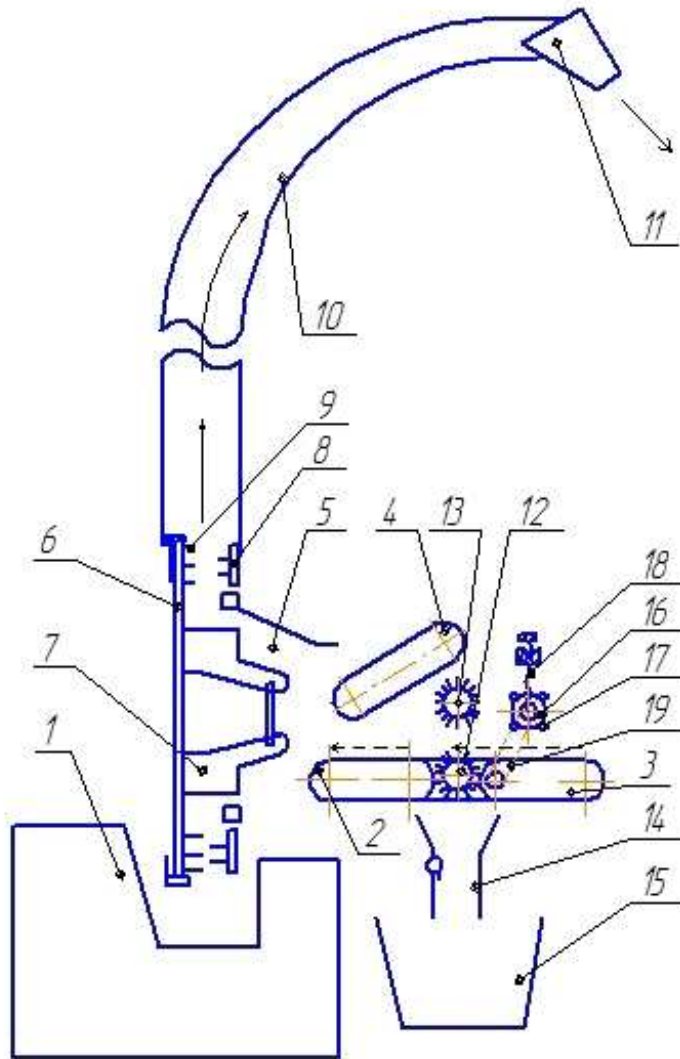
Предложенная технология производства пеллет (схема В) отличается от технологии по схеме Б еще и тем, что сушка сырья осуществляется естественным вентилированием, метелки очесываются и собираются в отдельную емкость, сечка тростника южного смешивается с дополнительными ингредиентами (травяной мукой, концентратами, фосфорными подкормками, мочевиной) в определенной пропорции.

Подбор оборудования по производительности осуществлялся с учетом точности производства пеллет.

Наряду с производством кормовых пеллет схема В позволяет производить пеллеты на биотопливо.

Для технологической линии по схеме В предложен измельчитель тростника южного (патенты РФ на полезные модели № 106493 и № 117255), оборудованный устройством очеса метелок (рис. 4).

Изготовлено и исследовано устройство очеса метелок тростника южного к измельчителю грубых кормов. Проведена оптимизация геометрических и конструктивных параметров с использованием метода планирования многофакторного эксперимента. Уровни и интервалы варьирования исследуемых факторов представлены в таблице 3.



1 – рама, 2, 3 – нижние горизонтальные подающие транспортеры, 4 – верхний наклонный уплотняющий транспортер, 5 – приемная камера, 6 – ротор, 7 – лопасти, 8 – неподвижный диск, 9 – вращающийся диск, 10 – дефлектор с механизмом поворота, 11 – козырек, 12 – нижняя щетка, 13 – верхняя щетка, 14 – уловитель отходов, 15 – бункер отходов, 16 – удерживающий ролик, 17 – продольные планки, 18 – механизм изменения положения планок, 19 – регулировочное устройство

