

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

На правах рукописи



СИЗИКОВ Константин Анатольевич

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ
ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОУСВОЯЕМЫХ КОМБИКОРМОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗАЩИЩЕННОГО БЕЛКА ДЛЯ КРУПНОГО
РОГАТОГО СКОТА**

Специальности 05.18.12 – Процессы и аппараты пищевых производств и
05.18.01 – «Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобо-
вых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградар-
ства»

Д и с с е р т а ц и я
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научные руководители –
доктор технических наук,
профессор В.А. Афанасьев
доктор технических наук,
доцент Л.Н. Фролова

Воронеж – 2021

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
Глава 1. Анализ современного состояния теории, техники и технологии получения комбикормов с защищенным белком для крупного рогатого скота.....	18
1.1. Основное экструдированное сырье как объект исследований, его свойства и характеристики.....	18
1.2. Особенности желудочного пищеварения у крупного рогатого скота.....	21
1.3. Основные закономерности кормления исследуемых групп крупного рогатого скота.....	24
1.3.1. Нормы кормления ремонтного молодняка молочного скота	24
1.3.2. Нормы кормления молодняка крупного рогатого скота при откорме на мясо (сверхремонтный молодняк молочных и комбинированных пород).....	29
1.3.3. Нормы кормления молодняка мясных пород.....	32
1.4. Инновационно-технологические кормовые решения для крупного рогатого скота.....	33
1.5. Характеристика высокобелковых концентратов.....	41
1.6. Обзор способов и технологий производства комбикормов для крупного рогатого скота.....	55
1.7. Обзор математических моделей процесса экструзии зернового сырья.....	66
1.8. Обзор и анализ экструдеров для производства комбикормов для крупного рогатого скота.....	75
1.9. Анализ литературного обзора, формулировка цели и основных задач исследования.....	80
Глава 2. Исследование кинетических закономерностей процесса	

	экструдирования зерновых и зернобобовых культур....	83
2.1.	Экспериментальная установка и методика проведения исследований.....	83
2.2.	Исследование процесса пропаривания зерновых культур перед экструдированием.....	86
2.3.	Исследование процесса экструдирования зерновых культур	90
2.4.	Исследование процесса экструдирования гороха.....	97
2.4.1.	Влияние влажности гороха и крупности его измельчения на качество готового продукта и технико-экономические показатели процесса экструдирования.....	97
2.4.2.	Влияние температуры экструдирования на качество продукта и технико-экономические показатели процесса...	101
2.4.3.	Исследование процесса измельчения экструдированного гороха.....	101
2.4.4.	Изучение изменения качества гороха при экструдировании.	103
2.5.	Исследование процесса экструдирования сои для получения полножирного продукта.....	105
2.6.	Исследование процесса экструдирования рапса.....	109
2.6.1.	Переработка сои на экструдерах для получения полужирного продукта.....	111
2.6.2.	Выработка опытных партий комбикормов, содержащих экструдированные сою и рапс.....	115
Глава 3.	Математическая модель процесса экструзии зерновых культур при неизотермическом течении их расплава.....	116
3.1.	Постановка задачи.....	116
3.2.	Численная схема решения задачи.....	122
Глава 4.	Разработка рецептур комбикормов с защищенным белком и эффективность их скармливания крупному рогатому скоту.....	125

4.1.	Разработка рецептур с защищенным белком для крупного рогатого скота.....	125
4.2.	Методика расчета продуктивности крупного рогатого скота из основного комбикорма.....	131
4.3.	Определение распадаемости и переваримости кормовых добавок.....	135
Глава 5. Разработка оборудования для производства высокоусвояемых комбикормов с защищенным белком для крупного рогатого скота.....		
5.1.	Разработка технологической линии производства высокоусвояемых комбикормов с защищенным белком и витаминно-аминокислотно-энзимным комплексом для крупного рогатого скота.....	138
5.2.	Разработка конструкции экструдера.....	144
5.3.	Методика инженерного расчета экструдера для получения комбикорма с защищенным белком для крупного рогатого скота	150
5.3.1.	Расчет конструктивных параметров шнека.....	150
5.3.2.	Расчет мощности привода многозонного экструдера.....	155
ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ.....		157
ЛИТЕРАТУРА.....		159
ПРИЛОЖЕНИЕ.....		182

ВВЕДЕНИЕ

В государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 г. были сформулированы основные направления развития животноводства. В частности, на развитие животноводства из средств федерального бюджета было выделено более 65 млрд. руб. Это позволило довести к 2020 г. поголовье крупного рогатого скота специализированных мясных пород и помесных животных до 3590 голов, что в 1,8 раза больше по сравнению с 2012 г.

По данным Росстата поголовье крупного рогатого скота в хозяйствах всех категорий России составляло 18,9 млн. голов по состоянию на 1 октября 2020 г., что на 0,6 % превышало показатель на аналогичную дату годом ранее [13, 149, 150].

Поголовье КРС специализированных мясных пород в сельхозорганизациях и КФХ, включая индивидуальных предпринимателей, в 2019 г., по предварительным данным регионов, составило 2390,6 тыс. голов, что на 126,4 тыс. голов или на 5,6 % больше уровня 2018 г. При этом маточное поголовье, которое составляет основу для производства высококачественного мяса, в указанных категориях хозяйств увеличилось на 81 тыс. голов, до 1155,5 тыс. голов – это на 7,5 % выше показателя 2018 г.

Объем производства комбикормов для КРС в России в 2020 г. приблизился к 2,5 млн. тонн (таблица 1). В условиях интенсивного ведения животноводства, проблема обеспечения его кормовым белком имеет исключительную важность. Белок является незаменимым компонентом всех рационов. Сбалансированность кормов по белку снижает затраты на производство единицы продукции и ее себестоимость, повышает рентабельность животноводства. Потребность комбикормовой промышленности в белковом сырье удовлетворяется только на 60-65 %. Основным источником белка являются продукты переработки сои, прежде всего, соевый шрот, а также подсолнечника, рапса, а также рыбная и мясокостная мука [6, 19, 27, 151, 154].

Т а б л и ц а 1 – Производство комбикормов для КРС, т

	2016	2017	2018	2019	2020
январь	154 785	162 537	169 612	175 960	190 472
февраль	171 435	152 192	165 844	182 490	192 439
март	184 090	191 432	183 161	192 820	199 470
апрель	185 206	173 962	187 455	205 031	221 199
май	176 848	181 175	186 974	189 549	211 672
июнь	169 751	173 387	177 128	188 999	192 422
июль	165 946	174 844	179 742	180 648	197 461
август	167 629	170 434	182 296	189 454	202 923
сентябрь	163 666	169 835	179 490	183 763	204 364
октябрь	168 278	177 590	186 701	186 541	209 301
ноябрь	172 797	178 965	198 651	190 138	204 634
декабрь	190 793	195 411	207 209	209 716	227 297
всего	2 071 224	2 101 764	2 204 263	2 065 393	2 453 654

В России объем производства рыбной муки составляет на уровне 90-100 тыс. т, а объем производства мясокостной муки – около 350 тыс. т. Доля этих компонентов белкового сырья (жмыхи и шроты, рыбная и мясокостная мука) в вырабатываемых комбикормовой промышленностью комбикормах составляет: жмыхи и шроты – 8-9 %; корма животного происхождения – 0,7-1,0 %, что является явно недостаточным.

Введение в рацион высокоудойных коров белка, устойчивого к распаду в рубце или так называемого «защищенного» или «транзитного», позволит повысить продуктивность и сохранить здоровье крупного рогатого скота (КРС) [15, 25, 28, 152-153].

Защищенный белок – это белок, устойчивый к воздействию ферментов микрофлоры и неспособный к распаду на составляющие – аммиак и углеродную цепочку. Если в США фермеры используют в рационах специализированные продукты с содержанием «защищенного» белка до 80 %, то в большинстве российских «заменителей» (жмыхов и шротов) его не более 5-20 %. Больше всего высококачественного защищенного белка содержит соевый шрот. Он защищен от распада в рубце на 50 %. У люпина защищенность составляет примерно до 40 %. У рапсового шрота, жмыха этот показатель до-

стигает 35–37 %. Самая низкая защищенность у подсолнечного жмыха и шрота: она составляет только 10 %. Остальные 90 % – легко расщепляемый протеин, он быстро растворяется микробами в рубце. Микробы способны своим ферментом – уреазой – быстро расщепить его, но усвоить, связать и превратить в микробный белок не могут за время его расщепления. Поэтому до 40 % легко расщепляемого белка, превращенного в аммиак, попадает в кровеносное русло, потом в печень и почки и оттуда выделяется с мочой [30, 31, 36, 155-157].

Проблема разработки высокоусвояемых комбикормов с защищенным белком для крупного рогатого скота (КРС) обусловлена спецификой желудочно-кишечного тракта коров и особенностями усвоения белка. Так в частности, весь объем рациона попадает в первый из 4-х участков преджелудков – рубец. Часть распадается в преджелудках коровы до азота (распадаемый протеин), а часть протеина доходит до тонкого кишечника и под действием энзимов расщепляется до пептидов и далее, до аминокислот (протеин, избежавший распада в рубце, – это нераспадаемый протеин (НРП)). Избыточный азот, попадая в кровь, становится аммиаком, который, закисляя кровь, ведет к заболеваниям. Вводя в рацион повышенные нормы белковых добавок без учёта распадаемости белка, резко увеличивается количество образующегося азота N и аммония NH_4 , которые способны превращаться в аммиак NH_3 . Корова резко теряет упитанность и выбывает после первой-второй лактации, возникают проблемы с воспроизводством. При концентрации свыше 90 % большая часть аммиака всасывается в кровь и далее в печень, вызывая заболевания последней [40, 48, 49, 158-159].

Для высокопродуктивных коров защищенный белок должен составлять 45 %, легко расщепляемые протеины – не более 15 %, кислотно-детергентный протеин – не более 5 % и микробный – 35 % [60, 160-161].

Для получения защищенного белка смесь белка и редуцирующих сахаров нагревают при температуре, уровне pH, чтобы спровоцировать начало реакции Майяра, но не ее развитие. При этом белок меняется и блокирует

прикрепление микробных ферментов рубца, тем самым предотвращая расщепление. Связь сильна и остается неизменной, во время нахождения в среде рубца. При попадании в кислую среду сычуга, где уровень рН от 2 до 3, а не от 6 до 6,5 как в рубце, белок денатурирует, и начинает раскручиваться, позволяя ферментам коровы попасть внутрь и разрушить его на составляющие аминокислоты, которые затем усваиваются и используются для синтеза молока. Использование влаготепловой и баротермомеханической обработки зерновых и зернобобовых культур позволяет поучить комбикорма с защищенным белком [56, 57, 59, 162-163].

Актуальность избранной темы. Состояние здоровья сельскохозяйственного животного, продуктивность и воспроизводительные качества в значительной степени определяются его пищевым статусом, то есть степенью обеспеченности организма энергией и целым рядом пищевых веществ, в первую очередь эссенциальных или незаменимых. Здоровье крупного рогатого скота может быть сохранено только при условии удовлетворения его физиологических потребностей во всех питательных и биологически активных веществах. Любое отклонение от так называемой формулы сбалансированного питания приводит к нарушению функций организма, особенно если эти отклонения достаточно выражены и продолжительны во времени. Поэтому большое практическое значение в масштабах всей страны приобретает поиск факторов, с помощью которых можно было бы повысить качество комбикормов.

Для обеспечения растущих потребностей животноводческих комплексов высокоусвояемыми комбикормами с защищенным белком для крупного рогатого скота необходимо внедрение новых технологий и разработка новых современных видов технологического оборудования [18, 61, 97, 98, 164-166].

Один из сдерживающих факторов более широкого применения для КРС комбикормов с защищенным белком – отсутствие современных технологий и оборудования.

Научная работа проводилась в соответствии с планом госбюджетной

НИР кафедры технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающих производств ФБГОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий».

Степень разработанности темы. Совершенствованию процесса экструдирования зерновых культур и использования полученного экструдата в высокоусвояемых комбикормах для КРС уделяется большое внимание, так как именно данная стадия в значительной степени определяет эффективность применения высокоусвояемых комбикормов с защищенным белком для КРС и оказывает существенное влияние на эффективность их скармливания.

Теоретические основы технологии высокоусвояемых комбикормов с использованием защищенного белка для крупного рогатого скота отражены в работах Харитонов Е.Л., Трухачева В.И., Погосяна Д.Г., Ляшенко В.В., Виновски Т., Головина А.В., Эбзеева М.М., Фаттахова З.Ф., Скурихина В.Н., Wang, C., Liu, J.X. и др.

Несмотря на некоторые научные достижения в области использования комбикормов с защищенным белком для КРС необходимо решить ряд важнейших задач по обоснованию баротермомеханической обработке зерновых культур, обеспечивающей максимально полное усвоение кормов и снижение их затрат на единицу продукции.

Поэтому комплексное исследование применения высокоусвояемых комбикормов с защищенным белком для КРС является актуальной задачей.

Известные отечественные и зарубежные труды в области исследования применения высокоусвояемых комбикормов с защищенным белком для КРС, которые отражают главным образом решение применения отдельных аспектов их реализации в кормопроизводстве. Существуют различные подходы к теоретическому обобщению использования высокоусвояемых комбикормов с защищенным белком для КРС. Однако в настоящее время не существует единой методологии, которая учитывала бы всю совокупность рассматриваемых явлений к описанию целесообразности их применения.

Цели и задачи. Цель диссертационной работы – развитие научно-практических основ процессов производства высокоусвояемых комбикормов с использованием защищенного белка; разработка рекомендаций по проектированию и внедрению в производство высокоэффективных видов оборудования, разработка перспективной технологии, направленной на повышение питательной ценности, усвояемости, поедаемости и доброкачественности комбикормов для крупного рогатого скота.

Для достижения цели решались следующие *основные задачи*:

– научное обоснование рациона с защищенным белком для крупного рогатого скота для повышения питательной ценности, усвояемости, поедаемости и доброкачественности комбикормов;

– исследование кинетических закономерностей процесса экструдирования зерновых и зернобобовых компонентов комбикорма с обоснованием рациональных параметров процесса экструдирования;

– математическое моделирование процесса экструдирования зерновых и зернобобовых компонентов комбикормов;

– разработка конструкции экструдера, реализующего режим, обеспечивающий получение защищенного белка;

– разработка технологии производства экструдированных зерновых и зернобобовых культур с защищенным белком для крупного рогатого скота, комплексной технологической линии производства высокоусвояемых комбикормов с защищенным белком и витаминно-аминокислотно-энзимным комплексом для крупного рогатого скота и разработка нормативно-технической документации;

– проведение испытаний разработанных видов высокоусвояемых комбикормов с защищенным белком и витаминно-аминокислотно-энзимным комплексом для крупного рогатого скота для определения эффективности их потребления и внедрение разработанных технологии и оборудования.

Научная новизна. Разработан концептуальный подход в создании новых видов высокоусвояемых комбикормов с использованием защищенного

белка для крупного рогатого скота, направленных на повышение усвояемости, поедаемости и доброкачественности комбикормов.

Выявлены основные кинетические закономерности процесса экструдирования зерновых и зернобобовых компонентов комбикормов с защищенным белком и витаминно-аминокислотно-энзимным комплексом для крупного рогатого скота.

Получена математическая модель процесса экструдирования зерновых и зернобобовых компонентов комбикормов с защищенным белком, позволяющая рассчитать характер изменения температуры и давления по длине рабочей камеры экструдера со ступенчатой их стабилизацией, необходимой для протекания физико-химических изменений основных компонентов продуктов.

Установлен характер влияния экструдированных зерновых и зернобобовых компонентов комбикормов с защищенным белком на усвояемость, поедаемость и доброкачественность разработанных видов высокоусвояемых комбикормов.

Научная новизна предложенных технических решений подтверждена 5 патентами РФ (Пат. № 2740018, № 2292156, 2332853, 2334405, 2343713).

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость диссертационного исследования обусловлена комплексным анализом баротермомеханического процесса при производстве высокоусвояемых комбикормов с использованием защищенного белка для крупного рогатого скота. Сформулированные теоретические положения и практические выводы могут быть использованы при организации научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы на комбикормовых предприятиях.

Определены и обоснованы рациональные технологические режимы процесса экструдирования зерновых и зернобобовых компонентов комбикормов с защищенным белком при производстве высокоусвояемых комбикормов в кормлении крупного рогатого скота на основе сформулированных принципов ресурсосбережения, обеспечивающие сокращение продолжительности процесса, снижение удельных энергозатрат и повышение качества готовой продукции.

Получены рецепты высокоусвояемых комбикормов с использованием экструдированных зерновых и зернобобовых культур с защищенным белком для крупного рогатого скота, обладающие высокой биологической и энергетической ценностью, и со сбалансированными по питательной ценности компонентами, способствующие росту привесов, сокращению сроков откорма и снижению затрат корма.

Разработана конструкция экструдера для производства высокоусвояемых комбикормов с использованием экструдированных зерновых и зернобобовых культур с защищенным белком для крупного рогатого скота.

Разработана новая технология производства с высокоусвояемых комбикормов с использованием экструдированных зерновых и зернобобовых культур с защищенным белком для крупного рогатого скота. На основе экспериментальных исследований разработан стандарт организации СТО 9296-540-02068108-2021 (технические условия) «Высокоусвояемые комбикорма с защищенным белком для крупного рогатого скота». Разработана комплексная технологическая линия производства высокоусвояемых комбикормов с защищенным белком и витаминно-аминокислотно-энзимным комплексом для крупного рогатого скота.

Выполнена методика инженерного расчета многозонного экструдера для производства высокоусвояемых комбикормов с защищенным белком для крупного рогатого скота.

Годовой экономический эффект от внедрения предлагаемых технических решений составит 5,54 млн. р.

Практическая ценность. Определены и обоснованы рациональные технологические режимы процесса экструдирования зерновых и зернобобовых компонентов комбикормов с защищенным белком при производстве высокоусвояемых комбикормов в кормлении крупного рогатого скота.

Получены рецепты высокоусвояемых комбикормов с использованием экструдированных зерновых и зернобобовых культур с защищенным белком для крупного рогатого скота, обладающие высокой биологической и энергетической ценностью, и со сбалансированными по питательной ценности компонентами, способствующие росту привесов, сокращению сроков откорма и снижению затрат корма.

тической ценностью, и со сбалансированными по питательной ценности компонентами, способствующие росту привесов, сокращению сроков откорма и снижению затрат корма.

Разработана конструкция экструдера для производства высокоусвояемых комбикормов с использованием экструдированных зерновых и зернобобовых культур с защищенным белком для крупного рогатого скота.

Разработана новая технология производства с высокоусвояемых комбикормов с использованием экструдированных зерновых и зернобобовых культур с защищенным белком для крупного рогатого скота. На основе экспериментальных исследований разработан стандарт организации СТО 9296-540-02068108-2021 (технические условия) «Высокоусвояемые комбикорма с защищенным белком для крупного рогатого скота». Разработана комплексная технологическая линия производства высокоусвояемых комбикормов с защищенным белком и витаминно-аминокислотно-энзимным комплексом для крупного рогатого скота.

Достоверность научных разработок подтверждена промышленным производством партии высокоусвояемых комбикормов с защищенным белком и витаминно-аминокислотно-энзимным комплексом для крупного рогатого скота на ОАО «Богдановичский комбикормовый завод» (Свердловская обл., г. Богданович), проведены производственные испытания по определению распадаемости и переваримости кормовых добавок во Всероссийском научно-исследовательском институте физиологии, биохимии и питания животных-филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства-ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста» (ВНИИФБиП), а также проведен производственный контроль белковых компонентов в ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук». Имеется акт внедрения конструкции экструдера АО «НПЦ «ВНИИКП», г. Воронеж.

Положения, выносимые на защиту:

– рецептуры высокоусвояемых комбикормов с использованием экструдированных зерновых и зернобобовых компонентов с защищенным белком для крупного рогатого скота, обладающие высокой биологической и энергетической ценностью, и со сбалансированными по питательной ценности компонентами, способствующие росту привесов, сокращению сроков откорма и снижению затрат корма;

– выявленные кинетические закономерности процесса экструдирования зерновых и зернобобовых компонентов комбикормов с защищенным белком для крупного рогатого скота, эффективность и обоснование выбора рациональных параметров процесса экструдирования с использованием плавного, постепенного возрастания температуры и давления со ступенчатой их стабилизацией, необходимой для протекания физико-химических изменений основных компонентов продуктов;

– математическая модель процесса экструдирования зерновых и зернобобовых компонентов комбикормов с защищенным белком, позволяющая рассчитать характер изменения температуры и давления по длине рабочей камеры экструдера со ступенчатой их стабилизацией, необходимой для протекания физико-химических изменений основных компонентов продуктов;

– эффективность использования высокоусвояемых комбикормов с использованием экструдированных зерновых и зернобобовых культур с защищенным белком для крупного рогатого скота;

– технология производства высокоусвояемых комбикормов с использованием экструдированных зерновых и зернобобовых культур с защищенным белком для крупного рогатого скота.

Методология и методы диссертационного исследования. Методологическая основа исследования включает в себя комплекс общенаучных (анализа и синтеза, проверка истинности теории путем обращения к практике; интерпретация полученных результатов и др.) и частнонаучных (абстрактно-логический метод, моделирование, эмпирический метод, статистико-

вероятностный метод и др.) методов познания. Теоретико-методологической основой исследований являются труды отечественных и зарубежных авторов в области теории и техники экструдирования зерновых культур при температурах начала реакции Майера, в частности, работы Харитонов Е.Л., Погосьяна Д.Г., Виновски Т., Головина А.В., и др.

В качестве объектов исследования были использованы зерновые культуры (пшеница, кукуруза, ячмень, горох, зерносмесь).

Для определения химического состава и других показателей качества высокоусвояемых комбикормов использованы методы ИК - спектроскопии, атомно-абсорбционной спектроскопии, капиллярного электрофореза, высокоэффективной газовой хроматографии, кислотного гидролиза и др. Погрешности измерений не превышали значений, установленных в действующих стандартах для методов количественного анализа качества высокоусвояемых комбикормов.

Основная часть теоретических и экспериментальных исследований и практических разработок проведена в АО «НПЦ «ВНИИ комбикормовой промышленности», в «Воронежском государственном университете инженерных технологий», в ОАО «Богдановичский комбикормовый завод» (г. Богданович, Свердловская обл.), во Всероссийском научно-исследовательском институте физиологии, биохимии и питания животных-филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства-ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста» (ВНИИФБиП), а также в ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук» в соответствии с тематическими планами НИР.

Цель исследования достигнута, благодаря обобщению и анализу классических и новых аналитических и эмпирических методов изучения процесса экструдирования зерновых культур (пшеница, кукуруза, ячмень, горох, зерносмесь), на базе известных научных достижений и основополагающих работ в области экструдирования зерновых культур, положениям которых соответ-

ствуют выводы и рекомендации, представленные в работе. Полученные зависимости и аппроксимирующие уравнения адекватны экспериментальным данным. Методическое обеспечение и предложенные в результате исследований конструкторские решения не противоречат известным апробированным методикам рационального проектирования и конструирования экструдеров. Комплекс экспериментов и реализация математической модели процесса экструдирования зерновых культур проводилась с использованием современных компьютерных математических программ, приборов и экспериментального экструдера.

Степень достоверности. Содержащиеся в работе научные положения, выводы и рекомендации основываются на фундаментальных физических законах и не противоречат им. Они хорошо согласуются с теоретическими концепциями, общепринятыми в данной области исследований. Достоверность исследований и результатов проведенных исследований базируется на использовании апробированных математических методов. Полученные расчетные соотношения подвергнуты тщательной экспериментальной проверке, среднеквадратичное отклонение не превышало 12,7 %. При этом соискатель опирается на полученные им экспериментальные данные и полученные кинетические закономерности процесса экструдирования компонентов комбикорма. Все научные положения, выводы и рекомендации, изложенные в диссертации, обоснованы и подтверждены экспериментальными исследованиями и материалами, которые полностью соответствуют данным протоколов опытов.

Достоверность разработанной математической модели процесса исследуемого процесса экструзии зерновых культур при температурах начала реакции Майера, т. е. до 120-125 °С подтверждается проведением их проверки адекватности реальному эксперименту. Соискатель использовал современные методики экспериментальных исследований, методы и средства проведения измерений. Многократное проведение экспериментов и частые замеры параметров во время опыта не дают оснований для сомнения в их достоверности.

Степень достоверности результатов проведенных исследований подтверждается глубокой проработкой литературных источников по теме диссертации, постановкой необходимого числа экспериментов, применением современных инструментальных методов анализа, публикацией основных положений диссертации. Для математической обработки результатов исследований использованы прикладные компьютерные программы.

Основные положения, выводы и рекомендации одобрены при выступлениях диссертанта на научно-технических конференциях.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на международных научно-технических конференциях: (Воронеж, 2020, 2021), (Казань, 2020). Результаты работы демонстрировались на V международной выставке изобретений и инноваций имени Н.Г. Славянова, IX Агропромышленного конгресса и по итогам которых работа награждена медалью и дипломами.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 13 работ, в том числе 1 монография, 3 статьи в журналах, рекомендованных ВАК, 5 патентов РФ и 4 тезиса докладов.

Автор искренне благодарен научным руководителям: профессору Афанасьеву Валерию Александровичу и профессору Фроловой Ларисе Николаевне за оказанную помощь, консультации и ценные замечания, сделанные при выполнении диссертационной работы, а также выражает признательность коллективу АО «НПЦ «ВНИИКП» и коллективу кафедры ТЖ, ПАХПП «ВГУИТ» за поддержку и эффективное сотрудничество.

Глава 1 АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ТЕОРИИ, ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ КОМБИКОРМОВ С ЗАЩИЩЕННЫМ БЕЛКОМ ДЛЯ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

1.1 Основное экструдированное сырье как объект исследований, его свойства и характеристики

Одним из эффективных способов воздействия на биохимические показатели зерновых компонентов является обработка в экструдерах, в которых продукт подвергается действию высокого давления и температуры. Процесс экструзии занимает менее 30 с. За это время сырье успевает пройти несколько стадий обработки: тепловую, стерилизацию и обеззараживание, измельчение и смешивание, частичное (до 50 % от исходного) обезвоживание, стабилизацию, текстуризацию, экспандирование и профилирование [8, 9, 11, 167-169].

В экструдированном корме суммарное число обыкновенных сахаров возрастает до двух раз, дисахаров до двадцати раз, яркая результативность кормления животных увеличивается за счёт повышения усвояемости кормов в 2,5 раза. Преимущества экструдированных кормов если сравнивать с классическими: высокая усвояемость (до 95 %) и это возможность дает насыщать животное меньшей порцией [7, 17, 35, 170-172].

Зерно после обработки в экструдере становится стерильным, что очень важно для животных на ранних стадиях откорма. При кормлении животных нейтрализуются разные пищеварительные инфекции и раздражения. При этом достигается высокая поедаемость корма за счёт вкусовых свойств экструдата, который имеет хлебный вкус и аромат. Появляется возможность долгосрочного сохранения, так как экструдат стерилен и имеет низкую влажность. Экструдат является стимулятором роста животного и развития за счет улучшения микрофлоры в желудочно-кишечном тракте. Экструдированные

корма являются незаменимыми при откорме молодняка большинства агропромышленных животных: свиньи, лошадей, крупный рогатый скот и др. Кормление экструдированным зерном минимизирует смертность молодняка из-за заболеваний желудочно-кишечного тракта [36, 37, 57, 173-175].

Не менее продуктивно применение экструданта и при получении повышенных надоев, которые достигают в различных хозяйствах от 18 до 40 %.

При влажности комбикорма 12–14 % естественное разложение витаминов происходит значительно интенсивнее, чем в стренгах (7–9 %). При экструдировании воздействие высоких температур происходит в течение 10–12 с, за этот период времени витамины не подвергаются разрушению. Кроме этого, экструдат обладает хорошими абсорбирующими свойствами, поэтому он может служить профилактическим средством при желудочно-кишечных расстройствах.

При экструзии под действием температуры 130 °С и давления происходит глубокое преобразование структуры и свойств питательных веществ, что позволяет производить высококачественный продукт, обладающий следующими свойствами:

- улучшаются вкусовые качества за счет однородности состава, устраняется неприятный запах, увеличивается доля сахаров за счет деструкции полисахаридов; под действием температуры и давления происходит стерилизация кормов;

- устраняется или значительно уменьшается влияние антипитательных факторов и их отрицательное воздействие на животных;

- в результате экструзии получается более структурированный корм, специально приспособленный и лучше отвечающий потребностям животных, отрицательный эффект обработке сведен до минимума (деструкция витаминов, жиров и аминокислот) за счет минимального времени прохождения продукта через экструдер (не более 30 с), а под воздействием максимальной температуры находится всего 5–6 с;

- удваивает питательную ценность получаемого продукта, минималь-

ная длительность такого воздействия не снижает количество витаминов, аминокислот и жиров в составе корма, а вредные бактерии полностью уничтожаются;

– снижается в 1,5–2 раза гибель животных от кишечно-желудочных заболеваний; корм усваивается до 90 %; снижает общее потребление корма до 12 %;

– увеличиваются надои молока – на 20-50 %, яйценоскость птицы – на 20-25 %, прирост живого веса молодняка – на 30-40 %.

Экструзионная обработка повышает перевариваемость белков, делает более доступным аминокислоты вследствие разрушения в молекулах белка вторичных связей. В то же время экструдеры успешно нейтрализуют факторы, отрицательно влияющие на пищевую ценность сырья, такие как ингибитор трипсина, уреазы и прочие [64, 78, 83, 84, 176-178]

Технология экструзии особенно благотворно влияет на белковые добавки для жвачных животных, так как при этом увеличивается количество белка, не разрушающегося в рубце животного, кроме того, экструзия обеспечивает более полную усвояемость белка в тонком отделе кишечника. В итоге повышается продуктивность скота и снижаются затраты кормов.

В процессе экструзии крахмал желатинируется, что повышает его усвояемость. При выходе из экструдера температура и давление резко падают, что приводит к увеличению конечного продукта в объёме. Клетчатка в процессе трения и дробления измельчается, что повышает её переваримость.

Экструдирование повышает вкусовые качества готового продукта. Этому есть несколько причин: крахмал расщепляется на более простые, сладкие компоненты; при выходе продукта из экструдера улетучивается неприятный запах, характерный для некоторого сырья (например, соевых бобов); готовый продукт имеет однородную структуру [106, 113, 136].

Экструдированный ячмень имеет высокие вкусовые качества и повышенную до 12 % перевариваемость питательных веществ в организме поросят.

Экструдированная пшеница – высокоценный энергетический компонент с низким (1,2 %) содержанием клетчатки. По содержанию протеина и особенно лизина (почти в 2 раза) превосходит кукурузу. Рекомендуемый уровень ввода в зерносмеси до 45 %. Хорошо сочетается с использованием ингредиентов с высоким уровнем клетчатки (отруби, шрот подсолнечника, сухой жом, сухая барда и т.д.).

Экструдированный горох – высокопротеиновый продукт с хорошим набором аминокислот и легкодоступных углеводов. Может использоваться как основной источник белка в комбикормах для поросят и на откорме. Обладает высокими вкусовыми качествами и ароматным запахом. Уровень ввода 10–30 %. Удешевляет рационы свиней (на 20–30 %) за счет экономии кормов животного происхождения.

Применение экструдированных кормов обеспечивает:

- снижение скорости расщепляемости белка в преджелудках;
- повышение синтеза микробиального белка в преджелудках на 30 %;
- повышение усвояемости крахмала за счет его расщепления в процессе экструзии на сахара и декстрины;
- снижение скорости ферментации крахмала в преджелудках;
- повышение энергетической питательности рациона 10-15 %.

Влаготепловая обработка зернового сырья методом экструзии эффективно повышает его питательную ценность и усвояемость для животных. Нагрев зерна до высоких температур вызывает декстринизацию крахмала, то есть образование легкорастворимых углеводов, а наличие влаги в сочетании с высокой температурой способствует его клейстеризации.

1.2 Особенности желудочного пищеварения у крупного рогатого скота

Желудок жвачных состоит из четырёх отделов: рубец, сетка, книжка и сычуг.

В таких отделах желудка жвачного животного, как сетка, книжка и сы-

чуг измельчённый жеванием корм превращается в пищу и среду обитания для большого количества разнообразных видов микроорганизмов (около 20 видов простейших, более 150 видов бактерий, до 22 видов грибов). Затем эти микроорганизмы, в свою очередь, сами становятся пищей для организма жвачного животного-хозяина и источником полноценного, легко перевариваемого и усваиваемого белка. Разные корма стимулируют развитие разных видов микроорганизмов. У коровы общая масса микроорганизмов в преджелудках может составлять от 4 до 7 кг. Такой симбиоз даёт возможность жвачным животным употреблять грубые, малоценные корма и получать из них полноценный протеин, глюкозу, жир, а также синтезировать некоторые витамины (почти всю группу В, витамин К и др.), аминокислоты. Чем большее количество микроорганизмов обитает в рубце, тем больше белка может получить из них животное, и тем выше может быть его целевая продуктивность. Следовательно, чтобы улучшить продуктивность стада и поднять производственные показатели, необходимо способствовать развитию симбиотической микрофлоры в рубце животных [7, 17, 35].

Попав в рубец, корм находится в нем около 30–60 мин, после чего маленькими порциями возвращается в ротовую полость для повторного пережёвывания. Жвачка продолжается около часа и в течение суток повторяется с перерывами 6–8 раз. Измельчённый, хорошо смоченный слюной корм становится более доступным для микроорганизмов, обитающих в рубце. После повторного пережёвывания корм на протяжении 20–40 ч подвергается следующему воздействию микроорганизмов.

Амилолитические бактерии для своей жизнедеятельности используют содержащиеся в корме крахмал и сахар, в итоге образуя конечные продукты: летучие жирные кислоты (ЛЖК), включающие масляную, уксусную, пропионовую, янтарную, муравьиную и пр. Летучие жирные кислоты почти полностью всасываются в кровь и становятся источником энергии для организма животного. За сутки в рубце взрослого жвачного животного образуется около четырёх литров ЛЖК. Часть летучих жирных кислот в рубце используется

протеолитическими бактериями для синтеза из аммиака собственных аминокислот [14, 26, 29].

Протеолитические бактерии вырабатывают протеолитические ферменты, с помощью которых расщепляют протеин корма сначала до пептидов, потом до аминокислот, потом – до воды, углекислого газа и аммиака. Аммиак используется микроорганизмами рубца как источник азота для синтеза собственного микробного протеина. В микробном белке присутствуют все заменимые и незаменимые аминокислоты.

Липолитические бактерии гидролизуют жир из корма до жирных кислот и глицерина. Жирные кислоты используются микробами как энергетический компонент для синтеза микробного протеина из азота, содержащегося в аммиаке.

Целлюлозолитические бактерии и грибки преобразуют клетчатку сначала до дисахаридов, а затем до моносахаридов, которые сбраживаются амилитическими и молочнокислыми бактериями, с выделением конечных продуктов их жизнедеятельности: уксусной, янтарной, молочной, муравьиной, масляной, пропионовой кислот и углекислого газа.

Молочнокислые бактерии расщепляют крахмал и сахар до углекислого газа и молочной кислоты. За сутки в рубце крупного жвачного животного образуется до 1000 литров различных газообразных веществ.

Используя все питательные вещества корма и постоянно находясь в стабильно благоприятных условиях (темная среда с влажностью 100 % и показателем pH = 5,5–7,5, отсутствием свободного кислорода и температурой около +39 °C), микрофлора рубца хорошо размножается и стремительно наращивает свою биомассу. За сутки микробная культура даёт до 4–5 поколений. Часть этой микробной массы (0,7–1,8 кг в сут) вместе с нерасщеплёнными остатками протеина (микробы в рубце не расщепляют до 30 % протеина из корма) поступает небольшими порциями в сычуг, где переваривается под действием соляной кислоты и пищеварительных ферментов до аминокислот, после чего усваивается организмом жвачного животного.

Поступившие в кровь аминокислоты микробного и кормового белка по воротной вене попадают в печень, где они упорядочиваются, и большая их часть используется для синтеза молока или прироста мышечной массы (чем и обеспечивается целевая продуктивность) [46, 48, 49, 56].

1.3 Основные закономерности кормления исследуемых групп крупного рогатого скота

1.3.1 Нормы кормления ремонтного молодняка молочного скота

Выращивание здорового молодняка, сокращение падежа – основная цель для решения задач интенсивности отрасли молочного скотоводства. Молодняк крупного рогатого скота по сравнению со взрослыми животными имеет несовершенную систему терморегуляции; пищеварение проходит по типу моногастричных животных. Первые дни жизни функционирует только сычуг, объем которого в 2 раза больше преджелудков (у взрослых животных – 6-8 %). Молодняк должен по возможности ранее быть приучен к потреблению всего ассортимента кормов, используемых в хозяйстве, прежде всего растительных [63, 68, 73, 75].

Первое кормление теленка молозивом температуры тела теленка должно быть организовано не позже одного часа после рождения. Во время пребывания теленка в профилактории (первые 10 дней жизни) поение молозивом и, впоследствии, молоком матери проводится сразу же после доения коровы. В сутки теленок должен получить молозива около 20 % от массы тела – 5-8 кг за 3-4 приема. В летний период при необходимости примерно через час после поения молозивом можно поить телят кипяченой остуженной водой или подсоленным травяным настоем. В профилакторный период выпойка проводится из алюминиевых бачков с резиновыми сосками вручную. С 10-ого дня составляют схемы выпойки, исходя из принятой в хозяйстве схе-

мы. С 11-го дня телят переводят из индивидуальных клеток в групповые по 8 - 10 голов.

В пригородных хозяйствах и в хозяйствах, занимающихся переработкой молока, широко практикуют применение заменителей цельного молока (ЗЦМ). В зависимости от целей выращивания молодняка – ремонтный – для хозяйства и племяпродажи или сверхремонтный - для откорма, нормы и, соответственно, рационы будут различаться.

При использовании ЗЦМ его разводят в соотношении 1 : 9(10) и при температуре около 40 °С выпаивают из групповых поилок. Общее количество цельного молока, израсходованного в молочный период, может составлять от 60 кг (при использовании ЗЦМ с 11-го дня) до 450 кг (при выращивании быков-производителей); обезжиренного молока – 200-1000 кг. С 11-го дня жизни телят приучают к поеданию концентратов – в сухом виде насыпают в кормушки (при этом ежедневно их вычищают и заменяют новыми), а часть, предварительно осоложенных, – выпаивают вместе с молочными кормами. Лучшими концентратами будут овсянка (измельченный овес с отсеянными пленками) и специальные комбикорма. С этого же возраста в отдельные кормушки укладывают высококачественное сено и минеральные подкормки.

Зеленую массу в летний период начинают скармливать со второго месяца, лучше всего предварительно подвяленную. Силос и сенаж – в последнюю очередь – с начала третьего месяца выращивания. С момента перевода в групповые клетки телята должны быть постоянно обеспечены водой из поилок ПА-2. При выращивании коров массой 600 - 650 кг нормы кормления телок будут следующие (таблица 1.1). Желательной массой телок средних и крупных пород молочного направления продуктивности при первом осеменении является 363 - 397 кг, а время достижения данной массы – 15 мес. и старше. После осеменения приросты живой массы должны быть на уровне 750 г/гол/сут, а последние 2 мес. стельности – до 900 г/гол/сут [75].

Т а б л и ц а 1.1 - Нормы кормления ремонтных телок при выращивании коров массой 600- 650 кг, на голову в сут

Показатели	Возраст, мес.					
	1	5	9	13	17	21
	Живая масса, кг					
	48	142	227	309	379	443
	Среднесуточный прирост, г					
	750 - 800		550 - 650		500 - 550	
ЭКЕ	2,0	3,3	4,4	5,5	6,5	7,4
Сухое вещество, кг	0,84	4,1	6,3	7,1	8,0	8,6
Сырой протеин, г	280	570	725	830	885	955
Переваримый протеин, г	240	425	490	570	640	700
РП, г	-	295	394	492	580	660
НРП, г	-	275	331	338	305	295
Сырая клетчатка, г	70	775	1320	1560	1760	1890
Крахмал, г	-	550	610	700	745	805
Сахар, г	215	380	425	485	515	560
Сырой жир, г	215	250	290	325	360	395
Соль поваренная, г	5	20	32	39	45	52
Кальций, г	15	30	39	46	54	66
Фосфор, г	10	20	27	29	35	42
Магний, г	2	7	14	18	22	26
Сера, г	4	11	18	24	25	25
Железо, мг	45	225	360	425	480	515
Медь, мг	6	31	48	57	64	69
Цинк, мг	40	185	270	320	360	390
Кобальт, мг	0,5	2,5	3,9	4,6	5,2	5,6
Марганец, мг	35	165	300	355	400	430
Йод, мг	0,4	1,2	1,8	2,1	2,4	2,6
Каротин, мг	35	95	145	170	200	225
Витамин Д, тыс. МЕ	0,8	2,2	2,9	3,9	4,9	6,8
Витамин Е, мг	35	165	240	285	320	345
КОЭ, ЭКЕ	2,3	0,8	0,7	0,8	0,80	0,8
Переваримого протеина, г на 1 ЭКЕ	120	129	111	104	98	94

При этом количество скармливаемых концентратов должно составлять около 1 % от живой массы телок (в последние 5 недель до отела).

В настоящее время разработаны ряд схем кормления телок и бычков до 6-месячного возраста при разных темпах роста и разном расходе цельного и снятого молока и задача специалиста выбрать нужную (таблица 1.2).

Т а б л и ц а 1.2 - Схема кормления телок в стойловый период

Возраст, мес.	Живая масса в конце периода, кг	Суточная дача, кг							Минеральная подкормка, г	
		молоко		сена	си- лоса	корне непло пло- дов	концентратов		соль пова- ренная	фосфат кормо- вой
		цель- ного	сня- того				стар- тер/ов сянка	коми- бикор- кор- мов		
Схема кормления телок в зимний период (жив. масса в 6 мес. - 130 кг)										
За 1-й	44	150	0	0	0	0	4	0	100	100
За 2-й	61	30	150	10	0	10	0	24	300	300
За 3-й	78	0	50	30	30	30	0	43	300	400
За 4-й	96	0	0	45	70	45	0	46	450	450
За 5-й	113	0	0	75	120	45	0	32	450	450
За 6-й	130	0	0	100	180	30	0	21	600	450
Всего за 6 мес.		180	200	260	400	160	4	166	2200	215

Начиная с 4-х месячного и до 6-месячного возраста, количество комбикормов в рационах снижают, чтобы животные максимально потребляли травяные корма. С 7- месячного возраста и до 7 мес. стельности количество концентратов в рационе составляет 1,0-1,3 кг в зависимости от плановой живой массы взрослой коровы.

Такая система кормления способствует хорошему развитию пищеварительного тракта, животные привыкают ко всем кормам, которые будут потреблять, будучи первотелками, а выращивание не будет излишне затратным.

Примерные рационы для телок 7 - 24 месячного возраста приведены в таблице 1.3. При выращивании производителей массой 500 кг в 16-месячном возрасте рекомендуется придерживаться следующих схем кормления до 6 мес (таблица 1.4). В рационах бычков на долю концентратов в зависимости от периода выращивания приходится 31- 39 % по питательности. Большие количества концентратов не рекомендуется скармливать; лучше всего в качестве концентратов использовать комбикорма, в том числе с включением в их состав ферментных препаратов - МЭК СХ-1, МЭК СХ-2 и МЭК СХ-3 (0,1 %).

Т а б л и ц а 1.3 - Рационы (комбинированный тип кормления) для ремонтных телок при выращивании коров массой 600 - 650 кг, на голову в сутки

Корма	Возраст, мес.						Нетели на 7-9 мес. стельности
	7-9	10-12	13-15	16-18	19-21	22-24	
	Среднесуточный прирост, г						
	650 - 750		550 - 600		475	550 - 600	
Сено, кг	3	3	3	3	3	3,5	4
Силос, кг	6	8,5	8,5	9	11	9,5	10,5
Сенаж, кг	3	4	4,5	6	6	7	7
Солома, кг	-	1	2	2	2	2	2
Концентрата ты, кг	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,8
Фосфаты кормовые,	40	45	50	60	70	80	85
Соль поваренная, г	30	35	40	45	50	55	62
Меди сульфат, мг	24	32	36	38	42	46	26
Цинка сульфат, мг	180	350	360	380	420	430	280
Кобальта хлорид,	9	12	12	12	14	14	13
Витамин Д, тыс. МЕ	0,8	1,4	2,1	2,6	3,1	3,3	3,3

Т а б л и ц а 1.4 - Схемы кормления бычков до 6-месячного возраста при выращивании производителей к 16-месячному возрасту массой 500 кг

Возраст, мес.	Жив. масса, кг	Суточная дача, кг						Минеральная подкормка, г	
		Молоко		Сено	Силос/зеленый корм	Корнеплоды	Комбикорм	соль поваренная	фосфат кормовой
		цельное	снятое						
Стойловый период									
За 1-й	62	240	0	0	0	0	0	100	150
За 2-й	90	210	50	11	0	0	12	300	450
За 3-й	120	0	310	25	0	10	42	300	600
За 4-й	150	0	290	40	15	30	45	450	600
За 5-й	180	0	240	60	45	30	51	450	750
За 6-й	210	0	110	90	145	47	56	750	750
всего за 6 мес.		450	1000	226	205	117	206	2500	3300
Пастбищный период									
За 1-й	62	240	0	0	0	0	0	100	150
За 2-й	90	210	50	0	31	0	12	300	450
За 3-й	120	0	310	0	67	0	42	300	600
За 4-й	150	0	290	0	128	0	45	450	600
За 5-й	180	0	240	0	217	0	51	450	750
За 6-й	210	0	110	0	400	0	56	750	750
Всего за 6 мес.		450	1000	0	843	0	206	2500	3300

Примерные рационы и структура при сенажном типе кормления приведены в таблице 1.5.

Т а б л и ц а 1.5 - Примерные рационы и структура рационов при выращивании бычков массой 500 кг к 16-мес. возрасту, на голову в сут

Корма	Возраст, мес.	
	6 - 12	12 - 16
	Среднесуточный прирост, г	
	950	1000
Сено, кг	1,5	2
Сенаж, кг	11	15
Концентраты, кг	2,5	3
Фосфат кормовой, г	50	60
Соль поваренная, г	40	50
Структура рационов, % по питательности		
Сено	12	11
Сенаж	50	53
Концентраты	38	36

1.3.2 Нормы кормления молодняка крупного рогатого скота при откорме на мясо (сверхремонтный молодняк молочных и комбинированных пород)

При выращивании молодняка на мясо стараются до минимума свести расход молочных кормов, переходя на выпойку ЗЦМ с 11-го дня жизни. Общий расход ЗЦМ составляет около 25 кг. Основу рационов должны составлять травяные корма - сенаж, силос, сено, с 4-х месячного возраста - солома, САВ и другие корма. Производственный цикл подразделяют на четыре периода:

- молочный – до 60 - 90 дней. Помимо молока и молозива матери в этот период теленок получает ЗЦМ, концентраты (комбикорм, овсянка), сено;

- послемолочный период – продолжительностью 60 - 90 дней. Молодняк полностью переводят на растительные корма, стимулирующие развитие пищеварительной системы и приучение животных к потреблению больших объемов кормов. Корма скармливают в виде влажной кормосмеси (сено, силос, сенаж, солома), концентраты скармливают отдельно;

- период интенсивного роста – 4 - 8 мес. В этот период происходит активный рост мускулатуры; животные активно потребляют корма, конверсия корма в продукцию - наивысшая. Корма обычно скармливают в виде кормосмеси, используют АКД, САВ. Среднесуточный прирост живой массы в этот период составляет 800 - 1400 г;

- заключительный откорм – последние 2- 3 мес.; в этот период молодняк достигает вышесредней упитанности за счет использования высокоэнергетических кормов – при этом - самый высокий уровень использования концентратов.

Широко практикуется откорм молодняка на жоме, барде, мезге, которые начинают скармливать с момента достижения живой массы 150...160 кг. Как правило, это – стойловый откорм [85-87, 99]. При отсутствии пастбищ проводят животных откорм на откормочных площадках, используя скошенную зеленую массу; при этом придерживаются норм, приведенных в таблице 1.6.

При кормлении телят, предназначенных для выращивания на мясо, можно рекомендовать следующую схему кормления (таблица 1.7).

В последующем в зависимости от величины планируемого прироста живой массы – 800-400 г/гол/сут выбирают соответствующие нормы кормления.

Для получения высоких приростов и предотвращения болезней необходимо соблюдать следующие условия: животных приучать к данным кормам в течение нескольких дней; к концу откорма снижать суточную дачу остатков технических производств, а увеличивать – концентратов и сена; обеспечивать животных углеводами за счет скармливания кормовой патоки; обязательно обеспечивать животных минеральными подкормками; рационы корректировать по степени поедания барды, жома или мезги каждые три недели; при откорме молодняка предусмотреть наличие в рационе протеиновых концентратов, т. к. продолжается отложение белка в организме; при дефиците протеина использовать синтетические азотсодержащие вещества или амидо-концентратные добавки [105, 107, 109].

