

**ФГБОУ ВПО ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

На правах рукописи

Рыспаев Куаныш Сабиржанович

**РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ
КОНСТРУКТИВНО - РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ
РОТОРНОГО ДИСПЕРГАТОРА**

Специальность: 05.20.01 - Технологии и средства
механизации сельского хозяйства

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание учёной степени кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук, доцент
Курманов Аяп Конлямжаевич

Оренбург – 2014г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
1 Общее состояние вопроса	12
1.1 ЗЦМ как объект диспергации.....	12
1.2 Способ приготовления и классификация ЗЦМ.....	22
1.3 Классификация устройств для приготовления ЗЦМ.....	25
1.4 Анализ и теоретическое обоснование диспергации.....	33
1.5 Вывод по первой главе.....	46
2 Теоретические исследования	47
2.1 Теория измельчения.....	47
2.2 Определение производительности и затрат энергии при приготовлении ЗЦМ.....	54
2.3 Выводы по второй главе.....	57
3 Программа и методика экспериментальных исследований	58
3.1 Программа исследований.....	58
3.2 Методика эксперимента.....	58
3.3 Методика определения качества разделения смеси на фракции.....	65
3.4 Описание экспериментальной установки.....	71
3.5 Определение частоты вращения ротора.....	74
3.6 Определение продолжительности обработки смеси ЗЦМ.....	76
3.7 Определение количества окон обечаек статора.....	77
3.8 Определение концентрации ЗЦМ в 1л воды.....	78
3.9 Определение температуры смеси.....	79
3.10 Определение однородности смеси ЗЦМ.....	80
3.11 Материалы, применяемые при исследовании.....	82
3.12 Выводы по третьей главе	82
4 Обработка и анализ экспериментальных исследований	84
4.1 Результаты экспериментальных исследований.....	84
4.2 Анализ результатов экспериментальных исследований роторного диспергатора	88

4.3 Результаты сравнения теоретических и экспериментальных исследований.....	95
4.4 Выводы по четвертой главе.....	99
5 Исходные требования на проектирование и изготовление роторного диспергатора.....	100
6 Производственные испытания и оценка экономической эффективности работы роторного диспергатора.....	106
6.1 Производственная проверка.....	106
6.2 Техничко-экономическая эффективность исследуемого роторного диспергатора	108
Общие выводы и предложения.....	115
Список использованных источников.....	118
Приложения.....	129

Условные обозначения

1. **ЗЦМ**– заменитель цельного молока.
2. **ОЖШ** – оболочка жирового шарика.
3. **УЗ**– ультразвуковой.
4. **ПАВ**-поверхностно-активные вещества.
5. **кВт**- киловатт.
6. **Дж**-джоуль.
7. **Па**-паскаль.
8. **Н**- ньютон.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. На современном этапе развитие скотоводства основано на производстве и применении новых высококачественных легкоусвояемых поликомпонентных продуктов с высокой пищевой и биологической ценностью.

Скотоводство – ведущая отрасль животноводства и одним из решающих и главных факторов получения максимальной и качественной животноводческой продукции является сохранение и выращивание здорового поголовья молодняка крупно-рогатого скота и других сельскохозяйственных животных. В период раннего развития организм новорождённого телёнка более подвержен постоянному воздействию различных факторов внешней среды: условиям содержания, особенностям технологии выращивания, уровня кормления и т.д.

Жизнеспособность новорождённого телёнка определяется, прежде всего, состоянием здоровья коровы, физиологически обоснованными зоогигиеническими условиями ухода, кормления и содержания телёнка в различные периоды жизни.

Разработка и изыскание наиболее рациональных, инновационных приёмов выращивания новорождённых телят, которые обеспечивают формирование жизнестойких, высокопродуктивных и высоко резистентных качеств их организма, крайне важны для современных интенсивных форм содержания крупного рогатого скота. Это усиливается и тем, что период использования в хозяйствах крупного рогатого скота более продолжителен, чем свиней, овец и птицы. Одним из основных условий перехода на интенсивное молочное животноводство является использование заменителей цельного молока (ЗЦМ).

Каждая тонна сухого заменителя цельного молока позволяет хозяйству высвободить для реализации до 10 тонн коровьего молока.

Согласно информации ВНИИ молочной промышленности, в России товарность молока (доля его реализации в валовом сборе) не превышает 60,0%, а в таких странах, как Голландия этот показатель товарности молока достигает 98,0%, в Америке – 97%.

Современные заменители цельного молока по своей биологической и энергетической ценности практически не уступают натуральному молоку, а для молодняка они даже полезнее: в результате селекции молоко стало высокобелковым и жирным, а пищеварительный тракт организма молодого животного не приспособлен к быстрому перевариванию и усвоению избытка протеина и жиросодержащих соединений, в результате чего у него может возникнуть дисфункция кишечника т.е. диарея.

Кроме того, натуральное молоко в разные сезоны нестабильно по составу и качеству, его свойства меняются в зависимости от физиологического состояния животных, условий и уровня их кормления.

Заменители цельного молока снимают подобные проблемы: они не портятся летом и легко разводятся.

Выбор технологического режима, как правило, базируется на проведении комплексных исследований, позволяющих выявить характер изменения структуры и свойств, как отдельных компонентов сырья, так и кормовой ценности обрабатываемого материала.

Наука о кормлении и пищеварении животных за последние годы накопила большое количество экспериментальных данных о влиянии различных питательных веществ, а также незаменимых аминокислот, витаминов, макро-и микроэлементов, антибиотиков, гормонов, ферментов и других факторов на обмен веществ, эффективность использования корма. Эти данные служат для дальнейшего усовершенствования теории и практики кормления сельскохозяйственных животных. Они обеспечивают реализацию генетического потенциала продуктивности животных. Чем выше условия и уровень кормления, тем выше продуктивность животных и ниже затраты корма на единицу продукции [41].

В рецептурах новых продуктов используются немолочные белковые, жировые, минеральные и витаминные компоненты, которые требуют специальной обработки, повышающей их дисперсность [48]. Новые технологии предполагают повышение требований к дисперсности всех составных частей конечного продукта [17, 23].

При традиционном кормлении животных большая часть кормов производится непосредственно в хозяйствах. Использование кормов в необработанном виде имеет низкую перевариваемость, известно, что животные превращают в продукцию лишь 20-25% энергии корма. Задача приготовления кормов – снизить эти потери путём повышения усвояемости кормов [34]. Эту задачу можно решить, подвергнув корм животных комплексной переработке в одной машине. Проводить их быстро, качественно и непрерывно, составлять ассортимент из нескольких компонентов, перемешивать, дробить, измельчать, сжимать, нагревать, варить, стерилизовать, практически одновременно, что, в конечном счёте, отражается на себестоимости производства и приготовления кормов.

Для повышения дисперсностиготавливаемых кормов применяется диспергация, которая наряду с повышением питательной ценности молочных и комбинированных кормов, улучшает их качество, а именно, консистенцию и вкус. Улучшение вкусовых характеристик кормов при диспергации связано с уменьшением размеров частиц дисперсных фаз в дисперсной среде и соответствующем увеличении суммарной площади их поверхности. В результате интенсифицируется их воздействие на вкусовые рецепторы, что усиливает вкусовое восприятие [50]. Диспергирование белка способствует улучшению консистенцииготавливаемых кормов.