Рисунок 4 – Схема измельчителя тростника южного

С целью оптимизации исследуемых факторов был реализован план Рехтшафнера для 4-х факторного эксперимента. Принят критерий оптимизации – полнота очеса метелок Y . По экспериментальным данным определены коэффициенты уравнения регрессии, затем проверена их значимость по критерию Стьюдента. В результате получено следующее уравнение регрессии в кодированном виде:

$$Y = 89,63 - 9,0x_1 + 7,35x_2 - 0,05x_3 - 4,05x_4 - 0,23x_1x_2 + 0,08x_1x_3 + 0,1x_1x_4 + 0,05x_2x_3 - 0,23x_2x_4 + 0,13x_3x_4 - 5,23x_1^2 - 7,38x_2^2 - 4,58x_3^2 - 2,48x_4^2. \quad (6)$$

Оптимальные значения факторов представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты оптимизации факторов

Фактор	Оптимальные значения факторов
x_1 – зазор между вальцами, мм	$\frac{-0,88}{35,2}$
x_2 – частота вращения вальцов, мин ⁻¹	$\frac{0,52}{880}$
x_3 – число лопастей на вальце, шт.	$\frac{0}{3}$
x_4 – угол подачи растений к оси вращения вальцов, град.	$\frac{-0,85}{62,3}$

Примечание: в числителе указаны значения в кодированном виде, в знаменателе – в раскодированном.

После анализа и систематизации полученной математической модели второго порядка она была приведена к типовой канонической форме, затем в результате расчетов на ЭВМ определены коэффициенты регрессии и значения критерия оптимизации в оптимальной точке. В результате получено уравнение регрессии в канонической форме:

$$Y_y - 97,3 = -5,22x_1^2 - 7,39x_2^2 - 4,58x_3^2 - 2,47x_4^2. \quad (7)$$

Дальнейшие исследования проводили, используя двумерные сечения. По ним судили об изменении критерия оптимизации.

Рекомендованы следующие значения факторов (при полноте очеса метелки не менее $Y = 97\%$): зазор между вальцами 32–40 мм, частота вращения вальцов 850–900 мин⁻¹, число лопастей на вальце 3 шт. и угол подачи тростника на удаление метелок 60°–63°.

Для проверки эффективности использования тростника южного в виде пеллет в качестве корма крупного рогатого скота, в КФХ «Светлана» Приволжского района Астраханской области проведены экспериментальные исследования по откорму молодняка (бычков), выращиваемого на мясо. В результате исследований установлено, что среднесуточный прирост живой массы молодняка контрольной группы составил 740 г, а опытной – 820 г. Живая масса молодняка опытной группы в среднем увеличилась на 63% и составила 326 кг, а контрольной составила 319 кг, т. е. увеличилась на 55,6%. Живая масса молодняка крупного рогатого скота опытной группы увеличилась по сравнению с контрольной в среднем на 7,4%.

Наряду с исследованиями питательности пеллет, проведена оценка крошимости их в зависимости от влажности сечки и фракционного состава сырья. Экспериментальные исследования проводились в течение одного и того же времени при одинаковом давлении прессования. Массовая доля составных частей метелки в сечке составляла менее 3%.

Крошимость пеллет определялась по методике, представленной в разделе 3. Результаты исследования показаны на рисунке 5.

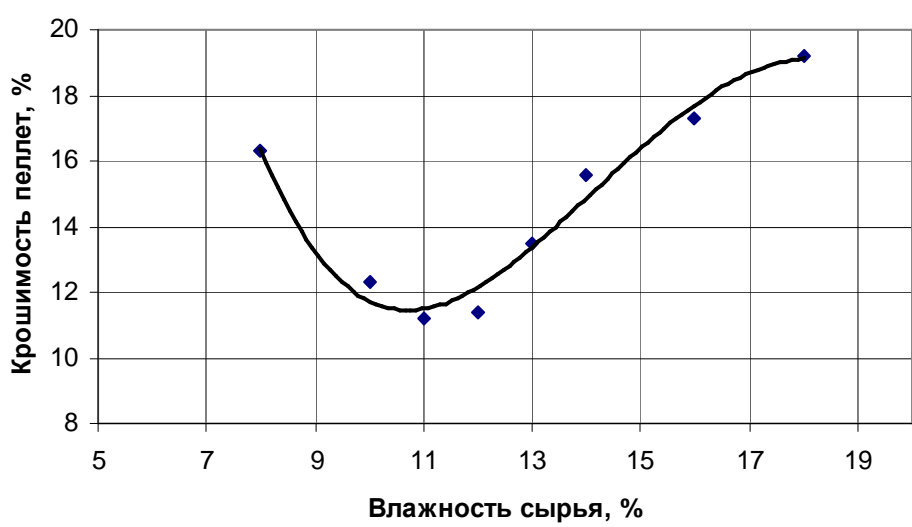


Рисунок 5 – Зависимость крошимости пеллет от влажности сечки

Из рисунка 5 следует, что с точки зрения крошимости пеллет оптимальная влажность сечки должна быть 10–12%.