Т а б л и ц а 1.6 - Нормы кормления откармливаемого молодняка крупного рогатого скота крупных по массе молочных и молочно-мясных пород, на голову в сутки

Показатели	Возраст, мес.									
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-9	9-12	12-15	15-18
	Живая масса, кг									
	37-60	60-80	80-100	100-135	135-160	160-185	185-250	250-310	310-375	375-450
	Среднесуточный прирост, г									
ЭКЕ	2,0	2,5	2,8	3,2	3,6	3,8	4,3	5,3	6,5	7,8
Сухое вещество, кг	0,9	1,5	2,2	3,0	3,8	4,4	5,4	6,3	8,0	9,5
Сырой протеин, г	325	410	470	590	640	705	870	890	930	1180
Переваримый протеин, г	275	350	400	479	515	535	565	580	635	765
РП, г	-	-	-	-	-	-	562	530	465	622
НРП, г	-	-	-	-	-	-	308	360	465	558
Сырая клетчатка, кг	-	-	-	0,42	0,57	0,72	1,15	1,3	1,5	1,8
Крахмал, г	-	-	-	515	570	620	735	755	910	1150
Сахар, г	330	420	430	395	415	450	510	520	605	765
Сырой жир, г	240	240	200	220	250	280	215	265	310	350
Соль повар. г	-	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Кальций, г	13	19	25	27	33	38	41	48	51	62
Фосфор, г	8	11	15	17	21	24	26	28	30	33
Магний, г	2	3	4	6	7	8	12	16	19	23
Сера, г	5	7	9	11	14	16	21	24	28	31
Железо, мг	50	80	120	165	210	240	325	380	565	680
Медь, мг	7	10	15	25	30	35	45	55	80	95
Цинк, мг	40	70	100	135	170	200	245	285	425	510
Кобальт, мг	0,5	0,9	1,3	2,0	2,3	2,6	3,2	3,8	5,6	6,8
Марганец, мг	35	60	90	120	150	175	215	250	375	450
Йод, мг	0,4	0,7	1,0	1,4	1,7	2,0	1,6	1,9	2,4	2,9
Каротин, мг	25	40	55	75	100	115	135	160	200	255
Витамин Д, тыс. МЕ	1,1	1,4	1,8	2,3	2,5	2,8	3,2	3,6	4,0	4,5
Витамин Е, мг	30	50	70	95	120	140	175	210	280	350
КОЭ, ЭКЕ	2,2	1,7	1,3	1,1	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8
Переваримого протеина, г на 1 ЭКЕ	138	140	143	147	143	140	131	109	98	98

Т а б л и ц а 1.7 - Схема кормления молодняка, выращиваемого на мясо

Возраст, мес.	Жив. масса, кг	Суточная дача корма, кг							Минеральная подкормка, г	
		Молоко		Концентраты		Сочные корма		Сено	Соль	Мел
		цельное	снятое	овсянка	смесь	силос	корнеплоды			
Средние по массе молочные и молочно-мясные породы										
1-й	51	160	15	1	0	0	0	2	150	50
2-й	72	40	210	11	0	10	9	5	500	300
3-й	93	0	150	0	18	30	20	15	650	300
4-й	124	0	130	0	18	115	50	26	750	450
5-й	135	0	65	0	39	150	75	30	850	600
6-й	156	0	0	0	50	195	95	50	900	600
Всего за 6 мес.		200	600	12	125	500	249	128	3800	22300
Крупные по массе молочно-мясные породы										
1-й	59	200	10	1	0	2	0	2	150	50
2-й	81	50	200	15	0	25	9	5	500	300
3-й	103	0	250	0	24	60	20	15	650	300
4-й	126	0	180	0	28	140	50	26	750	450
5-й	148	0	60	0	30	160	90	30	850	600
6-й	170	0	0	0	45	210	110	50	900	600
Всего за 6 мес.		250	700	16	127	597	279	128	3800	2300

1.3.3 Нормы кормления молодняка мясных пород

Особенностью выращивания молодняка мясных пород является содержание их с матерями на полном подсосе до 7- 8 месячного возраста. Первые 3 - 4 мес. молоко является основным продуктом питания. В целом за весь период подсоса молочная продуктивность мясных коров составляет до 2000 кг молока. Телята растут достаточно интенсивно, поэтому, начиная с 11 дня организуют подкормку высококачественным сеном и концентратами. До 4-х месячного возраста потребность в питательных веществах теленка составляет 1,3 - 1,9 ЭКЕ, а с 4-х месяцев и старше - 1,1 - 1,2 ЭКЕ в 1 кг сухого вещества. При выборе норм кормления руководствуются величиной среднесуточных приростов 800 - 950 г (таблица 1.8).

Правильный рацион увеличивает суточный удой, влияет на массу животного [75].

Т а б л и ц а 1.8 - Нормы кормления телят мясных пород для получения среднесуточного прироста 800 - 850 г

Показатель	Возраст, мес.							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Живая масса, кг	53	78	102	217	151	175	200	225
ЭКЕ	1,6	2,2	2,7	3,3	3,7	4,1	4,6	5,2
Сухое вещество, кг	1,0	1,5	2,0	2,6	3,2	3,7	4,4	5,0
Сырой протеин, г	230	305	385	457	532	600	691	770
Переваримый протеин, г	220	286	346	396	440	484	538	582
Сырая клетчатка, г	-	100	325	520	544	629	792	900
Крахмал, г	-	100	165	310	390	470	600	728
Сахар, г	235	275	310	316	324	332	362	390
Сырой жир, г	190	220	245	245	247	250	252	255
Соль поваренная, г	6	9	12	16	18	42	29	33
Кальций, г	10	14	19	25	30	36	42	84
Фосфор, г	7	10	13	17	20	24	28	32
Сера, г	4	5	8	10	13	15	81	20
Железо, мг	65	100	150	195	240	278	330	375
Медь, мг	10	18	42	23	39	44	53	60
Цинк, мг	35	65	95	120	140	160	175	190
Марганец, мг	50	90	210	168	204	240	280	325
Кобальт, мг	0,8	1,2	1,6	2,1	2,6	3,0	3,5	4,0
Йод, мг	0,5	0,8	1,0	1,3	1,4	1,6	1,9	2,2
Каротин, мг	28	42	56	78	96	111	132	150
Витамин Д, тыс. МЕ	0,5	0,8	1,0	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5
Витамин Е, мг	40	60	80	115	154	178	210	240

Правильное питание снижает риск болезней, хорошо сказывается на работе внутренних органов.

1.4 Иновационно-технологические кормовые решения для крупного рогатого скота

Среди грубых кормов для крупного рогатого скота выделяют следующие: силос; сено; сенаж; зеленый корм (клевер, люцерн, горох); корнеплоды, овощи. Из концентрированных выделяют: защищенные протеиновые корма; комбикорм в гранулах; премиксы сухие (добавки к комбикорму в виде порошка); экструдированные корма для крупного рогатого скота. Применение экструдированного корма целесообразно и эффективно при откорме всех видов и групп животных: КРС, свиней, птицы, овец, кроликов, пушных зверей

[21, 59, 99, 100, 121].

Стартерный комбикорм для телят Промикз® Бэби (таблица 1.9, 1.10) обеспечивает высокие темпы роста и развития; облегчает перевод с ЗЦМ или молока на основные корма; стимулирует развитие рубца; повышает сохранность; способствует профилактике заболеваний органов пищеварения [13, 16].

Т а б л и ц а 1.9 – Комбикорм старт для телят Промикз® БЭБИ

Качественный состав на 1 кг	
Обменная энергия КРС, МДж/кг	11,60
Сырой протеин, %	20,00
Сырой жир, %	3,9
Сырая зола, %	5,1
Сырая клетчатка, %	5,2
Крахмал, %	30,5
Лизин, %	0,8
Метионин+Цистин, %	0,5
Кальций, %	0,7
Фосфор, %	0,4
Натрий, %	0,2

Т а б л и ц а 1.10 - Потребление стартерного комбикорма на 1 тел. до 4-х мес. возраста

Примерное потребление стартерного комбикорма на 1 тел. до 4-х мес. возраста.	
Возраст теленка	Потребление кг/гол.
1 месяц	10
2 месяц	35
3 месяц	70

В состав рецептуры входят следующие компоненты: кукуруза, соевый шрот, подсолнечный шрот, рапсовый шрот, пшеница, ячмень, жмых подсолнечный, кукурузный глютен, сахар, дрожжи, лактоза, льняное семя, меласса, витаминно-минеральный премикс, мука известняковая, соль, пробиотик.

Комбикорм применяют с 3-го дня жизни и продолжать не менее месяца после отъема от выпойки. Срок отъема от выпойки молоком или его аналогом зависит от развития пищеварительной системы теленка и потребления им оптимального количества стартера (+ 1,5 кг стартера в сут).

Предлагаемый комбикорм Стартер гарантирует получение максимально высоких результатов: среднесуточный привес 800-900 гв сут, плодотворное осеменение в возрасте 14 мес. при живой массе 380-400 кг.

Комбикорм для молодняка КРС 4-12 мес. Промикз ®Юниор (таблица 1.11) решает следующие задачи: снижает затраты на выращивание молодняка; способствует укреплению иммунитета; улучшает усвояемость корма; повышает среднесуточные привесы; приучает к лучшей поедаемости силоса и сенажа; балансирует рацион по энергетической питательности, протеину, минеральным веществам и витаминам. Комбикорм для молодняка КРС Промикз®ЮНИОР максимально сбалансирован по составу, с использованием высококачественного сырья. Интенсивное выращивание и откорм предполагают содержание обменной энергии в 1 кг сухого вещества минимум 10,0-10,5 МДж.

Всероссийский научно-исследовательский институт физиологии, биохимии и питания сельскохозяйственных животных разработал технологию кормления коров с высокими надоями.

Т а б л и ц а 1.11 - Комбикорм для молодняка КРС 4-12 мес. Промикз ®Юниор

Качественный состав на 1 кг	
Сырой протеин, %	17,2
Сырой жир, %	4,7
Сырая зола, %	6,9
Сырая клетчатка, %	8,5
Кальций, %	0,7
Фосфор, %	0,8
Йод, мг	1,4
Кобальт, мг	1,0
Марганец, мг	10
Медь, мг	4,5
Селен, мг	0,2
Цинк, мг	20
Витамин А, МЕ	60 000
Витамин D, МЕ	1 000
Витамин Е, МЕ	5
Обменная энергия КРС, МДж/кг	11,1

В ходе испытаний технологии в ленинградских племзаводах «Первомайский», «Гражданский», «Рабитицы», «Детскосельский», продолжает Харитонов, помимо 10 %-ного повышения продуктивности было зафиксировано сокращение сервис-периода с 140 до 108 дней и 50 %-ный рост результативности осеменения. Срок эксплуатации высокоудойных коров (9-10 тыс. л/год) увеличился с 1,5-2 до 4-5 лактаций. По данным ООО «Центр Соя», производящего корма с «защищенным белком», его стоимость составляет 17 руб./кг, норма применения – 1-1,5 кг/сут. на корову.

Компания "Кемин" предлагает такие технологии инкапсулирования для крупного рогатого скота, как замораживание орошением, дражирование, коацервация, использование псевдооживленного слоя [58].

Компания "Кемин" предлагает *ЛизиПЕРЛ* - добавку для здоровья молочных коров. ЛизиПЕРЛ – это инкапсулированный продукт, содержащий основные питательные вещества, которые проходят через рубец и высвобождаются в кишечнике, где их всасывание наиболее эффективно. Капсульная оболочка позволяет сохранить хорошую сыпучесть вещества и обеспечить его устойчивость к физическим повреждениям, обычно сопровождающим процессы обработки корма. Добавка помогает сбалансировать рацион молочных коров по основным лимитирующим аминокислотам – метионину и лизину – без использования сырого белка.

Добавка ЛизиПЕРЛ обеспечивает получение коровами определенного количества усвояемого лизина. Использование инкапсулированных аминокислот в кормовом рационе позволяет молочным производителям более полно обеспечивать потребности животных в определенных аминокислотах, в результате чего у коров улучшается образование молока и молочных компонентов, а также усвоение белков. Предлагаемые добавки ЛизиПЕРЛ, которые позволяют: снизить содержание сырого белка в кормах; повысить производство молока и содержание молочных компонентов; сократить общее выделение азота в окружающую среду.

Было доказано, что балансирование рациона по метаболизируемым ли-

лизину и метионину, а также включение источника НМВ для жвачных животных повышает объем выработки молока и содержание в нем белков и жиров. Увеличение концентрации молочного белка и жира, наблюдающееся при балансировании рациона по лизину и метионину, отражает улучшение качества белка, что имеет положительные последствия для здоровья и продуктивности.

Особенности ЛизиПЕРЛ: высокая гибкость в балансировании рациона по аминокислотам; лизин защищен от разрушения в рубце и высвобождается в кишечнике; инкапсулирование на основе запатентованной технологии замораживания орошением.

Преимущества ЛизиПЕРЛ: повышает эффективность метаболизма белков; сочетание устойчивости к разрушению в рубце и хорошей усвояемости делает препарат экономически эффективным источником лимитирующих аминокислот; капсульная оболочка позволяет сохранить хорошую сыпучесть вещества и обеспечить его устойчивость к физическим повреждениям, обычно сопровождающим процессы обработки корма (смешивание и гранулирование).

Компания "Кемин" предлагает ЛизиДЖЕМ - инкапсулированный лизин для здоровья молочных коров. Незаменимые аминокислоты, такие как лизин и метионин, нужны молочным коровам для синтеза молочного и мышечного белка и белков, необходимых для развития плода. Без обеспечения достаточного количества основных аминокислот очень трудно осуществить цели в области питания. Лизин считается одной из основных лимитирующих аминокислот, необходимых для оптимальной продуктивности животных.

ЛизиДЖЕМ – это кормовая добавка защищенного от разрушения в рубце лизина, представляющая собой экономически эффективное решение для обеспечения сбалансированного содержания аминокислот в рационе молочных коров. ЛизиДЖЕМ, способный проходить через рубец без разрушения, является источником такого количества биодоступного и усвояемого лизина, которое требуется жвачным животным.

Преимущества кормовой добавки для животных ЛизиДЖЕМ: высокая гибкость в балансировании рациона по аминокислотам; повышенная эффек-

тивность метаболизма белков; сочетание устойчивости к разрушению в рубце и хорошей усвояемости делает добавку экономически эффективным источником лимитирующих аминокислот; хорошее средство для замены жмыха соевых бобов в рационе коров.

Все больше молочных ферм уделяют внимание задаче балансирования аминокислот (АК) в рационе молочных коров. Рост интереса к балансированию АК обусловлен стремлением сократить содержание белка в рационе, высокими ценами на белковые добавки, а также постоянным улучшением и усовершенствованием пищевых моделей.

В организме жвачных животных наличие лимитирующих аминокислот (АК) обеспечивается синтезирующимся в рубце микробиологическим белком, не расщепляемым в рубце белком (НРБ) и в меньшей степени эндогенным белком. Большая часть аминокислот, как правило, обеспечивается микробиологическим белком. Однако НРБ может предоставить более 50 % усвояемых аминокислот в организме высокопродуктивных коров, которые получают высококонцентрированный корм.

Эффективность использования усвояемого белка напрямую зависит от аминокислотного состава корма. При недостатке одной АК невозможно использование другой АК, следовательно, будет отмечаться избыток последней. В результате, они будут разрушены, что повысит азотную нагрузку на организм молочных коров и отрицательно скажется на производительности животных и окружающей среде. В зависимости от этапа лактации коровы, ее развития и периода беременности организму животного требуется разное количество каждой незаменимой аминокислоты. Без обеспечения достаточного количества основных аминокислот, таких как лизин и метионин, возможны нарушения синтеза в организме других важных белков.

Метионин и лизин являются первыми двумя лимитирующими аминокислотами в большинстве примеров рационов, что не удивительно, учитывая их низкое содержание в белке большинства кормов по сравнению с их концентрацией в бактериях рубца, молоке и белке тканей (рисунок 1.1).

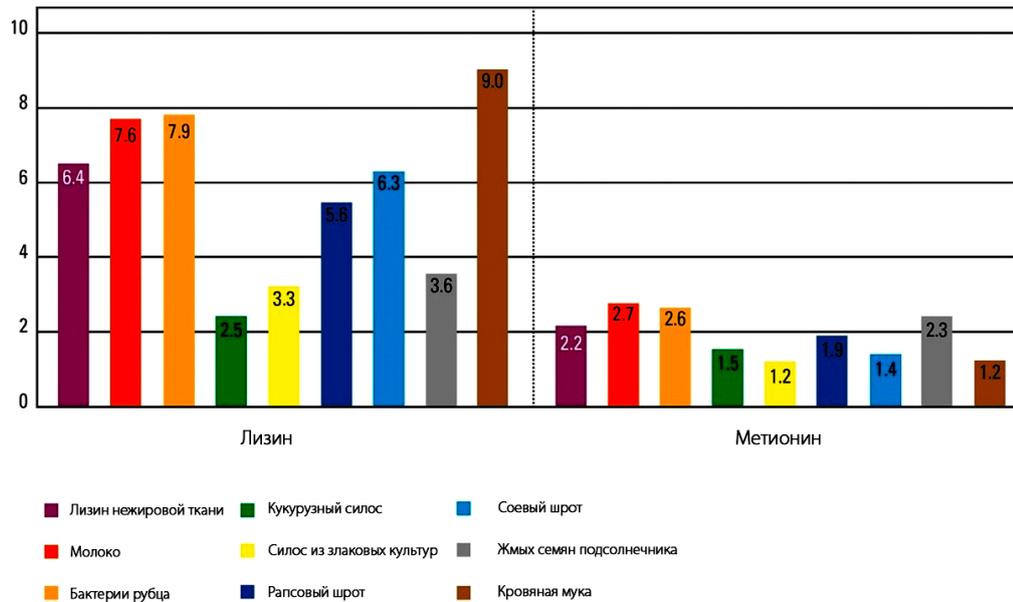


Рисунок 1.1 - Сравнительное содержание лизина и метионина в сыром белке в нежировой ткани, молоке, бактериях рубца и наиболее распространенных кормовых продуктах

Компания «Кемин» предлагает КемТРЕЙСПропионат Хрома 0,4 % сухой – это органический источник хрома, обладающий высокой биодоступностью. Введение биодоступного хрома в рацион дойных коров и растущего молодняка, способствует более эффективному использованию энергии кормов, увеличению потребления сухого вещества и, впоследствии, увеличению продуктивности и привесов, а также улучшению показателей здоровья и воспроизводства.

Преимущества добавки с хромом для коров следующие: нормализует углеводный обмен и способствует более эффективному использованию энергии корма; способствует снижению затрат на единицу продукции и более быстрому выходу новотельных коров из отрицательного энергетического баланса коров; снижает риск возникновения послеотельных осложнений; смягчает негативное воздействие стрессов: теплового, при перегруппировке или отъеме, при вакцинации; выдерживает механическое и термическое воздействие – транспорт по пневмопроводу, помол, гранулирование, долгое смешивание.

Глюкоза для коровы – основной источник энергии в организме. Ее

транспорт осуществляется при помощи особых белков-транспортёров, активация которых происходит при присоединении инсулина к специальным рецепторам (рисунок 1.2 *а, б, в*). Одним из элементов, регулирующих чувствительность рецепторов является хром.

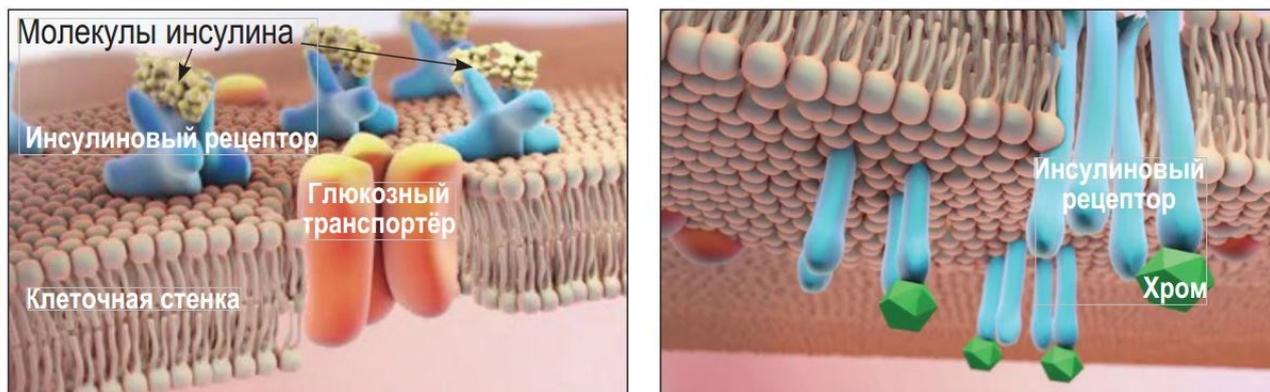


Рисунок 1.2. - Механизм действия хрома (*а*)

При воздействии внешних (жара, перегруппировка) или внутренних факторов (невозможность потребления достаточного количества энергии с кормом) чувствительность рецепторов к инсулину снижается.

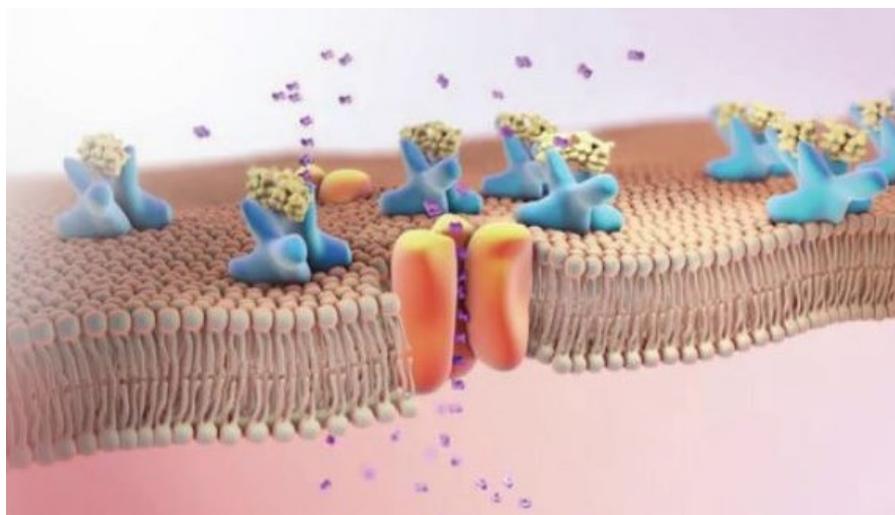


Рисунок 1.2 - Механизм действия хрома (*б*)

В результате этого, несмотря на достаточный уровень инсулина и глюкозы в крови, транспорт последней в клетку снижается, возникает недостаток энергии. Введение в рацион животного небольшого количества хрома способно восстановить чувствительность инсулиновых рецепторов.

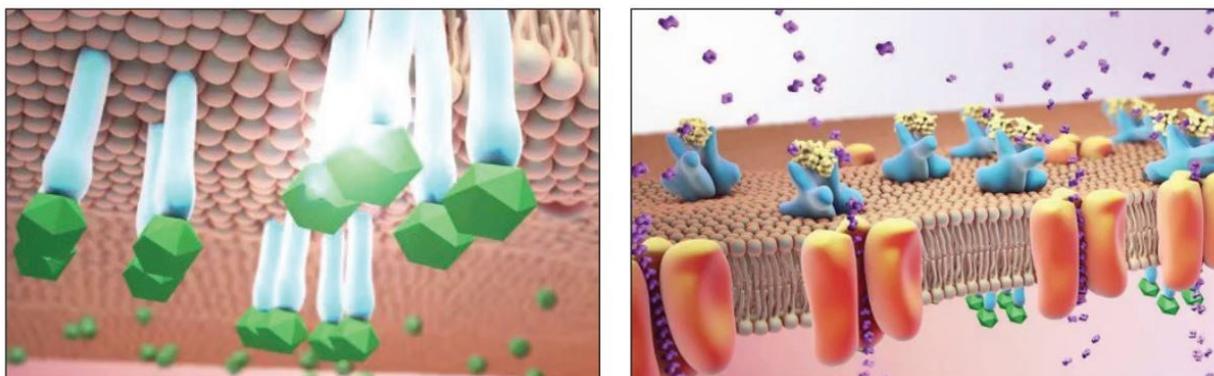


Рисунок 1.2 - Механизм действия хрома (в)

В результате транспорт глюкозы в клетки возрастает в десятки раз за счёт активации дополнительных транспортёров.

1.5 Характеристика высокобелковых концентратов

Подсолнечник является в России основной культурой, из которой получают белок для кормления крупного рогатого скота. Его источники - жмых и шрот, остающиеся после извлечения масла из этой культуры. Но у подсолнечного жмыха и шрота слишком высокий показатель РРП (распадаемого в рубце протеина, превращающегося в аммиак) – 97 %. И только 3 % составляет НРП (нераспадаемый в рубце протеин), который поступает в тонкий кишечник и там превращается в молоко. Схема движения распадаемого и нераспадаемого протеина в организме коровы (рисунок 1.3). Аммиак, разумеется, тоже нужен, но не в таком количестве, так как он только частично поглощается микрофлорой рубца. При концентрации свыше 90 % большая часть аммиака всасывается в кровь и далее в печень, вызывая заболевания последней [134, 137].

В результате заболевшая корова выбраковывается уже через 1-1,5 года. Не будет преувеличением сказать, что "тридцатилитровая" корова, поедающая нужное количество белка в составе подсолнечного шрота, получает смертельную дозу аммиака. Традиционная добавка – подсолнечный шрот – не в состоянии обеспечить потребность высокоудойной коровы в белке. А

если давать ей так называемый защищенный белок, то пользы будет больше: 30 % протеина распадется и превратится в аммиак, а 70 % попадет в тонкий кишечник, а значит, пойдет на молоко.



Рисунок 1.3 - Схема движения распадаемого и нераспадаемого протеина в организме коровы

Функцию защищенного белка можно сравнить с действием таблеток, покрытых оболочкой. Без нее лекарства могли бы растворяться во рту, не принеся никакой пользы. Но при наличии оболочки они попадают в желудок, действуя на организм более щадящим образом. То же самое и с защищенным белком [128, 131, 135].

Кроме подсолнечного, в России используют соевый и рапсовый шроты (таблица 1.12). Первый и последний близки по качеству, но все же подсолнечный шрот по причине высокого распада протеинов подходит для коровы еще меньше рапсового. Самый лучший нераспадаемый в рубце протеин (НРП) у соевого шрота.

Однако он не постоянен и может иметь разные показатели. Например, в соевом шроте НРП колеблется между 10 и 40 %. Другими словами, в некоторых случаях НРП может составлять 10 %, а РРП – 90 %.

Т а б л и ц а 1.12 - Характеристики кормовых добавок

Белковые добавки	Сырой протеин, %	Распадаемый в рубце протеин, г/кг	Нераспадаемый в рубце протеин, г/кг	Усвояемость, %	Усвоенный нераспадаемый в рубце протеин, г/кг
Соевый шрот	49.5	293.6	201.3	67	138
Подсолнечный шрот	36	349.2	10.8	67	7.2
Защищённый белок	44	127.6	312.4	95	296.8

Высокой защищенностью обладают белки животного происхождения - кровяная и мясокостная мука. Однако их использование привело к возникновению в Европе коровьего бешенства. Поэтому американцы - лидеры в этом вопросе - стали исследовать растительные белки. Подобные работы ведутся и в России. Например, Всероссийский научно-исследовательский институт физиологии, биохимии и питания сельскохозяйственных животных проводит исследования использования защищенного белка в кормлении высокопродуктивного крупного рогатого скота. С помощью этих исследований можно рассчитать рацион животного. Для высокопродуктивных коров вопрос увеличения количества протеина, в том числе нерасщепляемого в рубце, в рационе кормления – самая сложная задача. Необходимо обеспечивать потребности животных в белке и, в то же время, сокращать выделение азота в окружающую среду, повышая эффективность его усвоения. В 2019 г. Ф. Дюфрене (F.Dufreneix), П. Фавердин (P. Favardin) и Ж. Л. Перо (J.-L. Peugaud), рассмотрели возможные пути решения данной проблемы [13].

Влияние размера частиц и плотности корма/добавки на среднее время его нахождения в рубце молочных коров рассматривается как одно из возможных вариантов решения данной задачи. Во-первых, высокотемпературная обработка протеиновых кормов, которая позволяет денатурировать белки и снижать уровень расщепляемого в рубце протеина, но здесь существуют некоторые ограничения. Например, сложность в достижении баланса между медленным расщеплением веществ в рубце и их высокой усвояемостью в

кишечнике.

Другое, более перспективное решение, предусматривает сокращение среднего времени нахождения (СВН) корма в рубце или повышение скорости прохождения (Кп) через рубец за счет изменения размера частиц и удельной плотности. Эти решения позволяют увеличить долю протеина, проходящего транзитом через рубец, в составе концентрированных кормов и повысить эффективность использования белка. В ходе научного эксперимента специалисты изучили влияние размера частиц и удельной плотности продукта на СВН по принципу «латинского квадрата», без учета взаимодействия с микробиотой. Выяснилось, что оптимальной для прохождения удельной плотностью продукта является величина от 1,2 до 1,3. Мелкие частицы концентрированных кормов теряют свою функциональную удельную плотность быстрее, чем крупные, по причине высокой скорости ферментации. Диаметр чуть больше 3 мм представляется компромиссным вариантом, который дает возможность отсрочить начало ферментации и обеспечить быстрое прохождение через ретикуло-омазальное отверстие (соединение рубца и книжки).

Исследование показывает важность удельной плотности и размера частиц аминокислот, защищенных от разрушения в рубце, поэтому достижение оптимального сочетания размера частиц и удельной плотности продукта имеет принципиальное значение для гарантии попадания в организм животного большого количества метаболизируемых аминокислот [3, 76, 111, 115].

Промикз[®] Полиамин – высокобелковый продукт, разработанный специально для лактирующих коров для восполнения недостатка протеина (таблица 1.13). Добавление в рационы лактирующих коров специализированных высокопротеиновых кормовых комплексов с транзитными белками существенно улучшает обмен веществ животных и облегчает сложный и неизбежный период отрицательного белково-энергетического баланса [13, 76].

Данный высокобелковый продукт применяется в рационах коров и первотёлок на протяжении всей лактации и норма ввода: от 500 г до 2 кг на голову в сут. Имеет следующие преимущества: повышает молочную продук-

тивность коров, содержание белка и жира; способствует более быстрому восстановлению после отела; защищает печень от метаболических нарушений; оптимизирует репродуктивную функцию коров, сокращает сервис-период; сокращает затраты на концентрированные корма.

Т а б л и ц а 1.13 - Высокобелковый продукт для лактирующих коров

Качественный состав на 1 кг	
Обменная энергия, МДж/кг наа.с.в.	13,15
Сырой протеин, % наа.с.в.	42,00
Сырой жир, % наа.с.в.	5,06
Сырая клетчатка, % наа.с.в.	10,50
Сырая зола, % наа.с.в.	5,60
НРП (нераспадаемый в рубце протеин) от СП, %	72
Лизин, %	1,92
Метионин, %	0,62
Гистидин, %	0,66
Триптофан, %	0,46
Кальций (Ca), %	0,39
Фосфор (P), %	0,73
Натрий хлор (NaCl), %	0,24
Магний (Mg), %	0,28
Сера (S), %	0,22
Калий (K), %	1,08

Полиамин – 100 % натуральный комплекс растительных белков, приготовлен с применением особого метода паротепловой обработки сырья. Полиамин-экономически эффективное решение для обеспечения сбалансированного содержания аминокислот в рационе молочных коров. Продукт содержит значительную долю транзитного белка (до 72 %) с высокой степенью усвояемости (до 96 %) в тонком отделе, что позволяет снизить нагрузку на печень, улучшить общее состояние здоровья коров.

Рацион высокопродуктивных коров должен быть тщательно сбалансирован по питательным веществам; грубые корма использовать высокого качества.

Новое решение «Кемин», на основе метионина, разработано ведущими специалистами, занимающимися изучением здоровья жвачных животных и технологии инкапсулирования, с применением точных передовых технологий. В результате долгого процесса скрининг анализа был создан КЕССЕНТ

М – продукт с высоким содержанием биодоступного метионина на рынке. Чтобы достичь высокой эффективности ведения животноводства, наши технические специалисты готовы помочь вам с точным определением дозировки и способа применения полученного решения для поддержания аминокислотного баланса в рационе кормления.

Применение защищенных аминокислот нового поколения создает перспективные преимущества для вас: оптимальное управление животноводческим хозяйством, повышение эффективности кормления, точность в составлении рационов. Удельная плотность и размер частиц были двумя основными условиями при разработке кормовой добавки КЕССЕНТ М, это позволило увеличить долю проходящего через рубец белка в составе кормовых концентратов, как было установлено в ходе исследования по принципу «латинского квадрата» [13].

Оптимальный размер частиц и удельная плотность КЕССЕНТ М способствует быстрому трансферу аминокислот через рубец, в результате чего продукт подвергается минимальному физическому трению и микробиологическому разрушению, а, следовательно, имеет более высокую степень усвояемости в кишечнике. При разработке технологии производства КЕССЕНТ М была использована 3-х этапную процедуру – «Процедура применения критериев проверки аминокислот, защищенных от разрушения в рубце», которая предусматривает проведение исследований *in vitro*, *in vivo* и *in situ*. Результаты данных исследований подтвердили высокую биодоступность добавки КЕССЕНТ М. Высокая биодоступность обусловлена размером частиц, удельной плотностью, высоким содержанием метионина и применением технологии инкапсулирования.

Компания "Кемин" предлагает ХолиПЕРЛ – защищенный холин для КРС. Как показывает ряд исследований (таблица 1.14), поструминальная добавка холина усиливает выработку молока и улучшает функцию печени. При высоком поступлении холина в желудок выработка молока у лактирующих молочных коров увеличивалась примерно на 7 % по сравнению с контрольной группой.

Т а б л и ц а 1.14 - Результат получения молочными коровами 50 г холина хлорида в сутки

	Контрольная группа	Всасывание холина в рубце	Всасывание холина в сычуге
Молоко, кг/сутки	21,4	21,8	24,8
Молочный жир, %	2,55	2,78	2,90
Молочный белок, %	3,17	3,09	3,05
Содержание жира в молоке, кг/сутки	16,9	17,7	20,9
Сухое вещество (прием/сутки)	15,0	15,2	15,9

Одна из ключевых функций холина связана с синтезом фосфатидилхолина (рисунок 1.4), который является важнейшим компонентом клеточных мембран.

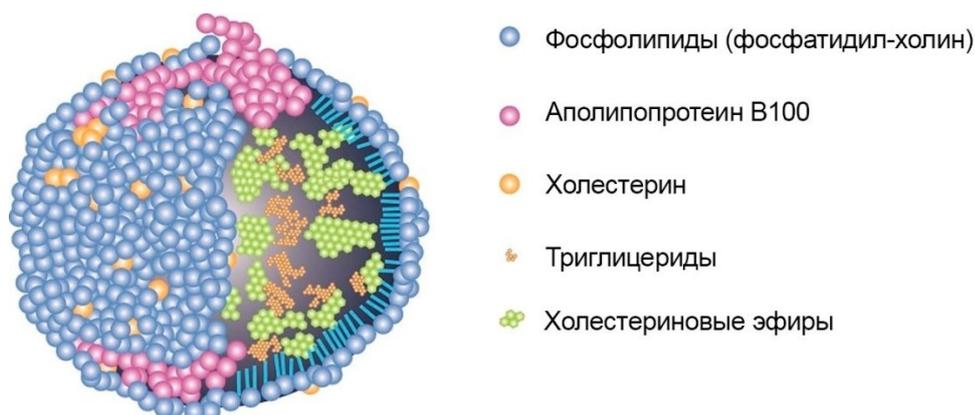


Рисунок 1.4. – Синтез фосфатидилхолина

Кроме того, фосфатидилхолин необходим для выработки в печени липопротеинов очень низкой плотности (ЛОНП). ЛОНП – важнейшее вещество, препятствующее накоплению жиров в печени. Поэтому наличие холина – ключевой фактор, снижающий степень тяжести и частоту развития ожирения печени и влияющий на здоровье молочных коров в переходном периоде.

В переходный период молочные коровы испытывают стресс из-за отрицательного энергетического баланса. В результате происходит мобилизация жиров, направленная на обеспечение организма достаточным количеством энергии. Для того чтобы жир мог использоваться различными тканями

организма в качестве источника энергии, он должен преобразоваться в ЛОНП в печени. Учитывая роль холина в выработке ЛОНП, рекомендуемое время для ввода в рацион защищенного от разрушения в рубце холина — переходный период, т.е. 3 недели до отела и до 3 мес. после него.

Рекомендуется применять кормовую добавку ХолиПЕРЛ до и после отела в количестве 50–100 г/гол/сут соответственно.

Как правило, в рационе жвачных животных наиболее часто используются холиносодержащие продукты в незащищенной форме. До 98 % такого холина разрушается в рубце [38]. Такой подход лишь повышает стоимость добавок из-за высокого процента разрушения в рубце незащищенного холина.

Для большинства источников защищенного от разрушения в рубце холина применяют жировые оболочки. Основное различие продуктов заключается в используемой технологии производства. Наиболее распространенная — распыление с охлаждением. Охлаждение жира в процессе распыления происходит при температуре окружающей среды. Это приводит к неоднородности готового продукта и противоречивым результатам.

Только при производстве ХолиПЕРЛа используется технология замораживания орошением, отличающаяся особенностями обработки и выпуска. Благодаря этой технологии обеспечивается контроль каждого этапа производственного процесса, что позволяет нам оптимизировать производство и получить продукт с наилучшей защитой от разрушения в рубце и высокой биодоступностью.

Кормовая добавка ХолиПЕРЛ необходимо использовать в составе моносмесей или в качестве добавки. Рекомендуется включать в моносмеси другие минералы и добавки. Добавлять в корм в течение четырех недель. Однородный продукт, хорошо перемешивающийся и не расслаивающийся. Может добавляться в зерновые корма и протеиновые добавки влажностью 10–12 %, максимальное время смешивания - 3 мин. Гранулы стабильны при температуре 70-80 °С. Свойства ХолиПЕРЛа в комбинированной смеси (силос и концентраты) сохраняются на протяжении 7 дней.



Рисунок 1.5. -Высокобелковые концентраты PassPro Баланс

Компания Protect&Feed предлагает разнообразный гранулированный корм для скота высокого качества. Высокобелковые концентраты (PassPro Баланс, PassProТаргет и другие) для КРС в зависимости от вида содержат защищенный протеин (соевый, подсолнечный и люпиновый белки). Экстракты белка из разных растений в виде гранул позволяют

увеличить массу животного, повысить качественные характеристики молока [71, 133].

Высокобелковый продукт *PassPro Баланс* состоит из защищенных соевого и подсолнечного белка в виде гранулы (рисунок 1.5). Применяется для КРС, МРС в период максимальной продуктивности, используется для балансирования рациона по протеину.

Продукт можно применять как белковый концентрат в составе комбикормов с 20-30 % вводом, или как самостоятельный продукт из расчета суточной продуктивности животного 70 - 100 г на л молока. Продукт гранулированный, удобен в использовании, обладает высокими вкусовыми качествами (таблица 1.15).

Т а б л и ц а 1.15 - Качественные показатели 1 кг высокобелковых концентратов PassPro Баланс

Показатель	Содержание
Влажность, %	9,00
Сырой протеин на АСВ, %	41,50
Сырая клетчатка, %	12,00
Сырой жир, %	9,00
Сырая зола, %	6,00
ОЭ Жвачные, МДж	13,99
UDP (доля нерасщепляемого в рубце протеина), %	70,00
Крахмал, %	2,30
Сахар, %	8,40
Кальций, г	6,54
Фосфор, г	7,70

Используется при кормлении дойных коров с продуктивностью 8000 кг и более. Благодаря оптимально подобранному лизин-метиониновому соотношению, PassPro Баланс позволяет увеличить продуктивность коров на 2-3 л молока и улучшает его качественные характеристики (жир, белок).

Благодаря высокому содержанию нераспадаемого в рубце протеина (PassPro Баланс имеет 70 % уровень UDP) снижается негативная нагрузка на печень животного.

Высокобелковый продукт *PassProTarget* содержит защищенные соевый, подсолнечный и люпиновый белки. Применяется для КРС, МРС в период максимальной продуктивности, используется для балансирования рациона по протеину. Скармливание происходит в первую и вторую фазы лактации, ремонтным телкам, животным на откорме, молодняку. Продукт можно применять как белковый концентрат в составе комбикормов с 20-40 % вводом, или как самостоятельный продукт из расчета суточной продуктивности животного 100-150 г на л молока (таблица 1.16).

Т а б л и ц а 1.16 - Качественные показатели 1 кг высокобелковых концентратов PassProTarget

Показатель	Содержание
Влажность, %	9,00
Сырой протеин на асв, %	40,00
Сырая клетчатка, %	14,00
Сырой жир, %	4,00
Сырая зола, %	7,60
ОЭ Жвачные, МДж	12,54
UDP (доля нерасщепляемого в рубце протеина), %	68,00
Крахмал, %	2,20
Сахар, %	8,50
Кальций, г	5,10
Фосфор, г	7,40

Благодаря оптимально подобранному аминокислотному составу, PassProTarget позволяет увеличить продуктивность коров на 2-3 л и улучшает качественные характеристики молока (жир, белок). Используется при кормлении дойных коров с продуктивностью 5000-8000 кг. Важной особен-

ностью применения защищенного белка PassProТаргет является улучшение здоровья животных, увеличение процента осеменяемости коров, за счет чего растет срок хозяйственного использования. Благодаря высокому содержанию нераспадаемого в рубце протеина (PassProТаргет имеет 68 % уровень UDP) снижается негативная нагрузка на печень животного.

Высокобелковый продукт *PassProМикс* представляет собой высокопротеиновый мультикомплекс защищенных белков и применяется для КРС, МРС в период максимальной продуктивности, используется для балансирования рациона по протеину. Скармливание происходит в первую и вторую фазы лактации, ремонтным телкам, животным на откорме, молодняку. PassProМикс можно применять как белковый концентрат в составе комбикормов с 20-40 % вводом, или как самостоятельный продукт из расчета суточной продуктивности животного 70-150 гр. на литр молока. Продукт гранулированный, удобен в использовании, обладает высокими вкусовыми качествами (таблица 1.17).

Т а б л и ц а 1.17 - Качественные показатели 1 кг высокобелковых концентратов PassProМикс

Показатель	Содержание
Влажность, %	9,00
Сырой протеин на асв, %	35,00
Сырая клетчатка, %	14,00
Сырой жир, %	5,20
Сырая зола, %	8,60
ОЭ Жвачные, МДж	12,40
UDP (доля нерасщепляемого в рубце протеина), %	60,00
Крахмал, %	3,94
Сахар, %	6,37
Кальций, г	3,01
Фосфор, г	8,57

Используется при кормлении дойных коров с продуктивностью 4000-10000 кг. Применение PassProМикс способно полностью оптимизировать протеиновое питание животных, за счет уникального богатейшего аминокислотного состава. PassProМикс позволяет увеличить продуктивность коров на

2-3 л и улучшить качественные показатели молока. Важной особенностью применения высокопротеинового мультикомплекса PassProМикс является улучшение здоровья животных, увеличение процента осеменяемости коров, а также удлинение срока хозяйственного использования.



Рисунок 1.6 - Продукт PassPro Соя

Продукт PassPro Соя представляет собой защищенный соевый белок в виде гранулы (рисунок 1.6). Скармливание происходит в первую и вторую фазы лактации, ремонтным телкам, животным на откорме, молодняку. Продукт применяется как белковый концентрат в составе комбикормов с 20-30 % вводом, или как

самостоятельный продукт из расчета суточной продуктивности животного 70-100 г на л молока (таблица 1.18).

Т а б л и ц а 1.18 - Качественные показатели 1 кг продукта PassPro Соя

Показатель	Содержание
Сырой протеин на асв, %	43,00
Влажность, %	9,00
Сырая клетчатка, %	6,40
Сырой жир, %	7,21
Сырая зола, %	6,05
ОЭ Жвачные, МДж	14,52
UDP (доля нерасщепляемого в рубце протеина), %	70,00
Крахмал, %	6,70
Сахар, %	8,38
Кальций, г	2,10
Фосфор, г	3,50

Применение высокобелкового кормового продукта PassPro Соя позволяет увеличить продуктивность коров на 2-5 л и улучшить качественные характеристики молока (жир, белок). Благодаря высокому содержанию нераспадаемого в рубце протеина (PassPro Соя имеет 70 % UPD) снижается нагрузка на печень. При этом предотвращаются нарушения обмена веществ, последствием которого является кетоз.

Продукт PassPro Люпин представляет собой защищенный белок люпина (рисунок 1.7) и применяется для КРС, МРС в период максимальной про-



Рисунок 1.7. - Продукт PassPro Люпин

дуктивности, используется для балансирования рациона по протеину. Скармливание происходит в первую и вторую фазы лактации, ремонтным телкам, животным на откорме, молодняку. PassPro Люпин можно применять как белковый концентрат в составе комбикормов с 10-30 % вводом, или как самостоятельный

продукт из расчета суточной продуктивности животного 70 - 150 г на л молока. Продукт удобен в использовании, обладает хорошими вкусовыми качествами (таблица 1.19).

Т а б л и ц а 1.19 - Качественные показатели 1 кг продукта PassPro Люпин

Показатель	Содержание
Сырой протеин на асв, %	37,0
Влажность, %	9,0
Сырая клетчатка, %	13,20
Сырой жир, %	9,62
Сырая зола, %	3,80
ОЭ Жвачные, МДж	14,06
UDP (доля нерасщепляемого в рубце протеина), %	70,00
Крахмал, %	6,70
Сахар, %	10,00
Кальций, г	2,10
Фосфор, г	3,50

Применение высокопротеинового кормового продукта PassPro Люпин позволяет увеличить продуктивность коров на 2-3 л и улучшить качественные характеристики молока (жир, белок), что повышает цену продажи молока, а также в целом увеличивает экономическую эффективность молочного предприятия. Важной особенностью применения защищенного белка PassPro Люпин является улучшение здоровья животных – повышается показатель осеменяемости коров, а также удлиняется срок хозяйственного использования.

Применение высокопротеинового кормового продукта PassPro Сан (рисунок 1.8) позволяет увеличить продуктивность коров на 3-5 л и улучшить



Рисунок 1.8 - Продукт PassPro Сан

качественные характеристики молока. Скармливание происходит в первую и вторую и третью фазы лактации, ремонтным телкам, животным на откорме, молодняку. PassPro Сан можно применять как белковый концентрат в составе комбикормов с 10-30 % вводом, или как самостоятельный продукт из расчета су-

точной продуктивности животного 70 - 150 г на л молока. Продукт удобен в использовании, обладает хорошими вкусовыми качествами (таблица 1.20).

Т а б л и ц а 1.20 - Качественные показатели 1 кг продукта PassPro Сан

Показатель	Содержание
Влажность, %	9,00
Сырой протеин на асв, %	39,00
Сырая клетчатка, %	20,24
Сырой жир, %	2,23
Сырая зола, %	6,58
ОЭ Жвачные, МДж	11,4
UDP (доля нерасщепляемого в рубце протеина), %	70,00
Крахмал, %	3,0
Сахар, %	6,0
Кальций, г	3,60
Фосфор, г	10,60

Применение высокопротеинового кормового продукта PassPro Сан позволяет увеличить продуктивность коров на 3-5 л и улучшить качественные характеристики молока (жир, белок), что повышает цену продажи молока, а также в целом увеличивает экономическую эффективность молочного предприятия. Важной особенностью защищенного белка PassPro Сан является улучшение здоровья животных – улучшается осеменяемость коров, а также срок хозяйственного использования.

1.6 Обзор способов и технологий производства комбикормов для крупного рогатого скота

В патенте РФ № 2644963 представлен способ «Экструдированный сухой корм для крупного рогатого скота», который заключается в том, что составляют кормосмесь из 40 % измельченного люцернового сена и 60 % зерна ячменя, добавляют на 1 кг кормосмеси 30 г поваренной соли, 34 г мононатрийфосфата, 18 г углекислого магния, 6 г кормовой серы, увлажняют в шнековом смесителе, направляют в камеру экструдера, где ее разогревают до 140-160 °С при давлении 33-42 атм, затем выдавливают через фильеру с получением вспученного, пористого сухого корма в виде жгута диаметром 30 мм, с объемной массой 100-120 г/дм³ и влажностью 7-9 % [84].

Время прохождения кормосмеси через экструдер составляет 8-30 с. Использование способа позволит повысить продуктивность молодняка мясных пород крупного рогатого скота (таблица 1.21).

Т а б л и ц а 1.21 - Химический состав и питательность зерна пшеницы сена и кормосмеси до и после экструдирования

Показатель	Ячмень до экструдирования	Сено до экструдирования	Кормосмесь до экструдирования	Корм после экструдирования
ЭКЕ	1,01	0,66	1,67	1,72
Обменная энергия, МДж	10,1	6,6	16,7	17,2
Сухое вещество, г	852,0	829,0	1681	1702
Сырой протеин, г	111,1	143,0	254,1	268,1
Перевариваемый протеин, г	84,0	100,0	184,0	198,5
Сырой жир, г	23,2	21,2	44,4	45,8
Сырая клетчатка, г	47,0	251,0	298,0	291,1
БЭВ, г	635,1	328,5	963,6	970,6
Сахар, г	2,4	19,8	22,2	25,5
Кальций, г	1,8	16,5	18,3	18,3
Фосфор, г	3,7	2,1	5,8	5,8
Железо, мг	48,0	165	213,0	213,0
Медь, мг	4,4	4,0	8,4	8,4
Цинк, мг	33,0	18,9	51,9	51,9
Марганец, мг	14,1	26,2	40,3	40,3
Кобальт, мг	0,30	0,2	0,5	0,5
Йод, мг	0,24	0,2	0,44	0,44
Каротин, мг	0,4	47,0	47,4	47,4
Витамин Е, мг	52,1	131,2	183,3	183,3

Таким образом, для молодняка крупного рогатого скота при дорацивании после отбивки от матерей и перехода к потреблению большого количества объемистых кормов экструдированные корма могут, как более легкоусваиваемые, заменять все концентрированные корма рациона.

При переходе на грубые корма животные, в раннем возрасте получавшие экструдат, значительно обгоняют своих сверстников в росте.

Припоровым И.Е. в патенте РФ № 2692593 предложен способ получения комбикорма для крупного рогатого скота (рисунок 1.9) [85].