Стабильность эмульсий во времени также связана с размером частиц дисперсной фазы. Закон Стокса, хорошо описывающий зависимость скорости всплытия жировых шариков от их размера, диаметра, подтверждает необходимость интенсификации процесса диспергации для повышения устойчивости и стабильности эмульсий [48]. Чем меньше размер жировых

шариков, тем меньше скорость их всплытия и тем стабильнее и устойчивее эмульсия. С отстоем жира связано не только ухудшение качества эмульсий, но и его потери при хранении и транспортировке. Диспергация эмульсии позволяет сократить потери ценного молочного жира с потребительской тарой при транспортировке и хранении, уменьшая его отстой, решая тем самым проблему наиболее полного использования всех составных частей молока [17].

Таким образом, поиск новых направлений развития теории диспергации, позволяющих глубоко вникать в суть процесса и создание на базе этой теории высокоэффективной техники диспергации является весьма актуальной задачей.

В результате анализа работ: Горячкина В.П., Карташова Л.П., Алимова Т.К., Альсеитова Г.С, Барановского Н.В., Бонда Ф., Кик Ф., Кирпичева В.Л., Куленко В. Г., Кухта Г. М., Леонтьева П. И., Петрачкова Б. В., Риттингера П. Р., Рундквиста А.В, Исинтаева Т. И., Харитоновна Л. В., Фиалкова Е. А. и других авторов, позволил обосновать направление совершенствования машин и их рабочего процесса при приготовлении ЗЦМ.

В этой связи актуальной является тема: «Разработка и обоснование конструктивно-режимных параметров роторного диспергатора».

Цель исследования. Повышение эффективности приготовления заменителя цельного молока за счёт совершенствования конструктивно-режимных параметров роторного диспергатора.

Предмет исследования. Закономерности взаимодействия рабочих органов роторного диспергатора с компонентами заменителя цельного молока.

Объект исследования. Технологический процесс приготовления заменителя цельного молока роторным диспергатором.

Задачи исследования:

1. Провести анализ и обосновать направление совершенствования конструкции роторного диспергатора и рабочего процесса при приготовлении ЗЦМ.
2. Обосновать теоретически и экспериментально конструктивные параметры и технологические режимы роторного диспергатора.
3. Разработать исходные требования на проектирование и изготовление роторного диспергатора.
4. Провести технико-экономическую оценку эффективности предлагаемого роторного диспергатора.

Методика исследований. Теоретические исследования выполнялись с использованием основных положений, законов и методов классической механики, физики и математики. Экспериментальные исследования проводились в лабораторных условиях на основе общепринятых методик в соответствии с действующими ГОСТами, а также с использованием теории планирования многофакторных экспериментов. Основные расчёты и обработка результатов экспериментов выполнялись с использованием методов математической статистики, а также программ Microsoft Excel, Мастер функций, MathCAD12.

Научная новизна:

- получены аналитические зависимости для обоснования конструктивно-режимных параметров роторного диспергатора;
- математическая модель взаимосвязи качества измельчения смеси с параметрами и режимами работы роторного диспергатора;
- разработана новая конструкция роторного диспергатора защищённая тремя авторскими свидетельствами.

Вклад автора в проведённое исследование. Разработана модель процесса обработки заменителя цельного молока роторным диспергатором, получены аналитические зависимости, характеризующие качество

измельчения смеси, проведены экспериментальные исследования роторного диспергатора при приготовлении заменителя цельного молока.

Основные результаты диссертационной работы реализованы:

Экспериментальный роторный диспергатор внедрён в КХ «Иржанова А.», Костанайской области, Республики Казахстан, Узункольского района, п. Ершовка; в хозяйстве ЧП «Айтбаев М.О.», Костанайской области, Республики Казахстан, Карасуского района, п. Карасу; в хозяйстве ИП «Кузовой А.В.», Костанайской области, Республики Казахстан, Камыстинского района, п. Талдыколь. Методика определения параметров и оценки качества процесса диспергации используется в учебном курсе «Механизации животноводства» Костанайского инженерно-экономического университета им. М. Дулатова.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы доложены на конференциях: Костанайского государственного университета им. А.Байтурсынова, Костанайского инженерно-экономического университета им. М. Дулатова (г. Костанай, Республика Казахстан, 2011-2013 гг.), Челябинской государственной агроинженерной академии (г. Челябинск, Россия, 2013г.), Кызылординского государственного университета им. Коркыт Ата (г. Кызылорда, Республика Казахстан, 2013 г.).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 13 работ, в том числе 4 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ, одна статья в зарубежном издании.

Получены следующие авторские свидетельства:

1. Авторское свидетельство № 78533 «Роторный диспергатор» / Курманов А. К., Исинтаев Т.И., Рыспаев К. С// А4 (11) 27141, МПК В01F 7/28 (2006/01), В06В 1/16 (2006.01), заявка 2012/0719.1 от 18.06.2012г., дата публикации 15.07.2013г., официальный бюллетень, 2013, № 7(І).

2. Авторское свидетельство № 79570 «Роторный эмульгатор» / Курманов А. К., Исинтаев Т.И., Рыспаев К. С// А4 (11) 27439, МПК В01F 11/02 (2006.01), В01F 7/18 (2006.01), В06В1/16 (2006.01), А01J 11/06

(2006.01), A23L 1/035 (2006.01), заявка 2012/0840.1 от 18.07. 2012г., дата публикации 15.09.2013г., официальный бюллетень. 2013, №10(I).

3. Авторское свидетельство № 80084 «Роторный эмульгатор-диспергатор» / Наметов А.М., Курманов А. К., Исинтаев Т.И., Рыспаев К. С// А4 (11) 27612, МПК В01F 7/00 (2006/.01), В06В 1/16 (2006.01), А01J 11/06 (2006.01), А23L 1/035 (2006.01) - заявка 2013/0188.1 от 14.02.2013г., дата публикации 15.11.2013г., официальный бюллетень. 2013, №11(I).

Данная работа выполнена в соответствии с темами научно-исследовательских работ «Разработать рекомендации по повышению эффективности машинных технологии в агропромышленном комплексе для условий Костанайской области», утверждённых национальным центром НТИ РК от 13 февраля 2012г., Протокол № 0112 РК00946 и «Анализ опасностей и критические контрольные точки в продукции сельскохозяйственного производства в соответствии с системой НАССР», государственная регистрация № 0112 РК00929 от 13.02.12г.

На защиту выносятся:

- математическая модель рабочего процесса роторного диспергатора при приготовлении ЗЦМ ;
- разработанная конструкция роторного диспергатора;
- конструктивно-режимные параметры роторного диспергатора;
- результаты производственных испытаний и оценка технико-экономической эффективности предлагаемого роторного диспергатора.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, шести глав, общих выводов, списка литературы и приложений. Работа изложена на 125 страницах машинописного текста, включая список литературы из 117 наименований, 41рисунка, 13 таблиц и 45 страниц приложений.

ОБЩЕЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

1.1 ЗЦМ как объект диспергации

При выращивании молодняка сельскохозяйственных животных определяющим является молочный период их жизни, когда происходит становление иммунитета и развитие организма молодого животного. В первые месяцы своей жизни все необходимые питательные вещества организм молодого животного получает с молоком матери. Однако выращивание телят на натуральном коровьем молоке экономически невыгодно, эффективной же альтернативой является использование ЗЦМ. Заменители цельного молока представляют собой готовые высокопитательные сухие кормовые смеси, разработанные на основе последних достижений физиологии пищеварения и кормления сельскохозяйственных животных, обеспечивающие надлежащий рост и развитие молодняка. Использование высококачественных кормовых средств, содержащих легкодоступные питательные вещества является необходимым условием производства любых заменителей цельного молока. Вторичные продукты от переработки цельного молока – обезжиренное молоко, пахта и сыворотка, в том числе частично делактозированная являются основными компонентами заменителей цельного молока.