Изучен вопрос по влиянию фракционного состава (содержания частиц метелок в тростниковой сечке) на крошимость пеллет. Результаты представлены на рисунке 6.

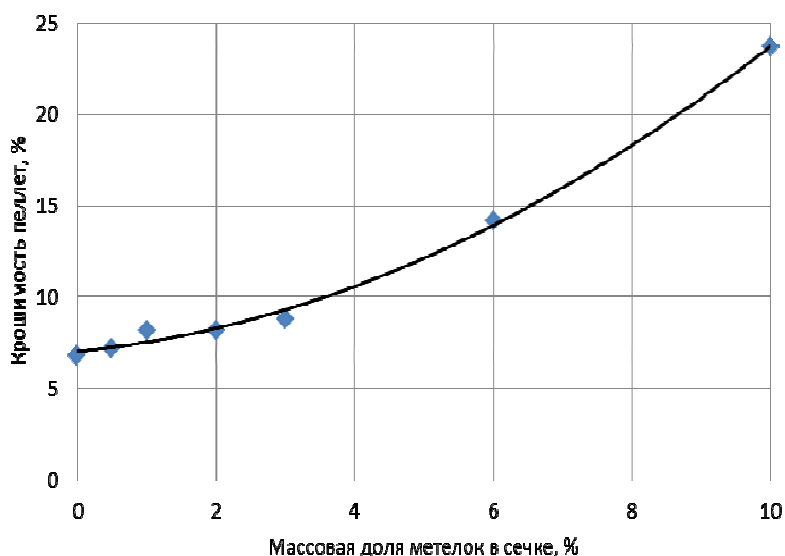


Рисунок 6 – Зависимость влияния содержания частиц метелок в тростниковой сечке на крошимость пеллет

Полученные данные показывают, что с увеличением массовой доли составных частей метелки в тростниковой сечке, подготовленной к изготовлению пеллет, крошимость готового продукта увеличивается. Для получения допустимой по нормам крошимости пеллет 10–12% доля составных частей метелки в тростниковой сечке не должна превышать 3–4,5%. Полученный интервал доли составных частей метелки в тростниковой сечке служит основой для требований к устройству по очесу метелок тростника южного.

При оценке эффективности применения рекомендуемой технологии производства пеллет из тростника южного на корм КРС по комплексному критерию эффективности рассчитаны значения частных показателей и выбраны требуемые (желаемые), таблица 4.

Таблица 4 – Значения частных показателей эффективности технологии производства пеллет из тростника южного

№ п/п	Показатель	Технология Б	Технология В	Требуемые значения
1	Себестоимость пеллет, руб./т	2 672	4 137	2 373
2	Питательность 1 кг пеллет, корм. ед.	0,30	0,54	1,0
3	Крошимость пеллет, %	13	12	10
4	Производительность технологической линии, т/ч	0,108	0,216	0,24
5	Потери сырья, %	10	8,4	4,6

Методом экспертной оценки определены коэффициенты важности каждого частного показателя эффективности производства пеллет из тростника южного: $\alpha_C = 0,29$, $\alpha_{Пт} = 0,27$, $\alpha_{Кр} = 0,19$, $\alpha_{Пр} = 0,16$ и $\alpha_{П} = 0,09$.

Таким образом, наиболее важным частным показателем является себестоимость производства пеллет, затем качественные показатели – питательность и крошимость пеллет. С точки зрения экспертов, важность производительности технологической линии несколько ниже важности крошимости пеллет. Очевидно, низкий уровень использования тростника южного в настоящее время для производства пеллет повлиял на экспертов при оценке важности потерь сырья.

По зависимостям (3) рассчитаны значения коэффициентов, входящих в комплексный критерий (табл. 5).