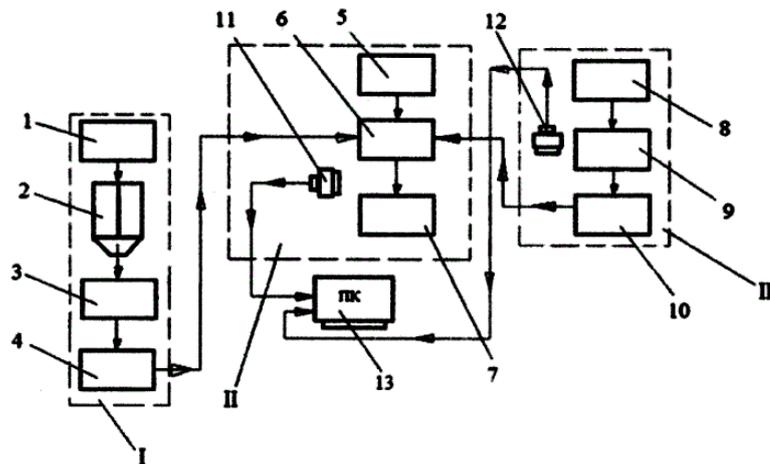


Рисунок 1.9. - Способ получения комбикорма для крупного рогатого скота

Способ включает обработку семян подсолнечника после вторичной очистки с фрагментами корзинок и стеблей подсолнечника для получения жмыха, экструдирование, введение в жмых питательных микроэлементов в соотношении 1:50, смешивание, охлаждение до температуры 30-36 °С, измельчение корма до рассыпного вида размером гранул 3-5 мм.

При этом в корм добавляют отходы сахарного производства в виде свекловичного сухого жома, который измельчают до рассыпного вида размером гранул 3-5 мм.

Далее корм одновременно охлаждают, смешивают из расчета 1:2 со смесью из питательных микроэлементов и подсолнечного жмыха и контролируют качество перемешивания, если перемешивание равномерное, то комбикорм отправляют на хранение, если неравномерное, то его дополнительно перемешивают (таблица 1.22).

Т а б л и ц а 1.22 - Корм, насыщенный клетчаткой

Наименование показателя	Подсолнечный жмых	Подсолнечный жмых и свекловичный сухой жом
Среднесуточные надои молока на 1 корову, л	25	28
Привес животного, кг	530	562

Болотовой Н.С. в патент РФ № 2515683 предложен способ кормления молодняка крупного рогатого скота [86]. Способ кормления предусматривает использование в основном рационе зерносмеси, при этом в составе зерносмеси используют экструдированный рапс и ячмень из расчета 0,3-0,6 кг/гол/сутки. Использование способа позволит повысить молочную и мясную продуктивность животных, улучшить физиологические показатели крови, ферментативно-броидильные процессы в рубце, способствующих нормализации рН рубцовой жидкости, повышению летучих жирных кислот, целлюлозорасщепляющей активности бактерий и увеличению общего количества инфузорий.

Болотовой Н.С. в патент РФ № 2568139 предложен способ кормления дойных коров кормом, состоящем из зерносмеси и содержащего добавку в виде рапсового шрота или соевого шрота или смеси рапсового и соевого шротов. При этом добавку вводят в количестве, обеспечивающем 20 % питательности всего корма. При введении смеси рапсового и соевого шротов их вводят по 10 % каждого от общей питательности всего корма [87].

Осуществление изобретения обеспечивает повышение питательной ценности корма за счёт увеличения содержания в нём обменной энергии, пептизируемого протеина и сахаров, обеспечивает повышение среднесуточных надоев и улучшение физиологических показателей крови.

Авторами патента РФ № 2619981 предложен способ производства экструдированного комбикорма с добавкой зеленой массы кормовых трав и экструдер-измельчитель (рисунок 1.10) [88].

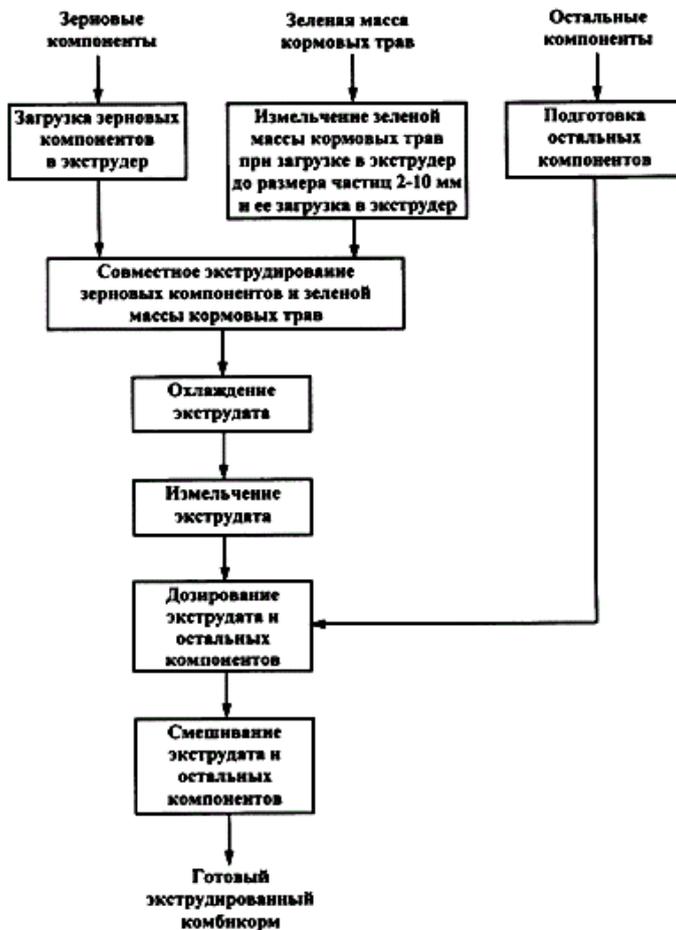


Рисунок 1.10 - Способ производства экструдированного комбикорма с добавкой зеленой массы кормовых трав и экструдер-измельчитель

экструдер отдельно, зеленую массу кормовых трав измельчают непосредственно при загрузке в экструдер, смешивание зеленой массы кормовых трав с остальными компонентами комбикорма производят после ее экструдирования.

Осуществление изобретения обеспечивает повышение питательной ценности производимого комбикорма за счёт повышения содержания в нём каротина и растительного белка.

Авторами патента РФ № 2688481 предложен способ получения белкового корма для сельскохозяйственных животных в реальном времени (рисунок 1.11, 1.12) [89]. Способ включает очистку, экструдирование фрагментов корзинок, стеблей подсолнечника и его семян, охлаждение продукта переработки масличных культур до температуры 30-36 °С, измельчение, смешивание с питательными микроэлементами из расчета 1:50, кавитационное диспергирование в водном растворе до достижения температуры смеси 60-80 °С.

Способ производства экструдированного комбикорма с добавкой зеленой массы кормовых трав, включающий измельчение зеленой массы кормовых трав до размера частиц 2-10 мм, загрузку зерновых компонентов и измельченной зеленой массы кормовых трав в экструдер, их совместное экструдирование, охлаждение и измельчение экструдата, отличающийся тем, что зерновые компоненты и зеленую массу кормовых трав загружают в

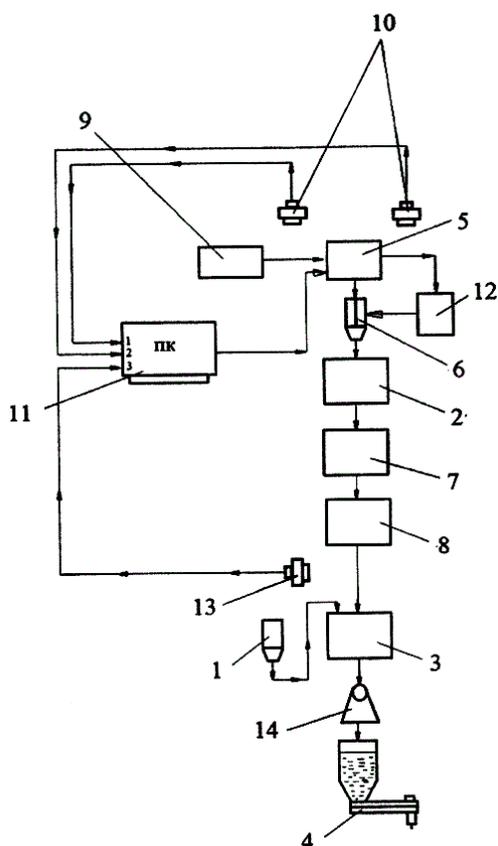


Рисунок 1.11. - Способ получения белкового корма для сельскохозяйственных животных в реальном времени

	1	2	3	4	5
1	54	49	51	67	73
2	49	66	69	63	67
3	49	70	53	71	69
4	69	85	61	72	80
5	67	70	72	66	69
6	69	65	68	52	49
7	30	56	28	49	61
8	52	47	52	50	50
9	57	66	55	66	47
10	30	30	34	42	...

Фиг. 4



Фиг. 5

Рисунок 1.12. - Способ приготовления комбинированного корма для крупного рогатого скота

В процессе осуществления способа используют мультимедийное устройство для получения изображения вороха семян подсолнечника, поступающего на очистку и после его выхода с очистки, которые подвергают компьютерной обработке с программным обеспечением Mathcad для определения качества очистки. При удовлетворении агротехнических требований к чистоте семян подсолнечника они поступают на экструдирование для получения жмыха.

При несоответствии агротехническим требованиям проводят их дополнительную очистку. Затем осуществляют измельчение жмыха до мелкодисперсного состояния и получают с помощью дополнительного мультимедийного устройства его изображение, которое подают на компьютерную обработку с программным обеспечением Mathcad для определения соответствия размеров полученных гранул зоотехническим требованиям на измельченный корм.

При несоответствии измельченного жмыха зоотехническим требованиям его отправляют на дополнительное измельчение. После этого смешивают полученный измельченный жмых с питательными микроэлементами из расчета 1:50 в водном растворе при температуре 30-40 °С не менее 2 ч и полученную суспензию подвергают кавитационному диспергированию. Готовый корм сразу подают животным для кормления.

Авторами патента РФ № 2693302 предложен способ приготовления комбинированного корма для крупного рогатого скота (рисунок 1.13) [90].

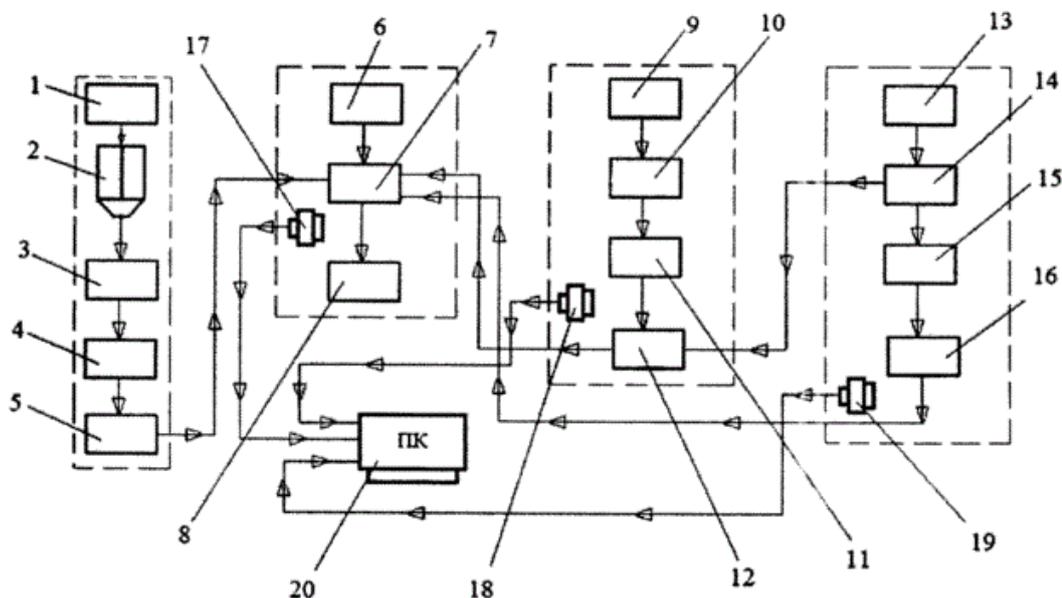


Рисунок 1.13. - Способ приготовления комбинированного корма для КРС

Способ включает обработку семян подсолнечника после вторичной очистки с фрагментами корзинок и стеблей подсолнечника для получения жмыха, экструдирование, введение в жмых подсолнечника питательных микроэлементов в соотношении 1:50, смешивание, охлаждение до температуры 30-36 °С и измельчение корма до размера гранул 5-7 мм.

В процессе получения корма в него добавляют в равных соотношениях солому и отходы сахарного производства в виде свекловичного силоса, который прессуют с выделением свекловичного сока и измельчают до размера 5-7 см. Также измельчают солому до размера 4-5 см и запаривают ее в свекловичном соке в течение 60-90 мин при соотношении 1:2 до выпаривания жид-

кости. Затем остывшую запаренную измельченную солому смешивают со свекловичным силосом при соотношении 1:2.

Полученную смесь смешивают со смесью из питательных микроэлементов и жмыха подсолнечника в соотношении 1:1 и контролируют качество перемешивания. В случае если перемешивание равномерное, то корм отправляют на хранение, если неравномерное – корм дополнительно перемешивают. Использование изобретения позволит получить питательный корм по калорийности (таблица 1.23).

Т а б л и ц а 1.23 - Питательный корм

Наименование показателя	Подсолнечный жмых	Подсолнечный жмых, свекловичный сырой жом и меласса
Среднесуточные надои на 1 корову, л	30	34
Привес животного, кг	540	577

Выполнение технологических операций по способу приготовления комбинированного корма для КРС позволит повысить питательные свойства корма по калорийности и содержание витаминов (каротин, витамин С, органические кислоты), что способствует повышению качества молока и масла, пищеварению сельскохозяйственного животного, а также повысить содержание клетчатки в виде соломы.

Авторами патента РФ № 2322081 предложен способ приготовления корма для жвачных животных [91]. Способ получения корма для жвачных животных включает измельчение и экструдирование зерна и карбамида при том, что в качестве зерна выбирают зерно ржи и сорго, которые перед экструдированием увлажняют раствором карбамида, причем на 100 кг зерна расходуют 10-11 л воды с температурой 70-80 °С и 10-11 кг карбамида, а экструзию проводят при влажности 19-22 %, температуре 130-140°С, давлении 3,5-4,0 МПа. Обеспечивается снижение токсичности карбамида, устранение антипитательных веществ ржи и зернового сорго, снижение расщепляемости протеина в рубце жвачных животных (таблица 1.24).

Т а б л и ц а 1.24 – Полученные данные

Корм	Абсолютно сухое вещество	Протеин в АСВ, %	Расщепляемость протеина, %
Рожь экструдированная с гранулированной мочевиной	83,13	39,86	74,01
Экструдированная с раствором мочевины	81,71	39,52	66,27
Сорго экструдированная с гранулированной мочевиной	83,96	35,17	64,14
Экструдированная с раствором мочевины	82,19	34,85	56,83

Рожь и сорго, экструдированные с карбамидом и без него, вводились в рационы в составе комбикормов собственного приготовления.

Ввод в комбикорма карбамидных концентратов из сорго и ржи позволил исключить из состава комбикормов дорогостоящие шроты и жмыхи. Баротермическая обработка позволила повысить долю ржи взамен части ячменя и пшеницы до 41-58 % и сорго - до 30-48 %. Дальнейшее повышение количества сорго приводило к неохотному поеданию комбикормов.

Скармливание бычкам симментальской породы комбикормов с экструдированными рожью и сорго, сбалансированных по протеину карбамидными концентратами, приготовленными по новому способу, положительно сказалось на использовании питательных веществ рационов. Так, переваримость органического вещества повысилась на 4,76-5,02, сырого протеина - на 4,87-5,25, БЭВ - на 3,94-4,19, а сырой клетчатки - на 7,41-7,74 %. Отложенное количество в теле азота увеличилось на 3,19-3,28 г, а коэффициент его использования от переваренного - на 0,81-0,58 %.

Авторами патента РФ № 2667161 предложен способ изготовления кормов путем экструзии биологических и сельскохозяйственных отходов, линия производства для реализации способа и корм, получаемый указанным способом» предлагается в процессе получения кормов, включающий в себя раздельное измельчение растительного и влагосодержащего белкового сырья, смешивание, экструдирование и гранулирование, дополнительно включено

охлаждение [92]. Операции в процессе получения корма проводят в следующем порядке: измельчение, смешивание, экструдирование, охлаждение и гранулирование. После экструдирования сырье подвергают ферментативному гидролизу. Полученный корм сохраняет свои безопасные свойства на протяжении длительного времени, в т.ч. хранения, обладает сбалансированностью и лучшим усвоением организмом животных, предупреждающими заболевания ЖКТ, и легким терапевтическим эффектом. Использование группы изобретений позволит получить качественный готовый продукт в виде корма для животных.

Днепропетровская продовольственная компания «ВАЙЗ» предлагает линию для производства экструдированного комбикорма для птицы, рыбы, КРС, свиней, коней (рисунок 1.14).

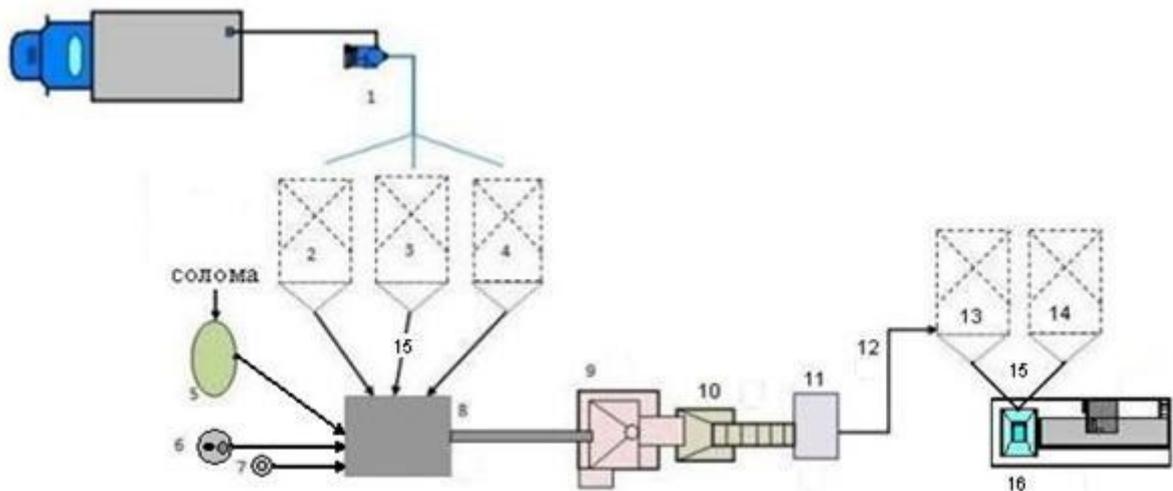


Рисунок 1.14. - Линия для производства экструдированного комбикорма для птицы, рыбы, КРС, свиней, коней: 1 – Пневмотранспортер зерна (опция); 2 – бункер с пшеницей (черный металл, 8 м^3 - на 6 т зерна); 3 – бункер с кукурузой (черный металл, 8 м^3 - на 6 т зерна); 4 – бункер с овсом (черный металл, 8 м^3 - на 6 т зерна); 5 – дробилка-измельчитель соломы (опция); 6 – бункер сыпучих добавок (опция); 7 – емкость жидких добавок (опция); 8 – смеситель со шнековым транспортером; 9 – кормовой экструдер; 10 – транспортер (опция); 11 – дробилка; 12 – пневмотранспортер (опция); 13 – накопительный бункер (черный металл, 5 м^3); 14 – накопительный бункер (черный металл, 5 м^3); 15 – шнековый транспортер (опция 6 шт.); 16 – фасовочное устройство упаковки в мешки по 25 кг (опция); 17 – пульт-блок автоматизированного управления линией (опция).

Данная линия имеет следующие преимущества: использование экструдированного корма: способствует пищеварению и стимулирует желудочно-кишечного тракта молодняка; повышает сохранность молодого поголовья до

95 %; увеличивает количество получаемого молока до 20 %; увеличивает среднесуточные привесы до 20 %; уменьшает потребление корма на ~ 20 %; повышение усвояемости кормов до 90-95 %; увеличивает сроки хранения корма до 6 месяцев, дает возможность использовать некондиционное зерно; повышает энергетическую ценность комбикормов.

Компания ООО «Экспро М» предлагают линию экструдирования кор-



Рисунок 1.15. – Линия экструдирования корма из зерна и смеси компании ООО «Экспро М»

ма из зерна и смеси (рисунок 1.15).

Основным оборудованием в составе линии являются турбоэкструдер, охладитель, транспортеры и бункера которые изготавливаются нашим предприятием. Технологический процесс по переработке семян бобо-

вых и зерновых культур, далее – семена, включает в себя следующие операции: очистка от сорных и ме-

талломагнитных примесей, экструдирование очищенных семян, охлаждение и, если это необходимо, измельчение.

Семена из накопительных бункеров пропускают через магнитную колонку для отбора металломагнитных примесей и далее направляют в бункер экструдера. Подача семян в экструдер производится посредством питателя (дозатора), смонтированного непосредственно на экструдере. После экструдирования переработанные семена - экструдат направляют в охладитель. Охлаждение экструдата производится до температуры, не превышающей температуру окружающей среды не более чем на 10 °С.

Приготовленный экструдат направляется непосредственно в производство для выработки комбикормов или в бункер-накопитель для хранения. Для обеспечения требуемой крупности экструдат подвергают измельчению.

Производительность линии по приготовлению полножирной сои со-

ставляет 1400 кг/ч. Оптимальным режимом экструдирования сои считается тогда, когда температура продукта на выходе из экструдера составляет 125...140 °С. При экструдировании сои измельчитель не требуется.

Применение защищенного белка влияет на: увеличение молочной продуктивности коров на 6...7,5 % (при использовании в корме "защищенной" сои), уменьшить потребление комбикорма на 6...11 % в пересчете на 1 л молока, увеличение показателя усвоенного в кишечнике протеина – nXP.

Сырье для производства защищенного белка: соевый жмых, рапсовый жмых, люпин, сухой кукурузный корм, сухая барда. Источниками растворимого протеина, не подходящие для производства защищенного белка, но важны как источник аммиака являются: жмых/шрот подсолнечника, силос из трав, горох. Показатель защищенного белка (НПП – нерасщепленный в рубце протеин) составляет: экструдированная соя – 40-45 %, экструдированный рапсовый жмых – 22-30 %, жмых/шрот подсолнечный – 12-16 %.

Переработка протеиновых компонентов корма в экструдере позволяет: повысить уровень нерасщепляемого в рубце протеина на 10 ... 12 %, произвести термомеханическую обработку при пониженной температуре и давлении, быстро изменять время и температуру обработки (рисунки 1.16 и 1.17).



Рисунок 1.16. – Линия переработки сои

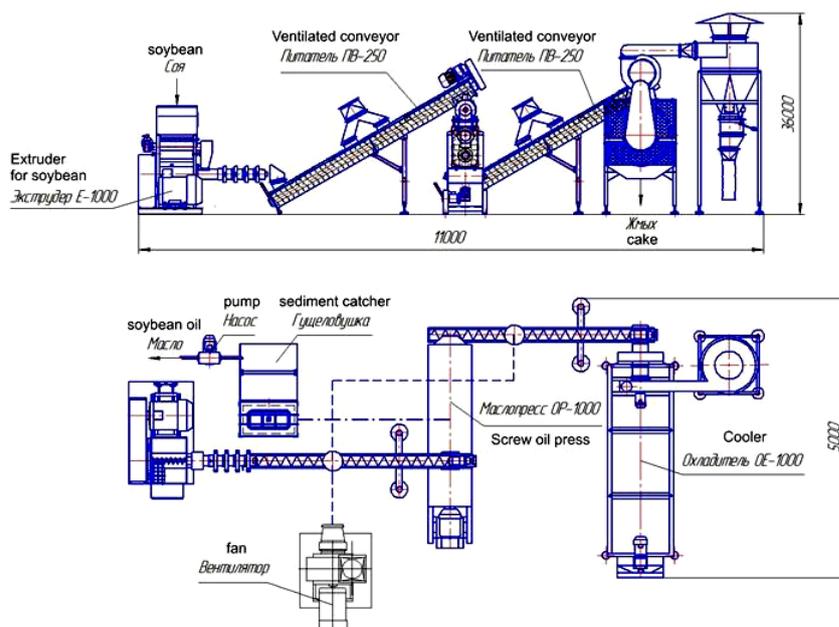


Рисунок 1.17. – Технологическая линия переработки сои

Одновременно, из-за термобарической обработки, повышается процент защищенного соевого белка на 10-12 %.

1.7 Обзор математических моделей процесса экструзии зернового сырья

Выполненный анализ математических моделей процесса экструзии зернового сырья выявил три основные группы моделей: гидродинамические, геометрические и реологические.

К гидродинамическим моделям отнесут модели Г. Шенкеля, Э. Бернхардта, Д.М. Мак-Келви и др. В частности, для изотермической модели течения ньютоновской жидкости Д.М. Мак-Келви предложил формулу для определения производительности Q_V , м³/с, и мощности экструдера [108, 118, 132]:

$$Q_V = F_d \frac{u_z h W}{2} - \frac{h^3 W}{12 \mu_n} \left(\frac{\partial p}{\partial z} \right) F_p, \quad (1.1)$$

где Q_V – объемная производительность зоны дозирования, м³/с; u_z – компонента скорости движения корпуса относительно шнека вдоль оси винтового канала, м/с; h – глубина канала шнека, м; W – ширина канала, м; μ_n – вязкость ньютоновской жидкости, Па·с; $\partial P/\partial z$ – градиент давления по оси кана-

ла z , Па/м; F_d, F_p – безразмерные коэффициенты формы;

$$dN = \frac{\pi^3 D^3 n^2 \mu_n \left(1 - \frac{me}{W}\right)}{h} (1 - 3 \sin^2 \theta) dl + \frac{m \pi^2 D^2 n^2 \mu_n e}{\delta_f \operatorname{tg} \theta} dl + Q_V dp, \quad (1.2)$$

где D – наружный диаметр шнека, м; n – частота вращения шнека, об/мин; m – число заходов шнека; e – осевая ширина витков шнека, м; δ_f – радиальный зазор между наружным диаметром шнека и корпусом, м; θ – угол подъема винтового канала шнека; l – длина винтового канала, м; p – давление продукта, Па.

К геометрическим математическим моделям относят модель В.А. Сирина, процесса экструзии [24, 41-44, 70, 96, 102]

$$Q = \frac{\pi (D^2 - d_\delta^2) \cdot (H - e) \cdot 60 \cdot n \cdot \gamma}{4} \cdot \eta_\delta \cdot \left(1 - \frac{P_e}{P_{\max}}\right), \quad (1.3)$$

где Q – производительность экструдера в зоне дозирования, кг/ч; D – наружный диаметр шнека, м; d_δ – диаметр сердечника червяка в зоне дозирования, м; H – шаг шнека, м; e – осевая ширина витков шнека, м; n – скорость вращения шнека, об/мин; γ – плотность расплава, зависящая от температуры и давления, кг/м³; η_δ – коэффициент осевого перемещения расплава в канале червяка в зоне дозирования; P_e – противодействие экструзионной головки, Па; P_{\max} – максимальное давление, создаваемое всеми витками червяка при закрытой головке, Па.

К недостаткам геометрической модели следует отнести отсутствие точного решения задачи теплообмена и движения материала в канале шнека; пренебрежение давлением, возникающим в зоне загрузки: одномерность течения вдоль оси шнека и др.

Более точными являются реологические модели, предложенные З. Тадмором, Р.В. Торнером [121, 122] и другими [32, 33, 50, 51, 53, 72], описывающие трехмерное неизотермическое течение аномально-вязкой жидкости.

В работах [39, 65, 66, 70] рассмотрена проблема транспортировки расплавов полимеров в одношнековых экструдерах с учетом влияния утечек через зазор и получено аналитическое выражение для расчета производительности зоны дозирования с учетом утечек

$$Q = \frac{\pi^2 \cdot D^2 \cdot N \cdot (1 - i \cdot e / t) \cdot \sin \varphi \cos \varphi \cdot (1 - \delta / h) \cdot h \cdot \psi(\eta_o)}{n + 2} - \frac{B_z (n + 1)^{1/n} \cdot \pi^2 D^2 N \left[\chi (\sin \varphi)^{(n+1)/n} + (\cos \varphi)^{(n+1)/n} \right]^2 \cdot \delta^{(n+1)/n}}{6 \operatorname{tg} \varphi \cdot h^{(n+1)/n}}, \quad (1.4)$$

где N – скорость вращения шнека, об/мин; t – шаг нарезки шнека, м; φ – угол подъема винтовой линии шнека; δ – радиальный зазор между наружным диаметром червяка и цилиндром, м; B_z – безразмерный градиент давлений в поступательном течении; χ – отношение градиентов давлений, действующих в циркуляционном течении;

$$\psi(\eta_o) = \frac{(1 - \eta_o)^{n+2} + \operatorname{sign} \eta_o |\eta_o|^{n+2} - (n + 2) |\eta_o|^{n+1}}{(1 - \eta_o)^{n+1} - |\eta_o|^{n+1}}, \quad (1.5)$$

при $dP/dx > 0$.

Несмотря на то, что в модели (1.5) учитывается аномалия вязкости, в ней практически не учитываются перепады давления в канале шнека и радиальном зазоре.

3. Тадмор приводит следующую взаимосвязь между производительностью и давлением для неньютоновской жидкости, текущей между параллельными пластинами:

$$q = \frac{V_0 h |6G|^s \operatorname{sign} G}{(1 + s)(2 + s)} \left[(1 - \lambda) |1 - \lambda|^{1+s} + \lambda |\lambda|^{1+s} - (2 + s) |\lambda|^{1+s} \right], \quad (1.6)$$

где q – удельный объемный расход, отнесенный к единичной ширине; V_0 – скорость движения пластины в плоскопараллельном течении; G – безразмерный градиент давления; sign – знак функции; λ – константа интегрирования (координата расположения точки экстремума на профиле скоростей).

Для ньютоновского изотермического течения в прямоугольном канале зоны дозирования шнекового экструдера

$$Q = \frac{V_{bz} b (h - \delta_f)}{2} F_d + \frac{b \cdot h^3}{12 \mu} \left(- \frac{\partial P}{\partial z} \right) F_p (1 + f_L), \quad (1.7)$$

где V_{bz} – скорость пластины, направленная вдоль канала, м/с.

Основываясь на механизме плавления, предложенном Б. Маддоком и Л. Стритом, З. Тадмор разработал первые теоретические модели процессов, протекающих в винтовых каналах экструдеров.

Упрощающие допущения, сделанные З. Тадмором (стационарность процесса, гомогенность полимерной пробки и постоянство скорости ее движения вдоль канала, четко выраженная температура плавления и пренебрежение в расчетах кривизной канала шнека), позволили ему свести решение задачи о плавлении к одномерной задаче тепло- и массопереноса. Однако ему не удалось корректно учесть конвективный и диффузионный механизм переноса теплоты.

Так, Р.В. Торнером была разработана модель двумерного неизотермического (политропического) течения псевдопластической жидкости, учитывающая градиент температуры в продольном направлении канала червяка [121, 122]:

$$Q = \frac{k(l)}{R-1} \cdot \frac{\mu_o \cdot A \cdot l_o \cdot b \cdot N^{1+1/n}}{\rho \cdot c_p}, \quad (1.8)$$

где $k(l)$ – значение коэффициента политропичности, зависящее от места расположения сечения на оси червяка; l – продольная координата нормального сечения, изменяющаяся в пределах $0 \leq l \leq l_o$; μ_o – константа материала, Па·с; $A = (\pi \cdot D)^{1+1/n} \cdot [(t - i \cdot e)/h^{1/n} \cdot \mathcal{E}_1 + e/\delta^{1/n}] \cdot i \cdot \text{ctg} \varphi$; \mathcal{E}_1 – безразмерный критерий, $\mathcal{E}_1 = [(1 - \eta_o)(\cos \varphi)^{1+1/n} + \chi(1 - \eta_{ou})(\sin \varphi)^{1+1/n}] \cdot B_z (n+1)^{1/n}$; η_{ou} – безразмерная координата с нулевым напряжением сдвига в циркуляционном течении; l_o – фактическая длина зоны дозирования, м; b – температурный

коэффициент вязкости, 1/град; $R = e^{b(T-T_0)}$; T – температура расплава, °С; ρ – плотность расплава, кг/м³; c_p – удельная теплоемкость расплава, Дж/(кг·К).

Однако, решив только двумерную задачу, нельзя получить рабочую характеристику экструдера и определить температурное поле в расплаве вдоль оси шнека.

Общим недостатком рассмотренных моделей является отсутствие решения проблемы оценки качества расплава полимера, а соответственно и экструдата. Улучшение его качества – одна из наиболее важных задач совершенствования процессов переработки. Эту задачу можно решить, обеспечив стабилизацию основных параметров экструзии: производительности, давления, температуры.

В работе [108] представлена математическая модель процесса экструзии белково-клетчатко-крахмалосодержащего сырья с учётом зон шнековой камеры пресс-экструдера: зоны плавления и дозирования. При разработке математической модели за основу были взяты предположения Дарнелла и Мола: отдельные твёрдые частицы ведут себя подобно сплошной среде и по сути представляют собой твёрдую пробку, находящуюся в контакте со всей стенкой межвинтового канала. Было получено выражение для определения крутящего момента в каждой зоне:

$$M_{\text{п}} = (\dot{\gamma} \cdot \eta) \cdot \left(1 - e^{\frac{G}{\eta}} \right) \cdot 2\pi L_1 \cdot R_1^2; \quad (1.9)$$

где L_1 – длина зазора между шнеком и внутренним диаметром насадки, м; R_1 – расстояние до зазора, м; G – модуль упругости; η – вязкость, Па·с; $\dot{\gamma}$ – скорость сдвига.

Полученная математическая модель позволяет учитывать структурно-механические преобразования в перерабатываемом материале в процессе его превращения от сыпучего до упруго-вязкого.

Для математического моделирования зоны дозирования экструдера А.Н. Остриков и О.В. Абрамов [77] предложили решить совместно уравнения

сохранения массы вещества, энергии и количества движения:

- уравнение сохранения массы вещества (уравнение неразрывности)

$$\frac{\partial(\rho_m \cdot \bar{g}_x)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho_m \cdot \bar{g}_y)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho_m \cdot \bar{g}_z)}{\partial z} = 0; \quad (1.10)$$

- уравнения количества движения

$$\rho_m \left(\bar{g}_x \frac{\partial \bar{g}_x}{\partial x} + \bar{g}_y \frac{\partial \bar{g}_x}{\partial y} + \bar{g}_z \frac{\partial \bar{g}_x}{\partial z} \right) = -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z}; \quad (1.11)$$

$$\rho_m \left(\bar{g}_x \frac{\partial \bar{g}_y}{\partial x} + \bar{g}_y \frac{\partial \bar{g}_y}{\partial y} + \bar{g}_z \frac{\partial \bar{g}_y}{\partial z} \right) = -\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z}; \quad (1.12)$$

$$\rho_m \left(\bar{g}_x \frac{\partial \bar{g}_z}{\partial x} + \bar{g}_y \frac{\partial \bar{g}_z}{\partial y} + \bar{g}_z \frac{\partial \bar{g}_z}{\partial z} \right) = -\frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zz}}{\partial z}; \quad (1.13)$$

- уравнение энергии (уравнение теплового баланса)

$$\begin{aligned} \rho_m c_m \left(\bar{g}_x \frac{\partial \bar{T}}{\partial x} + \bar{g}_y \frac{\partial \bar{T}}{\partial y} + \bar{g}_z \frac{\partial \bar{T}}{\partial z} \right) &= \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda_m \frac{\partial \bar{T}}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda_m \frac{\partial \bar{T}}{\partial y} \right) + \\ &+ \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda_m \frac{\partial \bar{T}}{\partial z} \right) + \tau_{xx} \frac{\partial \bar{g}_x}{\partial x} + \tau_{yy} \frac{\partial \bar{g}_y}{\partial y} + \tau_{zz} \frac{\partial \bar{g}_z}{\partial z} + \tau_{xy} \left(\frac{\partial \bar{g}_x}{\partial y} + \frac{\partial \bar{g}_y}{\partial x} \right) + \\ &+ \tau_{yz} \left(\frac{\partial \bar{g}_y}{\partial z} + \frac{\partial \bar{g}_z}{\partial y} \right) + \tau_{zx} \left(\frac{\partial \bar{g}_z}{\partial x} + \frac{\partial \bar{g}_x}{\partial z} \right); \end{aligned} \quad (1.14)$$

- уравнения, описывающие физическое состояние экструдированной среды,

$$\begin{aligned} \tau_{xx} &= 2\eta \frac{\partial \bar{g}_x}{\partial x}, \quad \tau_{yy} = 2\eta \frac{\partial \bar{g}_y}{\partial y}, \quad \tau_{zz} = 2\eta \frac{\partial \bar{g}_z}{\partial z}, \\ \tau_{xy} = \tau_{yx} &= \eta \left(\frac{\partial \bar{g}_x}{\partial y} + \frac{\partial \bar{g}_y}{\partial x} \right), \quad \tau_{yz} = \tau_{zy} = \eta \left(\frac{\partial \bar{g}_y}{\partial z} + \frac{\partial \bar{g}_z}{\partial y} \right), \\ \tau_{zx} = \tau_{xz} &= \eta \left(\frac{\partial \bar{g}_z}{\partial x} + \frac{\partial \bar{g}_x}{\partial z} \right), \end{aligned} \quad (1.15)$$

где ρ_m , c_m и λ_m – соответственно плотность (кг/м³), удельная теплоемкость (Дж/(кг·град)) и коэффициент теплопроводности расплава полимера (Вт/(м·град)); \bar{g}_x , \bar{g}_y , \bar{g}_z – компоненты скорости движения расплава в канале экструдера; \bar{T} – температура расплава, град; p – давление, Па; τ – компонен-

ты девиатора тензора напряжений; η – эффективная вязкость, Па·с, являющаяся функцией скорости сдвига и температуры и определяющаяся степенным законом,

$$\eta = \eta_o \exp(-\beta(T - T_o)) \left(\frac{I_2}{2} \right)^{\frac{m-1}{2}}. \quad (1.16)$$

Система уравнений (1.10)...(1.16) дает полное математическое описание винтового движения «степенной» жидкости при соответствующих граничных условиях.

Пепеляева Е.В. [34, 103], рассматривая течение в развернутом на плоскость канале шнека, получила математическую модель процесса экструзии зерновых продуктов в интегральных характеристиках.

$$\frac{dP(x)}{dx} = \frac{40}{3} \mu_{0,5} u_x(x) \frac{h^2 + b^2}{h^2 \cdot b^2} - \frac{40}{3} \mu \frac{h^2 + b^2}{h^3 \cdot b^3} Q(x). \quad (1.17)$$

$$\rho c_p \frac{d(Q(x)T(x))}{dx} = \left[\frac{h^3}{12\mu(x)} \left(\frac{dP(x)}{dx} \right)^2 + \frac{\mu u_x^2}{h} \right] b + \alpha_w (T_w(x) - T(x)) b \quad (1.18)$$

$$\mu(x) = \mu_o e^{-\alpha(T(x)-T_o)} \quad (1.19)$$

где μ_o – динамическая вязкость материала при температуре T_o ; v , p , T – поля скорости, давления и температуры соответственно; ρ – плотность материала, кг/м³; c_p – удельная теплоемкость материала, Дж/(кг·К); λ – коэффициент теплопроводности; n – параметр материала. b – ширина канала, м; h – глубина канала, м; $Q(x)$ – суммарный расход жидкости по каналу шнека, м³/с; $P(x)$ – среднее давление по поперечнику канала с координатой x ; $\mu(x)$ – динамическая вязкость материала; u_x – проекция скорости подвижной верхней стенки канала на его продольную ось; $T(x)$ – температура материала в канале, К; $T_w(x)$ – распределение температуры на верхней стенке канала, К; α_w – коэффициент теплоотдачи.

В работе [7] предложена математическая модель изменения температуры при неизотермическом течении продукта в экструдере:

$$T(y) = T_w + \frac{\varphi}{\lambda} \left(\frac{\partial p}{\partial x} \right)^{m+1} \cdot \frac{(0,5H)^{m+3} - y^{m+3}(m+2)}{(m+2)(m+3)}, \quad (1.20)$$

где λ – теплопроводность, Вт/м·К; $T_{ст}$ – температура продукта, К; φ , m , и λ – const, зависящие от локальных температуры и давления расплав.

Полученное уравнение температуры позволяет рассчитать его профиль при условии, что полная энергия отводится за счет теплопереноса через стенки канала в направлении, перпендикулярном направлению течения.

Фролова Л.Н. [22] предложила математическую модель для неизотермического и ламинарного течения расплава в кольцевом и цилиндрическом каналах экструдера:

$$\begin{aligned} \frac{\partial u_x}{\partial \tau} + \frac{\partial(u_x)^2}{\partial x} + \frac{\partial(u_x u_y)}{\partial y} + \frac{\partial(u_x u_z)}{\partial z} &= -\frac{\partial P}{\partial x} + \frac{1}{Re} \nabla^2 u_x, \\ \frac{\partial u_y}{\partial \tau} + \frac{\partial(u_x u_y)}{\partial x} + \frac{\partial(u_y)^2}{\partial y} + \frac{\partial(u_y u_z)}{\partial z} &= -\frac{\partial P}{\partial y} + \frac{1}{Re} \nabla^2 u_y, \\ \frac{\partial u_z}{\partial \tau} + \frac{\partial(u_x u_y)}{\partial x} + \frac{\partial(u_y u_z)}{\partial y} + \frac{\partial(u_z)^2}{\partial z} &= -\frac{\partial P}{\partial z} + \frac{1}{Re} \nabla^2 u_z, \end{aligned} \quad (1.21)$$

где

$$\nabla^2 u_x = \frac{\partial^2 u_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u_x}{\partial z^2}, \nabla^2 u_y = \frac{\partial^2 u_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u_y}{\partial z^2}, \nabla^2 u_z = \frac{\partial^2 u_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_z}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u_z}{\partial z^2}.$$

- уравнение неразрывности:

$$D = \nabla \cdot V = \frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} + \frac{\partial u_z}{\partial z} = 0. \quad (1.22)$$

Результаты жидкостей были получены с помощью Flow Vision. В результате получено уравнение

$$\sum_s \frac{\tau}{P_s^{n+1}} (\nabla p^{n+1}) \Big|_s s = \sum_s \bar{V}_s s + \sum_b \frac{\tau}{P_b^{n+1}} (\nabla p^{n+1}) \Big|_b b. \quad (1.23)$$

В Петров И.А. [96] получил модель тепломассопереноса в радиальном зазоре между внутренней поверхностью корпуса экструдера и с изменяющейся по длине геометрией шнека:

$$\frac{\partial \bar{P}(\bar{z})}{\partial \bar{z}} = C_1(\bar{z}) e^{-\beta T(\bar{z})} - C_2(\bar{z}) e^{-\beta T(\bar{z})} \bar{Q}(\bar{z}), \quad (1.24)$$

$$\mu(\bar{z}) = \mu_0 e^{-\beta T(\bar{z})}, \quad (1.25)$$

$$\bar{q}(\bar{z}) = c_3(\bar{z} + \bar{\Delta z}(\bar{z})) e^{\beta \bar{T}(\bar{z} + \bar{\Delta z}(\bar{z}))} [\bar{P}(\bar{z} + \bar{\Delta z}(\bar{z})) - \bar{P}(\bar{z})] + c_4(\bar{z} + \bar{\Delta z}(\bar{z})), \quad (1.26)$$

$$\frac{\partial \bar{Q}(\bar{z})}{\partial \bar{z}} = c_5(\bar{z}) \bar{q}(\bar{z}) - c_5(\bar{z}_1) \bar{q}(\bar{z}_1) \frac{\bar{s}(\bar{z}_1)}{\bar{s}(\bar{z})}, \quad (1.27)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\bar{Q}(\bar{z})[1 + \bar{T}(\bar{z})])}{\partial \bar{z}} = & c_{ht}(\bar{z}) \bar{q}(\bar{z}) [1 + \bar{T}(\bar{z} + \bar{\Delta z}(\bar{z}))] - \\ & c_{ht}(\bar{z}_1) \bar{q}(\bar{z}_1) [1 + \bar{T}(\bar{z})] \frac{\bar{s}(\bar{z}_1)}{\bar{s}(\bar{z})} + c_{d1}(\bar{z}) e^{\beta T(\bar{z})} \left(\frac{d\bar{P}(\bar{z})}{d\bar{z}}\right)^2 + c_{d2}(\bar{z}) e^{-\beta T(\bar{z})} + \\ & + c_{dc1}(\bar{z}) e^{\beta T(\bar{z} + \bar{\Delta}(\bar{z}))} \left(\bar{P}(\bar{z} + \bar{\Delta}(\bar{z})) - \bar{P}(\bar{z})\right)^2 + c_{dc2}(\bar{z}) e^{\beta T(\bar{z} + \bar{\Delta}(\bar{z}))} + \\ & c_{he}(\bar{z}) (\bar{T}_w(\bar{z}) - \bar{T}(\bar{z})) + c_{hec}(\bar{z}) (\bar{T}_w(\bar{z} + \bar{\Delta}(\bar{z})) - \bar{T}(\bar{z} + \bar{\Delta}(\bar{z}))). \end{aligned} \quad (1.28)$$

где $\bar{Q}(\bar{z})$ – отношение секундного объемного расхода в канале шнека к величине расхода ненапорного течения; $\bar{P}(\bar{z})$ – отношение в давления в канале шнека к максимальному давлению, развиваемому при $\bar{Q}(\bar{z}) = 0$; $\bar{T}(\bar{z})$ – безразмерная среднемассовая температура; $\bar{T}_w(\bar{z})$ – безразмерная температура на корпусе экструдера; $\bar{q}(\bar{z})$ – интенсивность притока, представляющая собой расход материала над ребордой шнека, перетекающего из сечения канала с координатой $\bar{z} + \bar{z}(\bar{z})$ в сечение с безразмерной координатой \bar{z} ; \bar{z} ; $\mu(\bar{z})$ – вязкость материала; ρ – плотность; c_p – удельная теплоемкость; a – температурный коэффициент вязкости; μ_0 – вязкость расплава при 20 °С.

Анализ приведенных моделей показал, что важной задачей является создание математической модели экструзии, которая позволяла бы прогнозировать качество экструдата с учетом регулируемой величины температуры расплава.

1.8. Обзор и анализ экструдеров для производства комбикормов для крупного рогатого скота

Авторами патента РФ № 2619981 предложен способ производства экструдированного комбикорма с добавкой зеленой массы кормовых трав и экструдер-измельчитель (рисунок 1.18) [94]. Экструдер-измельчитель для производства экструдированного комбикорма с добавкой зеленой массы кормовых трав, включающий измельчитель с загрузочным бункером, винтовой питатель и экструдер, отличающийся тем, что ротор измельчителя выполнен в виде вала с закрепленными перпендикулярно его оси активными дисковыми ножами.

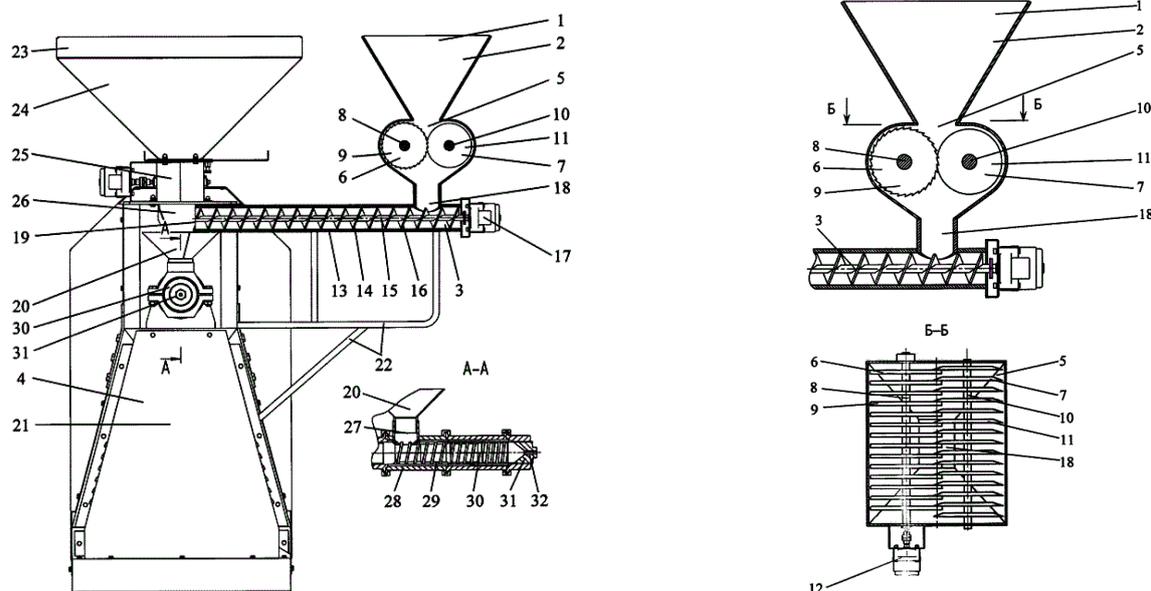


Рисунок 1.18. - Способ производства экструдированного комбикорма с добавкой зеленой массы кормовых трав и экструдер-измельчитель

На внешней кромке которых имеются зубья, а его статор выполнен в виде неподвижной оси с закрепленными перпендикулярно ее оси пассивными дисковыми ножами с односторонней заточкой режущей кромки, причем активные дисковые ножи ротора и пассивные дисковые ножи статора размещены друг относительно друга в шахматном порядке и таким образом, что между каждыми двумя пассивными дисковыми ножами находится активный дисковый нож.

Днепропетровская продовольственная компания «ВАЙЗ» предлагает экструдер зерновой W-950.1 (рисунок 1.19) и экструдер зерновой W-450M (рисунок 1.20).