Использование искусственного молока (ЗЦМ) – одно из основных условий перехода на интенсивное молочное животноводство. Каждая тонна используемого сухого заменителя позволяет хозяйству высвободить для реализации до 10 тонн коровьего молока. Позволяет заменить 288 кг молочного жира на 145-170 кг менее ценными животными и растительными жирами и получить при этом экономию в сумме 724 рубля [22] Высокий расход цельного молока не оправдан, поскольку для получения 1 кг молока расходуется 1 кормовая единица, а для получения 1 кг прироста живой массы затрачивается 10 кг молока [4].

Заменители цельного молока – это продукты, позволившие найти технологические и экономические решения для животноводческих хозяйств. Тот факт, что большинство фермеров во всем мире отдало предпочтение в пользу заменителей цельного молока, говорит о многих их преимуществах и достоинствах. Они широко применяются для выпойки телят и другого молодняка сельскохозяйственных животных, как в жидком, так и в сухом виде (например, для добавления в рацион поросят на свиноводческих фермах).

Согласно информации ВНИИ молочной промышленности (ВНИМИ), в России товарность молока (доля его реализации в валовом сборе) не превышает 60%, тогда как, например, в Голландии этот показатель достигает 98,0%, в США – 97,5%.

Высококачественные заменители цельного молока (ЗЦМ), выпускаемые в настоящее время, по своей биологической и энергетической ценности практически не уступают натуральному молоку. Для молодняка сельскохозяйственных животных они даже полезнее: в результате селекции молоко стало высокобелковым и жирным, а пищеварительный тракт молодого животного не приспособлен к быстрому перевариванию и усвоению избытка протеина и жиросодержащих соединений, в результате чего у него может возникнуть дисфункция кишечника т.е. диарея. Кроме того, натуральное молоко в разные сезоны нестабильно по составу и качеству, его свойства меняются в зависимости от физиологического состояния животных, времени года, условий и уровня их кормления и других факторов. Заменители снимают подобные проблемы, так как они не портятся летом и легко приготавливаются.

Главным компонентом искусственного молока (ЗЦМ) является жир, равномерное распределение которого в растворителе (воде) является основной задачей устройств для приготовления искусственного молока. Стабильность эмульсий во времени также связана с размером частиц дисперсной фазы в дисперсной системе. Зависимость скорости всплытия

жировых шариков, описанный в законе Стокса, от их размера, диаметра, подтверждает необходимость интенсификации процесса диспергации для повышения устойчивости эмульсий. Чем меньше размер жировых шариков, тем меньше скорость их всплытия и тем стабильнее эмульсия [48]. С отстоем жира связано не только ухудшение качества продуктов, но и его потери при хранении. Диспергация позволяет сократить потери ценного молочного жира с потребительской тарой при транспортировке и хранении, уменьшая его отстой, решая тем самым проблему наиболее полного использования всех составных частей молока [4, 22]. Установлено, что при скормливании телятам заменителя молока с жировыми шариками меньше 4 мкм прирост массы у телят составлял 758—826 г, при увеличении размера жировых частиц до 20 мкм — прирост снижается до 580—600 г в сутки. В жидких заменителях не допускается наличие свободного жира на поверхности заменителей молока.

Молоко является типичной природной эмульсией (дисперсией) жира в воде — жировая фаза находится в плазме молока в виде мелких капель (шариков жира) более или менее правильной формы, окружённых защитной липопротеидной оболочкой. Нахождение жира в молоке в мелкодиспергированном виде очень важно для процесса его усвоения новорождёнными, а также для технологической обработки молока.

Как известно, эмульсии по полярности дисперсной фазы и дисперсионной среды делят на прямые (масло в воде) и обратные (вода в масле). В зависимости от концентрации дисперсной фазы в дисперсной среде различают разбавленные, концентрированные и высококонцентрированные эмульсии.

Разбавленные эмульсии по своим свойствам сходны с лиофобными коллоидными растворами. Их устойчивость обусловлена наличием электрического заряда на поверхности частиц жира (капелек). При потере устойчивости системы капельки самопроизвольно образуют агрегаты с последующим их слиянием (коалесценцией) друг с другом.

Агрегатную устойчивость разбавленных эмульсий обычно повышают специфические стабилизаторы – эмульгаторы. Роль эмульгатора могут выполнять ПАВ – фосфолипиды (лецитин и др.) эфиры многоатомных спиртов и различных жирных кислот, глобулярные белки и пр. При адсорбировании на поверхности капельки жира ПАВ ориентируются своими углеводородными цепями в сторону жира, а полярными (гидрофильными) группами – в водную фазу. С термодинамической точки зрения эмульгатор, адсорбируясь на межфазовой границе, понижает поверхностное натяжение на ней. В свете современных представлений стабилизирующее действие эмульгаторов объясняется созданием на границе раздела фаз структурно-механического и электрического барьеров, а также гидратной оболочки.

Размер и количество шариков жира в молоке непостоянны и зависят от породы животных, стадии лактации, кормовых рационов, условия кормления и других факторов. В 1 см^3 молока содержится 15 млрд. шариков жира, их средний диаметр равен 2,5...4,6 мкм (с колебаниями от 0,5 до 10 мкм и более) [108]. Размеры шариков жира имеют практическое значение, так как определяют степень перехода жира в продукт при производстве сливок, масла, сыра и т.д.

Физическая стабильность шариков жира в молоке и молочных продуктах, их поведение при отстое сливок и технологической обработке (диспергации, пастеризации и т.д.) в основном зависят от свойств и состава их оболочек.

Многочисленные аналитические исследования показали, что оболочка шариков жира состоит из белков и липидов. Эти компоненты, ориентированные определённым образом на поверхности шариков, стабилизируют жировую эмульсию молока. Хотя состав и физико-химические свойства оболочечного материала изучены достаточно подробно, организация его компонентов в оболочке точно ещё не определена.

Существует несколько моделей структурной организации оболочек [12]. В последние годы все чаще проводится аналогия между составом и

структурой оболочек жировых шариков (ОЖШ) и биологических мембран (плазмической, эндоплазматического ретикулума и др.).

Так, оболочка жировых шариков имеет толщину около 10 нм и подобно плазматической мембране представляет собой сложный комплекс структурных белков, ферментов, фосфолипидов (фосфатидилхолина, фосфатидилэтаноламина, сфингомиелина, фосфатидилсерина и фосфатидилинозита), цереброзидов, холестерина и других липидных компонентов (каротина, витаминов А, О, Е и др.).

Изучение состава и свойств структурных белков, проведённое в 1933 г Мак Ферсоном и Китченом, показало наличие в ОЖШ до 40 белковых компонентов, главным образом плохо растворимых гликопротеидов, содержащих от 15 до 50% углеводов (галактозу, ацетилгалактозамин, ацетилглюкозамин и опаловую кислоту) и имеющих молекулярную массу от 15000 до 240000 моль.

Гликопротеиды, относящиеся к внутренним белкам, как правило, пронизывают ОЖШ – один их конец взаимодействует со слоем высокоплавких триглицеридов глобулы, к другому прикреплены углеводы, выступающие из мембраны и ориентированные к водной фазе.

Важным белковым компонентом оболочки является нерастворимый (гидрофобный) структурный белок с молекулярной массой 63 000 моль, встроенный во внутренний слой оболочки и названный бутирофилином.

По мнению учёных, большая часть структурных белков ОЖШ происходит из апикальной части плазматической мембраны секреторных клеток, окружающей жировые шарики во время их выхода в просвет альвеол (после некоторой ее структурной реорганизации при контакте с гидрофобной жировой глобулой). Другие авторы полагают, что белковый материал ОЖШ может строиться частично из плазматической мембраны и частично из мембраны вакуолей аппарата Гольджи, а также могут использоваться белки цитоплазмы секреторных клеток. К периферическим растворимым белкам ОЖШ относится более 10 ферментов – ксантиноксидаза, щелочная и кислая

фосфатазы, сульфгидрилоксидаза, фосфодиэстераза, нуклеотидаза, глутаминтрансфераза, плазмин и др. Большая часть их идентична ферментам клеточных мембран.