Таблица 5 – Значение коэффициентов K_i

Технология производства пеллет из тростника южного	K_C	$K_{Пг}$	$K_{Кр}$	$K_{Пр}$	$K_{П}$
Б	0,327	0,081	0,247	0,072	0,196
В	0,506	0,146	0,228	0,144	0,164

Расчет комплексного критерия эффективности технологий производства пеллет из тростника южного на корм крупному рогатому скоту по зависимости (5) показал, что для существующих технологий $K_{\Sigma} = 0,375$ (схема Б), а для предлагаемой $K_{\Sigma} = 1,105$. По комплексному критерию эффективности предложенная технология производства пеллет из тростника южного на корм крупному рогатому скоту предпочтительнее существующей в 3 раза.

В пятой главе «Экономическая эффективность предложенных рекомендаций» рассчитаны основные финансовые показатели внедрения схем производства пеллет, рассмотренных в главе 4, в работу ООО НПП «БиоТоп», г. Астрахань. Рекомендованная технологическая схема производства пеллет прошла производственную проверку и позволила ООО НПП «БиоТоп» не только расширить ассортимент, но и улучшить качество готового продукта, что в свою очередь привело к увеличению отпускной стоимости пеллет-1 и производству нового, более высокого по цене продукта – пеллеты-2. Годовой экономический эффект от применения предложенных усовершенствований технологии и машин по подготовке тростника южного к изготовлению пеллет для корма КРС составил 1 444,5 тыс. руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Определены размерно-массовые характеристики растений тростника южного (*Phragmites australis*), произрастающих в 6 районах Астраханской области в фазах развития до выброса метелки и полного созревания. Средняя высота тростниковых зарослей равняется 3,2–3,4 м, диаметр стеблей у поверхности земли достигает 0,012–0,013 м, число стеблей на 1 м² составляет 31–45 штук. Размер метелки тростника южного составляет около 10% от размера, а ее масса – в среднем 15% от массы наземной части растения.

2. Анализ химического состава тростника южного показал, что в наземных частях молодых растений (стебли, листья) содержится протеина 3,4–3,9%, клетчатки – 8,6–13,6%, а в растениях, срезанных в период полного созревания, доля протеина увеличивается до 22%, а клетчатки до 29%. Установлено, что по химическому составу тростник южный можно использовать в кормопроизводстве без дополнительных затрат на обработку.

3. Дана классификация факторов, влияющих на эффективность технологии производства пеллет из тростника южного на корм крупному рогатому скоту, на основе которой выбраны единичные частные показатели эффективности: себестоимость производства пеллет, питательность одного килограмма пеллет, крошимость пеллет, производительность технологической линии и потери сырья, предложен комплексный критерий эффективности технологии производства пеллет, основанный на дифференцированной оценке выбранных единичных частных показателей с учетом их значимости.

4. Предложена технология производства пеллет из тростника южного, отличающаяся от существующих тем, что сушка сырья осуществляется естественным вентилированием, метелки очесываются и собираются в отдельную емкость, сечка смешивается с дополнительными ингредиентами (травяной мукой, концентратами, фосфорными подкормками, мочевиной) в определенной пропорции. Подбор оборудования осуществлялся исходя из поточности производства.

5. Предложена конструкция устройства очеса метелок тростника южного к измельчителю грубых кормов, оптимизированы его геометрические и кинематические параметры. Наиболее выгодными (при полноте очеса метелки не менее 97 %) могут быть: зазор между вальцами 32–40 мм, частота вращения вальцов 850–900 мин⁻¹, число лопастей на вальце 3 шт. и угол подачи тростника на очес метелок 60°–63°.

6. При кормлении группы молодняка крупного рогатого скота пеллетами, изготовленными по предложенной технологии, среднесуточный прирост живой массы животных составил 820 г, масса увеличилась в среднем на 63% и составила 326 кг, что по сравнению с контрольной группой выше на 7,4%. Пеллеты, изготовленные по рекомендуемой технологии, имеют допустимую крошимость.

7. Расчет комплексного критерия эффективности технологий производства пеллет из тростника южного на корм крупному рогатому скоту показал, что для существующих технологий $K_9 = 0,375$ (схема Б), а для пред-

лагаемой $K_9 = 1,105$. По комплексному критерию эффективности предложенная технология производства пеллет из тростника южного на корм крупному рогатому скоту предпочтительнее существующей в 3 раза.