Рисунок 1.19. – Экструдер зерновой W-950.1



Рисунок 1.20. – Экструдер зерновой W-450M

Эти экструдеры предназначены для производства экструдированных комбикормов для КРС, свиней и птицы и могут использоваться для производства полножирного шрота сои с повышенной усваиваемостью за счет сложных структурных изменений которые проходят в зерне в процессе экструзии и очисткой от патогенной микрофлоры под воздействием давления 2,0-3,0 МПа и температуры – 120-180 ° С. На этом экструдере может перерабатываться зерно и крупа кукурузы, пшеницы, ячменя, ржи, гороха, соя, подсолнечник и др.

Применение экструдера значительно улучшает пищевые качества корма: улучшается переваривание кормов и вкусовые качества, значительно повышается усвояемость кормов до 95 %. В результате увеличивается привес животных, сокращаются затраты кормов, уменьшается падеж молодняка вследствие снижения бактерий в зерне.

Экструдер E-1000 (рисунок 1.21) предназначен для уменьшения концентрации вредных веществ в сое и рапсе, повышения усваиваемости зерна

при употреблении сельскохозяйственными животными, птицей, рыбами, уничтожение вредных микроорганизмов в компонентах комбикормов. Очищенное и просушенное сырье загружается в бункер.

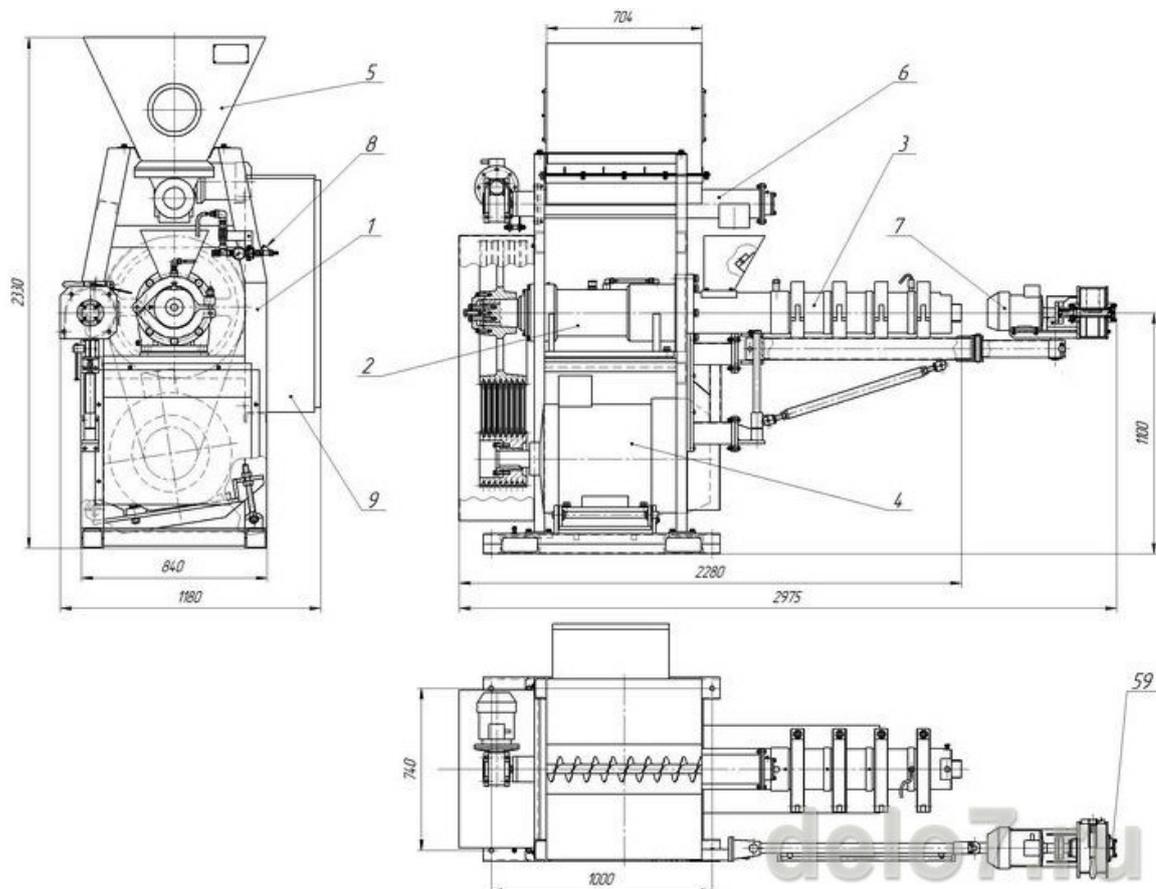


Рисунок 1.21. – Технологическая схема экструдера E-1000

Из бункера винтовым питателем смесь подается в рабочую зону экструдера. Скорость подачи регулируется изменением оборотов винта питателя. В рабочей зоне продукт протирается винтами между греющими шайбами и внутренней поверхностью стаканов, сжимается и разогревается до температуры выше 100 °С. Давление мгновенно падает, в зерне высвобождается пар, который разрывает и увеличивает в размерах структуру экструдата. Объем экструдата увеличивается от 1,5 до 3 раз по сравнению с сырьем. Давление и температура преобразовывают белковые, ферментные и крахмалистые вещества в более простые формы. Раскрываются жировые клетки (в масличных культурах). Это уменьшает затраты энергии на переваривание корма в же-

лудке животных, птицы и рыб. Через 30-40 с обработки продукт выходит из рабочей зоны.

Компания «Кормоцех» разрабатывает и производит инновационное современное оборудование экструдер зерновой, служащий для переработки в гранулы травы, бобовых, зерновых, соломы, различных добавок в корма и исходного сельхозсырья (рисунок 1.22).



Рисунок 1.22. – Экструдер для кормов от компании «Кормоцех»

Также есть возможность переработки некондиционного и залежалого зерна, шротов и жмыхов. Процент влажности зерна составляет 15-20 %. Зерно предварительно не запаривают. Экструдер для кормов от компании «Кормоцех» перерабатывает: зерно (пшеница, кукуруза, рожь, ячмень) и зерносырьё; плесневелое и залежалое зерно; солому в смеси с зерном до 50 %; шроты и жмыхи в смеси с зерном до 20 %. Такое оборудование может экструдировать не только целое, но и измельченное зерно, в составе которого содержится клетчатка, крахмал, протеины, жиры и белки. При экструдировании на 30-40 т % уменьшается расход зерна. В него можно добавлять перед экструдированием камыш, измельченную солому, лузгу и муку от переработки в крупу зерна.

Состоит экструдер для кормов из электродвигателя, соединенного с экструдерной частью клиноременной передачей, пусковой аппаратуры и экструдерной части. В экструдерной части расположен загрузочный бункер, прессующая и загрузочная камера, в которых находится шнековая система: подающая, промежуточная и прессующая. Прессующая камера заканчивается фильерой. Именно в ней и происходит сжатие зерна и через нее выходит готовый продукт экструдирования. Пресс для комбикорма служит для производства из комбикорма, травяной муки и отрубей гранул.

Экструдированные корма обладают лучшим усваиванием в организме всех животных. Крахмал, содержащийся в злаковых зерновых, тяжело усваивается в их желудке. При высокой температуре в процессе экструдирования происходит уничтожение плесени и вредных микробов, несущих заболевания, а также преобразуется клетчатка и расщепляется крахмал. Такой корм усваивается на 90 %, в отличие от зернового корма (55-65 %).

Рассмотрим на примере свиньи использование экструдированного ячменя, кукурузы, пшеницы и гороха: за сутки в среднем увеличивается рост свиней на 16-25 %; значительно сокращаются расходы корма; за счет снижения в 3-15 раз бактериальной грибковой обсемененности зерновых культур уменьшается падеж числа поросят; возможность ускорения процесса отлучения от свиноматки поросят без риска задержки развития и роста.

При постоянном кормлении курей комбикормом, их яйценоскость увеличивается на 22-27 %, корова даст молока больше на 20-55 %, а живой вес молодняка прирастет на 35-40 %. Полученный путем экструдирования корм, имеет хороший абсорбирующий эффект и бактериально чист. Такой корм стерилен и способен храниться до трех-четырех месяцев на складе. Применение экструдированного корма для животных позволяет существенно решить экологическую проблему по уменьшению загрязнения навозом окружающей среды.

1.9 Анализ литературного обзора, формулировка цели и основных задач исследования

Аналитический обзор современных технологий производства производства высокоусвояемых комбикормов с использованием защищенного белка для крупного рогатого скота позволил выявить следующие направления:

- к числу эффективных направлений повышения питательной ценности углеводного и протеинового комплекса зерна является разработка технологии высокоусвояемых комбикормов с использованием защищенного белка для крупного рогатого скота;
- разработка способа процесса производства высокоусвояемых комбикормов с использованием защищенного белка для крупного рогатого скота позволит повысить продуктивность животных и снизить затраты корма за счет повышения усвояемости зерна, повышения питательной ценности углеводного и протеинового комплекса, улучшения санитарного состояния корма;
- использование новой технологии высокоусвояемых комбикормов с использованием защищенного белка для крупного рогатого скота позволит обеспечить хорошие функциональные и технологические свойства комбикормов, высокие энергетические и биологические показатели готового продукта;
- важной проблемой является разработка конструкции экструдера, обеспечивающего плавное, постепенное возрастание температуры и давления со ступенчатой их стабилизацией, необходимой для протекания начала реакции Майяра.

Теоретические и экспериментальные исследования процесса производства высокоусвояемых комбикормов с использованием защищенного белка проводились согласно схемы, представленной на рис. 1.23.

Цель диссертационной работы – развитие научно-практических основ процессов производства высокоусвояемых комбикормов с использовани-

ем защищенного белка; разработка перспективной технологии, направленной на повышение питательной ценности, усвояемости, поедаемости и доброкачественности комбикормов для крупного рогатого скота.

В соответствии с целью решались **следующие задачи**:

- научное обоснование выбора рецептурного состава комбикорма с использованием экструдированных зерновых и зернобобовых компонентов, обеспечивающих получение защищенного белка для крупного рогатого скота;
 - исследование кинетических закономерностей процесса экструдирования зерновых и зернобобовых компонентов комбикорма с обоснованием рациональных параметров процесса экструдирования;
 - математическое моделирование процесса экструдирования зерновых и зернобобовых компонентов комбикормов;
 - разработка конструкции экструдера, реализующего режим, обеспечивающий получение защищенного белка;
 - разработка технологии производства экструдированных зерновых и зернобобовых культур с защищенным белком для крупного рогатого скота, комплексной технологической линии производства высокоусвояемых комбикормов с защищенным белком и витаминно-аминокислотно-энзимным комплексом для крупного рогатого скота и разработка нормативно-технической документации;
 - проведение зоотехнических испытаний разработанных видов высокоусвояемых комбикормов с защищенным белком и витаминно-аминокислотно-энзимным комплексом для крупного рогатого скота для определения эффективности их потребления и внедрение разработанных технологии и оборудования.

ОБЩАЯ СХЕМА ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Цель диссертационной работы – развитие научно-практических основ процесса производства высокоусвояемых комбикормов с использованием защищенного белка; разработка перспективной технологии, направленной на повышение питательной ценности, усвояемости, податливости и доброкачественности комбикормов для крупного рогатого скота.

- научное обоснование выбора рецептурного состава комбикорма с использованием экструдированных зерновых и зернобобовых компонентов, обеспечивающих получение защищенного белка для крупного рогатого скота;
- исследование кинетических закономерностей процесса экструдирования зерновых и зернобобовых компонентов комбикорма с обоснованием рациональных параметров процесса экструдирования;
- математическое моделирование процесса экструдирования зерновых и зернобобовых компонентов комбикормов;
- разработка конструкции экструдера, реализующего режим, обеспечивающий получение защищенного белка;
- разработка технологии производства экструдированных зерновых и зернобобовых культур с защищенным белком для крупного рогатого скота, комплексной технологической линии производства высокоусвояемых комбикормов с защищенным белком и витаминно-аминокислотно-энзимным комплексом для крупного рогатого скота и разработка нормативно-технической документации;
- проведение зоотехнических испытаний разработанных видов высокоусвояемых комбикормов с защищенным белком и витаминно-аминокислотно-энзимным комплексом для крупного рогатого скота для определения эффективности их потребления и внедрения разработанных технологий и оборудования.

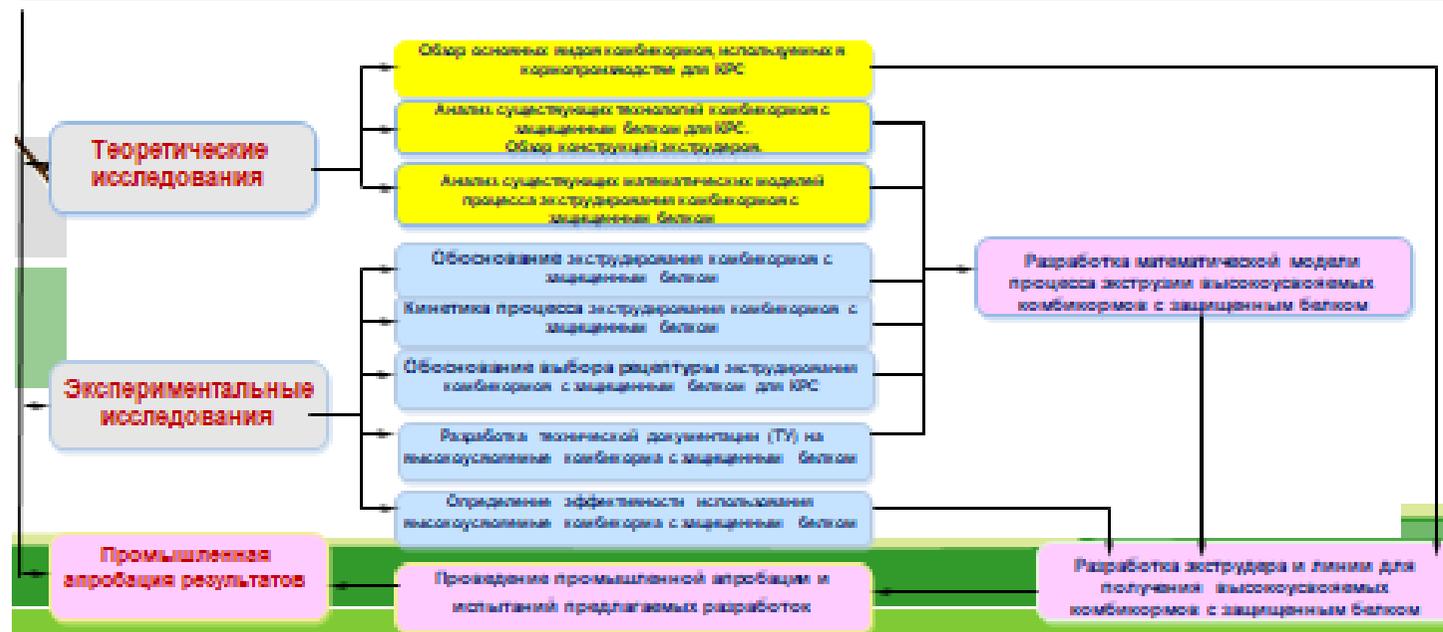


Рисунок 1.23. – Схема исследований процессов производства высокоусвояемых комбикормов с защищенным белком для КРС

Глава 2 ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИЧЕСКИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПРОЦЕССА ЭКСТРУДИРОВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ И ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР

2.1 Экспериментальная установка и методика проведения исследований

Исследование кинетических закономерностей процесса экструдирования зерновых и зернобобовых культур проводили на экспериментальной установке, которая состояла из трех устройств, соединенных между собой патрубками: шнекового питателя; кондиционера-пропаривателя и собственно экструдера (рисунок 2.1) [20, 45, 61].



Рисунок 2.1 – Общий вид экструдера

Шнековый питатель предназначен для равномерной, дозированной подачи исходной смеси компонентов комбикорма в кондиционер-пропариватель. Смесь поступает из бункера в питатель через загрузочный патрубок и перемещается шнеком к разгрузочному патрубку, где происходит выгрузка продукта.

Привод шнека питателя осуществляется от мотор-редуктора.

Кондиционер-пропариватель предназначен для увлажнения комбикорма до влажности 17-20 % и нагрева до температуры 70-80 °С паром давлением 0,6 МПа и передачу подготовленного комбикорма в экструдер. Привод ротора кондиционера-пропаривателя осуществляется от мотор-редуктора.

Экструдер включал в свой состав станину, корпус, матрицу, щит управления и блок регулирования частоты вращения шнека. Привод экструдера состоит из цепной передачи, рабочей камеры, загрузочной воронки, шнека, матрицы и фильеры. Экструдер работает следующим образом: пропаривается

ренная смесь комбикорма из кондиционера-пропаривателя поступает на экструдер. Предварительно течение 20...25 мин производился нагрев матрицы и корпуса экструдера до заданной температуры. При достижении температуры корпусе 110...130 °С в экструдер подавали пропаренную смесь компонентов. После включения привода электродвигателя комбикорм транспортируется в шнековую часть экструдера. При движении по тракту шнековой части, образованному винтообразными каналами шнеков и пазами корпусов, продукт подвергается тепловой обработке под давлением, перемешивается, выдавливается через фильеры матрицы и отрезается ножами на необходимую длину. Привод ножей осуществляется от мотор-редуктора. При этом изменяли температуру нагрева корпуса и матрицы.

Дополнительный разогрев продукта производится за счет работы сил внутреннего трения в продукте и трения его о шнек и корпус.

Для измерения температуры расплава (экструдата) использовался термоэлектрический преобразователь, подсоединенный к двухканальному измерителю-регулятору 2ТРМ1 с пределом измерения температуры от -400 °С до +400 °С. Также для измерения температуры использовался инфракрасный термометр testo 830-T1 с диапазоном измерения – -30...+400 °С, позволяющий измерять температуру корпуса экструдера и выходящего экструдата.

Давление в предматричной зоне экструдера измерялось датчиком «АИР-10М1-Д4/1180-М20-12V-t0550-B02-0...16МПа-GSP», соединенным с двухканальным регулятором 2ТРМ1. Электродвигатель экструдера защищен от перегрузки тепловым реле. Технологические параметры процесса экструдирования изменялись в следующих диапазонах: начальная влажность исходной смеси компонентов комбикорма – 11...26 %, температура экструдата на выходе – 388...403 К, давление в предматричной зоне – 4,0...8,0 МПа, размер частиц – 0,6...3,0 мм, частота вращения шнека – 0...7 рад/с.

Все компоненты смеси комбикормов предварительно измельчаются в молотковой дробилке и просеиваются в просеивателе для достижения размеров 0,5-1,2 мм.

Технические характеристики экструдера приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Технические характеристики экструдера

Наименование	Значение
Шнековый питатель	
Производительность, т/ч	1
Длина рабочей части, мм	500
Диаметр шнека, мм	140
Шаг шнека, мм	переменный 25 (на длине 250 мм) 50 (на длине 250 мм)
Установленная мощность, кВт	1,5
Габаритные размеры, Д×Ш×В, мм	1540×360×340
Масса, кг	155
Пропариватель	
Производительность, т/ч	1
Внутренний диаметр, мм	400
Шаг шнека, мм	280
Длина рабочей части, мм	1680
Количество лопаток, шт	52
Установленная мощность, кВт	4
Габаритные размеры, Д×Ш×В, мм	2300×900×1000
Масса, кг	540
Экструдер	
Производительность, т/ч	1
Длина рабочей части, мм	1670
Диаметр шнека, мм	160
Шаг шнека, мм	переменный 120 (на длине 360 мм) 90 (на длине 360 мм) 60 (на длине 240 мм, двухзаходный, шаг между витков 30) 60 (на длине 120 мм) 90 (на длине 360 мм/ трёхзаходный, шаг между витков 30)
Установленная мощность, кВт	75
Габаритные размеры, Д×Ш×В, мм	3330×2000×1160
Масса, кг	2022
Температура нагрева продукта, °С	70-110
Влажность получаемого продукта, %	20-30
Давление продукта, МПа	4-8
Расход пара, кг/ч	150-200
Давление пара, МПа	0,6

2.2 Исследование процесса пропаривания зерновых культур перед экструдированием

Проблема разработки высокоусвояемых комбикормов с защищенным белком для крупного рогатого скота (КРС) обусловлена спецификой желудочного тракта коров и особенностями усвоения белка.

Повысить продуктивность и сохранить здоровье крупного рогатого скота (КРС) можно, только увеличив в сыром протеине долю защищенного протеина. Защищенный белок – это белок, устойчивый к воздействию ферментов микрофлоры и неспособный к распаду на составляющие – аммиак и углеродную цепочку. Использование влаготепловой и баротермомеханической обработки зерновых и зернобобовых культур позволяет получить комбикорма с защищенным белком [10, 23, 40, 47].

Известно, что предварительное увлажнение значительно стабилизирует процесс экструзии [5, 117], поэтому особое внимание в исследованиях процесса экструдирования уделялось предварительной влаготепловой обработке зерна. Влаготепловая обработка зерновых и зернобобовых культур заключалась в увлажнении комбикорма до влажности 17-20 % и нагрева до температуры 70-80 °С паром давлением 0,6 МПа и передачу подготовленного комбикорма на кондиционер.

Нагревание углеводного комплекса зерна при высоких температурах вызывает деструкцию крахмала, сопровождающуюся образованием легко-растворимых углеводов, что оказывает положительное влияние на усвояемость корма, а, следовательно, на рост и развитие животных. Установлено, что декстринизация и перевариваемость крахмала с увеличением влажности зерна до 18 % растет интенсивно. Например, в экструдированной кукурузе степень декстринизации и перевариваемость крахмала при данном значении влаги достигала 65 % и 140 мг/г, в зерносмеси – 45 % и 108 мг/г, в пшенице – 32 % и 90 мг/г соответственно (таблица 2.2, рисунок 2.2). Увлажнение зерна выше 18 % не оказывает заметного воздействия на рост деструкции крахмала

зерна. При одном и том же значении влажности зерна (18 %) с увеличением температуры нагрева экструдированного зерна деструкция крахмала в нем повышается (рисунок 2.3). Например, при температуре зерна кукурузы 100 °С перевариваемость крахмала в экструдате составляла 60 мг/г глюкозы, то при температуре кукурузы – 120-130 °С. Этот показатель достигал 140 мг/г, что на 40-42 % выше, чем в зерне с исходной влажностью [64, 66].

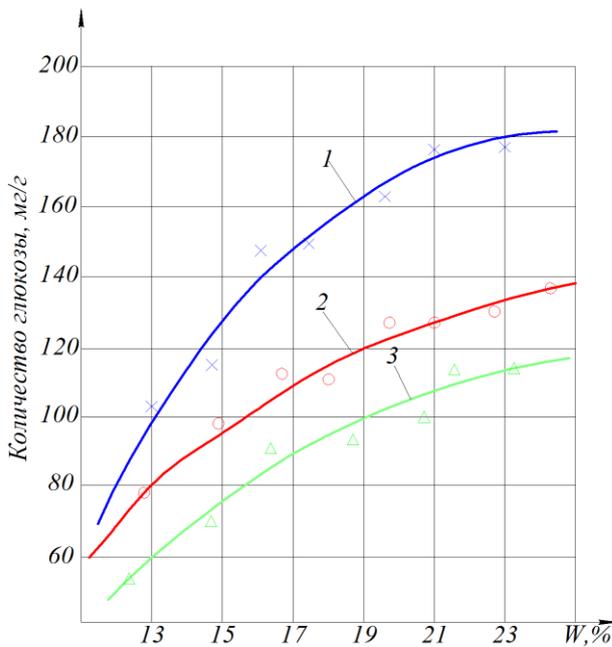


Рисунок 2.2 – Влияние влажности зерна на изменение переваримости крахмала (in vitro) при экструдировании: 1 – увлажненная кукуруза ($W = 17,6 \%$); 2 – увлажненная зерносмесь ($W = 17,8 \%$); 3 – увлажненная пшеница ($W = 18,3 \%$)

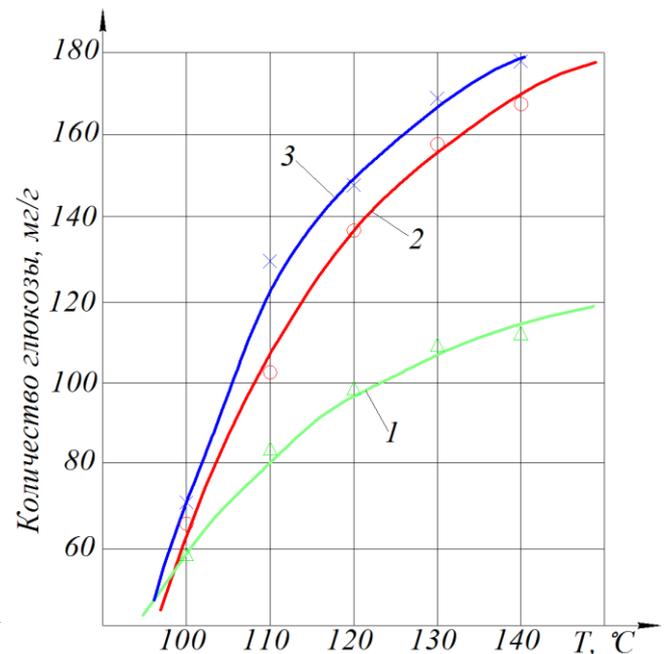


Рисунок 2.3 – Влияние температуры нагрева экструдированной кукурузы на изменение переваримости крахмала (in vitro) при влажности: 1 – $W = 12,8 \%$; 2 – $W = 17,8 \%$ (увлажненная); 3 – $W = 18,3 \%$ (пропаренная)

Результаты исследований позволили установить, что предварительное увлажнение зерна за счет улучшения пластичности экструдированной массы продукта повышает технико-экономические показатели обрабатываемого зерна. Увеличение влагосодержания зерна свыше 18 % повышает технико-экономические показатели, однако темп роста их значительно снижается. Предварительное пропаривание также приводит к повышению технико-экономических показателей. При этом энергетические показатели несколько выше при экструдировании пропаренного зерна, чем увлажненного при одном и том же значении влажности (рисунок 2.4).

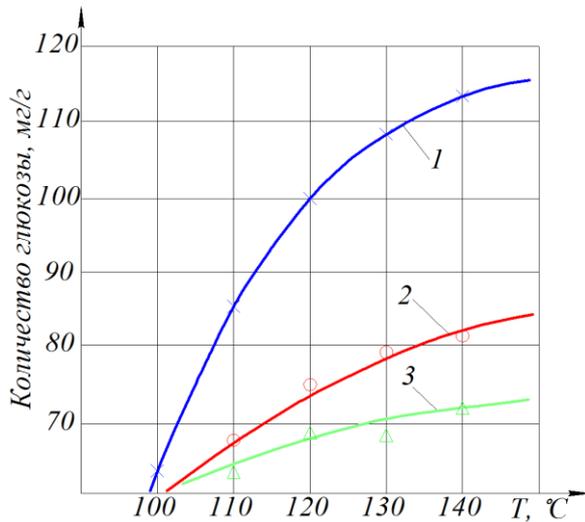


Рисунок 2.4 – Изменение переваримости крахмала (in vitro) от температуры нагрева зерна и зерносмесей с начальной влажностью: 1 – кукуруза ($W = 12,6 \%$); 2 – зерносмесь ($W = 12,7 \%$); 3 – пшеница ($W = 12,1 \%$)

Исследование влияния предварительного пропаривания зерна на деструкцию крахмала показало, что обработка зерна паром незначительно влияет на состояние крахмала (таблица 2.3) Так, пропаривание зерна пшеницы и кукурузы в течение 4 минут увеличивает перевариваемость крахмала на 0,1-0,3 мг/г, а в течение 10 минут – на 0,5-0,7 мг/г по сравнению с их содержанием с исходном зерне.

Таблица 2.3 – Изменение перевариваемости крахмала (in vitro) зерна от продолжительности пропаривания

Продолжительность пропаривания, мин	Влажность зерна, %		Перевариваемость крахмала (in vitro), мг глюкозы на 1 г продукта	
	кукуруза	пшеница	кукуруза	пшеница
0	13,3	12,3	21,2	12,4
2	13,8	13,7	21,0	12,5
4	14,7	14,6	21,3	12,7
6	15,6	15,3	21,6	12,7
8	16,0	16,7	21,9	12,9
10	16,8	18,3	22,4	13,0
12	17,7	20,1	23,1	13,3
14	18,8	21,8	23,3	13,2
16	19,4	24,6	23,5	13,4

Увеличение влажности пропаренного зерна свыше 18 % нецелесообразно, так как деструкция в экструдированном возрастает незначительно. К тому же увеличивается расход пара и эффективность данного способа обработки зерна снижается. Следует отметить, что увеличение влагосодержания зерна до 18 % практически исключает потерю массы экструдированного зерна (таблица 2.2), в отличие от обработки зерна по отношению к необработанному снижается на 4-5 %.

Таблица 2.2 – Результаты исследований процесса экструдирования зерна

Наименование продукта	Подготовка	Влажность, %		Степень декстринизации, %	Перевариваемость крахмала, зерна, мг/г	Температура экструдированного зерна, °С	Производительность экструд. кг/ч	Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/т	Нагрузка двигателя, А
		до	после						
Кукуруза неизмельченная	Без увлажнения	13,3	-	-	22,3	-	-	-	-
Кукуруза неизмельч. экструдированная	- « »-	13,3	8,4	40,6	86,4	135	452	80,6	55,0
Кукуруза измельч. экструдированная	- « »-	12,8	7,6	57,2	111,6	138	455	78,8	55,0
Кукуруза измельч. экструдированная	Увлажненная	17,6	11,2	64,4	143,4	122	475	73,8	51,0
Кукуруза измельч. экструдированная	Пропаренная	18,1	11,9	68,7	156,0	127	483	72,6	50,0
Пшеница неизмельч.	Без увлажнения	12,3	-	12,4	-	-	-	-	-
Пшеница неизмельч. экструдированная	- « »-	12,3	8,1	21,6	59,3	152	312	121,3	58,0
Пшеница измельч. экструдированная	- « »-	12,1	7,9	29,0	68,5	155	323	120,5	65,0
Пшеница измельч. экструдированная	Увлажненная	18,3	12,8	32,6	88,8	140	374	95,0	58,0
Пшеница измельч. экструдированная	Пропаренная	18,6	13,2	38,2	96,5	142	388	90,0	58,0
Зерносмесь измельч.	Без увлажнения	12,7	-	-	19,3	,	-	-	-
Пшеница измельч. экструдированная	- « »-	12,7	8,9	35,8	79,5	142	416	86,2	55,0
Пшеница измельч. экструдированная	Увлажненная	17,8	11,6	44,3	108,6	133	426	83,3	52,0
Пшеница измельч. экструдированная	Пропаренная	18,3	12,3	51,8	135,4	136	434	82,6	52,0

2.3 Исследование процесса экструдирования зерновых культур

Исследование процесса экструдирования зерна исходной влажности показало, что степень декстринизации и перевариваемость крахмала возрастает с увеличением температуры нагрева кукурузы и её смеси с пшеницей до 100-110 °С, когда производительность экструдера составила 300-320 кг/ч, перевариваемость крахмала экструдированной кукурузы и зерносмеси увеличивается до 85 и 68 мг глюкозы на 1 г продукта (далее по тексту мг/г) соответственно. Для пшеницы этот показатель ниже и соответственно составляет 50 мг/г. При нагреве в процессе экструдирования кукурузы до температуры до 120-140 °С перевариваемость крахмала составляла 100-110 мг/г, а для зерновой смеси – 80-83 мг/г.

При данной температуре перевариваемость крахмала экструдированной пшеницы соответствовала 60-65 мг/г. Дальнейшее повышение температуры зерна вызывает незначительное увеличение деструкции крахмала, однако имело место интенсивное испарение влаги и снижение технико-экономических показателей процесса экструзии.

Анализируя полученные данные, следует отметить, что наиболее рациональные режимы экструдирования кукурузы с исходной влажностью и зерносмеси: температура продукта на выходе 120-140 °С, производительностью экструдера – 420-470 кг/ч; удельный расход электроэнергии 73-85 кВт·ч/т. Для пшеницы данные показатели соответственно изменялись в следующих пределах: 150-155 °С; 320-330 кг/ч; 120-125 кВт·ч/т. При этом степень декстринизации и перевариваемость крахмала для кукурузы составляла 50-60 % и 100-120 мг/г, для зерносмеси 35 % и 80 мг/г, для пшеницы 21-23 % и 60 мг/г соответственно.

Для оценки степени влияния предварительного увлажнения на процесс экструзии были проведены опыты по экструдированию увлажненного и пропаренного зерна, влажность которого изменяли в пределах от 12 до 25 %.

Экструдирование пшеницы различной влажности позволило установить, что с увеличением содержания влаги в зерне, снижается расход электроэнергии на экструдирование и повышается производительность экструдера. Полученные зависимости удельного расхода электроэнергии на экструдирование и производительности экструдера от влажности зерна пшеницы (рисунок 2.5), показывают, что с увеличением влаги в зерне от 12,5 % до 18 % производительность экструдера возрастает от 300 кг/ч до 380 кг/ч, а удельный расход электроэнергии снижается от 120 до 90 кВт·ч/т. Для кукурузы и зерносмеси с повышением содержания влаги до 18 % производительность экструдера достигала 470-480 кг/ч и 430-435 кг/ч; а удельный расход электроэнергии 70-74 кВт·ч/т и 82-83 кВт·ч/т соответственно.

Однако, экструдирование пропаренного зерна интенсифицирует процесс деструкции крахмала. Если в экструдате из пшеницы и кукурузы с исходной влажностью 12-13 % перевариваемость крахмала составляла 60-70 и 90-110 мг/г, то в экструдате, полученном из зерна, прошедшее предварительное пропаривание до влажности 18 %, данный показатель увеличился до 100 и 160 мг/г, т. е. на 50-60 % (рисунок 2.6).

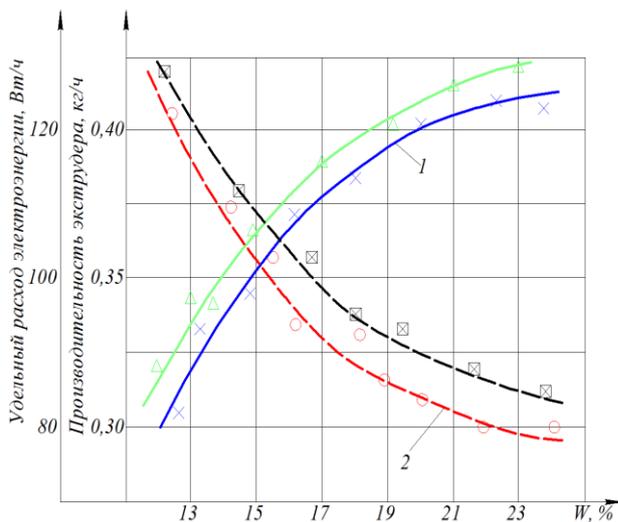


Рисунок 2.5 – Влияние влагосодержания зерна на изменение производительности экструдера и удельного расхода электроэнергии: 1 – увлажненная пшеница; 2 – пропаренная пшеница; (———— – производительность экструдера; - - - - удельный расход электроэнергии)

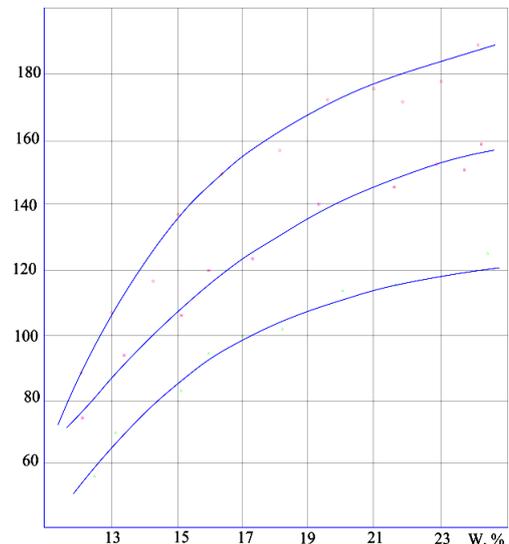


Рисунок 2.6 – Влияние влажности пропаренного зерна на изменение перевариваемости крахмала (in vitro) при экструдировании: 1 – пропаренная кукуруза ($W = 18,1 \%$); 2 – пропаренная зерносмесь ($W = 18,3 \%$); 3 – пропаренная пшеница ($W = 18,6 \%$)

Достигаются данные показатели качества кукурузы при температуре нагрева зерна 125-130 °С и производительности экструдера 480 кг/ч. Для пшеницы эти показатели соответственно равны 140-145 °С и 380-390 кг/ч, для зерносмеси -135-140 °С и 430-435 кг/ч (таблица 2.2).

Наряду с этим следует отметить, что пропаривается пшеница до влажности 18 % в течение 10-12 мин, кукуруза и зерносмесь – 15-16 мин. При этом давление пара составило 0,2-0,3 МПа, а расход пара – 75-85 кг на 1 тонну обрабатываемого продукта.

Первоначально исследовали возможность экструдирования неизмельченного зерна исходной влажностью, изменяемой от 12,3 до 13,3 %. Однако экструдат неизмельченного зерна содержит значительное количество нераздробленных половинок и целых зерен, что существенно снижает качественные показатели готовой продукции. Так, (таблица 2.2) перевариваемость крахмала (*in vitro*) неизмельченной пшеницы была ниже на 30-35 % по отношению к измельченному

экструдированному зерну.

Исследование влияния крупности размола зерна на изменение качества готового экструдированного продукта показало (рисунок 2.7), что чем меньше диаметр отверстий сита дробилки, тем перевариваемость крахмала выше.

Однако, следует отметить, что разница в показателе содержания количества образуемой глюкозы в

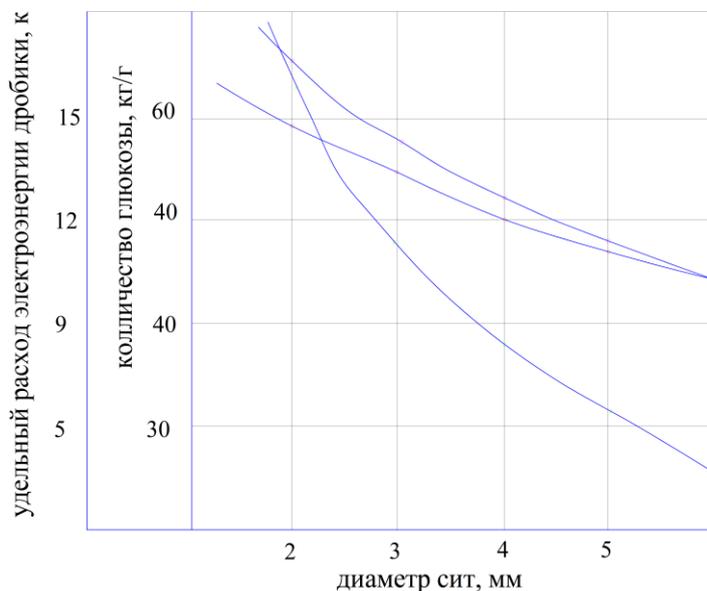


Рисунок 2.7 – Влияние величины диаметра отверстий сита дробилки на перевариваемость крахмала (*in vitro*) и удельный расход электроэнергии дробилки и экструдера при экструдировании кукурузы: 1 – изменение перевариваемости крахмала (*in vitro*); 2 – удельный расход электроэнергии дробилки; 3 – удельный расход электроэнергии экструдера

исследуемых образцах измельченного и экструдированного зерна небольшая.

Сопоставляя показатели изменения качества и энергетические показатели дробилки и экструдера пришли к выводу, что наиболее оптимальный размер отверстий сита дробилки, на котором измельчается зерно – 3,0 мм.

Поэтому в дальнейшем при исследовании процесса экструдирования зерна и приготовленного на базе его комбикорма используется только зерно, измельченное на дробилке с ситом диаметром отверстий 3,0 мм.

Результаты исследований экструдирования измельченного зерна показали, что экструдирование измельченной кукурузы исходной влажности происходит стабильно, с незначительными колебаниями нагрузки на электродвигатель экструдера.

Стабильно осуществляется процесс экструдирования смеси кукурузы и пшеницы кондиционной влажности. При экструдировании данных продуктов температура продукта на выходе составляла 120-140 °С, нагрузка двигателя – 50-55 А, напряжение цепи двигателя постоянного тока – 100 В; производительность экструдера – 450-480 кг/ч; удельный расход электроэнергии – 72-80 кВт·ч/т (таблица 2.2).

Экструдирование измельченной пшеницы кондиционной влажности проходило с большими затруднениями. Температура продукта на выходе повышалась до 175 °С, колебания нагрузки на основной двигатель экструдера доходила до 20 А и составляли 75-80 А. Наблюдались выбросы продукта, хлопья. Часто происходило пригорание продукта и заклинивание экструдера.

Результаты этих исследований позволили установить, что процесс экструдирования пшеницы исходной влажности стабилизируется при температуре зерна на выходе 150-155 °С, а производительность экструдера составила 330-340 кг/ч.

Анализируя физико-механические свойства рассыпных комбикормов для крупного рогатого скота пришли к выводу, что они имеют следующие свойства: угол естественного откоса 46-50 град, объемная масса – 0,48-0,51 т/м³ (таблица 2.4). В процессе хранения все комбикорма имеют склонность к комкованию, при истечении из бункеров образуют своды, что

объясняется большим количеством содержания жира – не менее 6 %.

С целью улучшения технологических свойств комбикормов, для придания ему товарного вида, повышения питательности и особенно важно доброкачественности, а также формирования гранул применяя повторное экструдирование. В связи с этим была поставлена задача определения оптимальных параметров процесса экструдирования комбикормов с целью формирования гранул.

При экструдировании комбикормов для крупного рогатого скота важнейшими технологическими факторами, которые обеспечивают наилучшие условия для формирования гранул, являются температура продукта на выходе из шнека экструдера, производительность экструдера, влага обрабатываемого продукта и нагрузка основного двигателя экструдера.

Конструкция головки шнека экструдера позволила получать готовый продукт в виде гранул диаметром 10-13 мм и длиной 20 мм.

Исследования процесса экструдирования зерна позволило установить, что влажность обрабатываемого продукта за счет пластифицирования оказывает существенное влияние на процесс экструдирования.

Изучение влияния содержания влаги на процесс экструдирования и целью формирования гранул проводили при постоянном качественном составе крупности рассыпного комбикорма (таблица 2.4). Влажность комбикорма изменяли путем его увлажнения водой от 12 до 25 %. За критерий эффективности процесса были приняты производительность экструдера, удельный расход электроэнергии и качественные показатели – крошимость гранул и проход сита Ø 2 мм.

Полученные результаты исследований, показали, что с увеличением влажности комбикорма производительность экструдера уменьшается (рисунок 2.8). Так, при содержании влаги в комбикорме 12-13 % производительность экструдера составляла 350-370 кг/ч, а удельный расход электроэнергии – 53-56 кВт·ч/т, то при влажности комбикорма 18 % эти показатели увеличивались до 450 кг/ч и 62-63 кВт·ч/т соответственно.

Таблица 2.4 – Качественные показатели рассыпных и экструдированных комбикормов для крупного рогатого скота

Наименование продукта	Влажность	Остатки на ситах, %					Угол естеств. откоса, град	Объемная масса, т/м ³	Содержание, %				Перевариваемость крахмала (in vitro), мг глюкозы на 1 г продукта
		Ø 5	Ø 3	Ø 2	Ø 1	Дно			Сырого протеина	жира	Клетчатки	Растворимых углеводов	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Рассыпной комбикорм	12,9	-	0,5	16,7	36,8	52,0	51	0,530	21,89	11,11	1,20	7,72	29,3
	10,4	-	0,3	15,2	35,5	49,0	48	0,527	21,62	10,58	1,11	6,58	27,4
	12,1	-	0,3	15,5	34,2	50,0	52	0,545	21,74	10,39	1,22	7,96	28,5
Экструдированный комбикорм в гранулах	8,5	-	-	-	-	-	40	0,340	22,34	10,35	1,15	10,54	65,32
	7,4	-	-	-	-	-	41	0,330	21,18	10,64	1,08	19,13	68,15
	7,9	-	-	-	-	-	40	0,395	21,98	10,60	1,13	11,64	63,85

Дальнейшее увеличение влагосодержания более 18 % повышает технико-экономические показатели, однако кривые их роста снижаются. Повышение влажности комбикорма при экструдировании улучшает и качество гранул (рисунок 2.9).

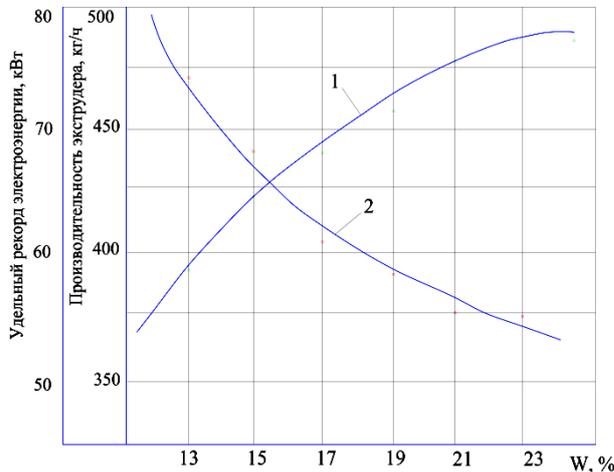


Рисунок 2.8 – Влияние влажности комбикорма на изменение производительности экструдера и удельного расхода электроэнергии: 1 – производительность экструдера; 2 – удельный расход электроэнергии

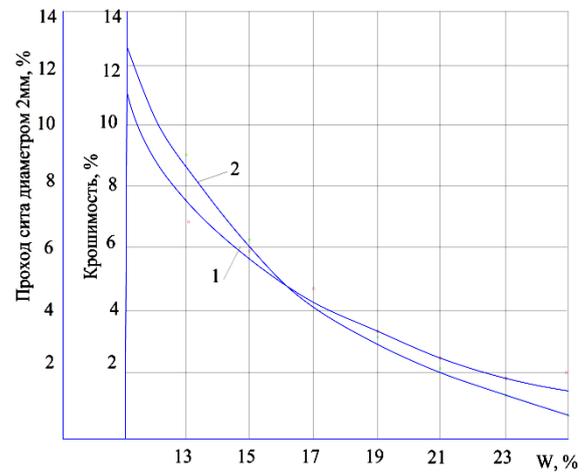


Рисунок 2.9 – Изменение крошимости гранул и величины прохода сита Ø 2 мм от влажности комбикорма: 1 – крошимость; 2 – проход сита Ø 2 мм

Таким образом, анализируя результаты исследований можно отметить, что наиболее оптимальная влажность комбикорма в процессе экструдирования с целью формирования гранул – 18 %.

Исследуя влияние экструдирования на углеводный комплекс обрабатываемого комбикорма можно отметить (таблица 2.4), что деструкция крахмала в экструдированном продукте повышается. Так, содержание растворимых углеводов увеличивается на 27-32 %, а перевариваемость крахмала в 2 раза в экструдированном комбикорме по отношению к необработанному.

Основной целью исследования процесса экструдирования при производстве комбикормов для КРС – повышение питательной ценности обрабатываемого продукта за счет денатурации белков и деструкции углеводов. Но питательная ценность экструдированного продукта обуславливается содержанием и изменением в них не только белковых веществ и углеводов, а и наличием биологически активных веществ – витаминов. С этой целью проведены опыты по изучению влияния экструдирования на изменение содержа-

ния витаминов В₁, В₂, Е и А в ячмене и комбикорме (таблица 2.5).

Таблица 2.5 – Изменение содержания витаминов в ячмене и комбикорме в процессе экструдирования

Продукт	Содержание витаминов							
	В ₁ , мг/кг		В ₂ , мг/кг		Е, м.е./кг		А, м.е./кг	
	Исход.	Экструд.	Исход.	Экструд.	Исход.	Экструд.	Исход.	Экструд.
Ячмень	4,8	5,0	2,1	2,0	5,7	4,55	-	-
Комби-корм	0,76	0,74	2,9	2,9	45,0	42,7	4800	4530
	0,91	0,90	2,0	2,1	-	-	-	-

Экструдирование производили при производительности экструдера 350-400 кг/ч, температура нагрева экструдата 125-130 °С.

В опытах использовали в качестве контроля ячмень и комбикорм с исходной влажностью 12,3 и 12,7 % соответственно. Результаты проведенных исследований показывают, что в экструдированном ячмене содержание витаминов В₁ и В₂ осталось практически без изменений. Не наблюдалось изменения этих витаминов и в экструдированном комбикорме. Содержание витамина Е в ячмене и комбикорме уменьшилось на 23 % и 7,3 % соответственно, а содержание витамина А в комбикорме снизилось на 5,6 %.

2.4 Исследование процесса экструдирования гороха

2.4.1 Влияние влажности гороха и крупности его измельчения на качество готового продукта и технико-экономические показатели процесса экструдирования

Для проведения исследований по влиянию крупности измельчения гороха на качество готового продукта и технико-экономические показатели процесса экструдирования горох измельчался на дробилке ДДК с установкой сит диаметром отверстий 3,5 и 8 мм [11, 12]. Гранулометрический состав измельченного гороха представлен в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Крупность продуктов измельчения гороха

Диаметр отверстий сита, мм	Схода с сит, %, с диаметром отверстий, мм					Средний размер ча- стиц, мм
	5	3	2	1	дно	
3	-	1,5	9,0	35,0	54,5	1,05
5	-	6,5	23,0	31,5	39,0	1,53
8	2,5	12,0	22,0	28,0	35,5	1,79

Влажность измельченного гороха составила 11,9 %.

Результаты изучения влияния крупности измельчения гороха на качество готового продукта и технико-экономические показатели процесса экструдирования представлены в таблице 2.7. Анализ данных таблицы 2.7 позволяет сказать, что по технико-экономическим показателям процесса к качеству готового продукта целесообразно измельчать горох на дробилке с установкой сит с отверстиями диаметром 3-5 мм. При этом степень декстринизации составила 59,2 и 57,9 %, а коэффициент взрыва соответственно 6,8 и 6,2. Эти величины как по степени декстринизации, так и по коэффициенту взрыва удовлетворяют требованиям по качеству готового продукта. Производительность экструдера составила 274 и 268 кг/ч при удельном расходе электроэнергии соответственно 138 и 137 кВт·ч/т.