В оболочке шариков жира помимо липидов и белков обнаружены минеральные элементы: Cu, Be, Mo, Ca, Mg и K. Например, выяснено, что с оболочкой связано 5...25% нативной меди молока и 28...59% нативного железа.

Поданным электронно-микроскопических исследований, ОЖШ состоит из двух слоёв различного состава – внешнего рыхлого (диффузного), легко десорбируемого при технологической обработке молока и внутреннего тонкого, плотно прилегающего к жировой глобуле (Рисунок 1.1).

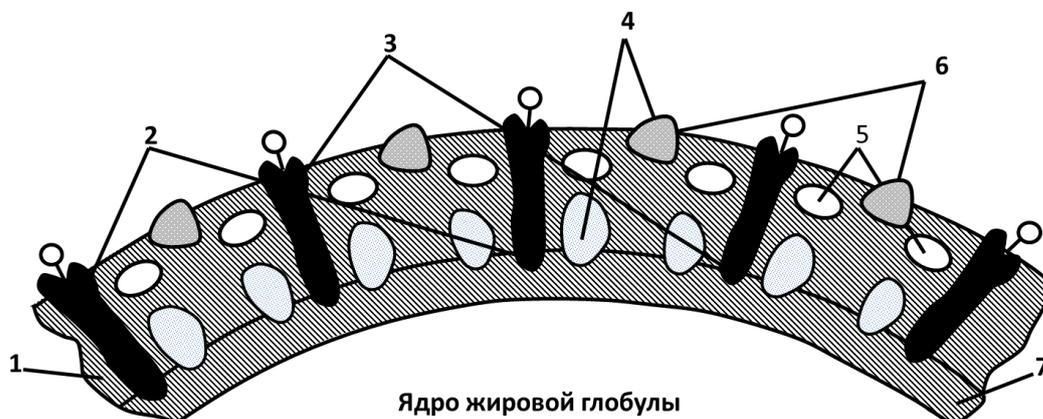


Рисунок 1.1 – Модель оболочки жирового шарика по Мак Ферсону и Китчену: 1 – фосфолипиды; 2, 3 – гликапротеиды; 4 – интегральный гидрофобный белок; 5 – хсантиноксвидаза; 6 – нуклеотидаза; 7 – слой высокоплавких триглицеридов.

Пока остаётся нерешённым вопрос, какие силы ответственны за поддержание структуры внутреннего слоя оболочки шариков жира. Предполагают, что между структурными компонентами оболочки существуют электростатические и гидрофобные взаимодействия, а ковалентные связи не играют особой роли.

Дополнительное стабилизирующее действие на структуру оболочки могут оказывать двухвалентные катионы (Mg_{2+} , Ca_{2+}) образующие

«мостики» между отрицательно заряженными группами ее белковых или липидных компонентов.

Некоторые исследователи полагают, что образующиеся в секреторных клетках глобулы жира могут стабилизировать молекулы ксантиноксидазы, формирующие структурную решётку, которая покрывает поверхность жирового шарика.

Состав и структура ОЖШ после охлаждения, обработки и хранения молока отличаются от состава и структуры нативных оболочек. Так, в процессе хранения и охлаждения сырого молока на мембране адсорбируются иммуноглобулины и липаза (в отличие от плазменной липазы ее называют мембранной), при механической и тепловой обработке — также казеин и денатурированный Р-лактоглобулин. Коренным образом изменяется в процессе гомогенизации молока состав оболочек.

Эмульсия шариков жира в молоке достаточно устойчива и стабильна. Охлаждение молока, механическое воздействие насосов, мешалок, нагревание до относительно высоких температур незначительно изменяют состав, физико-химические свойства ОЖШ, не нарушается при этом стабильности жировой дисперсии.

При технологической обработке молока в первую очередь изменяется внешний слой оболочки жира. Известно, что в свежесвыдоенном молоке нативные оболочки имеют неровную, шероховатую поверхность и довольно большую толщину внешнего слоя. После перемешивания, встряхивания и хранения молока оболочки шариков жира становятся более тонкими и гладкими. Эти изменения обусловлены десорбцией (высвобождением) части фосфолипидов, белков и ферментов из оболочек в плазму. Одновременно с десорбцией структурных компонентов ОЖШ происходит сорбция белков (иммуноглобулинов, казеиновых мицелл, липазы и др.) и других компонентов плазмы молока на поверхности оболочки шариков жира. Процессы десорбции – сорбции при охлаждении, перемешивании могут вызвать некоторые изменения состава и поверхностных свойств оболочек

жирового шарика, что приводит к снижению их прочности и частичному разрыву.

Нагревание молока при сравнительно невысоких температурах не вызывает значительных изменений состава и свойств ОЖШ. Исключение составляет потеря способности поверхности жировых шариков к склеиванию вследствие денатурации адсорбированных иммуноглобулинов. Однако более высокие температуры при длительном воздействии на молоко могут вызвать значительную перестройку белковых компонентов, изменить структурную организацию ОЖШ в целом и даже привести к разрыву оболочек с выделением свободного жира.

Диспергация молока и сливок вызывает наиболее серьёзные изменения состава и структуры оболочечных белков и самой оболочки. При возрастании общей поверхности жировых шариков нативный материал оболочек замещается казеиновыми мицеллами и денатурированными сывороточными белками плазмы с построением новых ОЖШ.

В процессе диспергации жировые шарики покидают преимущественно периферические белковые компоненты ОЖШ, но белки, прочно встроенные в матрикс мембран, например, бутирофинин, могут оставаться. В плазму молока переходит 40...50% кислой фосфатазы и нуклеотидазы, а значительная часть щелочной фосфатазы и ксантиноксидазы может оставаться на поверхности жировых шариков.

Во время диспергации также меняются технологические и физические свойства молока – способность к кислотной и сычужной коагуляции и термоустойчивость.

Оболочки жирового шарика могут быть разрушены полностью лишь в результате специального механического воздействия, применяемого, например, при получении сливочного масла (а также при действии химических веществ – концентрированных кислот и щелочей). После процесса маслообразования материал оболочек можно выделить, применяя метод ультрафильтрации.

Стабильность жировой эмульсии молока можно объяснить следующими факторами. Первым важным фактором устойчивости разбавленных эмульсий, стабилизированных эмульгатором, является, как известно, возникновение на поверхности жировой оболочки электрического заряда.

Оболочки шариков жира содержат на поверхности полярные группы – фосфатные группы фосфатадилхолина и других фосфолипидов, карбоксильные группы, аминогруппы, COOH – группы сиаловой кислоты белковых и углеводных компонентов. На поверхности ОЖШ создаётся суммарный отрицательный заряд. Их изоэлектрическое состояние, по данным А.П. Белоусова [12], наступает при рН молока около 4,3. К отрицательно заряженным группам присоединяются катионы Mg_2+ , Ca_2+ и др. В результате образуется двойной электрической слой, аналогичный слою, который возникает на поверхности частиц типичных гидрофобных коллоидов. Таким образом, на границе раздела фаз между шариками жира возникает дзета-потенциал (около 14мВ) и действуют электростатические силы отталкивания, превышающие силы притяжения (энергетический барьер). Дополнительное стабилизирующее действие оказывает гидратная оболочка, образующаяся вокруг полярных групп компонентов ОЖШ. Среди всех структурных компонентов оболочки шариков жира особенно важны для стабилизации жировой эмульсии молока гликопротеиды и фосфолипиды. Так, после обработки оболочек протеазами, разрушающими гликопротеиды, стабильность эмульсии снижается, а после удаления полярных групп фосфолипидов с помощью фосфолипазы она резко падает и наступает коалесценция жировых шариков.