8. Годовой экономический эффект от применения предложенных усовершенствований технологии и машин по подготовке тростника южного к изготовлению пеллет на корм крупному рогатому скоту составил 1 444,5 тыс. руб.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Уборку тростника южного вести полосами, параллельными берегу водоема, начиная с растений наиболее удаленных от водоема. Это позволит в начале периода заготовки поддерживать влажность растений в пределах 30–35%, а в конце до 15%.

2. Перед проведением процесса измельчения ввести процесс очеса метелок, позволяющий сократить потери массы на выходе и улучшить качество готовой продукции.

3. При подаче тростника южного на очес метелок, измельчение и прессование использовать растения влажностью 10–12%.

4. Подачу тростника южного на очес метелок осуществлять под углом 60°–63° к оси вальцов пучками с количеством растений в пучке не более 10 штук, что обеспечит очес только метелок.

Перспективы дальнейшей разработки темы

– разработать систему автоматического управления подачей тростника с места складирования на очес метелок и измельчение и режимами работы машин, входящих в технологическую линию;

– разработать систему машин для уборки, погрузки, транспортировки и переработки тростника южного в пеллеты;

– установить закономерности формирования растений тростника южного в зависимости от уровня грунтовых вод антропогенных ландшафтов;

– провести исследования по кормлению крупного рогатого скота как мясных, так и мясомолочных пород и расчеты питательности пеллет;

– разработать дополнительные рецептуры кормов для КРС на основе тростника южного.

Основные положения опубликованы в следующих работах:

в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Сальников, А.Л. К вопросу о производстве биопеллет в России / А.Л. Сальников, Р. Мучоно, А.И. Ряднов, **С.А. Давыдова**, О.Н. Беспалова // Естественные науки. Журнал фундаментальных и прикладных исследований. – 2011. – № 3 (36). – С. 90–97.

2. Сальников, А.Л. Перспективы использования растительных ресурсов Астраханской области в биоэнергетике / А.Л. Сальников, Н.М. Бакташева, А.И. Ряднов, **С.А. Давыдова**, Р. Мучонно, Н.А. Сальникова // Естественные науки: журн. фундаментальных и прикладных исследований. – 2012. – № 1. – С. 92–99.

3. **Давыдова, С.А.** Оптимизация параметров устройства удаления метелок тростника южного при производстве пеллет/ С.А. Давыдова, А.И. Ряднов, С.В. Тронеv // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – Вып. № 4 (28). – С. 210–215.

4. Ряднов, А.И. Возможность использования тростника южного в качестве корма для крупного рогатого скота / А.И. Ряднов, **С.А. Давыдова** // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2013. – Вып. № 1(29). – С. 115–120.

патентах РФ:

5. Патент РФ на изобретение № 2453102 Комбайн для уборки тростника преимущественно на ровных участках / Ряднов А.И., Шарипов Р.В., Матвеева К.А., Давыдова С.А.; заявитель и патентообладатель – ГОУ ВПО «Астраханский государственный университет». – № 2010152135; заявл. 20.12.10; опубл. 20.06.12. Бюл. № 17.

6. Патент РФ на полезную модель № 106493 Измельчитель тростника на пеллеты / Ряднов А.И., Шарипов Р.В., Сальников А.Л., Давыдова С.А.; заявитель и патентообладатель – ГОУ ВПО «Астраханский государственный университет». – № 2010152121; заявл. 20.12.10; опубл. 20.07.11 г.

7. Патент РФ на полезную модель № 117255 Российская Федерация. Измельчитель тростника южного / Ряднов А.И., Давыдова С.А.; заявитель и патентообладатель – ГОУ ВПО «Астраханский государственный университет». – № 2012101334/13; заявл. 13.01.12; опубл. 27.06.12 г.

в других изданиях:

8. **Давыдова, С.А.** Разработка технологии и организация производства биопеллет из нетрадиционного вида сырья на территории Астраханской области / С.А. Давыдова, А.Л. Сальников, Р.Н. Мучоно, О.Н. Беспалова // Инновационные технологии в управлении, образовании, промышленности «АСТИНТЕХ-2010»: в 3 т. : материалы Международной научной конференции (11–14 мая 2010 г.) / сост. И.Ю. Петрова. – Астрахань: Астраханский государственный университет, Издательский дом «Астраханский университет». – 2010. – Т.2. – 130 с.