После определения необходимой крупности измельчения гороха нами проводились исследования влияния различной влажности измельченного гороха на качество продукта и технико-экономические показатели процесса экструдирования. Анализ полученных данных показывает, что при влажности исходного гороха от 9,4 и 14 % качество продукта после экструдирования по степени декстринизации и коэффициенту взрыва соответствует требованиям на экструдированный продукт. При этом температура экструзии находится в пределах 132-158 °С.

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод, что для экструдирования гороха его следует измельчать на дробилке с ситами диаметром отверстий 3-5 мм, а влажность его должна быть в пределах 10-14 %.

Таблица 2.7 – Качество готового продукта и технико-экономические показатели процесса экструдирования в зависимости от влажности гороха и крупности его измельчения

Наименование опытов	Диаметр отверстий сит, мм	Качество исходного гороха			Качество экструдированного гороха					Показатели процесса экструдирования				
		Влажность, %	Количество сахаров, %	Количество декстринов, %	Влажность, %	Количество сахаров, %	Количество декстринов, %	Степень декстринизации, %	Коэффициент взрыва	Температура, °С	Нагрузка по току, А	Затраты эл/энергии, кВт	Производит. Экструдера, кг/ч	Удельный расход эл/энергии, кВт.ч /т
Экструдирование гороха различной крупности	3	11,9	4,3	5,0	6,3	5,68	17,14	59,2	6,8	138	63	37,9	274	138
	5	11,9	4,3	5,0	6,8	5,83	16,25	57,9	6,2	135	61	36,8	268	137
	8	11,9	4,3	5,0	6,4	5,72	23,77	52,2	5,1	140	65	39,3	281	141
Экструдирование гороха различной влажности	5	9,4	4,3	5,0	6,5	6,5	17,45	61,0	4,2	158	62	37,4	243	154
	5	11,2	4,3	5,0	6,5	5,67	16,64	61,7	6,4	142	65	39,3	287	137
	5	12,0	4,3	5,0	7,0	10,24	11,41	57,0	9,9	140	65	39,3	293	134
	5	14,0	4,3	5,0	7,4	10,22	10,78	55,7	4,1	132	67	40,5	312	130
	5	16,1	4,3	5,0	8,2	7,17	9,78	45,0	3,0	122	62	37,4	348	107
	5	18,4	4,3	5,0	8,0	6,2	5,1	27,6	2,1	115	57	34,4	364	95

Таблица 2.8 – Качество продукта и технико-экономические показатели процесса экструдирования гороха при различной температуре

Наименование опытов	Качество исходного гороха				Качество экструдированного гороха					Показатели процесса экструдирования				
	Крупность измельчения, мм	Влажность, %	Количество сахаров, %	Количество декстринов, %	Влажность, %	Количество сахаров, %	Количество декстринов, %	Степень декстринизации, %	Коэффициент взрыва	Температура, °С	Нагрузка по току, А	Затраты эл/энергии, кВт	Производит. Экструдера, кг/ч	Удельный расход эл/энергии, кВт.ч/т
Экструдирование гороха при различной температуре	1,53	12,0	4,3	5,0	6,5	6,87	24,00	69,0	6,8	152	59	35,6	257	138
	1,53	12,0	4,3	5,0	7,1	5,30	16,30	57,0	5,1	140	63	36,9	584	129
	1,53	12,0	4,3	5,0	6,8	5,80	18,75	62,0	5,6	138	61	36,8	308	119
	1,53	12,0	4,3	5,0	6,7	5,27	22,60	66,0	5,1	135	63	38,0	321	118
	1,53	12,0	4,3	5,0	6,7	4,60	16,10	55,0	4,3	125	61	36,8	341	108
	1,53	12,0	4,3	5,0	7,7	4,90	11,60	44,0	2,3	118	63	38,0	372	102

2.4.2 Влияние температуры экструдирования на качество продукта и технико-экономические показатели процесса

Температура экструдирования в этой серии опытов изменялась от 118 до 152 °С. Горох при этом измельчился на дробилке с ситом диаметром отверстий 5 мм, влажность его была 12 %.

В процессе экструдирования различную температуру экструзии создавали за счет изменения выходных отверстий матрицы.

Анализируя данные таблицы 2.8 по качеству продукта и технико-экономическим показателям процесса экструдирования можно отметить, что при температуре экструзии 125-152 °С качество продукта удовлетворяет требованиям.

Однако, исходя из технико-экономических показателей процесса экструдирования, следует вести процесс при температуре 125-140 °С.

2.4.3 Исследование процесса измельчения экструдированного гороха

Процесс измельчения экструдированного гороха осуществлялся на дробилке ДДК. Опыты по измельчению проводили с целью определения производительности дробилки, расхода электроэнергии и качества измельчения при использовании сит с диаметром отверстий 3,5 и 8 мм [78-80, 93, 104].

Для этого каждый охлажденный экструдированный горох в определенном количестве загружался в бункер дробилки. Начало и конец подачи продукта в камеру измельчения фиксировали с помощью секундомера. Нагрузку электродвигателя дробилки поддерживали постоянной за счет изменения положения задвижки на впускном патрубке.

Величину нагрузки электродвигателя фиксировали электроизмерительным комплектом К 506. Результаты обработки полученных данных в процессе измельчения экструдированного гороха представлены в таблице 2.9.

Таблица 2.9 – Показатели работы дробилки ДДК при измельчении экструдированного гороха

Диаметр отверстий сита, мм	Производительность, т/ч	Удельный расход эл/энергии, кВт.ч/т	Качество измельчения схода в % с сит диаметр отверстий, мм					Средний размер частиц, мм	Угол естественного откоса, град.	Объемная масса, кг/м ³
			5	3	2	1	дно			
3	0,83	6,6	-	-	2	10,5	87,5	0,64	40	205
5	0,93	5,9	-	-	3	15	82	0,77	39	210
8	1,02	5,3	-	3,5	10	22,5	66	1,01	39	220

Таблица 2.10 – Влияние экструдирования на качество гороха

Наименование опытов	Диам. отверстий сит, мм	Температура экструдирования, °С	Качество исходного гороха						Качество экструдированного гороха					
			Влажность, %	Протеин, %	Переварим. Протеин, %	Коэф. Перварив., %	Клетчатка, %	Крахмал, %	Влажность, %	Протеин, %	Переварим. Протеин, %	Коэф. перварив., %	Клетчатка, %	Крахмал, %
Экструдирование гороха различной крупности	3	136	11,9	20,07	18,13	90,3	6,98	52,0	6,3	19,85	18,56	98,5	7,08	21,66
	5	135	11,9	20,07	18,13	90,3	6,98	52,0	6,8	20,27	19,00	93,7	6,73	23,65
	8	140	11,9	20,07	18,13	90,3	6,98	52,0	6,4	19,85	18,60	93,1	7,71	27,45
Экструдирование гороха различной влажности	5	158	9,4	20,66	19,39	93,8	7,75	52,0	6,5	20,00	18,81	94,0	7,18	21,68
	5	142	11,2	20,66	19,39	93,8	7,75	52,0	6,5	20,74	19,51	94,1	7,73	24,10
	5	140	12,0	20,66	19,39	93,8	7,75	52,0	7,0	20,40	19,24	94,3	7,87	27,90
	5	132	14,0	20,66	19,39	93,8	7,75	52,0	7,4	19,85	18,62	93,3	7,58	25,80
	5	122	16,1	20,66	19,39	93,8	7,75	52,0	8,2	19,76	18,44	93,3	7,52	28,70
	5	115	18,4	20,66	19,39	93,8	7,75	52,0	9,0	20,58	19,34	93,9	7,24	31,22
Экструдирование гороха при различной температуре	5	152	12,0	21,93	20,17	92,0	6,58	52,0	6,5	21,95	20,20	92,0	6,45	20,50
	5	140	12,0	21,93	20,17	92,0	6,58	52,0	7,1	20,82	19,50	93,6	6,56	21,69
	5	138	12,0	21,93	20,17	92,0	6,58	52,0	6,8	21,29	20,01	93,9	6,42	19,35
	5	135	12,0	21,93	20,17	92,0	6,58	52,0	6,7	22,01	20,53	93,3	5,62	29,13
	5	125	12,0	21,93	20,17	92,0	6,58	52,0	6,7	20,97	19,69	93,9	5,83	28,45
	5	118	12,0	21,93	20,17	92,0	6,58	52,0	7,7	20,65	19,37	93,7	6,42	31,5

Анализируя данные таблицы 2.9 можно сделать вывод, что измельчение экструдированного гороха целесообразно осуществлять на молотковых дробилках с установкой на них сит диаметром отверстий 5 мм. При этом качество измельчения удовлетворяет требованиям по крупности комбикорма. Затраты электроэнергии в том случае наименьшие.

При выработке опытных партий комбикормов, содержащих экструдированный горох, на Воронежском комбикормовом заводе измельчение экструдированного продукта проводили на дробилке 50/63 с использованием сита с отверстиями 5 мм.

Данные производственной проверки показали, показали, что средний размер частиц измельченного экструдированного гороха составил 0,84 мм, а удельный расход электроэнергии соответственно 5,5 кВт·ч/т. Следовательно, измельчать экструдированный горох можно на молотковых дробилках с ситами, диаметр отверстий которых 5-8 мм.

2.4.4 Изучение изменения качества гороха при экструдировании

Результаты изучения качества гороха при экструдировании представлены в таблице 2.10.

Анализ данных по влажности указывает на ее снижение в экструдированном продукте по сравнению с горохом, исходным горохом. Количественное содержание протеина и коэффициент переваримости его в экструдированном горохе остается без изменений. Не выявлено снижение и количественного содержания клетчатки.

Определение крахмала в исходном и экструдированном горохе показало, что процесс экструдирования снижает его содержание. Так, если в исходном горохе крахмала найдено 52,0 %, то в экструдированном – значительно меньше.

В опытах по экструдированию гороха различной крупности самое низкое содержание крахмала установлено при измельчении гороха на ситах с

диаметром отверстий 3 и 5 мм – 21,66 и 23,65 соответственно.

В горохе, измельченном на сите с диаметром отверстий 8 мм, количество крахмала составило 27,45 %.

В опытах по экструдированию гороха различной влажности отмечена тенденция снижения температуры процесса с повышением влажности гороха и наряду с этим имеет место меньшая разница в содержании крахмала в исходном и экструдированных образцах.

Экструдирование гороха при различной температуре показало, что с повышением ее разложение крахмала на более простые соединения идет более интенсивно.

Данные по изучению влияния процесса экструдирования на аминокислотный состав гороха представлены в таблице 2.11.

Результаты определения количественного содержания аминокислот в горохе, экструдированном при различной температуре, указывают на изменение этого показателя.

Таблица 2.11 – Влияние процесса экструдирования на аминокислотный состав гороха

№	Наименование аминокислот	Исходный горох	Экструдированный горох <i>t</i> , °С		
			125	135	138
1.	Аспарагиновая кислота	26,33	25,12	24,64	23,83
2.	Треонин	6,56	5,35	6,24	6,70
3.	Серин	19,36	12,75	10,60	10,51
4.	Глутаминовая кислота	51,57	38,55	34,23	36,4
5.	Пролин	4,88	5,18	5,34	5,16
6.	Глицин	14,73	18,93	13,79	10,31
7.	Аланин	15,41	8,64	8,90	8,38
8.	Цистин	9,60	5,66	4,63	5,86
9.	Валин	14,41	14,64	8,74	7,85
10.	Метеонин	1,77	1,70	1,70	1,66
11.	Изолейцин	13,89	12,95	11,99	5,05
12.	Лейцин	33,56	27,22	16,24	14,32
13.	Лизин	21,99	15,11	15,52	16,71
14.	Аргинин	44,70	22,11	23,33	23,13

Экструдированный горох содержит меньшее количество аминокислот нежели исходный. Снижение содержания некоторых аминокислот имеет ме-

сто при температуре экструдирования равной 125 °С и эта тенденция сохраняется при более высоких температурных режимах.

2.5 Исследование процесса экструдирования сои для получения полножирного продукта

Исследования выполняли на экструдере с использованием специальной насадки [78, 81, 82, 116]. Отработку режимов проводили при установке матриц с отверстиями различного диаметра. Наряду с этим в экструдере устанавливали шайбы различных диаметров. Первая серия опытов (таблица 2.12, опыт 15...24) проведена по переработке сои в измельченном виде на матрице с отверстиями Ø8 мм (условно 8×8). В шнеке устанавливали шайбы I – Ø125 мм, II – Ø125 мм, III – Ø124 мм и кольца Ø127, Ø127, Ø126 мм (таблица 2.12).

Результаты исследований показали, что температура продукта достигла 80 °С и выше, однако повышение температуры обеспечивалось за счет снижения производительности. При данной матрице при температуре 80 °С производительность составляла около 100 кг/ч. Вследствие того, что за счет трения выделяется такое количество теплоты, которое способно нагреть до заданной температуры только определенное количество продукта, поэтому с повышением температуры необходимо уменьшать его количество, т.е. производительность экструдера.

При достижении температуры 110 °С производительность экструдера снижалась до 50 кг/ч, влажность экструдированных продуктов составляла 7,0...7,5 %. Результаты показывают, что под действием температуры и давления при выработке полножирной сои активность уреазы снижалась до требуемого уровня и уже при температуре 90 °С обеспечивается требуемое качество продукта. В этой серии опытов в конечном продукте, полученном при различных режимах, определяли активность ингибитора трипсина (ТИА). Установлено, что показатель ТИА снижался с 20,3 мг/г в исходном сырье до 3,5 мг/г при температуре 110 °С.

Таблица 2.12 – Режимы переработки сои для получения полножирного продукта

№ оп	Режимы обработки					Показатели качества продуктов					
	Диаметр отверстий матриц, мм x шт	Диаметры шайб и колец, мм			Температура продукта, °С	Производительность, кг/ч	Влажность, %	Переваримость протеина, %	Активность уреазы, ΔрН	ТИА, мг/г	Содержание жира, %
		I	II	III							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Переработка сои в измельченном виде											
15	8x8	125/127	125/127	124/126	80	101,0	8,7	-	0,1	6,38	-
16	8x8	125/127	125/127	124/126	90	95,6	8,5	70,2	0,05	5,18	-
17	8x8	125/127	125/127	124/126	103	86,7	8,0	-	-	-	-
20	8x8	125/127	125/127	124/126	103	85,4	7,8	-	-	-	-
21	8x8	125/127	125/127	124/126	105	70,0	7,5	-	0,05	5,53	19,3
22	8x8	125/127	125/127	124/126	110	50,5	7,0	71,5	0,00	3,47	19,0
23	8x8	125/127	125/127	124/126	107	65,0	7,0	-	0,00	4,25	19,2
24	8x8	125/127	125/127	124/126	108	64,0	7,0	-	-	-	-
Переработка сои в неизмельченном виде											
26	8x8	116/127	125/127	124/126	95	97,5	9,1	-	0,2	-	18,7
27	4x36	116/127	125/127	124/126	102	95,0	8,9	68,5	0,1	-	19,6
28	4x36	116/127	125/127	124/126	105	94,2	8,0	-	0,05	-	19,3
98	8x8	116/127	125/127	124/126	100	95,5	7,5	-	0,1	-	-
99	8x8	116/127	125/127	124/126	105	95,1	7,4	75,1	0,1	-	17,2
29	3x60	116/127	125/127	124/126	100	95,5	8,0	-	0,15	-	19,8
30	3x60	116/127	125/127	124/126	102	-	-	76,0	0,1	-	-
31	4x12	116/127	125/127	124/126	80	125,0	9,2	-	0,2	-	-
32	4x12	116/127	125/127	124/126	105	105,0	8,2	76,2	0,05	-	22,0
33	4x12	116/127	125/127	124/126	107	-	-	-	-	-	-
34	4x12	116/127	125/127	124/126	110	90,7	7,3	72,9	0,05	-	18,6
35	4x12	116/127	125/127	124/126	115	81,5	-	70,7	0,00	-	17,0
36	4x12	116/127	125/127	124/126	116	-	-	-	-	-	-
37	4x12	116/127	125/127	124/126	117	75,0	6,1	62,5	0,00	-	19,3
92	4x12	116/127	125/127	124/126	103	-	3,6	-	-	-	-
93	4x12	116/127	125/127	124/126	110	-	8,0	76,2	0,1	-	19,7
94	4x12	116/127	125/127	124/126	114	-	8,0	-	-	-	-
98	4x12	116/127	125/127	124/126	100	95,5	7,5	-	0,1	-	-

Окончание табл. 2.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
99	4x12	116/127	125/127	124/126	105	95,1	7,4	75,1	0,1	-	17,2
103	4x12	116/127	125/127	124/126	105	92	8,7	75,9	0,1	-	20,2
39	3x12	116/127	125/127	124/126	115	70,0		67,4	0,00		16,3
40	3x12	116/127	125/127	124/126	116	67,0		-	-		
41	3x12	116/127	125/127	124/126	119	60,7	5,4	-	-		
42	3x12	116/127	125/127	124/126	118	58,2		-			
43	3x12	116/127	125/127	124/126	117	55,7		61,7	0,00		15,4
44	3x12	116/127	125/127	124/126	121	51,5		-	-		
45	3x12	116/127	125/127	124/126	122	50,5	6,4	68,3	0,05		17,0
104	3x12	116/127	125/127	124/126	115	68,0	7,4		0,00		
Переработка сои в смеси с ячменем (1:1)											
85		116/127	125/127	124/126	100	220	8,2		0,15		
86	4x12	116/127	125/127	124/126	110	200	8,1		0,1		
	4x12	116/127	125/127	124/126	112	200	7,2				
87	4x12	116/127	125/127	124/126	112		7,1		0,05		
88	4x12	116/127	125/127	124/126	112		7,0		0,05		

На основании выполненных исследований можно утверждать, что при переработке сои в экструдере без отделения масла при температурном режиме 90 °С и выше обеспечивается снижение активности ингибитора трипсина и активности уреазы до требуемого уровня. При этих режимах, как показали анализы, повышается переваримость протеина.

Таким образом, определено, что переработка сои в полножирный продукт на экструдере КМЗ-2У со специальной насадкой должна осуществляться при температурном режиме не ниже 90 °С. Производительность экструдера при этих режимах составляет 90...100 кг/ч.

Наряду с этим следует отметить, что измельченная соя плохо истекала из бункера, забивала входное отверстие при установке первой шайбы Ø125 мм, режим экструдирования был неустойчивым. Поэтому дальнейшее исследования по отработке режимов с матрицами различных диаметров проводили с неизмельченной соей и установкой шайб Ø116 мм, Ø125 мм, и Ø124 мм. Были изучены режимы с матрицами Ø8×8 (табл. 2.12, опыт 26); Ø4×36 (таблица 2.12, опыт 27, 28); Ø4×12 (таблица 2.12, опыты 31...37, 92...94, 98, 99, 103); Ø3×60 (таблица 2.12, опыт 29,30); Ø3×12 (таблица 2.12, опыты 39...45, 104). Данные исследований показывают (таблица 2.12), что при низкотемпературном режиме 80...90 °С уже достигали снижения активности уреазы (до 0,1 ДрН). Соя в неизмельченном состоянии довольно хорошо перерабатывается, экструдер работает стабильно, продукт на выходе имел однородную структуру. Однако, производительность экструдера была невысокой – до 120 кг/ч. Повышение температуры было возможно только при снижении производительности. Наряду с этим отмечено, что с уменьшением диаметра отверстий матрицы и их количества температура продукта также возрастает. Наибольшая температура 117...122 °С была получена на матрицах 4×12 (таблица 2.12, опыт 35...37) и 3×12 (таблица 2.12, опыты 43...45). При температуре 115...117 °С и выше продукт приобрел коричневый оттенок, в выходящем из матрицы продукте масло кипело, но затем быстро застывало. По внешнему виду продукт представлял собой однородную маслянистую массу,

гранулы рассыпались на мелкую крупку. Продукт был пропитан маслом, содержание его соответствовало начальному значению. При этих режимах активность уреазы ниже 0,1 ΔрН до 0; активность ингибитора трипсина – ниже 3 мг/г, что является нежелательным. Переваримость протеина при нагреве до 115 °С повышалась до 75 %, но при жестких режимах (выше 115 °С) несколько снижалась до 67,5...68,3 %. Производительность экструдера с повышением температуры до 120 °С уменьшалась до 50...60 кг/ч.

Таким образом, по результатам исследований переработки сои на экструдере для получения полножирного продукта определено, что наилучший режим обеспечивается на матрице Ø4×12, температура продукта 90...100 °С, активность уреазы при этом снижается до 0,1ΔрН, активность ингибитора трипсина – до 4..5 мг/г, переваримость протеина повышается по сравнению с неотработанной соей на 10 %, содержание жира в продукте практически соответствует первоначальному до 20 %. Производительность экструдера составляет 90...100 кг/ч.

Переработка сои в смеси с ячменем. Для повышения производительности экструдера применили прием переработки измельченной сои в смеси с измельченным ячменем в соотношении 1:1. Анализ данных (таблица 2.12, опыт 85...88) показывает, что при установке шайб Ø116, Ø125 и Ø124, температурном режиме 110...112 °С обеспечивалась производительность 200...220 кг/ч, при снижении активности уреазы до 0,1ΔрН.

2.6 Исследование процесса экструдирования рапса

Исследования проводили на экструдере с применением насадки с матрицей Ø4×12 отверстий. На шнеке экструдера устанавливали шайбы Ø116, 125, 124 мм. Рапс перерабатывали в неизмельченном виде.

Результаты исследований (таблица 2.13, опыты 46...51, 89...91) показывают, что температура продукта изменялась от 95 до 108 °С при производительности экструдера от 120 кг/ч до 90 кг/ч.

Таблица 2.13 – Режимы переработки рапса для получения полножирного продукта

№ опыта	Режимы обработки					Показатели качества продуктов				
	Диаметр отверстий матриц, мм x шт	Диаметры шайб и колец, мм			Температура продукта, °С	Производительность, кг/ч	Влажность, %	Переваримость протеина, %	Изотиоцианаты, %	Содержание жира, %
		I	II	III						
46	4x12	116/127	125/127	124/126	97	120,0	7,9	72,5	0,09	41,8
47	4x12	116/127	125/127	124/126	100	112,0	-	-	-	-
48	4x12	116/127	125/127	124/126	106	105,0	-	-	-	-
49	4x12	116/127	125/127	124/126	107	95,0	-	-	-	-
50	4x12	116/127	125/127	124/126	108	90,0	6,3	87,9	0,09	42,6
51	4x12	116/127	125/127	124/126	106	102,0	-	-	-	-
89	4x12	116/127	125/127	124/126	95	118,0	-	-	-	-
90	4x12	116/127	125/127	124/126	103	108,0	-	-	-	-
91	4x12	116/127	125/127	124/126	106	101,0	6,6	86,4	0,09	46,8

Полученный полножирный рапс представлял собой маслянистый продукт по внешнему виду, имел рассыпчатую структура, но был трудносыпучим.

Качество продукта улучшилось, так как переваримость протеина повышалась на 10...15 %, содержание изотиоцианатов снижалось до 0,09 мг/г. Такой продукт без дополнительного измельчения можно вводить в комбикорм при одновременном обогащении его рапсовым маслом.

2.6.1 Переработка сои на экструдерах для получения полужирного продукта

Исследования переработки сои с отжимом масла показали, что при однократном пропуске сои через пресс ПШМ-250, а также экструдер не обеспечивается снижение антипитательных свойств жмыха до требуемого уровня, количество отжатого масла не превышает 10...15 % от исходного содержания его в сырье.

В связи с этим отработывали технологию двухэтапной переработки сои:

-1 этап – переработка на экструдере с получением полножирного продукта;

-2 этап – переработка полученного полножирного продукта на таком же экструдере, работающего в режиме пресса.

Результаты исследований приведены в таблице 2.14 (табл. 2.14, опыты 94, 95, 99, 100, 104, 105).

Анализ полученных при различных режимах данных показал следующее:

Первый режим (таблица 2.14, опыт 99). На первом этапе перерабатывали сою в неизмельченном состоянии на экструдере с установкой матрицы 4×12 при режиме 100...105 °С. Полученный продукт имел активность уреазы 0,1 ДрН, переваримость протеина 75,1 %. На втором этапе при работе экструдера в режиме пресса (табл. 2.14, опыт 100) температурный режим 90...95 °С, степень отжима масла достигла 40,6 %.

Таблица 2.14 – Переработка сои на экструдере для получения полуобезжиренного продукта (с отжимом масла)

№ оп	Режимы обработки						Показатели качества продуктов						
	Диаметр отвер- стий матриц, мм x шт	Диаметры шайб и колец, мм			Темпера- тура про- дукта, °С	Произво- дитель- ность, кг/ч	Уд. рас- ход эл. энергии, кВт ч/т	Влаж- ность, %	Перева- римость протеина, %	Актив- ность уреазы, ΔрН	Сте- пень отжи- ма масла, %	Вы- ход мас- ла, %	Содер- жание жира, %
		I	II	III									
99	4x12	116/12 7	125/1 27	124/126	100...105	95,4	105,1	7,5	75,1	0,1	-	-	21,9
100	ПМ-2Б	-	-	-	90..95	90,0	116,0	6,0	81,2	0,1	40,6	10,2	11,7
104	4x12	116/12 7	125/1 27	124/126	110...115	88,0	108,2	7,4	68,2	0,0	-	-	21,9
105	ПМ-2Б	-	-	-	100...105	90,0	116,5	5,4	76,3	0,0	44,5- 52,5	10,7- 13,3	11,2-8,6
94	4x12	116/12 7	125/1 27	124/126	114	87,5	110,0	7,0	66,2	0,1	-	-	21,9
95	ПМ-2Б	-	-	-	119	93,0	118,5	5,3	76,2	0,0	64,5	15,8	6,1

В жмыхе (полножирная соя) активность уреазы осталась на уровне 0,1 ΔрН, переваримость протеина повысилась до 81,2 %, содержание жира – 11,7 %.

Второй режим (таблица 2.14, опыт 104). Сою перерабатывали в экструдере при температурном режиме 115 °С, в полножирном продукте активность уреазы снизилась до 0 ΔрН. На втором этапе (таблица 2.14, опыт 105) отжим масла при температуре 100...105 °С, составил 44,5...52,5 %. Жмых имел активность уреазы 0 ΔрН, содержание жира 8,6...11,2 %.

Третий режим. При первом экструдировании (таблица 2.14, опыт 94) на матрице Ø4×12 при режиме 114 °С полножирная соя имела активность уреазы 0,1 ΔрН. При отжати масла на экструдере в режиме пресса (таблица 2.14, опыт 95) температура достигла 119 °С, степень отжима масла достигла 64,5 %, содержание масла в жмыхе составило 6,1 %. Но при этом активность уреазы снизилась до 0 ΔрН, продукт имел коричневый цвет, так как это самый жесткий режим в наших исследованиях.

На основании исследований для практического применения может быть рекомендована двухступенчатая переработка сои для получения полужирного продукта (жмыха) требуемого качества и соевого масла, включающая:

- на первом этапе переработку сои на экструдере со специальной насадкой с матрицей Ø4×12 при температурном режиме 90...100 °С, обеспечивающая получение полножирного продукта с активностью уреазы 0,1...0,2 ΔрН;

- на втором этапе переработку этого продукта на экструдере, работающем с маслоотделяющей приставкой ПМ-2Б при температурном режиме 90...95 °С, обеспечивающим степень отжима масла 40...50 % и получение полужирного продукта (с содержанием жира 10...11 %) и выход масла 10...12 % к исходному сырью. Производительность экструдера при этом составляет 90-95 кг/ч.

Кроме этого, в процессе экспериментов определяли гранулометрический состав полученных экструдированных продуктов и качество отжатого соевого и рапсового масла (таблица 2.15).

Таблица 2.15 – Гранулометрический состав эструдированных сои и рапса

Наименование продукта	Остатки на ситах Ø мм (%)		
	5,0	3,0	2,0
Экструдированная полножирная соя	25,5	32,7	18,5
Экструдированная полужирная соя	17,0	22,5	18,0
Экструдированный полножирный рапс	31,0	18,0	11,0
Экструдированный полужирный рапс	28,0	29,3	14,6

На основании выполненных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Переработка сои в полножирный продукт на экструдере с разработанной насадкой обеспечивает снижение активности уреазы до 0,1...0,2 ΔрН, ингибитора трипсина до 4...5 мг/г при температурном режиме не ниже 90 °С и производительности экструдера 90...100 кг/ч.

2. Повышение производительности экструдера до 200...220 кг/ч обеспечивается при переработке смеси измельченной сои с измельченным ячменем в соотношении 1:1 при тех же режимах.

3. Для получения полужирного продукта (жмыха) и отжима масла рекомендуется двухэтапная переработка сои, включающая:

- на первом этапе переработку сои на экструдере со специальной насадкой при температурном режиме 90...100 °С, обеспечивающая получение полножирного продукта с активностью уреазы 0,1...0,2 ΔрН;

- на втором этапе переработку этого продукта на экструдере, работающем с маслоотделяющей приставкой ПМ-2Б при температурном режиме 90...95 °С, обеспечивающим степень отжима масла 40...50 % и получение полужирного жмыха с содержанием жира 10...11 %; выход масла составляет 10...12 % к исходному сырью.

2.6.2 Выработка опытных партий комбикормов, содержащих экструдированные сою и рапс

Партии комбикормов готовили в соответствии с рецептами ПК-5 и ПК-6 по восьми вариантам. В соответствии со схемой зоотехнических исследований первый и шестой варианты комбикормов, были контрольными и содержали подсолнечный и соевый шроты. По остальным вариантам готовили комбикорма, в состав которых вводили сою или рапс, прошедшие различную технологическую подготовку.

Для всех опытных партий комбикормов зерновые компоненты (кукуруза, пшеница, ячмень) и шроты измельчали на молотковой дробилке БД-2М при установке сит с отверстиями Ø 3, 4, 5 и 6,3 мм, обеспечивая получение продуктов размола требуемой крупности. Подготовку белкового и минерального сырья (рыбная мука, дрожжи, мел, соль) производили по обычной технологии, включающей очистку сырья от сорной примеси, просеивание на сите с отверстиями Ø3 мм, доизмельчение сходовых фракций.

В опытные партии комбикормов, выработанных по 2, 3, 4, 5, 7 и 8 вариантам, вводили экструдированные сою и рапс. Так, во 2 и 3 партии комбикормов добавляли полужирную сою, а в 4 и 5 партии вводили полножирную сою в количестве 20...25 %. В состав 7 и 8 партий комбикормов соответственно вводили полужирный и полножирный рапс в количестве 10 %.

Технология приготовления полножирной сои и рапса заключалась в однократном пропуске семян этих культур через экструдер, оборудованный специальной насадкой, обеспечивающей разрушение семян без отжима масла. При этом выработку полножирной сои и рапса осуществляли при двух температурных режимах экструдирования: 95 °С и 120 °С, что достигалось соответствующим регулированием подачи продуктов на экструдирование и подбор насадок с круглыми выпускными отверстиями различного диаметра.

Глава 3 МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ЭКСТРУЗИИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ПРИ НЕИЗОТЕРМИЧЕСКОМ ТЕЧЕНИИ ИХ РАСПЛАВА

3.1 Постановка задачи

Для повышения продуктивности крупного рогатого скота (КРС) необходимо увеличить в сыром протеине долю защищенного белка, т. е. белка, устойчивого к воздействию ферментов микрофлоры и неспособного к распаду на составляющие – аммиак и углеродную цепочку.

Отличительной особенностью моделирования процесса экструдирования зерновых культур при производстве комбикормов с защищенным белком для крупного рогатого скота является то, что смесь белка и редуцирующих сахаров нагревают до температуры начала реакции Майяра, т. е. до 120-125 °С, не допуская при этом ее развитие. Баротермомеханическая обработка исходных компонентов в экструдере позволяет получить комбикорма с защищенным белком [66].

При выборе математической модели были выбраны следующие ограничения и допущения:

- течение движущейся вязкой среды принимается ламинарным и установившимся;
- силы инерции и гравитации по сравнению с силами трения и давления настолько малы, что ими можно пренебречь;
- вязкая среда (расплав) представляет собой несжимаемую жидкость, характеризующуюся постоянными теплопроводностью и температуропроводностью;
- изменением теплопроводности в продольном направлении пренебрегли в связи с тем, что конвективный перенос теплоты в направлении течения выше, чем переноса теплоты теплопроводностью;
- теплопередача в направлении перпендикулярном течению расплава

происходит только за счет теплопроводности;

Математическая модель неизотермического течения расплава зерновых культур включала:

уравнения движения

$$\rho \left(\frac{\partial v_x}{\partial \tau} + v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_x}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_x}{\partial z} \right) = -\frac{\partial p}{\partial x} - \left(\frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{zx}}{\partial z} \right) + \rho g_x$$

$$\rho \left(\frac{\partial v_y}{\partial \tau} + v_x \frac{\partial v_y}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_y}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_y}{\partial z} \right) = -\frac{\partial p}{\partial y} - \left(\frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{zy}}{\partial z} \right) + \rho g_y, \quad (3.1)$$

$$\rho \left(\frac{\partial v_z}{\partial \tau} + v_x \frac{\partial v_z}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_z}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) = -\frac{\partial p}{\partial z} - \left(\frac{\partial \sigma_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{zz}}{\partial z} \right) + \rho g_z$$

уравнение неразрывности

$$\frac{\partial \rho}{\partial \tau} + v_x \frac{\partial \rho}{\partial x} + v_y \frac{\partial \rho}{\partial y} + v_z \frac{\partial \rho}{\partial z} = -\rho \left(\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) \quad (3.2)$$

уравнение энергии (теплового баланса)

$$\rho c_p \left(\frac{\partial T}{\partial \tau} + v_x \frac{\partial T}{\partial x} + v_y \frac{\partial T}{\partial y} + v_z \frac{\partial T}{\partial z} \right) = - \left(\frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} + \frac{\partial q_z}{\partial z} \right) -$$

$$- T \left(\frac{\partial \rho}{\partial T} \right)_p \left(\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) - \left(\sigma_{xx} \frac{\partial v_x}{\partial x} + \sigma_{yy} \frac{\partial v_y}{\partial y} + \sigma_{zz} \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) -$$

$$- \left[\sigma_{xy} \left(\frac{\partial v_x}{\partial y} + \frac{\partial v_y}{\partial x} \right) + \sigma_{zx} \left(\frac{\partial v_x}{\partial z} + \frac{\partial v_z}{\partial x} \right) + \sigma_{yz} \left(\frac{\partial v_y}{\partial z} + \frac{\partial v_z}{\partial y} \right) \right]. \quad (3.3)$$

С учетом ранее принятых допущений уравнения неразрывности (3.1), движения (3.2) и энергии (3.3) можно упростить, так как компоненты течения в направлении одной или двух осей координат можно считать несущественными. Для неизотермического течения расплава в кольцевом канале экструдера значимыми являются только компоненты скорости в направлении оси x , а градиенты скорости и температуры имеют ненулевые значения только в направлении оси y . Это означает, что члены уравнений (3.1), (3.2) и (3.3) с компонентами v_y , v_z и их производными по координатам x и z можно пренебречь.

Поэтому уравнение движения (3.1) [70] с учетом того, что $\frac{\partial v_x}{\partial x} = 0$, так как движение является установившимся; $v_y \frac{\partial v_x}{\partial y} = 0$, так как $v_y = 0$; $v_z \frac{\partial v_x}{\partial z} = 0$, так как $v_z = 0$; $\frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} = 0$, так как нормальными напряжениями вследствие деформации сдвига пренебрегаем; $\frac{\partial \sigma_{zx}}{\partial z} = 0$, поскольку ширина кольцевого канала B значительно больше высоты кольцевого канала H , то влиянием боковых стенок на величину напряжений сдвига σ_{zx} пренебрегаем; $\rho g_x = 0$, так как влиянием сил гравитации пренебрегаем, можно записать следующим образом

$$\rho \left(v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} \right) = -\frac{\partial p}{\partial x} - \frac{\partial \sigma_{yx}}{\partial y}. \quad (3.4)$$

Уравнение неразрывности (3.2) [70] с учетом того, что $\frac{\partial \rho}{\partial x} = 0$ – так как плотность постоянна и не меняется со временем; $\frac{\partial}{\partial y}(\rho v_y) = 0$ – так как $v_y = 0$; $\frac{\partial}{\partial z}(\rho v_z) = 0$, поскольку $v_z = 0$; если член уравнения (3.2)

$$\frac{\partial}{\partial x}(\rho v_x) = 0 \hat{=} \rho \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_x \frac{\partial \rho}{\partial x}, \text{ а в нем } v_x \frac{\partial \rho}{\partial x} = 0 \text{ – так как } \rho = \text{const}, \text{ то из него}$$

следует, что $\rho \frac{\partial v_x}{\partial x} = 0$ и поэтому $\frac{\partial v_x}{\partial x} = 0$. Принимая допущение о несжимаемости расплава (т. е. о постоянной плотности расплава), левая часть уравнение неразрывности (3.2) становится равной нулю, и оно приводится к виду:

$$\rho \left(\frac{\partial v_x}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} \right) = -\frac{\partial p}{\partial x} - \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y}. \quad (3.5)$$

Решая совместно упрощенные с учетом принятых допущений уравнение неразрывности (3.4) и уравнение движения (3.5), получаем

$$-\frac{\partial p}{\partial x} - \frac{\partial \sigma_{yx}}{\partial y} = 0. \quad (3.6)$$

Таким образом, для уравнения энергии (3.5) были приняты следующие упрощающие допущения: $\frac{\partial T}{\partial t} = 0$ – так как течение является установившимся; $v_y \frac{\partial T}{\partial y} = 0$ – так как $v_y = 0$; $v_z \frac{\partial T}{\partial z} = 0$ – так как $v_z = 0$; $\frac{\partial q_x}{\partial x} = 0$ – вследствие того что $T \neq f(x) \rightarrow q_x = 0$; $\frac{\partial q_z}{\partial z} = 0$ – так как $\frac{\partial T}{\partial z} = 0$; по условиям задачи предполагается, что все члены уравнений (3.1), (3.2) и (3.3), содержащие v_z и v_y и их производные по x и y , равны нулю.

После упрощения уравнения (3.5) получаем

$$0 = -\frac{\partial q_y}{\partial y} - \partial \sigma_{xy} \frac{\partial v_x}{\partial z} \quad (3.7)$$

Учитывая, что $\sigma_{xy} = \sigma_{yx}$ и $q_y = -\lambda \frac{\partial T}{\partial y}$ (закон Фурье), имеем:

$$\lambda \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right) = \sigma_{xy} \frac{\partial v_x}{\partial y} \quad (3.8)$$

Уравнения (3.5-3.8) дополним начальными условиями

$$\begin{aligned} v_{x_0} &= v_x(x, y, \tau = 0), \\ v_{y_0} &= v_y(x, y, \tau = 0), \\ T_0 &= T(x, y, \tau = 0) \end{aligned} \quad (3.9)$$

и граничным условием по температуре: при прилипанию расплава к стенкам канала тепловой поток в слое, прилегающем к стенке, определяется следующей формулой

$$\left(\frac{\partial T}{\partial y} \right)_{\text{ст}} = \text{Bi} \frac{T_{\text{к}} - T_{\text{ст}}}{\delta}. \quad (3.10)$$

Температура расплава, контактирующего со стенкой, принимается равной температуре стенки, то есть $T_{\text{к}} = T_{\text{ст}}$.

Вязкость зернового расплава при неизотермическом течении его в витках экструдера описывается уравнением в виде обобщенного степенного закона [70]

$$\sigma_{yx} = \left(\frac{1}{\varphi} \right)^{\frac{1}{m}} \left(\frac{\partial v_x}{\partial y} \right)^{\frac{1}{m}}, \quad (3.11)$$

где φ – эффективная вязкость расплава при начальных условиях; m – постоянных коэффициент расплава зерновых культур.

С учетом уравнений (3.8) и (3.11) изменение температуры расплава по высоте канала шнека описывается следующим уравнением

$$\frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial T}{\partial y} \right) = - \frac{\varphi}{\lambda} \left(\frac{\partial p}{\partial x} \right)^{m+1} y^{m+1} \quad (3.12)$$

Интегрируя уравнение (3.12) и учитывая, что при $y = 0$ $\left(\frac{\partial T}{\partial y} \right)$ (профиль температуры по высоте канала шнека является симметричным), получаем

$$\left(\frac{\partial T}{\partial y} \right) = - \frac{\varphi}{\lambda} \left(\frac{\partial p}{\partial x} \right)^{m+1} \frac{y^{m+2}}{m+2} \quad (3.13)$$

Интегрируя уравнение (3.13) и определяя постоянную интегрирования, получаем

$$T = T_{\text{ст}} + \frac{\varphi}{\lambda} \left(\frac{\partial p}{\partial x} \right)^{m+1} \frac{(0,5H)^{m+3} - y^{m+3}}{(m+2)(m+3)}, \quad (3.14)$$

где $T_{\text{ст}}$ – температура стенки, °С; x, y – координаты, м; H – высота канала шнека, м; λ – теплопроводность расплава, Вт/(м·°С).

Однако, учитывая, что теплота уносится вместе с потоком расплава, т. е. необходимо учитывать передачу теплоты конвекцией, а также принимая во внимание закон теплопроводности Фурье и уравнение (3.11), окончательно получаем

$$\rho c_p v_x \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right) = \lambda \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \eta(y) \left(\frac{\partial v_x}{\partial y} \right)^2, \quad (3.15)$$

В уравнении (3.15) член в левой части уравнения описывает конвективную теплопередачу в направлении x , первый член в правой части уравнения – теплопередачу в направлении y за счет теплопроводности, и второй член в правой части уравнения – диссипационную энергию вязкого течения за счет существования градиента скорости в направлении y .

Для решения системы уравнений движения (3.4) и энергии (3.15) с учетом конвективной теплопередачи был использован численный метод конечных разностей, сущность использования которого заключалась в том, что рассматриваемая область (в данном случае канал экструдера) разбивается на расчетные ячейки с помощью сетки. Сетка состояла из прямоугольных ячеек с постоянным шагом между узлами, которые точно лежат на границах области интегрирования. При этом дифференциальные уравнения преобразовывались в разностные уравнения путем замены производных в точке конечными разностями по границам ячейки [52, 54, 55, 65, 69, 143-144].

Это означает, что касательная в точке заменяется хордой. Тангенс угла наклона касательной, который соответствует частной производной, заменяется тангенсом угла наклона секущей, то есть конечно-разностным отношением.

Такие разностные схемы аппроксимируют производные более точно, чем так называемые граничные схемы – конечно-разностные схемы для передней или задней границы и точки внутри расчетной области [67, 145-146]. Центральная разностная схема может быть построена, только если доступны узлы сетки по обе стороны от текущего (центрального) узла.

Если точка сетки x_n лежит на границе или так близко к ней, что точки сетки по другую ее сторону не существует, то производная аппроксимируется с помощью передней или задней разностных схем (соответственно с шагом вперед или назад):

3.2. Численная схема решения задачи

Порядок решения математической модели (3.5)-(3.15) рассматривается на равномерной сетке. С этой целью разобьем область $D = \{0 \leq X \leq 1, 0 \leq Y \leq 1\}$ на сетку с шагом h_x и h_y по переменным X и Y соответственно, с размерностью 13×17 .

Для решения математической модели процесса экструзии зерновых культур при неизотермическом течении их расплавов составлена программа на алгоритмическом языке C++. Исходные данные для расчета приведены в таблица 3.1.

Таблица 3.1 – Исходные данные для расчета процесса экструзии зерновых культур при неизотермическом течении их расплавов

Наименование переменной	Значение
Шаг м	0,0180
Глубина винтового канала м	0,014
Диаметр шнека м	0,0220
Зазор между корпусом и шнеком м	0,0005
Частота вращения шнека 1/с	1,0000
Удельная теплоемкость продукта Дж/(кг·К)	1590,0000
Плотность расплава продукта кг/м ³	1270,0000
Коэффициент теплопроводности Вт/(м·К)	0,2210
Вязкость Па·с	20000,0000
Избыточное давление МПа	4,5000
Начальная температура продукта °С	20,0000
Температура стенки винтового канала °С	135,0000
Внутренний диаметр корпуса м	0,0225
Угол подъема винтового канала рад	0,2379
Угловая скорость (V_ω) м/с	0,0660
Скорость по оси Z (W_Z) м/с	0,0641
Скорость по оси X (W_X) м/с	0,0155
Число Рейнольдса	6,4E-0005
Число Эйлера	8,80E+0005
Число Эккерта	1,79E-0008
Число Пекле	-

По результатам на рисунке 3.1 представлены эпюры распределения полей температур расплава зерновых культур вдоль канала экструдера.

Анализ кривых изменения температуры расплава в канале экструдера показал соответствие начальным и конечным значениям температуры. Установлено, что характер изменения поля температур (рисунок 3.1) определяется направлением теплового потока – от расплава к неподвижной стенке корпуса рабочей камеры экструдера.

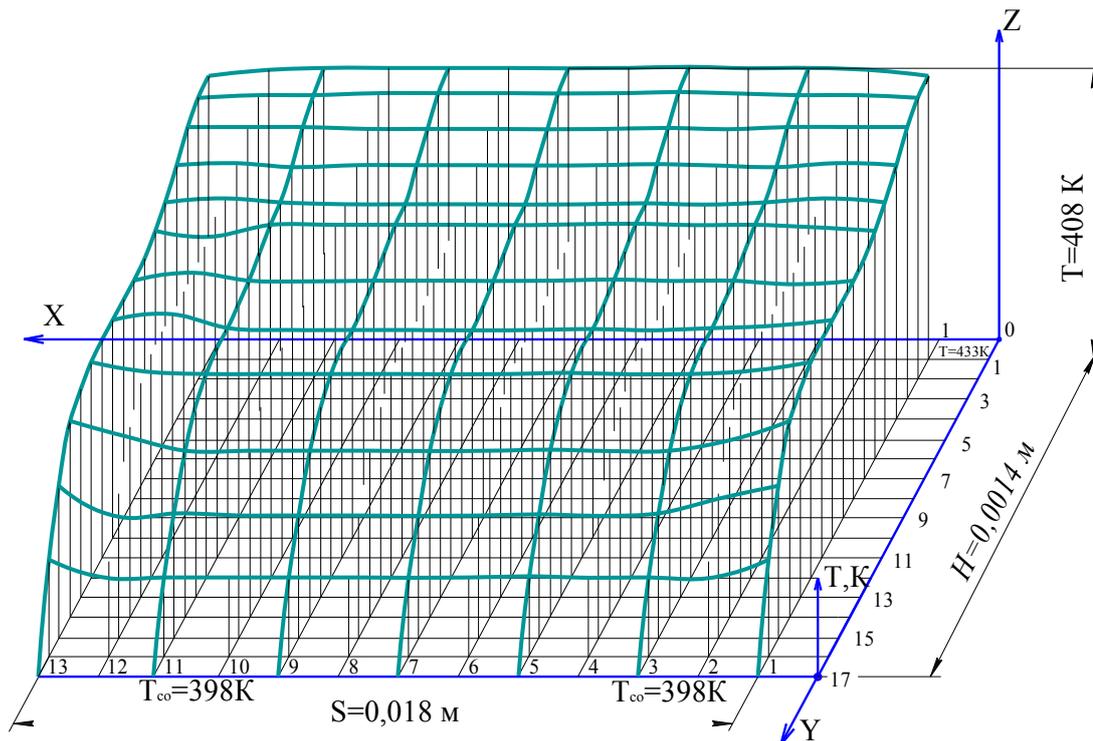


Рисунок 3.1. - Кривые изменения температуры расплава по площади поперечного сечения канала экструдера

Учитывая тот факт, что повышение температуры расплава зерновых культур происходит за счет эффекта диссипации, т. е. преобразования механической энергии в тепловую за счет сил трения, то максимальная температура расплава наблюдается у поверхности шнека. Температура расплава у неподвижной стенки корпуса рабочей камеры может быть ниже, чем у шнека, на 10 °С. Температура расплава в пристенной зоне (у боковых стенок корпуса рабочей камеры) возрастает, что вызвано влиянием эффекта охлаждения расплава в центральной части канала вследствие адиабатического расширения.

Сравнительный анализ расчетных значений температуры по модели (3.5)-(3.15) с аналогичными моделями других авторов [62, 95, 108, 123, 138] показал, более высокую точность описания поля температур расплава при его неизотермическом течении в экструдере: среднеквадратичное отклонение не превышало 12,7 % (рисунок 3.2).

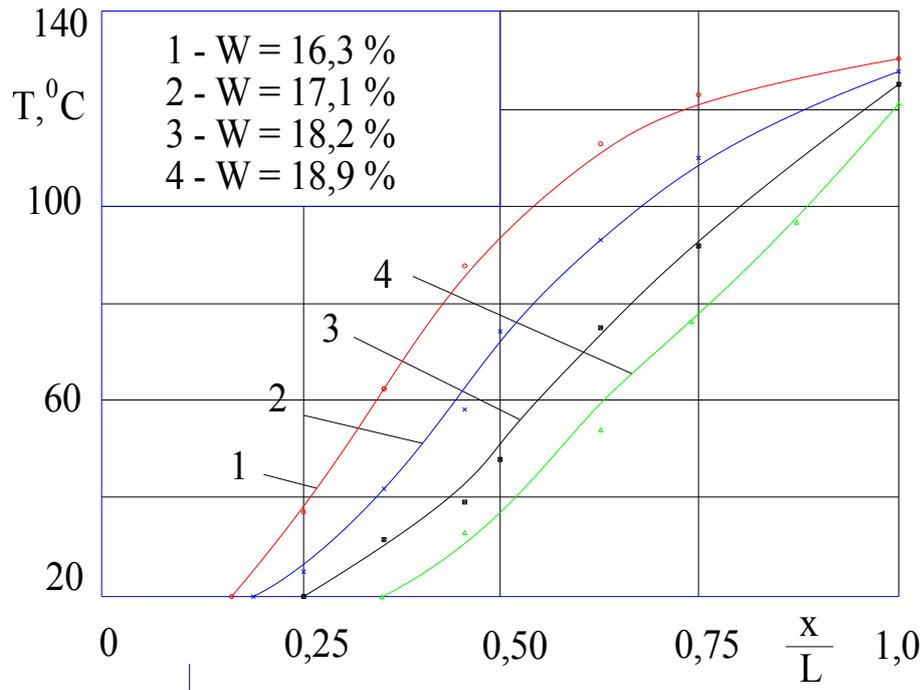


Рисунок 3.2. - Изменение температур расплава зерновых культур по относительной длине рабочей камеры экструдера при различной начальной влажности зерновых культур

Таким образом, полученная неизотермическая математическая модель процесса экструзии зерновых культур при температурах начала реакции Майяра, т. е. до 120-125 °С, позволяет выявить характер изменения температуры по длине экструдера.