Вторым фактором устойчивости эмульсий является создание на границе раздела фаз структурно-механического барьера. Исследование структурно – механических свойств оболочек шариков жира показало, что они обладают повышенной структурной вязкостью, механической

прочностью и упругостью, а, следовательно, могут служить структурно-механическим барьером, препятствующим слиянию шариков жира.

Таким образом, стабильность жировой эмульсии молока обуславливается термодинамическим (наличие двойного электрического слоя и гидратной оболочки) и структурно-механическим факторами. Структурно-механический фактор является наиболее сильным фактором стабилизации концентрированных эмульсий, к которым принадлежат, например, высокожирные сливки.

Следовательно, для обеспечения устойчивости жировой эмульсии молока и сливок в процессе выработки молочных продуктов, необходимо стремиться сохранить неповреждёнными оболочки шариков жира и не снижать степень их гидратации. Для этой цели требуется сокращать до минимума механические воздействия на жировую фазу молока при транспортировке, обработке и хранении, избегать его вспенивания, правильно проводить тепловую обработку (длительная выдержка при высоких температурах может вызвать значительную денатурацию структурных белков оболочки и нарушение ее целостности), а также широко применять дополнительное диспергирование жира путём диспергации.

Цель диспергации – обеспечение такого распределения жировых шариков по размерам, чтобы подавляющее большинство их имело диаметр, не превышающий определённый, наперёд заданных величин (d_0), что обеспечит необходимую стабильность жировой фазы в ЗЦМ. Для достижения этой цели достаточно измельчить все шарики жира, у которых $d > d_0$. Если измельчению будет подвергаться и остальная часть шариков жира, то это приведёт к лишним затратам энергии. Эффективность процесса диспергации можно оценить, подвергнув образец ЗЦМ отстаиванию или центрифугированию, и замерив жирность полученных фракций. Таким образом, вопрос интенсификации процесса и развития техники диспергации ЗЦМ является весьма актуальным.

1.2 Способ приготовления и классификация ЗЦМ

Заменитель цельного молока – это сухой мелкодисперсный порошок с выраженным привкусом вводимых в него компонентов и вкусовых добавок, белого цвета с кремовым оттенком и темными вкраплениями (фосфатидами). Разработаны более сотни рецептов заменителя цельного молока с самыми разнообразными ингредиентами. Разработанная и утвержденная нормативная документация в виде технических условий и технологических инструкций выдаётся после экспериментальной и производственной проверки. В такой документации, в соответствии с рецептурой заменителя цельного молока, указывается содержание влаги, жира, углеводов, витаминов, минеральных добавок, протеина, энергетическая питательность, показатель кислотности, индекс растворимости продукта, общее допустимое количество микроорганизмов в 1 кг продукта. Содержание кишечной палочки и патогенных микроорганизмов не допускается.

Основным классификационным признаком заменителей молока является деление их по способу производства. В соответствии с этим различают:

- сухие заменители цельного и обезжиренного молока;
- регенированное молоко, получаемое путём сухого смешивания (сухие смеси) или путём сгущения белковых компонентов, сушки белково-жировой основы и дальнейшего смешивания с биологически активными добавками, другими сухими компонентами (комбинированные);
- жидкие сгущённые и пастообразные заменители.

В зависимости от способа высушивания различают заменители распылительной и плёночной сушки.

Кроме основного классификационного признака предусмотрено деление ЗЦМ по назначению в зависимости от вида сельскохозяйственных животных, для кормления которых они используются. Некоторые ЗЦМ в зависимости от качественных показателей разделяются на первый и второй

сорта, а также их разделяют в зависимости от используемого сырья и способов его подготовки.

На рисунке 1.2 представлены существующие виды заменителей цельного молока.



Рисунок 1.2 – Классификация заменителей цельного молока для сельскохозяйственных животных

Выпускают ЗЦМ в жидком, сгущённом (пастообразном) и сухом видах. Как правило, ЗЦМ вырабатывают летом (сезон массового поступления молока), а используют по заказу товаропроизводителей по мере необходимости (в период растела) зимой и весной.

Технология производства ЗЦМ состоит из технологических операций, часть из которых является общей для всех видов сухих молочных продуктов (Рисунок 1.3).

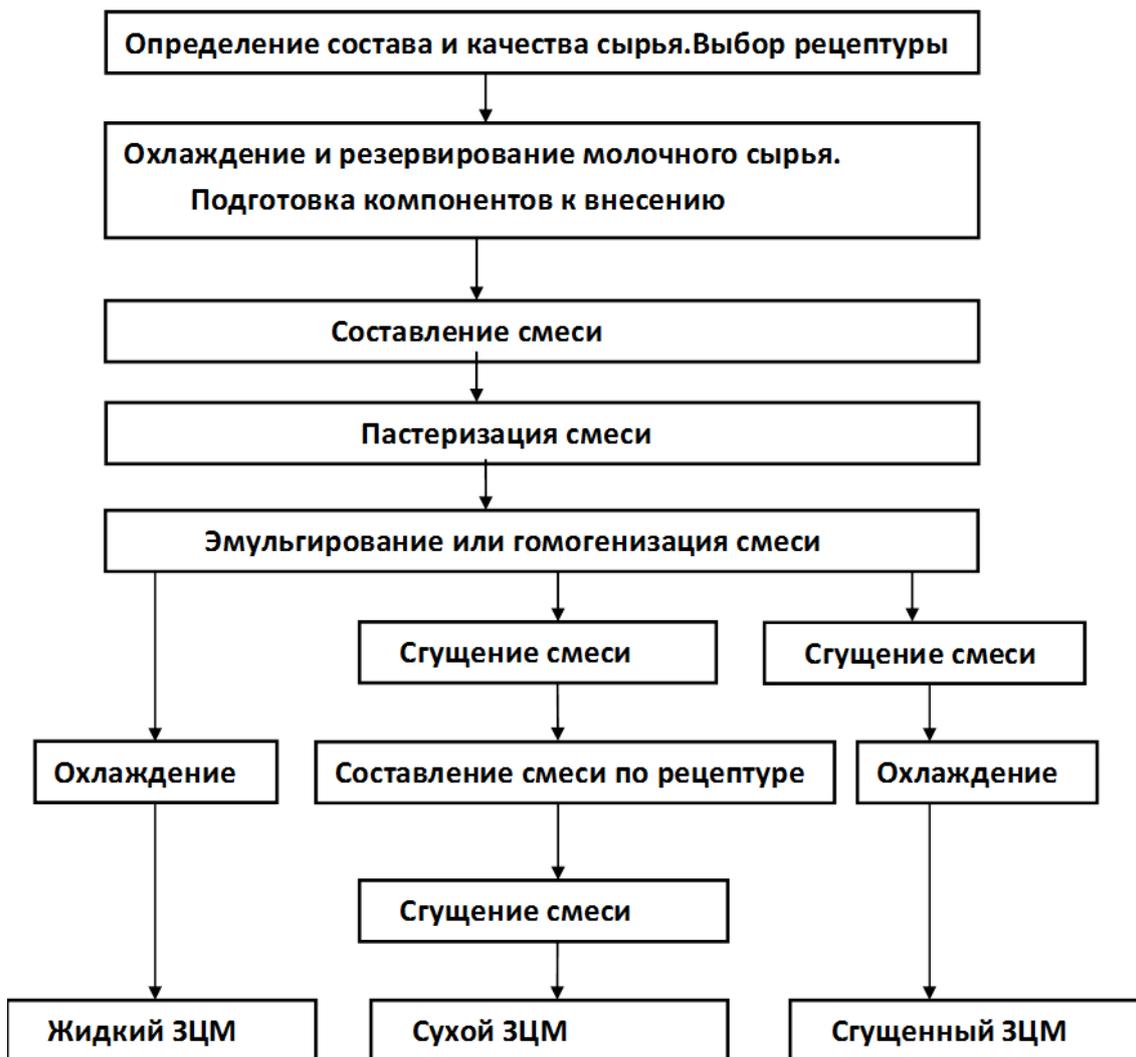


Рисунок 1.3 – Схема производства ЗЦМ

В зависимости от конкретного вида продукта приёмы и параметры технологических операций могут отличаться.