9. **Давыдова С.А.** Производство пеллет как перспективное направление биоэкономики России / С.А. Давыдова, Р. Мучоно, А.Л. Сальников, О.Н. Беспалова // Экокультура и фитобиотехнологии улучшения качества жизни на Каспии : материалы Международной конференции с элементами научной школы для молодежи (г. Астрахань, 7–10 декабря 2010 г.) / сост.: В.Н. Пилипенко, А.В. Федотова. – Астрахань: ИД «Астраханский университет». – 2010. – 424 с. – С. 50–54.

10. Ряднов, А.И. К вопросу переработки тростника южного в пеллеты / А.И. Ряднов, О.А. Федорова, **С.А. Давыдова** // Интеграционные процессы в науке, образовании и аграрном производстве – залог успешного развития АПК: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград 25–27 января 2011 г. – Том 2. – Волгоград: ФГОУ ВПО Волгоградская ГСХА «Нива», 2011. – С. 44–47.

11. Федорова, О.А. Усовершенствование конструкции измельчителя кормов ИГК-30Б для приготовления пеллет из камыша / О.А. Федорова, **С.А. Давыдова** // Интеграционные процессы в науке, образовании и аграрном производстве – залог успешного развития АПК: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград 25–27 января 2011 г. – Том 2. – Волгоград: ФГОУ ВПО Волгоградская ГСХА «Нива», 2011. – С. 50–53.

12. **Давыдова, С.А.** Пути повышения эффективности уборки тростника южного на пеллеты / С.А. Давыдова // Материалы 16 региональной конференции молодых исследователей Волгоградской области. 8–11 ноября 2011 г. – Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2012. – С. 165–167.

13. Лобинцев, А.С. Разработка измельчителя тростника южного на пеллеты / А.С. Лобинцев, Р.Н. Мучоно, **С.А. Давыдова**, А.Л. Сальников // Исследования молодых ученых – вклад в инновационное развитие России : материалы региональной научно-практической конференции. – Астрахань: ИД «Астраханский университет», 2011. – С. 18–20.

14. Балтаев, И.З. К вопросу применения тростника южного в качестве сырья для биотоплива / И.З. Балтаев, О.М. Давыдова, **С.А. Давыдова** // Будущее АПК: наука и технологии, инновации и бизнес : материалы восьмой всероссийской научной конференции. – Астрахань: ООО «Техно-Град», 2012. – С. 229–231.

15. **Давыдова, С.А.** Особенности технологии уборки тростника южного для получения пеллет / С.А. Давыдова, А.И. Ряднов, А.Л. Сальников, Р. Мучоно, О.Н. Беспалова // Будущее АПК: наука и технологии, инновации и бизнес : материалы восьмой всероссийской научной конференции. – Астрахань: ООО «Техно-Град», 2012. – С. 27–30.

16. Марин, А.Н. Разработка экструдированных кормов для сельскохозяйственных животных // А.Н. Марин, **С.А. Давыдова**, А.Л. Сальников, Д.А. Неструев, Э.М. Мамбетов // Инновационные технологии в управлении, образовании, промышленности «АСТИНТЕХ-2012» : материалы Международной научной конференции молодых ученых 10–12 мая 2012. – Астрахань: ИД «Астраханский университет», 2012. – С. 85–89.

Давыдова Светлана Александровна

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ
И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПРОИЗВОДСТВА ПЕЛЛЕТ
ИЗ ТРОСТНИКА ЮЖНОГО НА КОРМ
КРУПНОМУ РОГАТОМУ СКОТУ**

Специальность 05.20.01 – Технологии и средства механизации
сельского хозяйства

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Заказ № 2755. Тираж 100 экз.
Уч.-изд. л. 1,5. Усл.-печ. 1,4

Издательский дом «Астраханский университет»
414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а
Тел. (8512) 48-53-47 (отдел маркетинга), 48-53-45,
48-53-44, тел./факс (8512) 48-53-46
E-mail: asupress@yandex.ru