Сравнительный анализ результатов численного решения и экспериментальных данных показал хорошую сходимость: среднеквадратичное отклонение не превышало 12,7 %, что позволило сделать вывод о возможности получения экструдата с защищенным белком и использования полученной модели при разработке и проектировании экструдеров.

Глава 4 РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУР КОМБИКОРМОВ С ЗАЩИЩЕННЫМ БЕЛКОМ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИХ СКАРМЛИВАНИЯ КРУПНОМУ РОГАТОМУ СКОТУ

4.1 Разработка рецептур с защищенным белком для крупного рогатого скота

Для составления рецептур комбикормов с защищенным белком для крупного рогатого скота был проведен детальный анализ сырья растительного и животного происхождения, в результате чего с помощью программы «Корм Оптима» составлены перспективные рецептуры [112, 119, 120, 130, 137].

Рецепт концентрата № ДК 650 кг, удой 35 л с защищенным протеином представлен в таблице 4.1 и показателями качества в таблице 4.2-4.3.

Таблица 4.1 – Рецепт концентрата № ДК 650 кг, удой 35 л с защищенным протеином

Состав	В рецепте
пшеница	8,7 %
ячмень	30,4 %
кукуруза	6,6 %
отруби пшеничные	3,3 %
горох	4,3 %
Защищенный протеин Сухоложский	29 %
жом сушеный	13,2 %
Адсорбент	0,3 %
соль поваренная	1,24 %
известняковая мука	0,9 %
сода пищевая	0,66 %
магния окись	0,3 %
П60-3-1%-175911 Сухоложский	1,1 %

В рацион животных вводят белок, устойчивый к распаду в рубце (так называемый защищенный белок). Он усваивается на 95-98 %, тогда как, например, белок из соевого шрота — только на 67 %.

Таблица 4.2 – Показатели качества концентрата № ДК 650 кг, удой 35 л с защищенным протеином

Наименование	Ед. изм.	Расчет
1	2	3
Молоко из ИсП	кг	52,3750
Молоко из ЧЭЛ	кг	33,5721
ОЭ КРС	МДж	10,700
NEL	МДж	5,800
VEM	ед.	908,74
сухое вещество	кг	0,8800
% СВ КОНЦЕНТРАТОВ	%	28,810
СЫРОЙ ПРОТЕИН	г	188
ПРОТ. ПЕРЕВ. КРС	г	24
РП	г	25
НРП	г	67
nXP	г/кг	151
DVE	г	48,4300
RNB	г/кг	9
ОЕВ	г/кг	36,400
сырой жир	г	21
сырая клетчатка	г	86
структурность	ед.	0,1300
КДК	г	66
НДК	г	222
БЭВ	г	521
сахар	г	19
крахмал	г	274
транзитный крахмал	г	4
ЛПУ	г	292
Ca	г	8,300
P	г	5,800
Mg	г	5,300
S	г	1,800
K	г	6,700
Na	г	8,500
Cl	г	9,500
NaCl	г	4,000
ДЕВ КРС	мЭкв/кг	215,900
КАРОТИН	мг	0,200
ВИТАМИН А	Тыс. МЕ/кг	6,600
ВИТАМИН D	Тыс. МЕ/кг	1,100
ВИТАМИН E	мг	35,000
Fe	мг	209,100
Cu	мг	24,300

Окончание таблицы 4.2

1	2	3
Zn	мг	131,100
Mn	мг	97,800
Co	мг	1,300
I	мг	2,100
Se	мг	0,300
K/Mg		1,2700
сырой протеин/сухое вещество	г/кг	210
РП/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	г/кг	29
НРП/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	г/кг	75
сырой жир/сухое вещество	г/кг	24
сырая клетчатка/сухое вещество	г/кг	100
ЛПУ/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	г/кг	330
сахар/сухое вещество	г/кг	21
крахмал/сухое вещество	г/кг	310
ДЕВ КРС/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	мЭкв/кг/кг	244
КДК/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	г/кг	70,0000
НДК/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	г/кг	250
НРП/РП		2,6300
Ca/P		1,4200
K/Na		0,7800
сухое вещество/натуральный корм		0,00900
NEL/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	МДж/кг	6,60000
VEM/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	ед./кг	1028
DVE/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	г/кг	55
ОЕВ/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	г/кг/кг	41,2
СТРУКТУРНОСТЬ/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	ед./кг	0,10000
ТРАНЗИТ. КРАХМАЛ/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	г/кг	5,00000
Ca/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	г/кг	9,00000
P/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	г/кг	7,00000
Mg/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	г/кг	6,00000
S/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	г/кг	2,00000
K/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	г/кг	8,00000
Na/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	г/кг	10
Cl/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	г/кг	11
ВИТАМИН А/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	Тыс. МЕ/кг/кг	7,50000
ВИТАМИН D/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	Тыс. МЕ/кг/кг	1,20000
ВИТАМИН Е/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	мг/кг	40,0000
Cu/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	мг/кг	28,0000
Zn/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	мг/кг	148
Mn/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	мг/кг	111
Co/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	мг/кг	1,40000
I/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	мг/кг	2,30000
Se/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	мг/кг	0,40000

Таблица 4.3 – Введенное количество БАВ в 1 кг концентрата, не менее

Наименование	Ед. изм.	Знач.
ВИТАМИН А	Тыс. МЕ/кг	660,0
ВИТАМИН D	Тыс. МЕ/кг	110,0
ВИТАМИН Е	мг	2 750,0
ВИТАМИН Н	мг	55,0
Cu	мг	1 650,0
Zn	мг	9 900,0
Mn	мг	5 500,0
Co	мг	110,0
I	мг	165,0
Se	мг	33,0

Выбор компонентов в рецепте концентрата № ДК 650 кг (таблица 4.1) и в рационе № ДК 650 кг (таблица 4.4) обоснован набором необходимых питательных и биологически-активных веществ, требуемых для создания высокоусвояемого комбикорма, обеспечивающего высокую продуктивность КРС, хорошее состояние телят, а также снижение себестоимости комбикормов и повышение рентабельности животноводства [2, 4, 10, 12, 27, 38, 139-142].

Таблица 4.4 – Рацион № ДК 650 кг, удой 35 л с защищенным протеином

Состав	В рационе
дробина пивная свежая	8
вода	3
сенаж люцерны Сухоложский 2021	15,5
силос ячмень Сухоложский 2021	5
силос кукурузный Сухоложский 2021	17,5
солома пшеничная озимая	1,6
пшеница	0,66
ячмень	2,31
кукуруза	0,5
отруби пшеничные	0,25
горох	0,33
Защищенный протеин Сухоложский	2,2
жом сушеный	1
адсорбент	0,02
соль поваренная	0,1
известняковая мука	0,07
сода пищевая	0,05
магния окись	0,02
П60-3-1%-175911 Сухоложский	0,08

Таблица 4.5 – Показатели качества рациона с защищенным протеином

Наименование	Ед. изм.	% в СВ	Расчет
1	2	3	4
Молоко из ИсП	кг		52,38
Молоко из ЧЭЛ	кг		33,57
ОЭ КРС	МДж	10,6	246,4
NEL	МДж	6,1	141,5
VEM	ед.	762,77	17773
СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	кг	100	23,3
%СВ КОНЦЕНТРАТОВ	%		28,8
СЫРОЙ ПРОТЕИН	г	15	3 568
ПРОТ. ПЕРЕВ. КРС	г	4	971
РП	г	6	1 353
НРП	г	4	861
nXP	г/кг	14	3 273
DVE	г	4,67	1088,8
RNB	г/кг		71
ОЕВ	г/кг	0,5	122,8
СЫРОЙ ЖИР	г	3	780
СЫРАЯ КЛЕТЧАТКА	г	19	4 483
СТРУКТУРНОСТЬ	ед.	1,9	44,36
КДК	г	18	4 222
НДК	г	38	8 878
БЭВ	г	50	11 750
САХАР	г	2	374
КРАХМАЛ	г	19	4 389
ТРАНЗИТ. КРАХМАЛ	г	5	1 174
ЛПУ	г	18	4 258
Ca	г	0,8	189,8
P	г	0,4	84,6
Mg	г	0,3	63,7
S	г	0,2	35,9
K	г	1,1	257,4
Na	г	0,3	71,4
Cl	г	0,6	131,6
NaCl	г	0,5	122,9
ДЕВ КРС	мЭкв/кг	209,2	4 873,5
КАРОТИН	мг		555,9
ВИТАМИН А	Тыс. МЕ/кг	2,1	48,0
ВИТАМИН D	Тыс. МЕ/кг	0,5	11,4
ВИТАМИН E	мг		2 777,9
Fe	мг		5 450,9
Cu	мг		248,1
Zn	мг		1 410,7

1	2	3	4
Mn	мг		1 394,3
Co	мг		11,2
I	мг		21,3
Se	мг		2,4
K/Mg			4,04
СЫРОЙ ПРОТЕИН/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	г/кг		153,13
РП/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	г/кг		58,069
НРП/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	г/кг		36,953
СЫРОЙ ЖИР/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	г/кг		33,476
СЫРАЯ КЛЕТЧАТКА/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	г/кг		192,4
ЛПУ/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	г/кг		182,75
САХАР/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	г/кг		16,052
КРАХМАЛ/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	г/кг		188,37
ДЕВ КРС/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	мЭкв/кг/кг		209,16
КДК/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	г/кг		181,2
НДК/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	г/кг		381,03
НРП/РП			0,64
Ca/P			2,24
K/Na			3,61
СУХОЕ ВЕЩЕСТВО/НАТУРАЛЬНЫЙ КОРМ			0,004
NEL/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	МДж/кг		6,073
VEM/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	ед./кг		762,77
DVE/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	г/кг		46,729
ОЕВ/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	г/кг/кг		5,270
СТРУКТУРНОСТЬ/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	ед./кг		1,904
ТРАНЗИТ. КРАХМАЛ/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	г/кг		50,386
Ca/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	г/кг		8,146
P/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	г/кг		3,631
Mg/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	г/кг		2,734
S/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	г/кг		1,541
K/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	г/кг		11,047
Na/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	г/кг		3,064
Cl/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	г/кг		5,648
ВИТАМИН А/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	Тыс. МЕ/кг/кг		2,060
ВИТАМИН D/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	Тыс. МЕ/кг/кг		0,489
ВИТАМИН Е/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	мг/кг		119,22
Cu/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	мг/кг		10,65
Zn/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	мг/кг		60,55
Mn/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	мг/кг		59,84
Co/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	мг/кг		0,481
I/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	мг/кг		0,914
Se/СУХОЕ ВЕЩЕСТВО	мг/кг		0,103

При составлении рецептуры придерживались рекомендуемых норм ввода отдельных компонентов в комбикорма. Отличительной особенностью разработанных рецептов комбикорма является ввод в его состав высокобелковых зерновых компонентов, прошедших экструзионную обработку, т.е. с «защищенным белком» [60, 76].

Таблица 4.6- Введенное количество БАВ в 1 кг концентрата, не менее

Наименование	Ед. изм.	Знач.
ВИТАМИН А	Тыс. МЕ/кг	48,0
ВИТАМИН D	Тыс. МЕ/кг	8,0
ВИТАМИН E	мг	200,0
ВИТАМИН H	мг	4,0
Cu	мг	120,0
Zn	мг	720,0
Mn	мг	400,0
Co	мг	8,0
I	мг	12,0
Se	мг	2,4

Наличие компонентов с «защищенным белком» способствует повышению продуктивности КРС, снижению затрат корма на единицу продукции, увеличить надои молока.

4.2 Методика расчета продуктивности крупного рогатого скота из основного комбикорма

В молочном скотоводстве важными производственными показателями являются продуктивность из основного корма и продуктивность на площадь под кормовыми культурами.

При учёте этих критериев становится возможным и целесообразным распределение кормового сырья на три группы:

1. Грубые корма: все продукты из цельного растения (свежие, силосованные или высушенные), такие как початки и солома. Грубый корм отличается высокой структурностью. При заготовке грубых кормов учитывают потери на силосование (у травы 15 %, кукурузы 10 %, в пересчёте по сухому

веществу).

2. Сочные корма: части растений или продукты переработки с содержанием сухого вещества меньше 55 %: свекла, корнеплоды, клубни, побочные продукты переработки кукурузы, пивная дробина, свекольный жом, выжимки цитрусовых и фруктов, барда, сыворотка, обрат, цельное молоко и другие сочные корма по своей структурности находятся между концентратами и грубыми кормами. При определении количества обязательно учитывать потери при силосовании свекольного жома, барды и пивной дробины, основываясь или на сухом веществе (в целом 10 %) или на натуральной влажности (потери сока и потери сухого вещества) у пивной дробины 20 %, у барды 15 % и у свекольного жома 10 %.

3. Концентрированные корма: Промышленно произведённые комбикорма, отдельные компоненты (энергетическое или белковое сырьё): все способные к смешиванию компоненты с сухим веществом более 55% и содержанием энергии более 7 МДж NEL/кг СВ, то есть в том числе влажные зерновые, содагрейн, силосованное зерно кукурузы вместе с початками, меласса или травяная мука. Также к этой группе причисляется минеральный корм. Концентрированные корма практически не имеют структурной ценности.

Для определения эффективности использования комбикормов выработаны одна контрольная и четыре опытные партии комбикормов с «защищенным белком» для дойных коров.

Опыт длился 35 дней. Результаты, полученные в ходе вышеописанных опытов, показывают, что комбикорм с «защищенным белком» является мощным стимулятором пищеварения для дойных коров. Использование комбикорма с «защищенным белком» обеспечивает высокий экономический эффект животноводческих комплексов за счёт ряда факторов: улучшается и ускоряется пищеварительный процесс, повышаются надои молока.

При расчёте продуктивности из основного корма основным фактором является молочная продуктивность на корову в год, которая рассчитывается следующим образом:

Объём проданного молока, кг

+ Молоко, использованное внутри предприятия, кг

+ Молоко на выпойку телят, кг

+ Молоко, проданное с предприятия, кг

+ Молоко от больных коров, кг

Чтобы сделать возможным сравнение молочной продуктивности с точки зрения расхода энергии при различных качественных показателях молока, необходимо сделать перерасчёт на молоко, скорректированное по энергии (ЕСМ, 4,0 % жира, 3,4 % белка) по следующей формуле:

$$\text{ЕСМ} = (0,38 \times \text{жир, \%} + 0,21 \times \text{белок, \%} + 1,05) / 3,28.$$

Результат контрольного доения может отклоняться из-за методических особенностей и поэтому недостаточно точен для оценки кормления. Расчёт продуктивности из основного корма происходит в два шага (см. таблицу 4.7):

1-й шаг: Очищенная от концентратов молочная продуктивность: здесь рассчитывают молоко, полученное из энергии концентратов, для чего сумму энергии из скармливаемого количество концентрированных кормов делят на потребность в энергии на 1 литр молока с жирностью 4 % и белком 3,4 % (3,28 МДж NEL/кг) и вычитают его из общей продуктивности. Делением количества энергии на 670 МДж NEL определяется расход комбикорма в центнерах. При расчёте количества комбикорма не учитываются потери

2-й шаг: Продуктивность из грубых кормов: определение молочной продуктивности из сочных кормов. Расход рассчитывается из закупленного количества, которое нужно скорректировать на потери в процессе консервации. В натуральной влажности количество определяется по следующей формуле:

Продуктивность из сочных кормов = (закупленное количество / потери) × содержание энергии / 3,28 МДж NEL.

У сочных кормов с очень сильно колеблющимся содержанием сухого вещества нужно сначала рассчитать количество в сухом веществе, для чего такие корма сначала нужно измерить. Но концентрация энергии в таких кор-

мах изменяется в очень узких пределах, поэтому считать можно по табличным данным.

Далее необходимо отнять количество молока из сочного корма от молочной продуктивности без учёта надоя из концентратов и получим продуктивность из грубых кормов.

В схеме ниже полностью представлен алгоритм расчёта на двух примерах из практики (таблица 4.7).

Таблица 4.7 - Пример расчёта продуктивности из грубых кормов

Показатели на корову в год	Традиционная технология	Предлагаемая технология
Молочная продуктивность	8000 кг	8000 кг
Содержание жира	3,7%	4,1%
Содержание белка	3,2%	3,4%
Молочная продуктивность, скор. по энергии	7772 кг	8245 кг
Расход концентратов		
Мелассированный жом	5 ц = 3459 МДж	-
Смесь концентратов 18%СП	16 ц = 11200 МДж	-
Продуктивный комбикорм 18%СП	-	15 ц = 10050 МДж
Сумма ЧЭЛ		
Соответствует стандартному прод. комбикорму	14650 МДж	10500 МДж
Соответствует молочной продуктивности	21,9 ц	15,0 ц
	4465 кг	3130 кг
Молочная продуктивность без учёта концентратов	3302 кг	5181 кг
Сочные корма, богатые энергией		4,5 ц = 2997 МДж
Силосованная пивная дробина (26%СВ) – в СВ		3,6 ц = 2664 МДж
Силосованный жом (22%СВ) – в СВ	-	5661 МДж
Сума ЧЭЛ		1726 кг
Соответствует продуктивности		
Молочная продуктивность из грубых кормов	3306 кг	3455 кг

На них видно, что нужно учитывать следующие моменты:

- Обязателен пересчёт фактической продуктивности в ЕСМ (молоко, скорректированное по энергии). Это необходимо, чтобы показатели можно

было сравнивать между собой.

- содержание энергии в концентратах сравнивается с питательностью комбикорма;

- учёт применения сочных кормов, чтобы можно было точно определить продуктивность только из грубых кормов.

Для того, чтобы определить продуктивность из основных кормов и иметь возможность сравнить этот показатель для разных предприятий, необходимы как можно более точные исходные условия. Это начинается с молочной продуктивности, когда фактический надой пересчитывается в надой, скорректированный по энергии.

Касательно сырья, помимо групп основных кормов и концентратов очень важно учитывать группу сочных кормов. Хотя она по концентрации энергии схожа с концентратами, но с точки зрения свойств (силосование, способ раздачи) её привычнее сравнить с грубыми кормами. В зависимости от типа расчёта, чтобы была возможность сравнения результатов, использовать нужно или показатель «молочная продуктивность без концентратов» или «молочная продуктивность из грубых кормов».

4.3 Определение распадаемости и переваримости кормовых добавок

Совместно с лабораторией физиологии пищеварения Всероссийского научно-исследовательского института физиологии, биохимии и питания животных-филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства-ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста» (ВНИИФБиП) проведена оценка содержания распадаемого и переваримого нераспадаемого протеина в пяти образцах кормового средства (таблицы 4.8 и 4.9). Исследования проведены на оперативных коровах. Определение распадаемости сырого протеина (СП) и сырого жира (СЖ) комбикормов рациона проводили методом *in sacco*, путем инкубации в рубце образцов комбикормов в нейлоновых мешочках в рубце.

Таблица 4.8 – Характеристика кормов in vitro (в рубце)

№№ Образца	Показатели				
	Содержание протеина, г/100 г натур корма	Распадаемость за 12 часов инкубации, %		Переваримость нераспавшейся части в кишечнике, %	
		СВ	СП	СВ	СП
№ 1 без обработки	34,0625	74,8	82,94	51,2	74,8
№ 2 при температуре 120 град	38,5	75,5	82,04	48,9	75,5
№ 3 при температуре 140 град	38,6875	63,9	70,63	40,65	63,9
№ 4 при температуре 130 град	37,8125	62,2	71,47	46,4	62,2
№ 5 при температуре 150 град	37,8125	74,2	83,88	50,2	74,2

Инкубацию проводили в течение 12 часов. Переваримость определяли методом мобильных мешочков, путем выдерживания остатка комбикорма после инкубации в рубце в растворе солянокислого пепсина в течении 1,5 часов и последующем помещении в 12-ти перстную кишку и извлечении мешочков из кала [67, 110, 114, 127].

В образцах комбикормов до и после инкубации определяли содержание сырого протеина по Кельдалю. При высокой температуре из рапсовых жмыхов делают комбикорм, содержащий до 72 % нераспадаемого в рубце протеина (НРП) («защищенный белок»). Как показали испытания, после его включения в рацион продуктивность КРС увеличивается на 18 %, а содержание белка в молоке – на 12 %, рост надоя на корову составил 4 кг/сут.

Выбраковка животных вследствие улучшения пищеварения сократилась в два раза. Предлагаемый корм представляет собой высокотехнологичный защищенный белковый концентрат.

Отличается высоким содержанием незаменимых аминокислот и высоким содержанием энергии. Процентное соотношение незаменимых аминокислот в продукте оптимально для полноценного кормления КРС.

Таблица 4.9 – Характеристика белковых компонентов

Наименование	Массовая доля влаги, %	Массовая доля сырого протеина в пересчете на абсолютно сухое вещество, %	Массовая доля сырой клетчатки в СВ, %	Массовая доля сырого жира на абсолютно сухое вещество, %
Шрот рапсовый БККЗ	10,5 ±0,3	41,63	8,1 ±1,3	2,76 ±0,51
Белковый продукт БККЗ	11,0 ±0,3	41,38	10,2 ±1,4	2,09 ±0,47
Жмых рапсовый хозяйственный	7,9 ±0,3	37,32	9,7 ±1,4	10,13 ±0,88

Комбикорм с защищенным белком позволяет увеличить в рационе весь комплекс питательных веществ (количество обменной энергии, содержание сухого вещества, сырого и переваримого протеина, БЭВ, сахара и, наоборот, снизить содержание сырой клетчатки). Включение в рацион крупного рогатого скота защищенного белка способствует более интенсивному раздою коров, активации микрофлоры рубца, что сопровождается повышенным синтезом молока.

Комбикорм проходит специальную гидротермическую обработку для отделения оболочки повышения защиты от распада в рубце, рапс подвергается гидротермической обработке для отделения оболочки и повышения защищенности белка.

Применение комбикормов с защищенным белком позволило добиться:

- повышения надоев молока на 14–22 %,
- снижения затрат корма на единицу произведённой продукции на 8-12 % за счет лучшей переваримости питательных веществ;
- сокращения выбраковки животных в 2 раза за счет улучшения пищеварения;
- повышения его усвоения за счет улучшения вкусовых качеств комбикорма, повышения питательной ценности его протеинового комплекса.

Глава 5 РАЗРАБОТКА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОУСВОЯЕМЫХ КОМБИКОРМОВ С ЗАЩИЩЕННЫМ БЕЛКОМ ДЛЯ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

5.1 Разработка технологической линии производства высокоусвояемых комбикормов с защищенным белком и витаминно-аминокислотно-энзимным комплексом для крупного рогатого скота

Комплексная технологическая линия производства высокоусвояемых комбикормов с защищенным белком и витаминно-аминокислотно-энзимным комплексом для крупного рогатого скота (рисунок 5.1) включает следующее оборудование: производственные бункеры 1 для хранения исходных компонентов (зерновые и зернобобовые культуры, шрота, и т. д.), дозаторы 2, шнековый питатель 3, просеиватель 4, магнитную колонку 5, шнековый питатель 6, надсмесительный бункер 7, смеситель периодического действия 8, нория 9, порционные тензovesы 10, установку ввода жидких компонентов 11, просеиватель 12, дробилка 13, кондиционер-пропариватель 14, экструдер 15, охладитель 16, экструдер 15, сушилка-охладитель 16, вакуумный смеситель 17 с форсунками, ленточный транспортер 18, пресс-гранулятор 19, циклон 20, молотковую дробилку 21, циклон 22, барабанную сушилку 23, транспортер загрузочный 24, теплогенератор 25, загрузочный бункер 26 для травы, подсмесительный бункер 28, колонку охлаждения 27, бункер готовой продукции 29.

Проблема разработки высокоусвояемых комбикормов с защищенным белком для крупного рогатого скота (КРС) обусловлена спецификой желудочно-кишечного тракта коров и особенностями усвоения белка [124, 125, 129]. Так в частности, весь объем рациона попадает в первый из 4-х участков преджелудков – рубец. Часть распадается в преджелудках коровы до азота (распадаемый протеин), а часть протеина доходит до тонкого кишечника и под действием энзимов расщепляется до пептидов и далее, до аминокислот (протеин, избежавший распада в рубце, – это нераспадаемый протеин (НРП)).

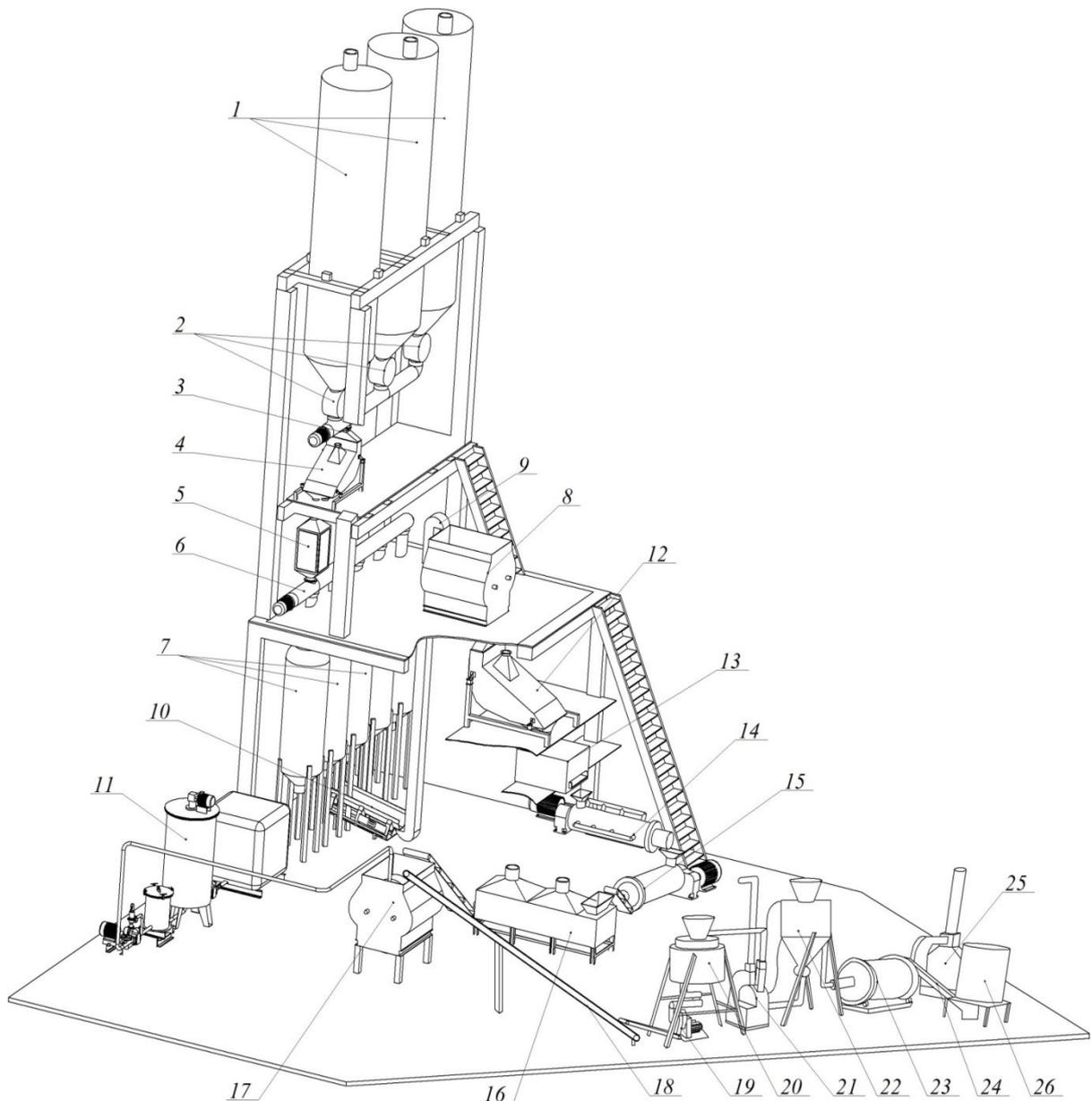


Рисунок 5.1. – Комплексная технологическая линия производства высокоусвояемых комбикормов с защищенным белком и витаминно-аминокислотно-энзимным комплексом для крупного рогатого скота: 1 – бункер, 2 – дозатор, 3 – шнековый питатель, 4 – просеиватель, 5 – магнитная головка, 6 – шнековый питатель, 7 – бункер, 8 – смеситель, 9 – нория, 10 – весы, 11 – установка для ввода животного комплекса, 12 – просеиватель, 13 – дробилка, 14 – кондиционер-пропариватель, 15 – экструдер, 16 – охладитель, 17 – смеситель, 18 – ленточный транспортер, 19 – пресс-гранулятор, 20 – циклон, 21 – молотковая дробилка, 22 – циклон, 23 – барабанная сушилка, 24 – транспортер загрузочный, 25 – теплогенератор, 26 – загрузочный бункер для травы

Избыточный азот, попадая в кровь, становится аммиаком, который, закисляя кровь, ведет к заболеваниям. Вводя в рацион повышенные нормы белковых добавок без учёта распадаемости белка, резко увеличивается количество образующегося азота N и аммония NH_4 , которые способны превра-

щаться в аммиак NH_3 . Микрофлора рубца не успевает его весь переработать. Свободный аммиак NH_3 (это яд) всасывается в кровь и поражает в первую очередь печень и плод. Корова резко теряет упитанность и выбывает после первой-второй лактации, возникают проблемы с воспроизводством. Кроме того, аммиак способен распадаться до аммидов NH_2 , которые связываются с солями и образуют очень ядовитые продукты распада (кадаверин, путресцин, гистамин, триптамин и др.). При концентрации свыше 90 % большая часть аммиака всасывается в кровь и далее в печень, вызывая заболевания последней. В результате заболевшая корова выбраковывается уже через 1-1,5 года.

Повысить продуктивность и сохранить здоровье крупного рогатого скота (КРС) можно, только увеличив в сыром протеине долю защищенного протеина. Защищенный белок – это белок, устойчивый к воздействию ферментов микрофлоры и неспособный к распаду на составляющие – аммиак и углеродную цепочку.

Для высокопродуктивных коров защищенный белок должен составлять 45 %, легко расщепляемые протеины – не более 15 %, кислотно-детергентный протеин – не более 5 % и микробный – 35 %.

Применение «защищенных» белков в рационах высокоудойных коров позволила их молочная продуктивность увеличилась на 18 %, содержание белка в молоке – на 12 %, а продолжительность их использования возросла с 1,5-2-х до 4-5 лактаций.

Для получения защищенного белка смесь белка и редуцирующих сахаров нагревают при температуре, уровне рН, чтобы спровоцировать начало реакции Майяра, но не ее развитие [147, 148]. При этом белок меняется и блокирует прикрепление микробных ферментов рубца, тем самым предотвращая расщепление. Связь сильна и остается неизменной, во время нахождения в среде рубца. При попадании в кислую среду сычуга, где уровень рН от 2 до 3, а не от 6 до 6,5 как в рубце, белок денатурирует, и начинает раскручиваться, позволяя ферментам коровы попасть внутрь и разрушить его на

составляющие аминокислоты, которые затем усваиваются и используются для синтеза молока. Баротермомеханическая обработка исходных компонентов в экструдере 15 позволяет получить комбикорма с защищенным белком.

Предлагаемая комплексная технологическая линия производства высокоусвояемых комбикормов с защищенным белком и витаминно-аминокислотно-энзимным комплексом для крупного рогатого скота работает следующим образом (рисунок 5.1).

Вначале рассмотрим работу участка производства комбикормов с защищенным белком для крупного рогатого скота. Исходные компоненты (зерновые и зернобобовые культуры, рапсовой, подсолнечный, соевый шрот и т. п.) из производственных бункеров 1 с помощью дозаторов 2 и шнекового питателя 3 подаются в просеиватель 4, где очищаются от примесей. Затем компоненты очищаются от ферропримесей на магнитной колонке 5 и шнековым транспортером 6 направляются в надсмесительный бункер 7, из которого подаются на порционные тензвесы 10.

Далее компоненты отвешиваются определенными пропорциями на тензовесах 10 и подаются в смеситель периодического действия 8. Использование оригинальной конструкции рабочих органов смесителя 8 позволяет осуществлять перемешивание в квазиневесомом состоянии и добиться высокой однородности получаемой смеси (коэффициент вариации составляет 0,04).

После смешивания полученная смесь с помощью норрии 9 загружается в подсмесительный бункер 28, затем проходит через просеиватель 12, откуда крупная фракция отправляется на дробилку 13, а мелкая – непосредственно в кондиционер-пропариватель 14.

После дробилки 13 измельченная смесь подается в кондиционер-пропариватель 14, в который одновременно подается острый пар. В кондиционере-пропаривателе 14 под воздействием пара рассыпной комбикорм предварительно подогревается и увлажняется для последующей передачи на баротермическую обработку в экструдере 15. Непосредственный ввод измельченных компонентов и подача пара в кондиционер-пропариватель 14 осу-

ществляется через коллектор с эжекторными соплами, расположенными вдоль всей длины кондиционера-пропаривателя 14, что позволяет вести обработку рассыпного комбикорма в кондиционере-пропаривателе 14 равномерно по всей его массе. Пропаривание ведется в следующем режиме: давление пара – 0,35-0,45 МПа; расход пара – 110-135 кг; температура пропаренной смеси – 87-100 °С; влажность пропаренной смеси – 20-21 %. После кондиционирования рассыпной комбикорм в виде пропаренной смеси направляется в экструдер 15.

Баротермическая обработка (экструдирование) рассыпного комбикорма в экструдере 15 осуществляется при следующих параметрах: температура продукта на выходе из экструдера – 135-145 °С; давление в установке – до 6,5 МПа; время обработки – 4-5 с. При этом происходят глубокие деструктивные изменения в питательных веществах. Так, крахмал расщепляется до декстринов и сахаров, протеины подвергаются денатурации. Получаемый экструдат должен иметь степень декстризации крахмала не менее 55 %, иметь коэффициент вспученности не менее 4, а степень кристаллизации (набухания) – не менее 35 %.

Экструдированные гранулы подаются в сушилку-охладитель 16, где охлаждаются до температуры, не превышающей температуру окружающей среды более, чем на 10 °С.

Охлажденные гранулы направляются затем в вакуумный смеситель 17 с форсунками. Одновременно в него подается витаминно-аминокислотно-энзимный комплекс из установки 11 ввода жидких компонентов, конструкции которой обеспечивает стабильную и равномерную подачу жидких компонентов с минимальными энергозатратами. Ввод витаминно-аминокислотно-энзимного комплекса в смеситель 17 осуществляется через коллектор с форсунками, расположенными вдоль всей длины его рабочей камеры, что позволяет обеспечить равномерное распределение жидких компонентов по поверхности экструдированных гранул. Для лучшего формирования нанесенного на поверхность экструдированных гранул витаминно-

аминокислотно-энзимного комплекса в вакуумном смесителе 17 может поддерживаться пониженное давление 0,02-0,04 МПа.

Установка 11 включает в себя насос с приводом, комплекс измерительной и регулирующей аппаратуры и приборов, трубопроводную арматуру, позволяющие оператору с пульта управления задавать определенный расход жира, контролировать и, при необходимости, корректировать его.

Одновременно в смеситель 17 загружаются травяные гранулы, которые производятся на участке приготовления травяных гранул, который работает следующим образом.

Исходное сырье (трава, силос, люцерна, клевер и т. п.) и загрузочного бункера 26 с помощью загрузочного транспортера 24 подается в барабанную сушилку 23, в которую одновременно подается из теплогенератора 25 сушильный агент (смесь воздуха и топочных газов). Смесь высушенной травы и отработанного сушильного агента подается в циклон 22, в котором отработанный теплоноситель выходит через верхний патрубок в атмосферу, а высушенная трава направляется в молотковую дробилку 21. Измельченная трава из дробилки 21 выбрасывается в циклон 20, где отделяется воздух, продукт попадает в пресс-гранулятор 19. Сформированные травяные гранулы, которые имеют относительно высокую температуру (до 70 °С), охлаждаются до температуры 30-35 °С в колонке охлаждения 27.

Охлажденные травяные гранулы подаются в смеситель вакуумный 17, в котором смешиваясь с другими компонентами, образуют высокоусвояемый комбикорм. Полученный высокоусвояемый комбикорм с защищенным белком и витаминно-аминокислотно-энзимным комплексом для крупного рогатого скота направляется в бункер 29 готовой продукции.

Таким образом, использование предлагаемой линии позволит:

– реализовать предлагаемую комбинацию технологических операций при рациональных режимах для переработки исходных компонентов, входящих в состав комбикормов для крупного рогатого скота с научно-обоснованным содержанием защищенного белка и витаминно-

аминокислотно-энзимного комплекса;

– создавать высокоусвояемые комбикорма с научно-обоснованным содержанием защищенного белка и витаминно-аминокислотно-энзимного комплекса для крупного рогатого скота;

– повысить надой молока на 18–40 %, увеличить среднесуточные привесы на 15–20 %, снизить потребление корма на 8–12 % и одновременно повысить его усвоение на 20–40 % за счет доступности действию пищеварительных ферментов;

– повысить усвояемость производимых комбикормов за счет экструзионной обработки белково-углеводного комплекса, нанесения витаминно-аминокислотно-энзимного комплекса на поверхность экструдированных гранул.

5.2 Разработка конструкции экструдера

Экструдер включает в свой состав электродвигатель 1, редуктор 2, загрузочный бункер 3, комбинированный шнек 4, патрубок 5 для соединения с вакуум-линией, патрубок 6 для ввода жидких компонентов, регулировочные болты 7, матрицу 8, разгрузочную камеру 9 для выхода экструдата, устройство для регулирования величины выходного зазора с помощью регулировочного штока 10, выгрузочный лоток 11, рабочую камеру 12 (рисунок 5.2). В витках шнека 4 выполнены прорези 13. Внутри рабочей камеры 12 установлен комбинированный шнек 4, состоящий из шести зон: I зона загрузки и транспортирования, II зона предварительного уплотнения, III зона вакуумирования, IV зона ввода жидких компонентов, V зона гомогенизации и VI зона стабилизации давления (рисунок 5.2).

Устройство для регулирования величины выходного зазора с помощью регулировочного штока 10 и выгрузочный лоток 11 образуют VII зону выгрузки.

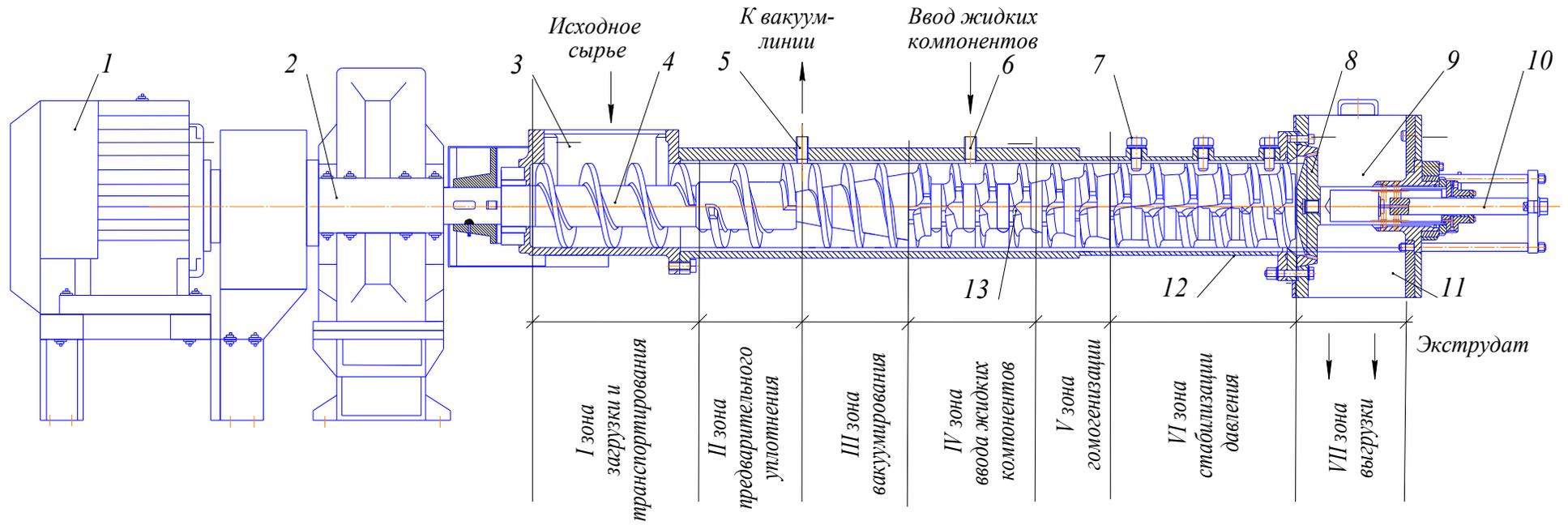


Рисунок 5.2. – Экструдер: 1 – электродвигатель, 2 – редуктор, 3 – загрузочный бункер, 4 – комбинированный шнек, 5 – патрубок для соединения с вакуум-линией, 6 – патрубок для ввода жидких компонентов, 7 – регулировочные болты, 8 – матрица, 9 – разгрузочная камера для выхода экструдата, 10 – регулировочный шток, 11 – выгрузочный лоток, 12 – рабочая камера, 13 – прорези

Конструктивно комбинированный шнек 4 (рисунок 5.2) выполняют сборным из отдельных шнековых витков, различающихся шагом и диаметром, и промежуточных колец, насаживаемых на гладкий вал и фиксируемых от проворачивания шпонкой.

В I зоне загрузки и транспортирования диаметры вала и витков шнека, а также шаг витков шнека постоянны. В конце I зоны загрузки и транспортирования виток шнека 4 имеет разрыв, на месте которого на валу шнека выполнена кольцевая дорожка постоянного диаметра.

Во II зоне предварительного уплотнения вал шнека 4 имеет постоянный, но больший, чем в зоне загрузки и транспортирования диаметр. Толщина витков увеличена, а в конце второй зоны виток шнека имеет разрыв.

В III зоне вакуумирования диаметр вал шнека 4 выполнен конусным (постоянно увеличивающимся), а в корпусе в начале этой зоны имеется патрубок 5 для соединения с вакуум-линией.

В IV зоне ввода жидких компонентов диаметр вала и шаг витков постоянны и, начиная с этой зоны и до конца шнека, в витках выполнены прорези 13, а в корпусе в начале этой зоны имеется патрубок 6 для ввода жидких компонентов.

В V зоне гомогенизации диаметр вала шнека 4 выполнен конусным (постоянно увеличивающимся).

В VI зоне стабилизации давления диаметр вала постоянен и имеет максимальный размер, и в корпусе по длине этой зоны, с шагом, равным расстоянию между разрывами по оси кольцевых дорожек установлены регулировочные болты 7.

Разгрузочная камера 9 для выхода экструдата снабжена устройством для регулирования величины выходного зазора с помощью регулировочного штока 10 с помощью подвижной в горизонтальной плоскости матрицы 8.

Разгрузочная камера 9 снабжена выгрузочным лотком 11.

Начиная со IV зоны и до конца шнека в витке шнека 4 выполнены прорези 13, наличие которых в витках шнека приводит к турбулизации движу-

щегося продукта и снижает темп роста температуры продукта за счет эффекта диссипации.

Экструдер работает следующим образом.

Включается регулируемый электродвигатель 1, который через редуктор 2 приводит во вращение комбинированный шнек 4. Исходное сырье подается в загрузочный бункер 3, из которого поступает в I зону загрузки и транспортирования рабочей камеры 12. При вращении шнека 4 обрабатываемый продукт транспортируется внутри рабочей камеры 12.

Здесь продукт интенсивно перемешивается и перемещается вдоль шнека 4. Вследствие того, что диаметр вала шнека в этой зоне постоянен и диаметр и шаг витков шнека также постоянны, в ней осуществляется перемещение продукта вдоль винтового канала комбинированного шнека 4. В конце I зоны загрузки и транспортирования виток шнека имеет разрыв, после которого на валу шнека выполнена кольцевая дорожка постоянного диаметра. Назначение разрыва витка шнека состоит в том, что он способствует дополнительной турбулизации транспортируемого потока при перемещении продукта из I зоны загрузки и транспортирования во II зону предварительного уплотнения. В связи с тем, что во II зоне вал шнека 4 имеет постоянный, но больший, чем в I зоне загрузки и транспортирования диаметр и толщина витков увеличена, то происходит уменьшение рабочего объема межвиткового пространства вдоль шнека 4. Из-за того, что в этой зоне вал шнека имеет постоянный, но больший, чем в I зоне загрузки и транспортирования диаметр, т. е. происходит уменьшение объема межвиткового пространства, то продукт начинает уплотняться, вытесняя воздух. Вследствие этого обрабатываемый продукт уплотняется и сжимается. Одновременно с помощью патрубка 5, соединенного с вакуум-линией, в III зоне создается область пониженного давления (вакуум) и из нее удаляется воздух. Из-за разрыва витка шнека в конце II зоны и уменьшения диаметра вала в начале III зоны вакуумирования созданы оптимальные условия для удаления воздуха.

Из-за того, что диаметр вала шнека 4 в ней выполнен конусным (постоянно увеличивающимся), то происходит сжатие продукта. В результате уменьшения свободного объема витков по ходу движения материала, вследствие уменьшения шага и увеличения диаметра вала от начала к концу шнекового вала 4, материал подвергается сжатию. При этом в материале возникает давление. Из III зоны вакуумирования продукт перемещается в IV зону ввода жидких компонентов, в которой диаметр вала и шаг витков постоянны, а в витках шнека 4 выполнены прорези 13. Одновременно через патрубок 6, расположенный в корпусе в начале этой зоны, вводятся жидкие компоненты.

В дальнейшем продукт перемещается в V зону гомогенизации. Вследствие того, что в V зоне гомогенизации диаметр вала шнека конусным (постоянно увеличивающимся), то давление в ней увеличивается, что приводит к расплавлению мелких включений. Расплав интенсивно перемешивается при помощи шнека 4 и турбулизирует поток.

Во второй зоне стабилизации происходит повторное выравнивание давления и температурных полей материала. Третья зона сжатия позволяет получить необходимое конечное давление продукта, за счет уменьшения шага витков шнека.

При дальнейшем перемещении продукта в VI зону стабилизации давления из-за того, что диаметр вала постоянен и имеет максимальный размер, происходит стабилизация давления.

Выполненные после разрыва на валу шнека 4 кольцевые дорожки постоянного диаметра предназначены для перемещения в радиальном направлении регулировочных болтов 7. Болты 7 при закручивании входят в межвитковое пространство VI зоны рабочей камеры 12, заполняя пространство над кольцевой дорожкой, при этом происходит уменьшения объема винтового канала, что в свою очередь приводит к возрастанию давления перемещаемого потока.

В витках шнека 4 в этой зоне выполнены прорези 13, между которыми

на валу шнека выполнены кольцевые дорожки 16. Продукт, проходя через прорези 13 в витках шнека, турбулизируется. Регулировочные болты 7, находящиеся над кольцевыми дорожками, при перемещении в радиальном направлении изменяют объем винтового канала, что в свою очередь приводит к возрастанию (при закручивании болтов 7) или уменьшению (при откручивании болтов 7) давления транспортируемого потока продукта.

Экструдированный материал на выходе из рабочей камеры 12 встречается с устройством 10, регулирующим толщину выходной щели с помощью подвижной матрицы 8. Регулировочное устройство 10 обеспечивает регулирование давления в рабочей камере 12 экструдера.

Во VI зоне стабилизации давления окончательно образуется расплав однородный по структуре и температуре, наличие прорезей в витках шнека 4 способствует прохождению продукта и выдавливанию через матрицу 8.

Геометрические размеры прорезей 13 в витках шнека 4 в IV, V и VI зонах, а также количество, шаг расположения и диаметр регулировочных болтов 7 в VI зоне стабилизации давления, зависят от свойств перерабатываемого материала и технологического режима переработки.

С помощью регулировочного штока 10, расположенного в устройстве для регулирования величины выходного зазора, регулируется и устанавливается требуемая величина давления в VI зоне.

При выходе из экструдера в разгрузочную камеру 9 в результате большого перепада давления гомогенная масса вспучивается (происходит ее взрыв). Вследствие желатинизации крахмала, деструкции целлюлозно-лигнинных образований значительно улучшается его пищевая ценность.

Готовый продукт удаляется из камеры 9 по выгрузочному лотку 11.

Предлагаемый экструдер имеет следующие преимущества:

- процесс экструдирования в нем адаптирован в соответствии с основными кинетическими закономерностями процесса экструзии;
- получение экструдата с заданным химическим составом счет за счет использования регулируемого давления по длине рабочей камеры 12;

- возможность улучшения качества экструдата за счет вакуумирования и ввода жидких термолабильных компонентов и применения более мягких, «щадящих» температурных режимов и равномерной обработки;
- экструдирование различного сырья за счет плавного, постепенного возрастания температуры и давления со ступенчатой их стабилизацией, необходимой для протекания физико-химических изменений основных компонентов продуктов;
- универсализация экструдера, т. е. использование его при экструдировании различных продуктов растительного или животного происхождения.