В перспективе актуальность производства заменителей цельного молока будет возрастать в связи с организацией крупных промышленных комплексов. Использование ЗЦМ является основой организации промышленных методов работы при выращивании телят и других сельскохозяйственных животных, так как обеспечивает более высокий уровень механизации кормления и предотвращает распространение инфекционных заболеваний.

1.3 Классификация устройств для приготовления ЗЦМ

Для диспергации эмульсий применяется множество различных аппаратов, различающихся между собой как по принципу действия, так и по конструктивным параметрам [12, 17, 23, 34, 46, 117]. Для разработки и обоснования конструкции нами разработана классификация устройств для диспергации (Рисунок 1.4).

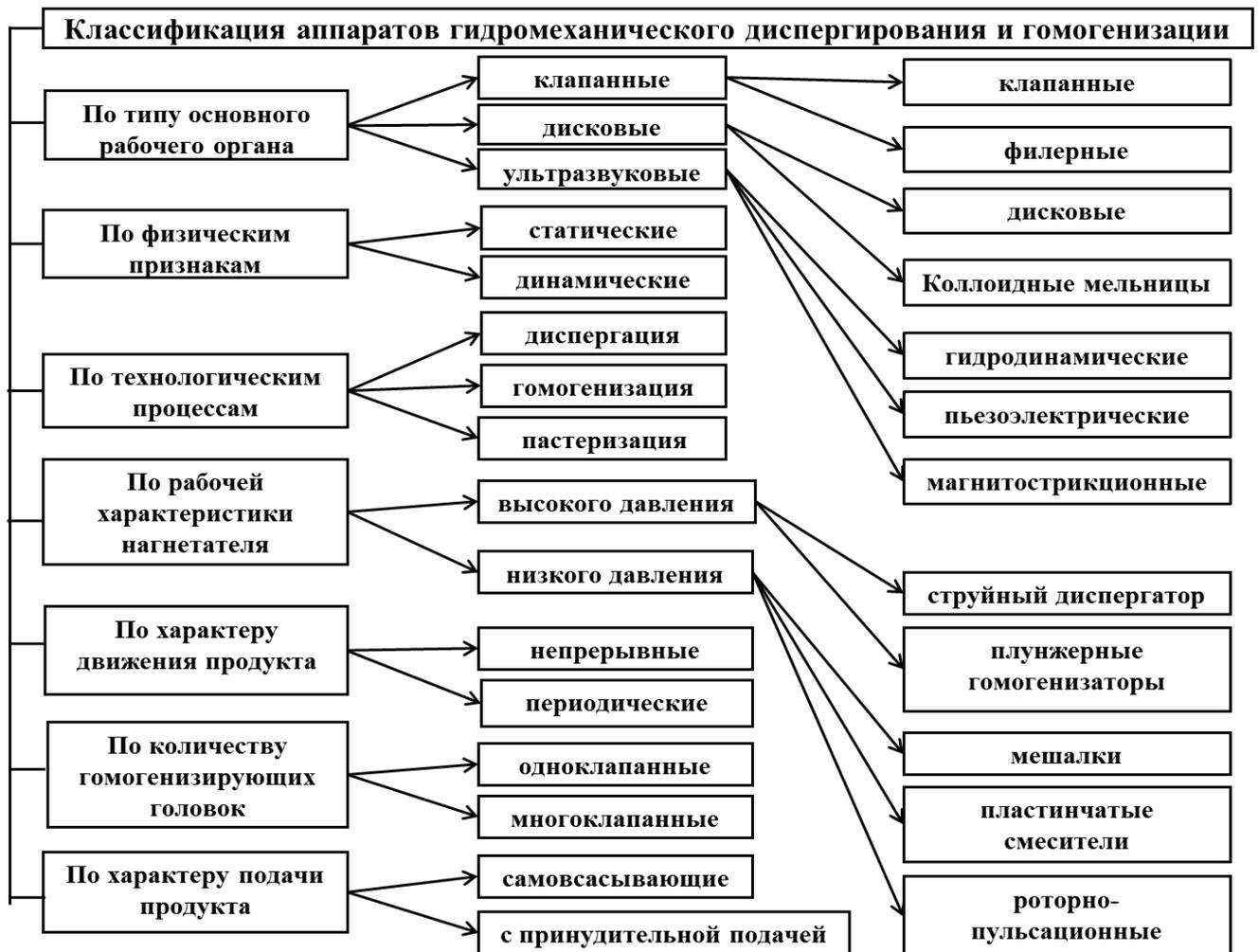


Рисунок 1.4 – Классификация аппаратов гидромеханического диспергирования и гомогенизации

По типу рабочего органа диспергаторы подразделяются на клапанные, дисковые, центробежные и ультразвуковые.

В диспергаторах клапанного типа продукт в кольцевой канал между седлом и клапаном подаётся под давлением, создаваемым многоплунжерным насосом. Дробление и измельчение жировых шариков и увеличение их дисперсности происходит при истечении молока через канал со скоростью 200 м/с, при этом количество жировых шариков увеличивается в 200–500 раз, а их суммарная поверхность в 6-10 раз. Диспергаторы клапанного типа относятся к металлоёмким и энергоёмким: в зависимости от давления и производительности расход электроэнергии изменяется от 36 до 140 кВт/ч, общая масса гомогенизатора может находиться в пределах от 600 до 4000 кг. Клапанными двухступенчатыми диспергаторами в настоящее время оснащены все комбинаты, заводы и цеха, вырабатывающие сухие и жидкие продукты питания [97].

Центробежные диспергаторы по конструкции проще клапанных, менее металлоёмки, в них нет быстроизнашивающихся деталей, но они дают недостаточно высокую степень диспергации.

Электрогидравлическая диспергация молока и влияние на молочные системы электрогидравлического удара исследовались в МАПБ (Московская Академия Прикладной Биотехнологии) [12, 17, 23, 34, 117]. В основу этого способа диспергации положен электрогидравлический эффект, являющийся результатом возникновения в жидкости импульсных сверхвысоких давлений, вызывающих образование ударных волн. Достигнутый общий диспергирующий эффект весьма высок – раздробление и измельчение жировых шариков в 7–8 раз. Кратковременный электрогидравлический эффект не влияет на технологические свойства молока, но очень длительное его воздействие изменяет вкус продукта.

Ультразвуковые диспергаторы – это электромеханические и гидродинамические устройства, создающие упругие звуковые и ультразвуковые колебания в диспергируемой смеси. Наиболее известный из них – так называемый гидродинамический свисток. Принцип действия его основан на прохождении потока смеси через зону максимального

воздействия ультразвукового поля, создаваемого самим же потоком. Поток дробится на струи, которые, многократно взаимно пересекаясь с большой скоростью, создают интенсивные вторичные вихри и акустические колебания высоких частот. При выходе из сопла закрученного потока смеси возникают наиболее интенсивные вихри, создающие колебания, еще более усиливаемые установленной на выходе трубки – резонатора, образующей в потоке смеси кавитационные полости [10, 11].