5.3 Методика инженерного расчета экструдера для получения комбикорма с защищенным белком для крупного рогатого скота

5.3.1 Расчет конструктивных параметров шнека

К основным конструктивным параметрам шнека относятся: его внешний диаметр D , шаг t и глубина нарезки h , угол наклона винтовой нарезки φ , ширина гребня витка e , величина радиального зазора между гребнем нарезки и корпусом материального цилиндра δ . В связи с тем, что комбинированный шнек разработанного экструдера состоит из шести зон: I зона загрузки и транспортирования, II зона предварительного уплотнения, III зона вакуумирования, IV зона ввода жидких компонентов, V зона гомогенизации и VI зона стабилизации давления, то конструктивные параметры шнека для каждой из шести зон будет определяться по следующим формулам:

- диаметр шнека D

$$D = \left(\frac{Q}{0,6} \right)^{0,4}, \quad (5.1)$$

- шаг винтовой нарезки шнека

$$t = (0,8 \dots 1,2)D, \quad (5.2)$$

- глубина винтового канала шнеков h

– в зоне загрузки

$$h = (0,12...0,16)D, \quad (5.3)$$

– в зоне дозирования

$$h_2 = 0,5 \left[D - \sqrt{D^2 - \frac{4h}{j}(D - h_1)} \right], \quad (5.4)$$

– в зоне ввода жидких компонентов

$$h = (0,15...0,30)D, \quad (5.5)$$

где j – степень сжатия материала.

– ширина гребня витка шнека

$$e = (0,06...0,10)D, \quad (5.6)$$

– радиальный зазор между внутренней поверхностью корпуса и наружной поверхностью витка шнека

$$\delta = (0,002...0,005)D. \quad (5.7)$$

Полученное по формуле (5.1) значение диаметра шнека для каждой из шести зон округляют до ближайшего стандартного значения. После выбора диаметра шнека из отношения L/D выбирают длину шнека

$$L = k_1 \cdot D, \quad (5.8)$$

где $k_1 = (4,5...7)$ – коэффициент, определяемый из условий эксплуатации.

Шаг витков шнека зависит от коэффициента трения продукта о шнек и стенки корпуса и зависит от вида обрабатываемого продукта. Для зоны загрузки и транспортирования рациональным является угол наклона нарезки 45° . Тогда в этой зоне рекомендуется принимать шаг витков шнека равным диаметру шнека, т.е. $t = D$, что соответствует углу подъема винтовой канала $17^\circ 42'$.

В зонах предварительного уплотнения, вакуумирования и ввода жидких компонентов шаг витков шнека принимается равным:

$$t_{2-4} = (0,7...1,5) \cdot D. \quad (5.9)$$

В зоне гомогенизации коэффициент трения расплава о шнек изменяется в диапазоне $0,3...0,6$. Поэтому, выбирая значение коэффициента трения $f = 0,5$, получаем угол наклона витков шнека 19° , что соответствует шагу

$$t_5 = 1,1 \cdot D. \quad (5.10)$$

Для зоны стабилизации давления рациональным является угол наклона витков шнека 30° , что соответствует шагу нарезки:

$$t_6 = (1,2 \dots 1,8) \cdot D. \quad (5.11)$$

Причем в зонах предварительного уплотнения, вакуумирования и ввода жидких компонентов, гомогенизации и стабилизации давления шаг витков шнека принимается переменным (с постоянно уменьшающимся шагом) по длине шнека для обеспечения высоких степеней сжатия продукта.

Глубина винтового канала шнека h рассчитывается для каждой зоны отдельно:

– в зоне загрузки и транспортирования

$$h_1 = (0,12 \dots 0,16) \cdot D \quad (5.12)$$

– в зонах предварительного уплотнения, вакуумирования и вводе жидких компонентов

$$h_{2-4} = (0,12 \dots 0,16) \cdot D \quad (5.13)$$

– в зоне дозирования

$$h_5 = 0,5 \left[D_5 - \sqrt{D_5^2 - \frac{4h_{2-4}}{j} (D_5 - h_{2-4})} \right], \quad (5.14)$$

где j – степень сжатия расплава.

– в зоне стабилизации давления

$$h_6 = (0,15 \dots 0,30) D. \quad (5.15)$$

Ширина витка шнека e принимается равной:

$$e = (0,06 \dots 0,1) \cdot D, \quad (5.16)$$

Меньшие значения e принимаются для диаметров шнека более 125 мм, большие – для диаметров менее 125 мм [1].

Радиальный зазор между внутренней поверхностью рабочей камеры и наружной поверхностью витка шнека принимается равной:

$$\delta = (0,002 \dots 0,005) D. \quad (5.17)$$

При этом меньшие значения принимаются для больших величин диаметров шнеков [1].

Критическая частота вращения шнека многозонного экструдера рассчитывается по следующему уравнению:

$$n_{кр} = \frac{42,4}{60\sqrt{D}}, \text{ с}^{-1}, \quad (5.18)$$

где D – диаметр шнека, м.

В экструдере для снижения допустимой температуры нагрева продуктов критическую частоту вращения шнека уменьшают до рабочей частоты вращения шнека

$$n_p = (0,2 \dots 0,7)n_{кр}, \quad (5.19)$$

причем меньшие значения коэффициентов принимают для малых диаметров шнеков, а большие – для больших диаметров.

Объемная производительность многозонного экструдера зависит от кон-

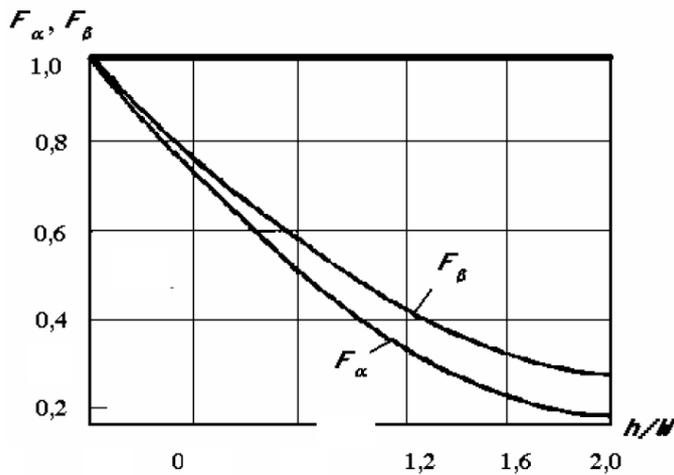


Рисунок 5.3. - Зависимость коэффициентов прямого потока F_α и противотока F_β от отношения глубины канала к его ширине – h/W

струкции зоны стабилизации давления и от геометрических характеристик шнека, также от числа оборотов и от конструкции формирующей головки [1].

Объемная производительность многозонного экструдера Q , м³/с, в зависимости от сопротивления головки и конструкции дозирующей зоны для шнека с переменным ша-

гом рассчитывается по формуле:

$$Q = \frac{\alpha F_\alpha K}{K + \beta F_\beta} n; \quad (5.20)$$

где Q – объемная производительность, м³/с; K – коэффициент геометрической формы головки, м³; n – частота вращения шнека, с⁻¹; α – постоянная прямого потока для шнека с переменным шагом и глубиной нарезки в зоне дозирования, м³; β – постоянная обратного потока для шнека с переменными

шагом нарезки и глубиной нарезки в зоне дозирования, m^3 ; F_α – коэффициент формы вынужденного потока; F_β – коэффициент формы вынужденного противотока (значения коэффициентов формы вынужденного потока F_α и противотока F_β приведены на рисунке 5.3).

Для зоны стабилизации давления шнека с переменным шагом нарезки значения постоянных прямого потока α и обратного потока β определяются по уравнениям:

$$\alpha = \frac{\pi^3 D(D-h)^2 h J_1}{4\pi^2 (D-h) J_2 - J_3}; \quad (5.21)$$

$$\beta = \frac{\pi h^3 (D-h)^2 \Delta t}{3[4\pi^2 (D-h) J_2 - J_3]}; \quad (5.22)$$

где D – наружный диаметр шнека, м; t – шаг нарезки шнека, м; h – глубина нарезки, м; e – ширина витка шнека, м; l_0 – длина зоны дозирования, м; δ – величина радиального зазора между гребнем нарезки и внутренней поверхностью материального цилиндра, м; φ_0 – угол наклона витка шнека по наружному диаметру, $\operatorname{tg} \varphi_0 = \frac{t}{\pi D}$; J_1 , J_2 и J_3 – коэффициенты, характеризующие конструкцию шнека с переменным шагом, которые рассчитываются по следующим формулам:

$$J_1 = t_1 - t_2 + \Delta t 2,3 \operatorname{lg} \frac{t_1}{t_2}; \quad (5.23)$$

$$J_2 = \frac{\Delta t + 2e}{2e} 2,3 \operatorname{lg} \frac{t_1 - e}{t_2 - e} - \frac{\Delta t}{2e} 2,3 \operatorname{lg} \frac{t_1}{t_2}; \quad (5.24)$$

$$J_3 = (t_1 - t_2)(t_1 - t_2 + 2\Delta t + 6e) + 4,6e(\Delta t + 2e) \operatorname{lg} \frac{t_1 - e}{t_2 - e}; \quad (5.25)$$

где t_1 , t_2 – шаг нарезки шнека у матрицы и загрузочной воронки, соответственно, м; Δt – разность между соседними шагами:

$$\Delta t = \frac{t_1^2 - t_2^2}{2l - (t_1 - t_2)}, \quad (5.26)$$

где l – общая длина шнека, м; φ_1 – угол наклона витков шнека по наружному

диаметру, у загрузочной воронки $\operatorname{tg} \varphi_1 = t_1/(\pi D)$; φ_2 – угол наклона витков шнека по наружному диаметру у матрицы $\operatorname{tg} \varphi_2 = t_2/(nD)$.

5.3.2 Расчет мощности привода многозонного экструдера

Мощность, затрачиваемая в зоне стабилизации давления с переменным шагом винтовой нарезки многозонного экструдера, определяется суммой трех мощностей [1]:

$$N_{\text{общ}} = N_1 + N_2 + N_3, \quad (5.27)$$

где N_1 – мощность, расходуемая на принудительное проталкивание массы по винтовому каналу шнека, Вт,

$$N_1 = \frac{\pi^5 (d+h)^3 d^2 n^2 \mu'_{\text{эф}} (G - eR)}{h} + \alpha_1 n \Delta P_{\text{общ}}, \quad (5.28)$$

где $\mu'_{\text{эф}}$ – эффективная вязкость материала в винтовом канале, Па·с; $\Delta P_{\text{общ}}$ – перепад давления в матрице, Па; G – коэффициент, определяемый по формуле

$$G = \frac{2,3}{2\Delta t} \operatorname{lg} \frac{\cos^2 \varphi_{\text{к}}}{\cos^2 \varphi_{\text{н}}} + \frac{\pi(\varphi_{\text{н}} + \varphi_{\text{к}})}{360(d+h)}, \quad (5.29)$$

здесь $\varphi_{\text{н}}$ – угол наклона винтовой линии в начале зоны стабилизации давления:

$$\varphi_{\text{н}} = \operatorname{arctg} \frac{t_{\text{н}}}{\pi(D-h)}, \quad (5.30)$$

где $\varphi_{\text{к}}$ – угол наклона витка шнека в конце зоны стабилизации давления:

$$\varphi_{\text{к}} = \operatorname{arctg} \frac{t_{\text{к}}}{\pi(D-h)}, \quad (5.31)$$

Величина R определяется по формуле

$$R = \frac{2,3}{\pi^2 (d+h)^2} \operatorname{lg} \frac{t_{\text{н}}^2 \cos^2 \varphi_{\text{н}}}{t_{\text{к}}^2 \cos^2 \varphi_{\text{к}}} + \frac{\pi(\varphi_{\text{н}} - \varphi_{\text{к}})}{180(d+h)\Delta t}, \quad (5.32)$$

здесь $t_{\text{н}}$ – шаг нарезки начала зоны стабилизации давления, м; $t_{\text{к}}$ – шаг нарез-

ки на конце шнека, м;

N_2 – мощность, расходуемая на срез материала в зазоре между вершиной витка нарезки и стенкой рабочей камеры:

$$N_2 = \frac{\pi^3 D^2 (d + h) e [2(t_n - t_k) + 2,3 \Delta t (\lg t_n - \lg t_k)] \mu_{\text{эф}}'' n^2}{2 \Delta t}, \quad (5.33)$$

N_3 – мощность, расходуемой на создание циркуляционного потока в витках шнека (ее значением в виду малости можно пренебречь).

Величины эффективной вязкости в винтовом канале шнека $\mu_{\text{эф}}'$ и в зазоре между витком шнека и внутренней поверхностью корпуса рабочей камеры $\mu_{\text{эф}}''$ определяются по реологическим кривым в зависимости от скоростей сдвига. Скорости сдвига в винтовом канале шнека S' , с^{-1} , и в зазоре между витком шнека и внутренней поверхностью корпуса рабочей камеры S'' , с^{-1} , в зависимости от конструкции зоны стабилизации давления рассчитываются по следующим формулам [1]:

$$S' = \frac{2\pi^2 (D - h) dn}{h \sqrt{4\pi^2 d^2 + (t_n + t_k)^2}}, \quad (5.34)$$

$$S'' = \frac{2\pi^2 D^2 n}{\delta \sqrt{4\pi^2 D^2 + (t_n - t_k)^2}}, \quad (5.35)$$

Мощность электродвигателя привода экструдера фактически больше, так как необходимо учесть потери энергии: на захват и транспортировку твердого материала в зоне загрузки; на продвижение пробки материала, состоящей из смеси твердого и частично расплавленного материала в зоне гомогенизации; на преодоление сил трения осевой реакции в упорном подшипнике; на механические потери в приводе экструдера. Эти потери учитываются коэффициентом полезного действия $\eta_{\text{экс}}$ экструдера ($\eta_{\text{экс}} = 0,4 \dots 0,6$):

$$N_{\text{двиг}} = N_{\text{общ}} / \eta_{\text{экс}}. \quad (5.36)$$

Основные выводы и результаты

1. Разработан рацион с защищенным белком, составляющий 58,19 кг, который усваивается на 95-98 % и обеспечивает повышение питательной ценности и поедаемости комбикормов.

2. Выявлены кинетические закономерности процесса влаготепловой обработки и последующего экструдирования зерновых культур для получения высокоусвояемых комбикормов с использованием защищенного белка для крупного рогатого скота с обоснованием рациональных параметров процесса экструдирования и установлен характер влияния их технологических параметров.

3. Разработана математическая модель неизотермического течения расплава в канале экструдера, которая позволяет определить характер изменения температур расплава зерновых культур по длине рабочей камеры экструдера.

4. Проведенные исследования по определению эффективности потребления разработанных видов высокоусвояемых комбикормов с использованием защищенного белка для кормления крупного рогатого скота показали, что их применение способствует повышению надоев молока на 14–22 %, снижению затрат корма на единицу произведённой продукции на 8-12 % за счет лучшей переваримости питательных веществ; сокращению выбраковки коров в 2 раза за счет улучшения пищеварения.

5. Разработан стандарт организации СТО 9296-540-02068108-2021 (технические условия) «Высокоусвояемые комбикорма с использованием защищенного белка для крупного рогатого скота».

6. Разработана конструкция экструдера, реализующая процесс экструзии зерновых культур при температурах начала реакции Майера для получения высокоусвояемых комбикормов с использованием защищенного белка для крупного рогатого скота.

7. Разработана комплексная технологическая линия производства высокоусвояемых комбикормов с защищенным белком и витаминно-

аминокислотно-энзимным комплексом для крупного рогатого скота, использование которой позволит повысить усвоение комбикорма за счет улучшения вкусовых качеств и питательной ценности протеинового комплекса.

Список литературы

1. Автоматизированное проектирование и расчет шнековых машин: Монография / М. В. Соколов, А. С. Клинков, О. В. Ефремов, П. С. Беляев, В. Г. Однолько. М.: Издательство Машиностроение -1, 2004. – 248 с.
2. Агафонов, В. И. Физиологические потребности в питательных веществах и нормирование питания молочных коров / В. И. Агафонов [и др.] // Справочное руководство. – Боровск, 2000. – 136 с.
3. Александров, А. И. Совершенствование процесса смешивания при производстве высокоусвояемых комбикормов с мультиферментными комплексами: дис. канд. техн. наук. – Воронеж: 2020.
4. Аникин, А. С. Принципы нормирования потребностей в протеине для дойных коров / А. С. Аникин, Р. В. Некрасов, Н. Г. Первов, А. Т. Мысик// Зоотехния. - 2012. - № 9.- С. 5 – 6.
5. Антипов, С. Т. Машины и аппараты пищевых производств. В 3 кн.: учеб. для вузов / С.Т. Антипов, И. Т. Кретов, А. Н. Остриков [и др.]; под ред. акад. РАСХН В.А. Панфилова. – М.: КолосС, 2009.
6. Антипов, С. Т. Научно-технический потенциал агропромышленного производства / С. Т. Антипов // Модернизация существующего и разработка новых видов оборудования для пищевой промышленности: сб. науч. тр. / Воронеж, 1995. – Вып. 5. – С. 4.
7. Аникин, А. А. Научное обоснование способа производства рапсового масла методом прессования с промежуточным экструдированием // Автореферат дисс. канд. техн. наук, Воронеж. – 2017.
8. Афанасьев, В. А. Приоритетные методы тепловой обработки зерновых компонентов в технологии комбикормов : монография / В. А. Афанасьев, А. Н. Остриков // Воронеж, ВГУИТ, 2015. – 336 с.
9. Афанасьев, В. А. Руководство по технологии комбикормов, белково-витаминно-минеральных концентратов и премиксов: В 2 т. – Воронеж, 2008.

10. Афанасьев, В. А. Особенности производства комбикормов с защищенным белком для КРС / В. А. Афанасьев, Л. Н. Фролова, К. А. Сизиков // Матер. LVIII отчет. науч. конф. за 2019 год: В 3 ч. / Воронеж. гос. ун-т инж. технол. Воронеж, ВГУИТ, 2020. Ч. 2. – С. 45-46.
11. Афанасьев, В. А. Теория и практика специальной обработки зерновых компонентов в технологии комбикормов / В. А. Афанасьев. – Воронеж: ВГУ, 2002. - 296 с.
12. Афанасьев, В. А. Разработка мобильной установки для приготовления кормолекарственных смесей / В. А. Афанасьев, А. Н. Остриков, В. Н. Василенко, Л. Н. Фролова // Хранение и переработка сельхозсырья. - 2014. - № 5. – С. 38-40.
13. АПК Информ [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.apk-inform.com>
14. Березин, А. В. Синтез микробного белка в рубце коров при разном отношении растворимой и распадаемой фракции протеина корма в рационе // Сборник материалов IV Межд. научн. конф.: «Актуальные проблемы биологии в животноводстве». - Боровск. : 2006. - С. 18-20.
15. Буряков, Н. П. Оценка полноценности рационов крупного рогатого скота / Н. П. Буряков // Молочная промышленность. – 2014. – №. 7. – С. 19-24.
16. Бравова, Г. Б. Состояние и перспективы производства ферментных препаратов / Г. Б. Бравова. // Материалы I Международного Конгресса «Биотехнология состояние и перспективы развития». - М. : Россия. - 2002. - С. 178-179.
17. Василенко, В. Н. Эксергетический анализ технологических линий по производству функциональных продуктов / В. Н. Василенко, Е. А. Татаренков, Л. Н. Фролова [и др.] // Вестник ВГТА. Серия «Информационные технологии, моделирование и управление». – 2010. – № 1. – С. 19-24.
18. Василенко, В. Н. Создание энергосберегающих смесителей для различных компонентов / В. Н. Василенко, Е. А. Татаренков, Л. Н. Фролова, М.В. Копылов // Вестник машиностроения. – 2010. - № 7. – С. 66-67.

19. Василенко, В. Н. Энерго- и ресурсосберегающие технологии переработки масличных культур: учебное пособие / В. Н. Василенко, Л. Н. Фролова, И.В. Драган. – Воронеж, 2015. - 172 с.

20. Василенко, В. Н. Ресурсосберегающее оборудование нового поколения для переработки масличного сырья / В. Н. Василенко, Л. Н. Фролова, Н. А. Михайлова, И. В. Драган, Д. А. Таркаева // Вестник машиностроения – 2019. № 04 – С. 74-75.

21. Василенко, Л. И. Разработка лечебно-профилактических продуктов с использованием микрокапсулированных биопрепаратов / Л. И. Василенко, А. В. Горбунова, Л. Н. Фролова // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2013. - № 2 - С. 179-181.

22. Василенко, В. Н. Математическое обеспечение процесса экструдирования аномально-вязких сред методами планирования эксперимента / Василенко В. Н., Фролова Л. Н., Дерканосова А. А., Михайлова Н. А., Щепкина А. А., Давыдов А. М. // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2018. – № 3 – С. 37–42.

23. Влияние степени измельчения зерна бобовых на показатели рубцового пищеварения и эффективность использования кормов молодняком крупного рогатого скота / А. Н. Кот [и др.] // Зоотехническая наука Беларуси : сборник научных трудов. - Жодино : НПЦ НАН Беларуси по животноводству, 2017. - Т. 52. - N 1. - С. 260-267.

24. Волков, М. В. Математическая модель процесса смешивания сыпучих материалов в новом устройстве гравитационно-пересыпного действия / М. В. Волков, Л. В. Королев, М. Ю. Таршис // FUNDAMENTAL RESEARCH. 2014. № 9. С. 960 – 964.

25. Воробьева, С. В. Влияние качества протеина и клетчатки кормов на пищеварение у бычков / С. В. Воробьева, В. А. Девяткин, В. Жабанов // Зоотехния. 2001. - № 12. - С. 9-11.

26. Воробьева, С. В. Физиологическое обоснование потребления сухого вещества рационов крупным рогатым скотом в зависимости от содержания

структурных углеводов в кормах: автореферат дис...канд. эконом, наук / С.В. Воробьева. Дубровицы, 2003. - 34 с.

27. Гаганов, А. Применение малокомпонентных кормовых добавок в рационе валухов и дойных коров / А. Гаганов; Н. Григорьев // Кормление с.-х. животных и кормопроизводство. 2006. - № 10. - С.31.

28. Гайдай, И. И. Конверсия протеина и энергии корма в мясную продукцию бычков при использовании экструдированной ржи / И. И. Гайдай // Зоотехния. - 2007. - № 1. - С. 11-12.

29. Галочкина, В. П. Продуктивность интенсивно откармливаемых бычков в зависимости от деградируемости крахмалов в преджелудках / В. П. Галочкина // Зоотехния. 2006. - № 11- С. 9-11.

30. Грудина, Н. В. Повышения эффективности высококонцентрированных белковых кормов путем применения защищающих агентов, снижающих распадаемость, протеина в рубце / Н. В. Грудина, В. И. Луховицкий, Н. С. Алексахин и др. // Доклады РАОХН- 2005. -№ 2. С. 33-35.

31. Грудина, Н. В. Рациональное использование протеина для крупного рогатого скота / Н. В. Грудина // Комбикорма. 2008. - № 3. - С. 73-74.

32. Гукасян, А. В. Моделирование реологических зависимостей процесса экструдирования масличного материала / Гукасян А. В. [и др.] // Новые технологии. – 2019. – № 3.

33. Гукасян, А. В. Изучение реологии масличного материала в процессе экструдирования с помощью методов математического моделирования / Гукасян А. В., Шилько Д. А., Косачев В. С. // MECHANICS, EQUIPMENT, MATERIALS AND TECHNOLOGIES. – 2019. – С. 362-371.

34. Гарус, А. А. Математическое моделирование процесса отжима масличного материала в шнековых прессах //Автореферат дисс. канд. техн. наук, Краснодар. – 2000.

35. Дранников, А. В. Развитие научно - практических основ энерго – и ресурсосберегающих процессов для получения кормовых добавок из растительного сырья: дис... докт. техн. наук / Дранников Алексей Викторович –

Воронеж, 2014. – 345 с.

36. Есаулова, Л. А. Необходимость использования кормовых добавок в рационах высокопродуктивных дойных коров в хозяйствах воронежской области / Л. А. Есаулова // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2017. – № 1 (52). – С. 61-69.

37. Зарипова Л. П. Научные основы рационального использования протеина в животноводстве. Казань.: Фон, 2002. 233 с.

38. Защищенный холин - ХолиПЕРЛ [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.agroprodtech.com/post>

39. Звягин, К. В. Математическая модель процесса смешивания в смесителе интенсивного действия / К. В. Звягин // Известия ТулГУ. Технические науки. 2014. - Вып. 7. с. 108-116.

40. Золотарёв, А. Продуктивность дойных коров при использовании новейшей технологии кормления / Золотарёв А., Седюк И., Золотарёва С. // Научно-технический бюллетень Института животноводства Национальной академии аграрных наук Украины. – 2020. – № 124. – С. 79-88.

41. Зубкова, Т. М. Учет движения материала в канале шнека при математическом моделировании экструдирования растительного сырья / Зубкова Т. М., Насыров А. Ш. // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2003. – №. 1.

42. Зубкова, Т. М. Методические материалы по моделированию и оптимизации одношнековых экструдеров / Зубкова Т.М. // под. ред. Л.П. Карташова. — М. : РАСХН, 2004.-34 с.

43. Зубкова, Т. М. Моделирование геометрических параметров шнека при экструдировании масличного сырья / Зубкова Т. М., Токарева М. А. // Передовые пищевые технологии: состояние, тренды, точки роста. – 2018. – С. 76-83.

44. Зубкова, Т. М. Повышение эффективности работы одношнекового экструдера для производства кормов на основе параметрического синтеза //Автореферат дисс. докт. техн. наук, Оренбург. – 2006.

45. Исследование кинетических закономерностей процесса экструдирования зерновых культур при производстве высокоусвояемых комбикормов с защищенным белком для крупного рогатого скота / В. А. Афанасьев, Л. Н. Фролова, К. А. Сизиков, А. Н. Остриков, В. Н. Василенко // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2021. – т. 83. № 1- С. 1-6.

46. Использование кормовых ферментов при производстве высокоусвояемых комбикормов : монография / А. И. Александров, К. А. Сизиков, А. Н. Остриков, В. Н. Василенко, Л. Н. Фролова // Воронеж. гос. ун-т инж. техн. – Воронеж : ВГУИТ, 2021. – 182 с.

47. Ишмуратов, Х. Г. Качество протеина, переваримость и питательность силоса из гороха и ячменя с консервантом «Вихер» / Х. Г. Ишмуратов, В. М. Косолапов, В. Г. Косолапова // Овцы, козы и шерстяное дело. - 2005. - № 2 - С. 38-40.

48. Кальницкий, Б. Д. Новые разработки по совершенствованию питания молочного скота / Кальницкий Б. Д., Харитонов Е. Л. // Зоотехния, 2001, №11. С. 20-26.

49. Кальницкий, Б. Д. Физиологические биохимические подходы к оценке питательности кормов и нормирования кормления жвачных животных / Кальницкий Б. Д., Харитонов Е. Л. // Сельскохозяйственная биология, 2002, № 4. С. 3-10.

50. Карташов, Л. П. Уточнение математической модели экструдирования кормов в одношнековых прессующих механизмах / Л. П. Карташов, В. Ю. Полищук, Т. М. Зубкова // Техника в сельском хозяйстве. - 1996. - № 2. — С.19-21.

51. Карташов, Л. П. Формирование математической модели движения материала в одношнековом прессующем механизме / Л. П. Карташов, В. Ю. Полищук, Т. М. Зубкова // Техника в сельском хозяйстве. - 1996. — № 5. — С.7-9.

52. Карташов, Л. П. Параметрический синтез технологических объек-

тов АПК / Карташов Л. П., Полищук В. Ю., Зубкова Т. М., Ханин В. П. // Техника в сельском хозяйстве. -1998.-№ 4.-С. 31-34.

53. Карташов, Л.П. Моделирование процесса экструдирования в одношнековых прессующих механизмах / Л. П. Карташов, В. Ю. Полищук, Т. М. Зубкова // Техника в сельском хозяйстве. - 1998. - № 6. - С.12-14.

54. Карташов, Л. П. Учет изменяющейся температуры в математической модели экструдера / Карташов Л. П., Полищук В. Ю., Зубкова Т. М., Ханин В. П. // Техника в сельском хозяйстве. – 2000. – № 1. – С. 12-14.

55. .Киселев, А. А. Математическая модель течения расплава в канале гранулятора / А. А. Киселев, А. А. Аникин, Ю. В. Чернухин // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2016. – № 1 (63). – С.70-73.

56. Киреенко, Н. Расщепляемость протеина и переваримость сухого вещества рапсового жмыха у бычков / Н. Киреенко // Кормление с.-х. животных и кормопроизводство. 2006. - № 8. - С. 45-48.

57. Ковалевская, Ю. Ю. Рубцовое пищеварение у бычков в зависимости от фракционного состава протеина в рационах / Ю. Ю. Ковалевская, С. И. Пентилюк, Н. В. Киреенко, С. А. Ярошевич // Мат-лы 5 Межд. конф., посвящ. 50-летию ВНИИФБиП. - Боровск. 2010. - С.44-45.

58. Компания «Кемин» представляет добавки КЕССЕНТ М (KESSSENT M) и ХолиДЖЕМ (CholiGEM*), расширяя свою линейку продуктов «Незаменимые ингредиенты для КРС» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.dairynews.ru/news/kompaniya-kemin-predstavlyaet-dobavki-kessent-m-ke.html>

59. Косолапов, В. М. Горох, люпин, вика, бобы: оценка и использование в кормлении сельскохозяйственных животных / Косолапов В. М., Фицев А. И., Гаганов А. П. // М. : 2009. - 374 с.

60. Летунович, Е. В. Использование «Защищенного» различными способами протеина корма при кормлении коров / Е. В. Летунович, Н. А. Яцко // Зоотехническая наука Беларуси. – 2012. – Т. 47. – № 2. С. – 148-163.

61. Лысенко, В. П. Оборудование и технологии для производства комбикормов / В. П. Лысенко, С. В. Шабаев. - Сергиев Посад, 2005. – 168 с.
62. Лыткина, Л. И. Математическая модель процесса смешивания полифункциональных композиций в смесителе-грануляторе/ Л. И. Лыткина, С. А. Шевцов, Е. С. Назарьева, Л. Ш. Довтаев // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2013. - № 5. С. 99 – 103.
63. Манжосова, Л. Использование жмыхов масличных культур при откорме / Л. Манжосова, В. Злепкин // Молочное и мясное скотоводство. – 2008. – № 7. – С. 31 – 33.
64. Мануйлов, В. В. Совершенствование процессов производства и использования плющеного зерна в комбикормовом производстве. Дис. канд. техн. наук. – Воронеж: 2019.
65. Математическое моделирование течения аномально-вязких сред в каналах экструдеров : монография / А.Н. Остриков, О.В. Абрамов, В.Н. Василенко, А. С. Попов. - Воронеж: Изд-во ВГУ, 2010. - 237 с.
66. Математическая модель процесса экструзии зерновых культур при неизотермическом течении их расплава до температуры начала реакции Майяра / Афанасьев В. А., Фролова Л. Н., Сизиков К. А., Остриков А. Н., Зобова С. Н. // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2021. – т. 83. № 1- С. 7-12.
67. Материкин, А. М. Определение растворимости, распадаемости и переваримости протеина кормов / А. М. Материкин, Е. Л. Харитонов // Методы исследований питания сельскохозяйственных животных. - Боровск, 1998. - С.132-140.
68. Методические рекомендации по обеспечению расчетов рецептов комбикормовой продукции с целью увеличения потребности в продукции растениеводства, используемой на корм животным. – М. : – 161 с.
69. Мизонов, В. Е. Математическая модель периодического смешивания сыпучих материалов с распределенной подачей сегрегирующего компо-

нента / В. Е. Мизонов, С. В. Крупин, К. А. Шелатонова, Е. А. Баранцева // Химия и химическая технология. 2012. – том 55, вып. 9, с. 94-96.

70. Микаэли, В. Экструзионные головки для пластмасс и резины: Конструкции и технические расчеты / Пер. с англ. Яз.; Под ред. В.П. Володина. – СПб: Профессия, 2007. – 472 с.

71. Милованов, И. Ю. Эффективность использования кормового продукта PassPro Balance в кормлении лактирующих коров / Милованов И. Ю. и др. // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. – 2019. – Т. 8. – №. 2.

72. Моделирование процесса смешивания с одновременным измельчением кормовых смесей / В. Г. Коротков, Е. В. Ганин, С. В. Антимонов, С. Ю. Соловых // Вестник ОГУ. 2004. № 5. С. 138 – 142.

73. Мороз, М. Т. Оптимизация условий кормления высокопродуктивных коров: Методические рекомендации / М. Т. Мороз. – СПб. : 2005. – 57 с.

74. Мотовилов, К. Я. Экспертиза кормов и кормовых добавок / К. Я. Мотовилов, А. П. Булатов, В. М. Поздняковский, Ю. А. Кармацких, Н. Н. Ланцева [и др.]. - СПб. : Лань, 2013. – 558 с.

75. .Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: Справочное пособие. 3-е издание переработанное и дополненное / Под ред. А. П. Калашникова, В. И. Фисинина, В. В. Щеглов, Н. И. Клейменова. М., 2003.-456 с.

76. Новая эра в применении аминокислот [Электронный ресурс]. – URL: <https://info.kemin.com/ru/methionine-nutrition#section2>

77. Остриков, А. Н. Математическое моделирование течения аномально-вязких сред в каналах экструдеров : монография / А. Н. Остриков, О. В. Абрамов, В. Н. Василенко, А. С. Попов. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 2010. – 237 с.

78. Пат. 2740018 Российская Федерация, МПК В01D 53/62, В01D 53/48. Комбинированная технологическая линия производства флокированных хлопьев для стартерных и престартерных комбикормов для молодняка

сельскохозяйственных животных с использованием очищенного биогаза / Афанасьев В.А., Остриков А.Н., Шевцов А.А., Терехина А.В., Филипцов П.В., Богомолов И.С., Сизиков К.А.; заявитель и патентообладатель АО «НПЦ «ВНИИКП». – № 2020101151; заявл. 10.01.2020; опубл. 30.12.2020, Бюл. № 1.

79. Пат. 2292156 Российская Федерация, МПК А23К 1/00, А23К 1/16. Способ выращивания бройлеров / Дроздова Л. И., Литусов Н. В., Лебедева И. А., Садовников Н. В., Кузнецов В. Н., Сизиков А. К., Эйриян С. К., Топорков Н. В., Мотовилов К. Я., Чебыкин А. М., Колчина А. Ф., Колчин Г. А.; заявитель и патентообладатель Уральская Государственная сельскохозяйственная академия (УрГСХА). – № 2005121359; заявл. 07.07.2005; опубл. 27.01.2007, Бюл. № 3.

80. Пат. 2332853 Российская Федерация, МПК А23К 1/00, А23К 1/16, А23К 1/165, А23К 1/175. Способ выращивания цыплят-гипотрофиков / Дроздова Л. И., Лебедева И. А., Садовников Н. В., Маслюк А. Н., Кузнецов В. Н., Сизиков А. К., Эйриян С. К., Топорков Н. В., Мотовилов К.Я., Колчин Г.А., Шацких Е.В., Зеленская О. В., Гайнутдинова Л. Х.; заявитель и патентообладатель Уральская Государственная сельскохозяйственная академия. – № 2006144549; заявл. 13.12.2006; опубл. 10.09.2008, Бюл. № 25.

81. Пат. 2334405 Российская Федерация, МПК А23К 1/00, А23К 1/16, А23К 1/175. Способ повышения сохранности и продуктивности бройлеров / Шацких Е. В., Лебедева И. А., Дроздова Л. И., Котомцев В. В., Эйриян С. К., Топорков Н. В., Зеленская О. В., Макеев О. Г., Сизиков А. К., Колчина А. Ф.; заявитель и патентообладатель Уральская Государственная сельскохозяйственная академия (УрГСХА). – № 2007108439; заявл. 06.03.2007; опубл. 27.09.2008, Бюл. № 27.

82. Пат. 2343713 Российская Федерация, МПК А23К 1/00, А23К 1/16, А23К 1/175. Способ кормления бройлеров в условиях йоддефицита / Шацких Е. В., Лебедева И. А., Дроздова Л. И., Эйриян С. К., Топорков Н. В., Зеленская О. В., Мотовилов К. Я., Кузнецов В. Н., Макеев О. Г., Котомцев В.

В., Сизиков А. К., Цыганова О. С., Бельских О. В., Неволина И. Г., Володина О. Ю.; заявитель и патентообладатель Уральская Государственная сельскохозяйственная академия (УрГСХА). – № 2007116082; заявл. 27.04.2007; опубл. 20.01.2009, Бюл. № 2.

83. Пат. 2328135 Российская федерация, МПК А 23 К 1/00. Способ приготовления комбикорма / А. А. Шевцов, Л. И. Лыткина, А. В. Дранников, Е. С. Шенцова, Р. М. Маджидов, Л. В. Бугакова; заявитель и патентообладатель Воронежская государственная технологическая академия. – № 2007101420/13; заявл. 15.01.2007; опубл. 10.07.2008, Бюл. № 19.

84. Пат. 2644963 Российская федерация, МПК А 23 К 1/00. Экструдированный сухой корм для крупного рогатого скота / Убушаев Б. С., Мороз Н. Н., Натыров А. К., Буваева Д. Д., Болаев Б. К.; заявитель и патентообладатель Калмыцкий государственный университет. – № 2015134883; заявл. 18.08.2015; опубл. 15.02.2018, Бюл. № 5.

85. Пат. 2692593 Российская федерация, МПК А23К50/10. Способ получения комбикорма для крупного рогатого скота / Припоров И. Е.; заявитель и патентообладатель Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина. – № 2018138567; заявл. 31.10.2018; опубл. 25.06.2019, Бюл. № 18.

86. Пат. 2515683 Российская федерация, МПК А23К 1/14. Способ кормления молодняка крупного рогатого скота / Болотова Н. С.; заявитель и патентообладатель государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт рапса Российской академии сельскохозяйственных наук (ГНУ ВНИИ рапса Россельхозакадемии). - № 2011151128/13,; заявл. 14.12.2011; опубл. 20.06.2013, Бюл. № 14.

87. Пат. 2568139 Российская федерация, МПК А23К 1/14. Способ кормления дойных коров / Болотова Н. С. заявитель и патентообладатель Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт рапса Российской академии сельскохозяйственных наук (ГНУ ВНИИ рапса Россельхозакадемии) – № 2013149750/13,; заявл.

06.11.2013; опубл. 20.05.2015, Бюл. № 31.

88. Пат. 2619981 Российская федерация, МПК А23К 10/30, А23К 40/25. Способ производства экструдированного комбикорма с добавкой зеленой массы кормовых трав и экструдер-измельчитель / Пахомов В. И., Брагинец С. В., Бахчевников О. Н., Алфёров А. С., Степанова Ю. В.; заявитель и патентообладатель Аграрный научный центр «Донской» – № 2015135716, заявл. 24.08.2015; опубл. 22.05.2017, Бюл. № 15.

89. Пат. 2688481 Российская федерация, МПК А23К 10/30, А23К 40/25. Способ получения белкового корма для сельскохозяйственных животных в реальном времени / Припоров И. Е.; заявитель и патентообладатель Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина – № 2018124120; заявл. 02.07.2018; опубл. 21.05.2019, Бюл. № 15.

90. Пат. 2693302 Российская федерация, МПК А23К 10/30 (2016.01) А23К 40/25 (2016.01). Способ приготовления комбинированного корма для крупного рогатого скота / Припоров И. Е., Бачу Т. Н.; заявитель и патентообладатель Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина – № 2018138826; заявл. 02.11.2018; опубл. 02.07.2019, Бюл. № 19.

91. Пат. 2322081 Российская федерация, МПК А23К 1/00, А23К 1/22. Способ приготовления корма для жвачных животных / Левахин Г. И., Мангутов Р. Ф., Галиев Б. Х., Мещеряков А. Г., Левахин Ю. И., Щетинина Г. Р., Абдулгазизов Р. Ш., Мокшенинов Е. В., Павленко Г. В., Рахимжанова И. А., Джуламанов К. М.; заявитель и патентообладатель ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт мясного скотоводства Россельхозакадемии – № 2005133299/13; заявл. 28.10.2005; опубл. 20.04.2008, Бюл. № 11.

92. Пат. 2667161 Российская федерация, МПК А23К 40/25, А23К 10/12, А23N 17/00. Способ изготовления кормов путем экструзии биологических и сельскохозяйственных отходов, линия производства для реализации способа и корм, получаемый указанным способом / Зыков В. В., Куценогий П. К.; заявитель и патентообладатель Зыков Вячеслав Валерьевич, Куценогий Петр Константинович, Лалетина Светлана Валерьевна, Цветкова

Ирина Владимировна – № 2017111052,; заявл. 03.04.2017; опубл. 17.09.2018, Бюл. № 26.

93. Пат. 2619981 Российская федерация, МПК А23К 10/30, А23К 40/25. Способ производства экструдированного комбикорма с добавкой зеленой массы кормовых трав и экструдер-измельчитель / Пахомов В. И., Брагинец С. В., Бахчевников О. Н., Алфёров А. С., Степанова Ю. В.; заявитель и патентообладатель Аграрный научный центр «Донской» – № 2015135716, заявл. 24.08.2015; опубл. 22.05.2017, Бюл. № 15.

94. Пат. 2619981 Российская федерация, МПК А23К 10/30, А23К 40/25. Способ производства экструдированного комбикорма с добавкой зеленой массы кормовых трав и экструдер-измельчитель / Пахомов В. И., Брагинец С. В., Бахчевников О. Н., Алфёров А. С., Степанова Ю. В. заявитель и патентообладатель Аграрный научный центр «Донской» – № 2015135716, заявл. 24.08.2015; опубл. 22.05.2017, Бюл. № 15.

95. Первадчук, В. П. Математическая модель и численный анализ процессов теплообмена при плавлении полимеров в пластицирующих экструдерах / В. П. Первадчук, Н. М. Труфанова, В. И. Янков // ИФЖ. 1985. – № 1. – С. 75-78.

96. Петров, И. А. Моделирование процесса шнек-прессового отжима масла из бинарной смеси с учетом нелинейных характеристик материала // Автореферат дисс. канд. техн. наук, Пермь. – 2013.

97. Погосян, Д. Г. Распадаемость протеина в рубце и использование азотистых веществ корма у растущих бычков при химической и барогидротермической обработке кормов / Д. Г. Погосян, В. В. Чудайкин // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2011. – № 2. – С. 79-86

98. Погосян, Д. Г. Использование защищённого протеина в кормлении крупного рогатого скота: монография / Д. Г. Погосян. – Пенза: РИО ПГСХА, 2011. – 142 с.

99. Погосян, Д. Г. Качество протеина в кормах для жвачных животных: монография / Д.Г. Погосян. – Пенза: РИО ПГСХА, 2014. – 110 с.

100. Пономаренко, Ю.А. Безопасность кормов, кормовых добавок и продуктов питания: монография / Ю.А. Пономаренко, В.И. Фисинин, И.А. Егоров. – Минск, 2012. – 864 с.

101. Правила организации и ведения технологических процессов производства продукции комбикормовой промышленности. – Воронеж, 1997. – 134 с.

102. Процессы и аппараты пищевых производств : учебник для вузов / А. Н. Остриков, О. В. Абрамов, А. В. Логинов, Ю. В. Красовитский, В. Н. Василенко; под ред. А. Н. Острикова. Санкт-Петербург, 2012.

103. Пугачев, П. Оптимальные режимы для пресса / П. Пугачев, Н. Левина, Л. Шалаева // Комбикорма. – 2011. – № 5. – С. 48 – 49.

104. Разработка ресурсосберегающей технологии псевдокапсулированных премиксов из отходов масложировой промышленности / Василенко В.Н., Фролова Л.Н., Михайлова Н.А., Сизиков К.А., Драган И.В., Жильцова С.И. // Сборник научных статей по итогам шестой международной научной конференции «Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности». Казань, 2020. С. 38-41.

105. Разработка стартерных комбикормов для крупного рогатого скота / В. А. Афанасьев, А. Н. Остриков, В. Н. Василенко, Л. Н. Фролова, К. А. Сизиков // Кормопроизводство. – 2020. – № 2. – С. 39-42.

106. Разработка высокоэффективной технологии влаготепловой обработки зерна и конструкции кондиционера-пропаривателя / В. А. Афанасьев, А. Н. Остриков, В. В. Мануйлов, А. И. Александров // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2019. - Т. 81. № 1 (79). С. 19-26.

107. Разработка рассыпных комбикормов для поросят на основе микронизированного зернового сырья / В. А. Афанасьев, А. Н. Остриков, В. Н. Василенко, Л. Н. Фролова, А. И. Александров, Н. А. Михайлова // Кормопроизводство. 2019.-№ 512. С. 35-39.

108. Разработка математической модели экструзии зернового белково-клетчатко-крахмалосодержащего сырья на шнековом пресс-экструдере / Д.

В. Мартынова, В. П. Попов, С. Ю. Соловых, С. В. Кишкилёв, В. А. Шахов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – № 1 (63). – 2017. – С. 64-67.

109. Ресурсосберегающая технология экструдированных комбикормов для КРС / К.А. Сизиков, В.Н. Василенко, Л.Н. Фролова // Матер. LIX отчет. науч. конф. за 2020 год: В 3 ч. / Воронеж. гос. ун-т инж. технол. Воронеж, ВГУИТ, 2021. Ч.2. – С. 28.

110. Романов, В. Н. Особенности пищеварительных и обменных процессов у молодняка крупного рогатого скота при включении в рационы «Защищенной» формы карнитина / В. Н. Романов, Н. В. Боголюбова, В. А. Девяткин, В. Н. Гришин, Л. А. Ильина // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. – 2015. – № 1. – С. 35-42.

111. Рядчиков, В. Г. Изучение влияния защищенных от распада в рубце лизина и метионина, на показатели молочной продуктивности и здоровья высокопродуктивных коров / Рядчиков В. Г. и др. //Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2020. – №. 155.

112. Саткеева, А. Б. Выращивание телят с использованием сухого защищенного жира «Нутракор» / А. Б. Саткеева, Л. Г. Дзюба //Международный научно-исследовательский журнал. – 2017. – №. 12-3 (66).

113. Сабиров, С. Р. Влияние экструдированного энерго-протеинового корма на молочную продуктивность коров / С. Р. Сабиров и др. // Ветеринарный врач. – 2016. – №. 5.

114. Сварич Д.А. Влияние распадаемости (растворимости) сырого протеина кормов на молочную продуктивность коров: автореф. дис. канд. с.-х. наук. Ставрополь, 2003. 24 с.

115. Седюк, И. Е. Влияние защищенного от расщепления в рубце протеина и незаменимых аминокислот на продуктивность и качество молока коров / И. Е. Седюк и др. //Научно-технический бюллетень Института живот-

новодства Национальной академии аграрных наук Украины. – 2019. – № 122. – С. 190-197.

116. Создание экологически безопасной технологии для производства комбикормов с использованием биогаза, получаемого при переработке отходов животноводческих комплексов / В.Н. Василенко, В.А. Афанасьев, Л.Н. Фролова, Н.А. Михайлова, И.В. Драган, К.А. Сизиков // Сборн. статей Междунар. науч.-техн. конф. «Инженерия перспективного продовольственного машиностроения на основе современных технологий», посвященной 90-летию ФГБОУ ВО «ВГУИТ» и памяти Н.Г. Славянова –создателя технологии электродуговой сварки. - Воронеж. гос. ун-т инж. технол. – Воронеж : ВГУИТ, 2020. – 555 с.

117. Соколов, М. В. Автоматизированное проектирование и расчет шнековых машин / М.В. Соколов, А.С. Клинков, О.В. Ефремов и др. – М.: Машиностроение-1, 2004. – 248 с.

118. Скульский, О. И. Разработка методов расчета одно - и двухчервячных машин для полимеров и дисперсных систем с учетом гидромеханических, тепловых и ориентационных явлений: Дис...докт. техн. наук / Перм. гос. техн. ун-т. – Пермь, 1992. – 322 с.

119. Статья Р. «Защищенный» протеин в рубце на 90 % //Аграрная наука. – 2019. – №. 1. – С. 31-31.

120. Таранович, А. «Защищенные» жиры и белки в кормлении высокопродуктивных коров / А. Таранович // Молочное и мясное скотоводство. – 2010. – № 4. – С. 18-20.

121. Тадмор, З. Теоретические основы переработки полимеров: Пер. с англ. /З. Тадмор, К. Гогос; Под ред. Р.В. Торнера. – М.: Химия, 1984. – 632 с.

122. Торнер, Р.В. Оборудование заводов по переработке пластмасс / Р.В. Торнер, М.С. Акутин. – М.: Химия, 1986. – 400 с.

123. Труфанова, Н. М. Решение пространственной задачи тепломассообмена в сужающемся канале пластицирующего экструдера / Н.М. Труфанова, Л.А. Ковригин, И.Э. Володарская и др. // Тепломассообмен ММФ – 92:

Сб. докл. II-го междунар. форума. 18 - 22 мая 1992 г. – Минск, 1992. – С. 12-16.

124. Турчинский, В. В. Определение растворимости и распадаемости протеина кормов (Методические указания) / В. В. Турчинский, Н. В. Курилов, А. И. Фицев и др. // Боровск.-1987.-12 с.

125. Трухачев, В. И. Продуктивность и качество молока при скармлировании защищенного протеина сои в рационах высокопродуктивных коров / В. И. Трухачев, М. М. Эбзеев // Обеспечение продовольственной безопасности России. «Если не мы, то кто?!» – Курск, 2010. – С. 286–287.

126. Фицев, А. И. Эффективность использования сбалансированных кормов в рационах сельскохозяйственных животных / А. И. Фицев, Ф. В. Воронкова, С. С. Алимбеков // Тр. ВНИИ кормов, 2001. С. 180-186.

127. Харитонов, Е. Л. Методические и инструментальные подходы к изучению физиологических и биохимических процессов образования конечных продуктов переваривания у продуктивных жвачных животных // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2008. – № 4. – С. 42-71.

128. Харитонов, Е. Л. Принципы расчета образования субстратов и метаболитов в желудочно-кишечном тракте жвачных животных / Е. Л. Харитонов, А. М. Матеркин // Доклады РАСХН. – 2001. – 3: 33-37.