Ультразвуковой метод эмульгирования весьма эффективен: полнота эмульгирования составляет 95%. Метод обеспечивает высокую степень дисперсности (0,1–0,5 мкм) и устойчивость эмульсии при длительном хранении. Энергоёмкость и металлоёмкость ультразвукового диспергатора по сравнению с диспергатором такой же производительности, используемым в настоящее время в отечественной молочной промышленности, ниже в 5–7 раз [69].

По количеству диспергирующих головок, определяющим конструкцию диспергатора, является количество плунжеров. По этому признаку выпускаемые диспергаторы можно подразделить на одно-, трёх- и пяти плунжерные.

Наиболее типичные, из представленной схемы, к аппаратам высокого давления относятся струйный диспергатор (Рисунок 1.5) и плунжерный диспергатор (Рисунок 1.6).

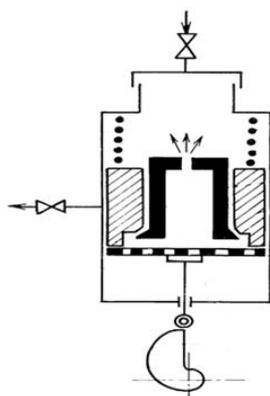


Рисунок 1.5 – Струйный диспергатор

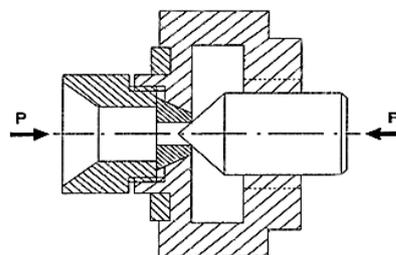


Рисунок 1.6 – Плунжерный гомогенизатор

Для диспергации молока и других молочных продуктов в основном используются клапанные диспергирующие устройства, описанные в работах [67, 90, 108]. Основными рабочими органами диспергирующей головки являются седло и клапан, от конструкции которых в известной мере зависит степень дисперсности частиц при диспергации. Разнообразие конструкций диспергирующих устройств обусловлено стремлением повысить диспергирующий эффект за счёт создания турбулентности потока жидкости, повышения скорости ее движения на входе в клапанную щель. Работают клапанные диспергирующие устройства следующим образом.

Жидкость попадает в головку под клапан. Усилие от движения жидкости на клапан воспринимает на себя устройство противодействия, включающее шток с пружиной и нажимной гайкой и служащее для обеспечения зазора между клапаном и седлом. Противодействием нажимной пружины клапан прижимается к седлу. Возрастающее давление жидкости в гомогенизаторе не даёт ему возвратиться на посадочное место, и он работает в «плавающем» положении. Через оставшуюся кольцевую щель малой высоты (0,05 - 2,5 мм) пропускается эмульсия. При этом она диспергируется. Жидкость, диспергируемая на первой ступени, поступает под клапан второй ступени, где она повторно диспергируется и выходит из головки.

Ранее в СССР, а сейчас в странах СНГ основными диспергаторами клапанного типа являются агрегаты, изготавливаемые ОАО «Одесский механический завод» (Украина). Они имеют классическую конструкцию – клапанную диспергирующую головку и плунжерный насос высокого давления.

Анализ клапанных диспергаторов показал, что эти устройства характеризуются значительными габаритами, металлоёмкостью и большим энергопотреблением. Следует отметить, что зарубежные аналоги по этим показателям отличаются не значительно. При диспергации в клапанных устройствах частицы дробятся до размеров не менее 1 мкм. Даже усовершенствованные клапанные диспергаторы не могут дробить частицы до

размеров менее 0,5 мкм [12, 17, 42, 117]. Аналогичный принцип дробления частиц используется в устройствах фильерного типа. В них продукт продавливается через параллельно расположенные отверстия с постоянным или регулируемым сечением. Недостатком этих устройств является также невозможность получения частиц с размером менее 1 мкм [116, 72].

Для создания дисперсных систем используются коллоидные мельницы, основными рабочими органами которых являются ротор и статор, проходя через щель между которыми, продукт диспергируется [83].

Дисковые диспергаторы состоят из неподвижных и вращающихся дисков с концентричными на их поверхности выступами и впадинами. Частицы, попадая в зазор между статором и ротором, обусловленный этими выступами, дробятся на более мелкие частицы [64-67] (Рисунок 1.7).

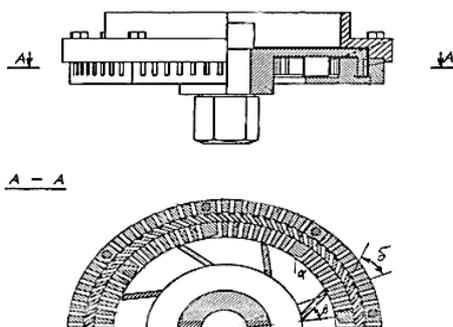


Рисунок 1.7 – Роторно-пульсационный аппарат

Диспергировать эмульсии можно в струйных мельницах, которые представляют собой камеру с соплами, установленными одно против другого. Имеются конструкции струйных диспергаторов в виде многокамерных устройств [12, 60]. К преимуществам струйных диспергаторов относятся малые габариты и простота конструкции, к недостаткам - ограниченность дисперсности частиц продукта.

Дробление жировых частиц, вызванное кавитацией, можно получить с использованием устройств роторного типа [100]. Типичный ротор-эмульсатор представляет собой диск с выступами на его поверхности в виде

треугольных призм. Диск вращается относительно вертикальной оси. Треугольные призмы на его поверхности ориентируются таким образом, что окружная скорость вращения направлена от середины одной из вертикальных плоскостей к противоположной грани. При движении ротора за выступами образуются кавитационные каверны, при схлопывании которых частицы дробятся. Преимуществом этих устройств является простота конструкции, недостатком – малая эффективность диспергации (Рисунок 1.8).

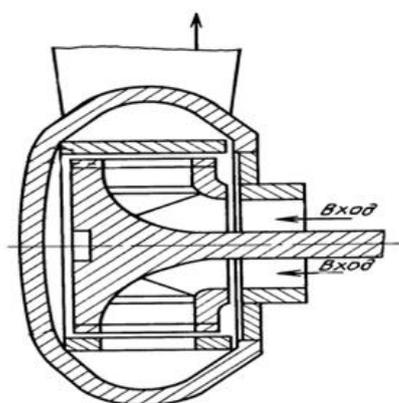


Рисунок 1.8 – Роторный кавитационный диспергатор

По способу создания ультразвуковых волн устройства их возбуждения разделяют на магнитострикционные преобразователи, пьезоэлектрические вибраторы и гидродинамические излучатели [1, 10, 11, 104].

Принцип работы магнитострикционного преобразователя заключается в использовании свойств некоторых металлов и сплавов изменять свои геометрические размеры под действием магнитного поля. Если, например, к обмотке никелевого стержня, находящегося в постоянном магнитном поле, приложить переменное напряжение, то благодаря магнитострикционному эффекту стержень будет удлиняться и укорачиваться с частотой приложенного напряжения и с амплитудой, приблизительно пропорциональной амплитуде тока. Торцы стержня при таких колебаниях излучают ультразвуковые колебания. Магнитные преобразователи состоят из

двух основных частей: генератора, вырабатывающего переменный высокочастотный электрический ток, и вибратора, который преобразует полученную от генератора электрическую энергию в ультразвуковые колебания и передаёт их непосредственно среде.