129. Харитонов, Е. Л. Профилактика нарушений рубцового пищеварения у растущих бычков молочных пород / Е. Л. Харитонов, К. С. Остренко, В. О. Лемешевский // Ветеринария. – 2020. – № 9. – С. 50-55.

130. Харитонов, Е. Л. Оптимальное кормление высокопродуктивных молочных коров / Е.Л. Харитонов // Кормление с.-х. животных и кормопроизводство. 2007. - № 10. - С. 28-31.

131. Харитонов, Н. Д. Оценка белковой и аминокислотной питательности кормов / Н. Д. Харитонов, Е. Л. Мыслик и др. // Отчет по хоздоговорной теме; Боровск, 17 марта 2008 г. Боровск, 2008. - 7 с.

132. Хобин, В. А. Имитационная математическая модель процесса экструдирования биополимеров как объекта управления / В. А. Хобин, В. Б.

Егоров // Наукові праці [Одеської національної академії харчових технологій]. – 2010. – №. 38 (1). – С. 386-399.

133. Чуприна, Е. Г. Изучение кормового продукта PassPro Balance с низкой распадаемостью белка в рубце в кормлении новотельных коров / Е. Г. Чуприна и др. // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. – 2019. – Т. 8. – № 3. – С. 83-87.

134. Чуприна, Е. Г. Кормовой продукт в рационах новотельных коров, состоящий из защищенного соевого и подсолнечного белка / Чуприна Е. Г., Власов А. Б., Юрин Д. А., Юрина Н. А. // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2020. – № 10 (183). – С. 24-32.

135. Чуприна, Е. Г. Эффективность кормовой добавки с высокой степенью защищенности протеина в кормлении новотельных коров / Е. Г. Чуприна и др. // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2021. – № 1. – С. 134-141.

136. Шинкарева, С. Л. Эффективность использования экструдированного пищевого концентрата в составе комбикорма КР-1 в рационах телят / С. Л. Шинкарева // Технология кормов и кормления, продуктивность. – 2012. – С. 323.

137. Щербинин, С. Применение защищенного соевого белка в рационах высокопродуктивных коров / С. Щербинин // Главный зоотехник. – 2006. – №. 4. – С. 44-45.

138. Янков, В. И. Процессы переработки волокнообразующих полимеров (Методы расчета) / В.И. Янков, В.П. Первадчук, В.И. Боярченко. – М. : Химия, 1989. – 320 с.

139. Armentano, L.E., Bertics, S.J., Ducharme, G.A. Response of Lactating Cows to Methionine or Methionine Plus Lysine Added to High Protein Diets Based on Alfalfa and Heated Soybeans (1997) Journal of Dairy Science, 80 (6), pp. 1194-1199.

140. Abe M., Yamazaki K., Kasahara K. Absence of limiting amino acids in calves fed a corn and soybean meal diet past three months of age // J. Anim. Sci. –

1999. – Vol. 77. – P. 769-779.

141. Batistel, F., Arroyo, J.M., Bellingeri, A., Wang, L., Saremi, B., Parys, C., Trevisi, E., (...), Loor, J.J. Ethyl-cellulose rumen-protected methionine enhances performance during the periparturient period and early lactation in Holstein dairy cows (2017) *Journal of Dairy Science*, 100 (9), pp. 7455-7467.

142. Beermann D.H., Robinson T.F., Knaus W.F., Fox D.G. Formulation of protein supplements to provide ideal amounts of absorbed amino acids in growing cattle // *Proc. Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers*. – Cornell University, Ithaca, NY. 1997. – P. 172-180.

143. Bethard G.L., James R.E., McGilliard M.L. Effect of rumen-undegradable protein and energy on growth and feed efficiency of growing holstein heifers // *J. Dairy Sci.* – 1997. – Vol. 80. – P. 2149-2155.

144. Bequette, B.J., Backwell, F.R.C., Crompton, L.A. Current Concepts of Amino Acid and Protein Metabolism in the Mammary Gland of the Lactating Ruminant (Открытый доступ) (1998) *Journal of Dairy Science*, 81 (9), pp. 2540-2559.

145. Bodine T.N., Purvis H.T. Effects of supplemental energy and/ or degradable intake protein on performance, grazing behavior, intake, digestibility, and fecal and blood indices by beef steers grazed on dormant native tall grass prairie // *J. Anim. Sci.* – 2003. – Vol. 81. – No. 1. – P. 304-317.

146. Davidson, S., Hopkins, B.A., Odle, J., Brownie, C., Fellner, V., Whitlow, L.W. Supplementing limited methionine diets with rumen-protected methionine, betaine, and choline in early lactation Holstein cows (2008) *Journal of Dairy Science*, 91 (4), pp. 1552-1559.

147. Vyas, D., Erdman, R.A. Meta-analysis of milk protein yield responses to lysine and methionine supplementation (2009) *Journal of Dairy Science*, 92 (10), pp. 5011-5018.

148. Kidd, M.T., Ferket, P.R., Garlich, J.D. Nutritional and osmoregulatory functions of betaine (1997) *World's Poultry Science Journal*, 53 (2), pp. 135-139.

149. Rulquin, H., Pisulewski, P.M., Vérité, R., Guinard, J. Milk production

and composition as a function of postruminal lysine and methionine supply: a nutrient-response approach (1993) *Livestock Production Science*, 37 (1-2), pp. 69-90.

150. Rauwendaal, Chris. *Polymer extrusion/ Chris Rauwendaal. – 2., repr. ed. – Munich etc.: Hanser, Cop. 1990. – 568 c.*

151. Ratriyanto, A., Mosenthin, R., Bauer, E., Eklund, M. Metabolic, osmoregulatory and nutritional functions of betaine in monogastric animals (2009) *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 22 (10), pp. 1461-1476.

152. Peterson, S.E., Rezamand, P., Williams, J.E., Price, W., Chahine, M., McGuire, M.A. Effects of dietary betaine on milk yield and milk composition of mid-lactation Holstein dairy cows (2012) *Journal of Dairy Science*, 95 (11), pp. 6557-6562.

153. Wang, B., Wang, C., Guan, R., Shi, K., Wei, Z., Liu, J., Liu, H. Effects of dietary rumen-protected betaine supplementation on performance of postpartum dairy cows and immunity of newborn calves (2019) *Animals*, 9 (4), art. no. 167.

154. Zhang, L., An, W.J., Lian, H., Zhou, G.B., Han, Z.Y., Ying, S.J. Effects of dietary betaine supplementation subjected to heat stress on milk performances and physiology indices in dairy cow(2014) *Genetics and Molecular Research*, 13 (3), pp. 7577-7586.

155. Sun, H.-Z., Wang, D.-M., Wang, B., Wang, J.-K., Liu, H.-Y., Guan, L.L., Liu, J.-X. Metabolomics of four biofluids from dairy cows: Potential biomarkers for milk production and quality (2015) *Journal of Proteome Research*, 14 (2), pp. 1287-1298.

156. Xu, C.Z., Wang, H.F., Yang, J.Y., Wang, J.H., Duan, Z.Y., Wang, C., Liu, J.X., Lao, Y. Effects of feeding lutein on production performance, antioxidative status, and milk quality of high-yielding dairy cows (2014) *Journal of Dairy Science*, 97 (11), pp. 7144-7150.

157. Wang, C., Liu, H.Y., Wang, Y.M., Yang, Z.Q., Liu, J.X., Wu, Y.M., Yan, T., (...), Ye, H.W. Effects of dietary supplementation of methionine and lysine on milk production and nitrogen utilization in dairy cows (2010) *Journal of Dairy Science*, 93 (8), pp. 3661-3670.

158. Watanabe, K., Fredeen, A.H., Robinson, P.H., Chalupa, W., Julien, W.E., Sato, H., Suzuki, H., (...), Obara, Y. Effects of fat coated rumen bypass lysine and methionine on performance of dairy cows fed a diet deficient in lysine and methionine (2006) *Animal Science Journal*, 77 (5), pp. 495-502.

159. Fernández, C., Sánchez-Seiquer, P., Sánchez, A., Contreras, A., De La Fuente, J.M. Influence of betaine on milk yield and composition in primiparous lactating dairy goats (2004) *Small Ruminant Research*, 52 (1-2), pp. 37-43.

160. Monteiro, A.P.A., Bernard, J.K., Guo, J.-R., Weng, X.-S., Emanuele, S., Davis, R., Dahl, G.E., (...), Tao, S. Effects of feeding betaine-containing liquid supplement to transition dairy cows (2017) *Journal of Dairy Science*, 100 (2), pp. 1063-1071.

161. Hall, L.W., Dunshea, F.R., Allen, J.D., Rungruang, S., Collier, J.L., Long, N.M., Collier, R.J. Evaluation of dietary betaine in lactating Holstein cows subjected to heat stress (2016) *Journal of Dairy Science*. – 99 (12). – pp. 9745-9753.

162. Saeed, M., Babazadeh, D., Naveed, M., Arain, M.A., Hassan, F.U., Chao, S. Reconsidering betaine as a natural anti-heat stress agent in poultry industry: a review (2017) *Tropical Animal Health and Production*. – 49 (7). – pp. 1329-1338.

163. Liang, M., Wang, Z., Li, H., Cai, L., Pan, J., He, H., Wu, Q., (...), Yang, L. L-Arginine induces antioxidant response to prevent oxidative stress via stimulation of glutathione synthesis and activation of Nrf2 pathway (2018) *Food and Chemical Toxicology*. – 115. – pp. 315-328.

164. Campbell C.G., Titgemeyer E.C., St-Jean G. Sulfur amino acid utilization by growing steers // *J. Anim. Sci.* – 1997. – Vol. 75. – P. 230-238.

165. Cole N.A., Greene L.W., McCollum F.T., Montgomery T., McBride K. Influence of oscillating dietary crude protein concentration on performance, acid-base balance, and nitrogen excretion of steers // *J. Anim. Sci.* – 2003. – Vol. 81. – No. 11. – P. 2660-2668. 99

166. Dhiman T.R., Satter L.D. Effect of ruminally degraded protein on pro-

tein available at the intestine assessed using blood amino acid concentrations // *J. Anim. Sci.* – 1997. – Vol. 75. – P. 1674-1680.

167. Huntington G., Poore M., Hopkins B., Spears J. Effect of ruminal protein degradability on growth and N metabolism in growing beef steers // *J. Anim. Sci.* – 2001. – Vol. 79. – P. 533-541.

168. Kaufman W., Luppig W. Protected proteins and protected amino acids for ruminants // In: Protein contribution of feedstuffs for ruminants. – London: Butterworth's, 1982. – P. 36-75.

169. Kim K.H., Choung J.J., Chamberlain D.G. Effects of varying the degree of synchrony of energy and nitrogen release in the rumen on the synthesis of microbial protein in lactating dairy cows consuming a diet of grass silage and a cereal-based concentrate // *J. Sci. Food. Agric.* – 1999. – Vol. 79. – P. 1441-1447.

170. Loe E.R., Bauer M.L., Lardy G.P. Grain source and processing in diets containing varying concentrations of wet corn gluten feed for finishing cattle // *J. Anim. Sci.* – 2006. – Vol. 84. – P. 986-996.

171. Loest C.A., Titgemeyer E.C., Lambert B.D., Trater A.M. Branched-chain amino acids for growing cattle limit-fed soybean hull-based diets // *J. Anim. Sci.* – 2001. – Vol. 79. – P. 2747-2753.

172. Ludden P.A., Kerley M.S. Amino acid and energy interrelationships in growing beef steers: 1. The Effect of level of feed intake on ruminal characteristics and intestinal amino acid flows // *J. Anim. Sci.* – 1997. – Vol. 75. – P. 2550-2560.

173. McAllan A.B., Smith R.M. Factors influencing the digestion of dietary carbohydrates between the mouth and abomasums of steers // *Brit. J. Nutr.* – 1983. – Vol. 50. – P. 445-454.

174. Orskov E.R., Meehan D.E., MacLeod N.A., Kyle D.J. Effect of supply on fasting nitrogen excretion and effect of level and type of volatile fatty acid infusion on response to protein infusion in cattle // *Brit. J. Nutr.* – 1999. – Vol. 81. – P. 389-393.

175. Orskov E.R., McDonald J.I. The estimation of protein degradation in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage //

Agric. Sci. – 1979. – Vol. 92. – No. 2. – P. 409-503.

176. Pathak A.K. Various factors affecting microbial protein synthesis in the rumen // *Veterinary World*. – 2008. – Vol. 1. – No. 6. – P. 186-189.

177. Valkeners D., Thewis A., Amant S. Beckers Y. Effect of various levels of imbalance between energy and nitrogen release in the rumen on microbial protein synthesis and nitrogen metabolism in growing doublemuscled Belgian Blue bulls fed a corn silage-based diet // *J. Anim. Sci.* – 2006. – Vol. 84. – P. 877-885.

178. Voigt J., Piatkowsky B., Engelmann M. et. al. Measurement of the postruminal digestibility of crude protein by the bag technique in cows // *Arch. Tierernähr.* – 1985. – Vol. 35. – No. 8. – P. 555-562.

ПРИЛОЖЕНИЯ

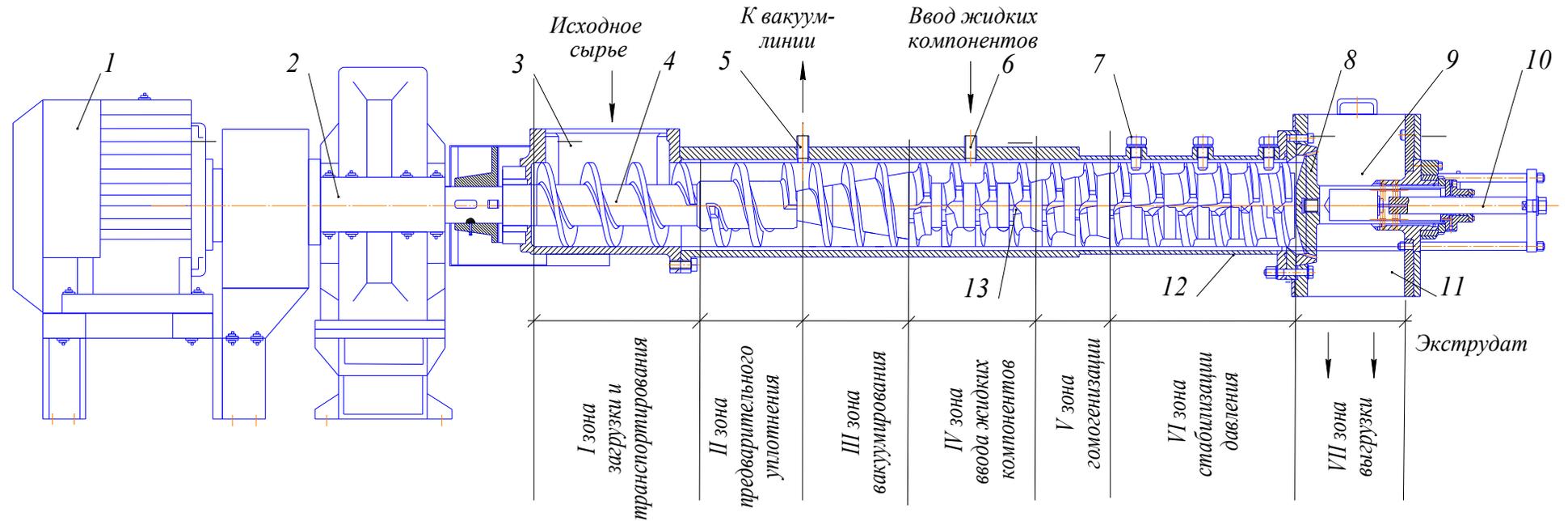


Рисунок 1 – Экструдер: 1 – электродвигатель, 2 – редуктор, 3 – загрузочный бункер, 4 – комбинированный шнек, 5 – патрубок для соединения с вакуум-линией, 6 – патрубок для ввода жидких компонентов, 7 – регулировочные болты, 8 – матрица, 9 – разгрузочная камера для выхода экструдата, 10 – регулировочный шток, 11 – выгрузочный лоток, 12 – рабочая камера, 13 – прорези

В конце I зоне загрузки и транспортирования виток шнека имеет разрыв, после которого на валу шнека выполнена кольцевая дорожка постоянного диаметра. Назначение разрыва витка шнека состоит в том, что он способствует дополнительной турбулизации транспортируемого потока при перемещении продукта из I зоны загрузки и транспортирования во II зону предварительного уплотнения. В связи с тем, что во II зоне вал шнека 4 имеет постоянный, но больший, чем в I зоне загрузки и транспортирования диаметр и толщина витков увеличена, то происходит уменьшение рабочего объема межвиткового пространства вдоль шнека 4. Из-за того, что в этой зоне вал шнека имеет постоянный, но больший, чем в I зоне загрузки и транспортирования диаметр, т. е. происходит уменьшение объема межвиткового пространства, то продукт начинает уплотняться, вытесняя воздух. Вследствие этого обрабатываемый продукт уплотняется и сжимается. Одновременно с помощью патрубка 5, соединенного с вакуум-линией, в III зоне создается область пониженного давления (вакуум) и из нее удаляется воздух. Из-за разрыва витка шнека в конце II зоны и уменьшения диаметра вала в начале III зоны вакуумирования созданы оптимальные условия для удаления воздуха. Из-за того, что диаметр вала шнека 4 в ней выполнен конусным (постоянно увеличивающимся), то происходит сжатие продукта. В результате уменьшения свободного объема витков по ходу движения материала, вследствие уменьшения шага и увеличения диаметра вала от начала к концу шнекового вала 4, материал подвергается сжатию. При этом в материале возникает давление. Из III зоны вакуумирования продукт перемещается в IV зону ввода жидких компонентов, в которой диаметр вала и шаг витков постоянны, а в витках шнека 4 выполнены прорези 13. Одновременно через патрубок 6, расположенный в корпусе в начале этой зоны, вводятся жидкие компоненты.

В дальнейшем продукт перемещается в V зону гомогенизации. Вследствие того, что в V зоне гомогенизации диаметр вала шнека конусным (постоянно увеличивающимся), то давление в ней увеличивается, что приводит к расплавлению мелких включений. Расплав интенсивно перемешивается при

помощи шнека 4 и турбулизирует поток.

Во второй зоне стабилизации происходит повторное выравнивание давления и температурных полей материала. Третья зона сжатия позволяет получить необходимое конечное давление продукта, за счет уменьшения шага витков шнека. При дальнейшем перемещении продукта в VI зону стабилизации давления из-за того, что диаметр вала постоянен и имеет максимальный размер, происходит стабилизация давления.

Выполненные после разрыва на валу шнека 4 кольцевые дорожки постоянного диаметра предназначены для перемещения в радиальном направлении регулировочных болтов 7. Болты 7 при закручивании входят в межвитковое пространство VI зоны рабочей камеры 12, заполняя пространство над кольцевой дорожкой, при этом происходит уменьшения объема винтового канала, что в свою очередь приводит к возрастанию давления перемещаемого потока.

В витках шнека 4 в этой зоне выполнены прорезы 13, между которыми на валу шнека выполнены кольцевые дорожки 16. Продукт, проходя через прорезы 13 в витках шнека, турбулизируется. Регулировочные болты 7, находящиеся над кольцевыми дорожками, при перемещении в радиальном направлении изменяют объем винтового канала, что в свою очередь приводит к возрастанию (при закручивании болтов 7) или уменьшению (при откручивании болтов 7) давления транспортируемого потока продукта.

Экструдированный материал на выходе из рабочей камеры 12 встречается с устройством 10, регулирующим толщину выходной щели с помощью подвижной матрицы 8. Регулировочное устройство 10 обеспечивает регулирование давления в рабочей камере 12 экструдера. Во VI зоне стабилизации давления окончательно образуется расплав однородный по структуре и температуре, наличие прорезей в витках шнека 4 способствует прохождению продукта и выдавливанию через матрицу 8.

Геометрические размеры прорезей 13 в витках шнека 4 в IV, V и VI зонах, а также количество, шаг расположения и диаметр регулировочных бол-

тов 7 в VI зоне стабилизации давления, зависят от свойств перерабатываемого материала и технологического режима переработки. С помощью регулировочного штока 10, расположенного в устройстве для регулирования величины выходного зазора, регулируется и устанавливается требуемая величина давления в VI зоне. При выходе из экструдера в разгрузочную камеру 9 в результате большого перепада давления гомогенная масса вспучивается (происходит ее взрыв). Вследствие желатинизации крахмала, деструкции целлюлозно-лигнинных образований значительно улучшается его пищевая ценность.

Готовый продукт удаляется из камеры 9 по выгрузочному лотку 11.

Предлагаемый экструдер имеет следующие преимущества: процесс экструдирования в нем адаптирован в соответствии с основными кинетическими закономерностями процесса экструзии; получение экструдата с заданным химическим составом за счет использования регулируемого давления по длине рабочей камеры 12; возможность улучшения качества экструдата за счет вакуумирования и ввода жидких термолабильных компонентов и применения более мягких, «щадящих» температурных режимов и равномерной обработки; экструдирование различного сырья за счет плавного, постепенного возрастания температуры и давления со ступенчатой их стабилизацией, необходимой для протекания физико-химических изменений основных компонентов продуктов; универсализация экструдера, т. е. использование его при экструдировании различных продуктов растительного или животного происхождения.

Представители АО «НПЦ «ВНИИКП»:

начальник отдела разработки новых технологий,
оборудования и конструкторских работ

Нестеров Д.А.

Представители ФГБОУ ВО ВГУИТ:

д.т.н., профессор

Афанасьев В.А.

д.т.н., профессор

Остриков А.Н.

д.т.н., профессор

Фролова Л.Н.

экстерн

Сизиков К.А.

СТО 9296-540-02068108-2021

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
(ФГБОУ ВО «ВГУИТ»)



СТАНДАРТ
ОРГАНИЗАЦИИ

СТО 9296-540-02068108-2021



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной и инновационной
деятельности ФГБОУ ВО «Воронежский
государственный университет
инженерных технологий», д.б.н., проф.

О.С. Корнеева

«02» / 02 2021 г.

ВЫСОКОУСВОЯЕМЫЕ КОМБИКОРМА С ЗАЩИЩЕННЫМ БЕЛКОМ ДЛЯ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

РАЗРАБОТАНО

Профессор кафедры ТХКМиЗП
ФГБОУ ВО ВГУИТ, д.т.н., профессор
В.А. Афанасьев

Заведующий кафедрой ТЖ, ПАХПП
ФГБОУ ВО ВГУИТ, д.т.н., проф.
А.Н. Остриков

Профессор кафедры ТЖ, ПАХПП
ФГБОУ ВО ВГУИТ, д.т.н., доцент
Л.Н. Фролова

Экстерн кафедры ТХКМиЗП
ФГБОУ ВО ВГУИТ,
К.А. Сизиков

Воронеж

АКТ
сдачи-приемки выполненных работ (этапа работ)
 к Договору от «12» октября 2020 г. №19

«13» ноября 2020 год

ОАО «Богдановичский комбикормовый завод» именуемое в дальнейшем заказчик, в лице Генерального директора – Сизикова Константина Анатольевича, действующего на основании Устава и Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр животноводства - ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста» (ФГБНУ ФНЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста) именуемое в дальнейшем «Исполнитель», в лице директора филиала - Всероссийского научно-исследовательского института физиологии, биохимии и питания животных – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста» (ВНИИФБиП) Харитонов Евгений Леонидовича, действующего на основании доверенности от 14.12.2017 года, реестровый номер 3-1527, составили настоящий акт к договору на выполнение научно-исследовательских работ от 12 октября 2020 года №19 (далее соответственно – Акт, Договор) о нижеследующем:

1. Исполнитель выполнил научно-исследовательские работы по теме: «Проведение анализов по определению распадаемости и переваримости кормовых добавок» (далее – Работы), а Заказчик принял указанные Работы и полученные в ходе его выполнения результаты, а именно:

№	Результат Работ (этапа Работ)	Материальный носитель, в котором выражен результат Работ (этапа Работ)
1.	Научный отчет по теме: «Проведение анализов по определению распадаемости и переваримости кормовых добавок»	Печатная форма в 2 экземплярах, а также в электронном виде

2. Работы по Договору НДС не облагаются на основании подпункта 16 пункта 3 статьи 149 Налогового кодекса Российской Федерации.

3. Общая стоимость работ по Договору составляет 100000 рублей 0 копеек.

4. Стоимость фактически выполненных работ по Договору составляет 50000 рублей 0 копеек.

5. Размер выплаченного аванса по Договору 0 рублей 0 копеек.

6. Выполненные Работы (этап Работ) подлежат оплате в порядке, указанном в пункте 3.2 Договора и на основании данного Акта в сумме 50000 рублей 0 копеек.

7. Исключительное право и право на получение патента, указанные в пункте 6.1 Договора, принадлежат Заказчику с момента подписания Сторонами Акта.

8. Выполненные Работы (этапы Работ) отвечают условиям Договора, полученные результаты Работы отвечают условиям Договора, требованиям, предъявляемым к их содержанию, и оформлены надлежащим образом.

9. Заказчик осуществил проверку результатов Работы (этапов Работ) и принимает выполненные Работы и указанные результаты Работ без замечаний, в полном объеме.

«Передал»



Е.Л. Харитонов/

«Принял»



2020 г.

Федеральное агентство научных организаций



ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ФИЗИОЛОГИИ, БИОХИМИИ И ПИТАНИЯ
ЖИВОТНЫХ – филиал ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО НАУЧНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ЖИВОТНОВОДСТВА – ВИЖ ИМЕНИ АКАДЕМИКА Л.К.
ЭРНСТА» (ВНИИФБиП)

249013, Калужская область, г. Боровск, пос. Институт
Тел: (495) 996-34-15; (48438) 4-30-26 факс 4-20-88
e-mail: bifip@kaluga.ru, http://www.bifip.ru
ИНН/КПП 5074000646/400343001
ОГРН 1035011450913 ОКПО 19082288

Генеральному директору ОАО
«Богдановичский комбикормовый
завод»
Сизикову К.А.

Исх. № 212а от « 16 » 11 2020 г.

Протокол испытаний

Согласно договору №19 от 12 октября 2020г в лаборатории физиологии пищеварения ВНИИФБиП проведена оценка содержания распадаемого и переваримого нераспадаемого протеина в пяти образцах кормового средства. Исследования проведены на оперированных коровах. Определение распадаемости сырого протеина (СП) и сырого жира (СЖ) кормов рациона проводили методом in sacco, путем инкубации в рубце образцов кормов в нейлоновых мешочках в рубце. Инкубацию проводили в течении 12 часов. Переваримость определяли методом мобильных мешочков, путем выдерживания остатка корма после инкубации в рубце в растворе солянокислого пепсина в течении 1.5 часов и последующем помещении в 12-ти перстную кишку и извлечении мешочков из кала (Методы исследования питания сельскохозяйственных животных. Боровск, 1998).

В образцах кормов до и после инкубации определяли содержание сырого протеина по Кьельдалю.

Характеристика исследованных кормов

№№ Обра зца	Содержание протеина, г/100г натур. корма	Показатели			
		Распадаемость за 12 часов инкубации, %		Переваримость нераспавшегося части в кишечнике, %	
		СВ	СП	СВ	СП
1	34,0625	74,8	82,94	51,2	74,8
2	38,5	75,5	82,04	48,9	75,5
3	38,6875	63,9	70,63	40,65	63,9
4	37,8125	62,2	71,47	46,4	62,2
5	37,8125	74,2	83,88	50,2	74,2

Примечание:

Настоящий протокол действителен только на данные образцы.

Директор ВНИИФБиП



Е.Л. Харитонов



Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
 «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр
 Уральского отделения Российской академии наук»
 ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН
 Отдел ветеринарно-лабораторной диагностики
 с испытательной лабораторией
 620142, г.Екатеринбург, ул.Белинского, 112а, а/я 269
 Тел.: (343) 257-20-44; 257-78-71; 257-79-71 Факс.(343) 257-32-75; 257-82-63
 E-mail: info@urnivi.ru

Всего листов 1
 Лист 1

ЭКСПЕРТИЗА

№ 487 от 12.03.2021 г.

1. Объект испытаний: жмых рапсовый (образец № 1), дата выработки – 02.03.2021 г.
2. Фактическое место проведения испытания: г. Екатеринбург, ул. Белинского, 112а (литер Л)
3. Основание для проведения испытаний
- 3.1. Наименование и реквизиты документа: сопроводительная
- 3.2. Заказчик: ОАО «Богдановичский комбикормовый завод», Богдановичский р-н, г. Богданович, ул. Степана Разина, 64
4. Дата проведения испытаний: 04.03.2021 г.-12.03.2021 г.
5. Образцы для испытаний
- 5.1. Место отбора образцов, дата и номер акта отбора: ОАО «БККЗ»
- 5.2. Количество и регистрационные номера образцов продукции: № 487, 1 образец, 1,0 кг
6. Цель испытаний: производственный контроль
7. Результаты испытаний:

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Наименование НД на метод испытаний	Результат	Погрешность ±Δ
1	Массовая доля влаги	%	ГОСТ Р 54705-2011, п.5	7,9	0,3
2	Массовая доля сырого протеина в пересчете на абсолютно сухое вещество	%	ГОСТ 13496.4-2019, п.8	37,32	-
3	Массовая доля сырой клетчатки в СВ	%	ГОСТ 31675-2012, п.6	9,7	1,4
4	Массовая доля сырого жира на а.с.в.	%	ГОСТ 13496.15-2016, п.9	10,13	0,88

Примечание: данная экспертиза испытаний касается только образцов, подвергнутых этим испытаниям. Запрещается частичное копирование, перепечатка экспертизы без разрешения ОВЛД с ИЛ.

Заведующий ОВЛД с ИЛ



А.В. Лысов

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
 «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр
 Уральского отделения Российской академии наук»
 ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН
 Отдел ветеринарно-лабораторной диагностики
 с испытательной лабораторией
 620142, г. Екатеринбург, ул.Белинского, 112а, а/я 269
 Тел.: (343) 257-20-44; 257-78-71; 257-79-71 Факс.(343) 257-32-75; 257-82-63
 E-mail: info@urnivi.ru

Всего листов 1
 Лист 1

ЭКСПЕРТИЗА

№ 488 от 12.03.2021 г.

1. Объект испытаний: шрот рапсовый (образец № 2), дата выработки – 02.03.2021 г.
2. Фактическое место проведения испытания: г. Екатеринбург, ул. Белинского, 112а (литер Л)
3. Основание для проведения испытаний
- 3.1. Наименование и реквизиты документа: сопроводительная
- 3.2. Заказчик: ОАО «Богдановичский комбикормовый завод», Богдановичский р-н, г. Богданович, ул. Степана Разина, 64
4. Дата проведения испытаний: 04.03.2021 г.-12.03.2021 г.
5. Образцы для испытаний
- 5.1. Место отбора образцов, дата и номер акта отбора: ОАО «БККЗ»
- 5.2. Количество и регистрационные номера образцов продукции: № 488, 1 образец, 1,0 кг
6. Цель испытаний: производственный контроль
7. Результаты испытаний:

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Наименование НД на метод испытаний	Результат	Погрешность ±Δ
1	Массовая доля влаги	%	ГОСТ Р 54705-2011, п.5	11,0	0,3
2	Массовая доля сырого протеина в пересчете на абсолютно сухое вещество	%	ГОСТ 13496.4-2019, п.8	41,38	-
3	Массовая доля сырой клетчатки в СВ	%	ГОСТ 31675-2012, п.6	10,2	1,4
4	Массовая доля сырого жира на а.с.в.	%	ГОСТ 13496.15-2016, п.9	2,09	0,47

Примечание: данная экспертиза испытаний касается только образцов, подвергнутых этим испытаниям. Запрещается частичное копирование, перепечатка экспертизы без разрешения ОВЛД с ИЛ.

Заведующий ОВЛД с ИЛ



А.В. Лысов

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
 «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр
 Уральского отделения Российской академии наук»
 ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН
 Отдел ветеринарно-лабораторной диагностики
 с испытательной лабораторией
 620142, г. Екатеринбург, ул.Белинского, 112а, а/я 269
 Тел.: (343) 257-20-44; 257-78-71; 257-79-71 Факс.(343) 257-32-75; 257-82-63
 E-mail: info@urnivi.ru

Всего листов 1
 Лист 1

ЭКСПЕРТИЗА

№ 489 от 12.03.2021 г.

1. Объект испытаний: шрот рапсовый (образец № 3), дата выработки – 02.03.2021 г.
2. Фактическое место проведения испытания: г. Екатеринбург, ул. Белинского, 112а (литер Л)
3. Основание для проведения испытаний
 - 3.1. Наименование и реквизиты документа: сопроводительная
 - 3.2. Заказчик: ОАО «Богдановичский комбикормовый завод», Богдановичский р-н, г. Богданович, ул. Степана Разина, 64
4. Дата проведения испытаний: 04.03.2021 г.-12.03.2021 г.
5. Образцы для испытаний
 - 5.1. Место отбора образцов, дата и номер акта отбора: ОАО «БККЗ»
 - 5.2. Количество и регистрационные номера образцов продукции: № 489, 1 образец, 1,0 кг
6. Цель испытаний: производственный контроль
7. Результаты испытаний:

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Наименование НД на метод испытаний	Результат	Погрешность ±Δ
1	Массовая доля влаги	%	ГОСТ Р 54705-2011, п.5	10,5	0,3
2	Массовая доля сырого протеина в пересчете на абсолютно сухое вещество	%	ГОСТ 13496.4-2019, п.8	41,63	-
3	Массовая доля сырой клетчатки в СВ	%	ГОСТ 31675-2012, п.6	8,1	1,3
4	Массовая доля сырого жира на а.с.в.	%	ГОСТ 13496.15-2016, п.9	2,76	0,51

Примечание: данная экспертиза испытаний касается только образцов, подвергнутых этим испытаниям.
 Запрещается частичное копирование, перепечатка экспертизы без разрешения ОВЛД с ИЛ.

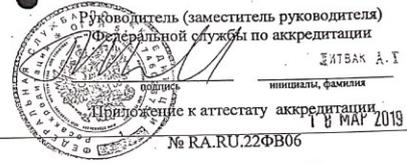
Заведующий ОВЛД



А.В. Лысов

Э КЗЕМПЛЯР

РОСАККРЕДИТАЦИИ



от « _____ » _____ 20 ____ г.

На 16 листах, лист 1

Область аккредитации испытательной лаборатории (центра)
отдела ветеринарно-лабораторной диагностики с испытательной лабораторией
Федерального государственного бюджетного научного учреждения
«УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

Адреса мест осуществления деятельности: 620142, Свердловская область, г. Екатеринбург, ул. Белинского, д.112а (литер Л),
цокольный этаж (кабинет 4), первый этаж (кабинеты: 12, 12а, 13, блок 16);
620061, Свердловская область, г. Екатеринбург, пос. Исток, ул. Главная, д. 21 (литер А), второй этаж (кабинеты: 2, 3, 4, 10, 11, 12, 14,
15, 16, 20, 21, 22)

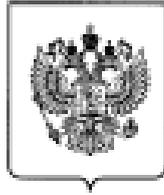
№ п/п	Документы, устанавливающие правила и методы исследований (испытаний), измерений	Наименование объекта	Код ОКПД 2	Код ТН ВЭД ЕАЭС	Определяемая характеристика (показатель)	Диапазон определения
1	2	3	4	5	6	7
Лаборатория качества кормов: 620142, Свердловская область, г. Екатеринбург, ул. Белинского, д.112а (литер Л), цокольный этаж (кабинет 4), первый этаж (кабинеты: 12, 12а, 13, блок 16)						
1	Государственная фармакопея (ГФ) СССР, 1990г., XI издание, выпуск 2, стр. 156	Препараты ветеринарные и средства химиотерапевтические прочие	-	-	Средняя масса таблеток	(0,02-5,50)г

На 16 листах, лист 3

1	2	3	4	5	6	7	
6	ГОСТ 28178	Сырье для комбикормов			Органолептические показатели: запах	не установлен	
					Массовая доля влаги	(1,0-20,0) %	
					Массовая доля золы	(0,01-20,0) %	
					Массовая доля сырого протеина	(1,0 - 50,0) %	
					Массовая доля белка по Барнштейну	(1,0 - 40) %	
					Массовая концентрация свинца	(0,001 - 10,0) мг/кг	
7	ГОСТ 10967	Комбикорма, сырье для комбикормов			Органолептические показатели: запах	не установлен	
8	ГОСТ 13496.1, п.4.3				Массовая доля хлорида натрия	(0,01-10,0)%	
9	ГОСТ 13496.4, п.2				Массовая доля сырого протеина	(0,1-90,0) %	
10	ГОСТ 13496.8, п.3.1				Комбикорма	Крупность размола	(0-100)%
11	ГОСТ 13496.9, п.4					Массовая концентрация металломагнитной примеси	(0,001-200,0) мг/кг
12	ГОСТ 13496.12				Комбикорма, сырье для комбикормов	Общая кислотность	(0,1-40,0) °Н

1	2	3	4	5	6	7
6	ГОСТ 28178	Сырье для комбикормов	-	-	Органолептические показатели: запах	не установлен
					Массовая доля влаги	(1,0-20,0) %
					Массовая доля золы	(0,01-20,0) %
					Массовая доля сырого протеина	(1,0 - 50,0) %
					Массовая доля белка по Барнштейну	(1,0 - 40) %
					Массовая концентрация свинца	(0,001 - 10,0) мг/кг
7	ГОСТ 10967				Органолептические показатели: запах	не установлен
8	ГОСТ 13496.1, п.4.3	Комбикорма, сырье для комбикормов			Массовая доля хлорида натрия	(0,01-10,0)%
9	ГОСТ 13496.4, п.2	Корма, комбикорма, сырье для комбикормов			Массовая доля сырого протеина	(0,1-90,0) %
10	ГОСТ 13496.8, п.3.1	Комбикорма			Крупность размола	(0-100)%
11	ГОСТ 13496.9, п.4				Массовая концентрация металломангнитной примеси	(0,001-200,0) мг/кг
12	ГОСТ 13496.12	Комбикорма, сырье для комбикормов			Общая кислотность	(0,1-40,0) °Н

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** (11) **2 740 018**⁽¹³⁾ **C1**

(51) МПК
B01D 53/62 (2006.01)
B01D 53/48 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
B01D 53/62 (2020.08); B01D 53/48 (2020.08)

(21)(22) Заявка: 2020101151, 10.01.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
10.01.2020

Дата регистрации:
30.12.2020

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 10.01.2020

(45) Опубликовано: 30.12.2020 Бюл. № 1

Адрес для переписки:
394026, г. Воронеж, пр-кт Труда, 91, АО "НПЦ
"ВНИИКП"

(72) Автор(ы):

Афанасьев Валерий Андреевич (RU),
Остряков Александр Николаевич (RU),
Шенцов Александр Анатольевич (RU),
Терехина Анастасия Викторовна (RU),
Филищов Павел Владимирович (RU),
Богомолов Игорь Сергеевич (RU),
Степков Константин Анатольевич (RU)

(73) Патентообладатель(ы):

Акционерное общество
"Научно-производственный центр "ВНИИ
комбикормовой промышленности" (АО
"НПЦ "ВНИИКП") (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2539151 C2, 10.01.2015, RU
2013100384 A, 20.07.2014, RU 2138973 C1,
10.10.1999, RU 31740 U1, 27.08.2003, US
20180221817 A1, 09.08.2018, EP 2822673 B1,
10.08.2016, US 8523979 B2, 03.09.2013.

(34) КОМБИНИРОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ФЛОКИРОВАННЫХ ХЛОПЬЕВ ДЛЯ СТАРТЕРНЫХ И ПРЕСТАРТЕРНЫХ КОМБИКОРМОВ ДЛЯ МОЛОДНЯКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОЧИЩЕННОГО БИОГАЗА

(57) Реферат:

Изобретение относится к линиям производства флокированных хлопьев для стартерных и престаартерных комбикормов для молодняка сельскохозяйственных животных за счет использования биогаза, может быть использовано в комбикормовой промышленности. Комбинированная технологическая линия производства включает соединенные между собой непосредственно или при помощи транспортных устройств бункеры, шнековый питатель, магнитный сепаратор, увлажнительную машину, кондиционер-пропариватель, плоскостную машину, сушилку-охладитель и бункер. Линия дополнительно снабжена системой для очистки и кондиционирования биогаза, состоящей из колонки очистки от сероводорода. Также

снабжена холодильником, колонкой очистки от водяных паров, сборником конденсата, вентилятором, парогенератором и теплообменником. Очищенный биогаз (биометан) направляется на горелки парогенератора, а получаемый пар - в кондиционер-пропариватель и в паровой калорифер сушилки-охладителя. Изобретение обеспечивает реализацию энергосберегающей технологии производства стартерных и престаартерных комбикормов на основе флокированных хлопьев с использованием биогаза, получаемого из отходов животноводческих комплексов, снижение удельных энергозатрат, экономию энергетических ресурсов и улучшение экологической обстановки за счет переработки отходов животноводческих

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 292 156** ⁽¹³⁾ **C1**

(51) МПК

A23K 1/00 (2006.01)*A23K 1/16* (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2005121359/13, 07.07.2005

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
07.07.2005

(45) Опубликовано: 27.01.2007 Бюл. № 3

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: БАШКИРОВ О.Г. Пробиотик «Био-Плюс 2Б» - многогранная защита организма животного и разностороннее решение проблем в животноводстве. // Био-Вю. Екатеринбург. Уралбиовет, Октябрь, 2001, №10 (13) с.4-6. RU 2093571 C1, 20.10.1997. RU 2236147 C2, 20.09.2004.

Адрес для переписки:
620219, г.Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, 42,
УрГСХА, НИЧ исп. Ю.А. Кирсанову

(72) Автор(ы):

Дроздова Людмила Ивановна (RU),
Литусов Николай Васильевич (RU),
Лебедева Ирина Анатольевна (RU),
Садовников Николай Васильевич (RU),
Кузнецов Василий Николаевич (RU),
Сизиков Анатолий Константинович (RU),
Эйриян Сергей Константинович (RU),
Топорков Николай Васильевич (RU),
Мотовилов Константин Яковлевич (RU),
Чебыкин Андрей Михайлович (RU),
Колчина Анна Фадеевна (RU),
Колчин Григорий Андреевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Уральская Государственная
сельскохозяйственная академия (УрГСХА) (RU)

(54) СПОСОБ ВЫРАЩИВАНИЯ БРОЙЛЕРОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к кормопроизводству. Способ выращивания бройлеров включает введение в рацион пробиотиков, а именно: в период с 1^{го} по 5 день жизни бройлеров в рацион вводят препарат "Биоспорин", содержащий бактериальные культуры *Bacillus subtilis*-3,

Bacillus licheniformis-31, при этом "Биоспорин" используют из расчета 800 г/т (0,8 г/кг) комбикорма. Изобретение позволяет увеличить привес, получить качественную продукцию, снизить падеж и улучшить конверсию корма при увеличении рентабельности промышленного птицеводства. 1 з.п. ф-лы, 8 табл.

RU 2 292 156 C 1

RU 2 292 156 C 1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(10) RU⁽¹¹⁾ 2 334 405⁽¹²⁾ C1

(51) МПК

A23K 1/00 (2006.01)

A23K 1/10 (2006.01)

A23K 1/170 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2007108499/10, 06.02.2007

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
06.02.2007

(45) Опубликовано: 27.09.2008 Бюл. № 27

(56) Список документов, цитированных в отчете о
патенте: RU 2211670 C1, 10.09.2003, RU 2060793
C1, 27.12.1995, RU 02039610 A, 27.02.1997, RU
2276898 C1, 27.06.2006, RU 2006120892 A,
10.01.2007, RU 2003106764 A, 10.11.2004.

Адрес для переписки:

620076, г.Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, 42,
УрГЭСХА, ОНРИ, Ю.А. Кароликову

(72) Автор(ы):

Щадрок Елена Викторовна (RU),
Лебедева Ирина Анатольевна (RU),
Дроздова Людмила Ивановна (RU),
Котомцев Вячеслав Владимирович (RU),
Эйрава Сергей Константинович (RU),
Толочков Николай Викторович (RU),
Зеленова Ольга Владимировна (RU),
Малкин Олег Германович (RU),
Селезов Константин Анатольевич (RU),
Колчанов Александр Фадеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

ФГУ ВПО Уральская государственная
сельскохозяйственная академия (RU)

(54) СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ СОХРАННОСТИ И ПРОДУКТИВНОСТИ БРОЙЛЕРОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к кормопроизводству. Способ включает введение в рацион кормления преаратов селена в органической форме, при том, что в преартерный период кормления цыплят в течение пяти дней их жила одновременно с органической формой селена в рацион вводят преарат селена неорганической формы, в соотношении органической и неорганической формы 1:1, причем в качестве неорганической формы селена используют Селевит котрел, а в

качестве органической формы селена в рацион вводят «Сел-Плекс», при этом суммарная доза введения селена составляет 0,2 мг элемента на кг комбикорма и преараты селена вводят в рацион в составе общего премикса, причем в остальной период оторма цыплятам в рацион вводят Селевит котрел в дозе 0,2 мг элемента селена на 1 кг комбикорма. Обеспечивается повышение массы и сохранности поголовья, усиливает экологическую чистую продукцию птицеводства. 8 табл.

RU 2 334 405 C1

RU 2 334 405 C1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(10) RU (11) 2 343 713 (13) C1

(51) МПК

A23K 1/00 (2006.01)

A23K 1/10 (2006.01)

A23K 1/170 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2007116082/10, 27.04.2007

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.04.2007

(45) Опубликовано: 20.01.2009 Бюл. № 2

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: КАЛАШНИКОВ А.П., КЛЕЙМЕНОВ Н.И., БАКАНОВ В.Н. и др. Нормы в рационы кормления сельскохозяйственных животных. - М: Аграриздат, 1986, 226-269. ЕВХУТИЧ Н., ЕВХУТИЧ Л. Йодированная комбикормовая добавка для птицы. Патентование. Птицеводство, №8, 2006, с.26-27. RU 2162307 C1, 27.01.2001. RU 2094602 C1, 10.06.1996. RU 2212819 C1, 27.08.2003.

Адрес для переписки:

620076, г.Екатеринбург, ул. К.Либкнехта, 42,
УрГЭСХА, ОНРИ, Ю.А. Каролькову

(72) Автор(ы):

Шадрин Елена Викторовна (RU),
Лябедина Ирина Анатольевна (RU),
Дроздова Людмила Ивановна (RU),
Зайцев Сергей Константинович (RU),
Толочков Николай Васильевич (RU),
Зеленская Ольга Владимировна (RU),
Мотовилова Константина Яковлевна (RU),
Кулецов Василий Николаевич (RU),
Маликов Олег Германович (RU),
Котомцев Вячеслав Владимирович (RU),
Селезов Константин Анатольевич (RU),
Цыганова Ольга Сергеевна (RU),
Бельских Ольга Валерьевна (RU),
Николаев Ирина Геннадьевна (RU),
Володина Ольга Юрьевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

ФГУ ВО Уральская государственная
сельскохозяйственная академия (RU)

(54) СПОСОБ КОРМЛЕНИЯ БРОЙЛЕРОВ В УСЛОВИЯХ ЙОДДЕФИЦИТА

(57) Реферат:

Изобретение относится к кормлению сельскохозяйственной птицы, в частности бройлеров, и может быть использовано при приготовлении кормов и комбикормовой промышленности или непосредственно в сельскохозяйственных или на ферме при приготовлении комбикормов для получения дефицитной, йодированной продукции с повышенным содержанием йода, особенно при выращивании птицы на йоддефицитных территориях. Сущностью изобретения является то, что в течение первых пяти дней жизни бройлеров в

кормовой рацион вводят препарат йода в органической форме, а с 6 дня и до конца откорма йод вводят в корм в виде неорганической формы. При этом в первые 5 дней жизни органическую форму йода вводят в количестве от 50 до 100% потребности в препаратах йода с добавлением до 100% неорганической формы йода. В качестве органической формы йода в рацион вводят «Йодшпанел», а в качестве неорганической формы йода - йодистый калий. Изобретение позволяет повысить сохранность и продуктивность бройлеров и повысить рентабельность производства. 7 табл.

RU 2 343 713 C1

RU 2 343 713 C1

Федеральное государственное
высшее образовательное
учреждение «Воронежский
государственный университет
неконтактных технологий»
(ФГБОУ ВО «ВГУИТ»)

Ассоциация «Технологическая
платформа
«Технологии пищевой
и перерабатывающей
промышленности АПК»
продукты заморозки питания
(Ассоциация «ТНПА АПК»)

6 | Воронеж
декабря | 2019 г.

ДИПЛОМ

НАГРАЖДАЕТ

Афанасьев В.А.,
Фролова Л.Н.,
Сизиков К.А.

За участие в выставке
IX Агропромышленного
конгресса

Директор
Ассоциации «ТНПА АПК»

Журавлев А.В.



 **ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**



**ДИПЛОМ
СЕРЕБРЯНАЯ МЕДАЛЬ**

**V МЕЖДУНАРОДНОЙ ВЫСТАВКИ
ИЗОБРЕТЕНИЙ И ИННОВАЦИЙ
ИМЕНИ Н. Г. СЛАВЯНОВА**

**НАГРАЖДАЕТСЯ
коллектив авторов**

**АФАНАСЬЕВ ВАЛЕРИЙ АНДРЕЕВИЧ
ФРОЛОВА ЛАРИСА НИКОЛАЕВНА
СИЗИКОВ КОНСТАНТИН АНАТОЛЬЕВИЧ**

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
"Воронежский государственный университет
инженерных технологий" (ФГБОУ ВО "ВГУИТ")

ЗА ПРОЕКТ

**РАЗРАБОТКА КОМБИКОРМОВ С ЗАЩИЩЕННЫМ
БЕЛКОМ ДЛЯ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА**

В НОМИНАЦИИ

**ЛУЧШАЯ ИННОВАЦИОННАЯ РАЗРАБОТКА
В БИОТЕХНОЛОГИИ И ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Ректор

Попов В.Н.