Принцип действия пьезоэлектрического вибратора заключается в использовании свойства кристаллов менять свои размеры под действием электрического поля. Если граням кристалла сообщить заряд, то линейные размеры его изменяются синхронно изменению заряда. В пьезоэлектрических вибраторах высокочастотный генератор создаёт переменное электрическое поле, вызывающее пульсации пластины, которые передаётся окружающей жидкой среде [104].

По конструкции гидродинамические излучатели [28] разделяют на: пластинчатые с креплением пластины в узловых точках, пластинчатые с креплением пластины консольно, пластинчатые с кольцевым соплом и расположенными по окружности консольными пластинами, стержневые гидродинамические излучатели.

Принцип действия пластинчатых гидродинамических излучателей можно объяснить следующим образом. Жидкость, проходя через сопло, ускоряется. При попадании струи на элементы конструкций (пластину или систему стержней), она начинает колебаться (собственная частота колебаний пластины около 18 кГц). В среде при этом распространяются акустические волны, приводящие к дроблению частиц. В пластинчатых гомогенизаторах с кольцевым соплом и расположенными по окружности консольными пластинами дробление частиц происходит за счёт ультразвуковых колебаний, возникающих при попадании струи на полый цилиндр, который разрезан вдоль образующих так, что создаётся система расположенных по окружности консольных пластин. В стержневых излучателях ультразвуковые колебания возникают при попадании струи жидкости на систему стержней.

Однако УЗ – диспергаторы в настоящее время из-за больших энергетических затрат при гомогенизации пищевых эмульсий не используются.

Анализ патентных источников показал, что в настоящее время разрабатываются устройства, в которых дробление частиц происходит по нескольким направлениям [72, 74, 75, 78].

Наиболее эффективными аппаратами для диспергации ЗЦМ являются роторные аппараты, с периодическим перекрыванием потока обрабатываемой среды. Роторные аппараты не требуют сложных систем охлаждения и аппаратуры для создания высокого давления, обеспечивают непрерывность технологического процесса и возможность регулирования параметров процесса диспергации в широком диапазоне, их однородность в рабочем объеме. Отличаются простотой и надёжностью в эксплуатации и практически большим выбором варьированием скоростей вращения ротора, что обеспечивает возможность работы со средами с широким диапазоном исходных физико-химических характеристик (плотности, вязкости, дисперсности). Не требуют больших производственных площадей для размещения.

Реализуемые в роторных аппаратах условия обработки – большие градиенты скоростей, активный гидродинамический режим, эффективная турбулизация и пульсация потока, кавитационные эффекты (действие ударных волн), высокие напряжения сдвига сочетаются с одновременным механическим воздействием на частицы дисперсной фазы (диспергирование, деформация, резание), что приводит к резкой интенсификации всех процессов, протекающих в гетерогенных средах и в растворах.

Технологические процессы приготовления с использованием установок протекают совмещённо (например, диспергирование, гомогенизация и пастеризация), более интенсивно и при меньших температурах, чем в традиционно используемых технологиях, существенно уменьшается время обработки смеси и, соответственно, снижаются прямые

энергозатраты. Большой эффект достигается в виде упрощения самого технологического процесса, а также обслуживания аппаратуры и обеспечения вспомогательных процессов.

1.4 Анализ и теоретическое обоснование диспергации

При приготовлении искусственного молока наиболее энергоёмким является процесс диспергации и гомогенизации.

Механизмы диспергации эмульсий связывают со следующими физическими явлениями [8, 12, 42, 53, 108, 116]:

- вытягиванием частиц дисперсной фазы и их дроблением в результате действия градиента скорости;
- разрывом жидких частиц дисперсной фазы за счёт относительной скорости подвижных и неподвижных частей;
- дроблением в результате истирания;
- дроблением частиц, обусловленным воздействием возмущений среды;
- удар плоской струи, выходящей с большой скоростью из-под ротора, о металлическую стенку наружной и внутренней обечайки статора, окружающую ротор на близком расстоянии.

Процесс диспергации, при всей кажущейся своей простоте и очевидности имеет множество несовпадающих между собой, и даже противоречащих друг другу воззрений [12, 17, 30, 83].

По крайней мере, 5 – 6 гипотез диспергации претендуют на роль теории. Основная причина теоретических разногласий в том, что процесс диспергации труднодоступен для экспериментальных исследований по причине больших скоростей потоков и высоких давлений. А любая теоретическая модель строится на обобщении множества экспериментов [14].

Существует множество качественных объяснений гидродинамических парадоксов. Эти объяснения нередко ошибочны и являются объектом споров между гидродинамиками [12].

Одна из причин появления парадоксов гидродинамики кроется в изначальных допущениях о свойствах жидкости как сплошной непрерывной среды. Гидродинамика изучает жидкостные и газовые потоки, размер которых несоизмеримо больше размеров молекул, поэтому отвлекается от молекулярной структуры реальной среды и рассматривает её как сплошную и непрерывную. Однако, и вязкость, и теплопроводность, и диффузия, и сжимаемость обусловлены именно молекулярной структурой вещества.

Особая сложность процесса диспергации ещё и в том, что кроме гидродинамики однородного потока, следует рассматривать взаимодействие этого потока с жировыми шариками, с этими мельчайшими капельками жира. Кроме того, сама дисперсионная среда неоднородна. В процессе диспергации имеет место взаимодействие жидкости с каплями жира, пузырьками воздуха и даже, возможно, с затвердевшими поверхностями жировых капель и микроскопическими кристалликами льда. И если даже учитывать столь сложную структуру потока, то этот учёт осложняется тем, что жировые капли, и пузырьки воздуха, которые принято считать сферическими, на практике деформируются под воздействием окружающих потоков. Если даже движение однородной жидкости часто не подчиняется известным законам, и, безусловно, такая сложная система как гомогенизируемая жидкость, включающая все три состояния вещества, требует специального подхода, отличного от классического.

В результате теоретических исследований установлено, что при движении диспергируемого потока в щели диспергатора имеют место зоны сверхнизких давлений, в которых происходит процесс низкотемпературной кавитации, сопровождающейся явлениями сублимации дисперсионной среды и образования микрочастиц льда, образовавшиеся в зоне низкотемпературной кавитации и двигающиеся с большими скоростями

разбивают и жировые шарики, и рабочую поверхность диспергирующих устройств [16, 19, 20, 24, 97, 111].

С использованием представлений, описанных в литературном обзоре и в источниках [27, 85] для дальнейшей разработки нами принималась следующая модель дробления жировых частиц: дисперсионная среда увлекает в движение дисперсионную фазу, жировую частицу, и с учётом этого формируется относительное движение среды и фазы, жировой частицы. Плотность жировой частицы мало отличается от плотности окружающей жидкости. Поэтому можно считать, что ее скорость практически не отличается от скорости потока, и, следовательно, архимедовой силой и силами вязкого трения можно пренебречь. При этих допущениях на частицу, движущуюся в ускоренном потоке, действует сила инерции F_R , стремящая ее растянуть и сила поверхностного напряжения σ , под действием которой шарик жира стремится сохранить свою форму.

Силы инерции, развивающиеся при разгоне частиц жира, оказываются достаточными для их растяжения и разрыва. Роль самой щели сводится лишь к тому, что она создаёт условия, способствующие движению частиц с ускорением (Рисунок 1.9).

Изменение скорости не может быть скачкообразным, разгон частиц происходит на каком-то участке траектории. Если этот участок имеет небольшую протяженность, то жировая частица будет подвержена действию достаточно мощных инерционных сил, в результате чего может произойти ее растяжение, а затем и разрыв. Схема диспергирования «растяжение-разрыв» впервые предложена Ребиндером [85], а применительно к диспергации молока рассматривалась Виттигом [102]. Последний разделяет весь процесс на «висколизацию», т.е. растяжение жировых частиц, превращение их в нити и распад нитей - дробление.

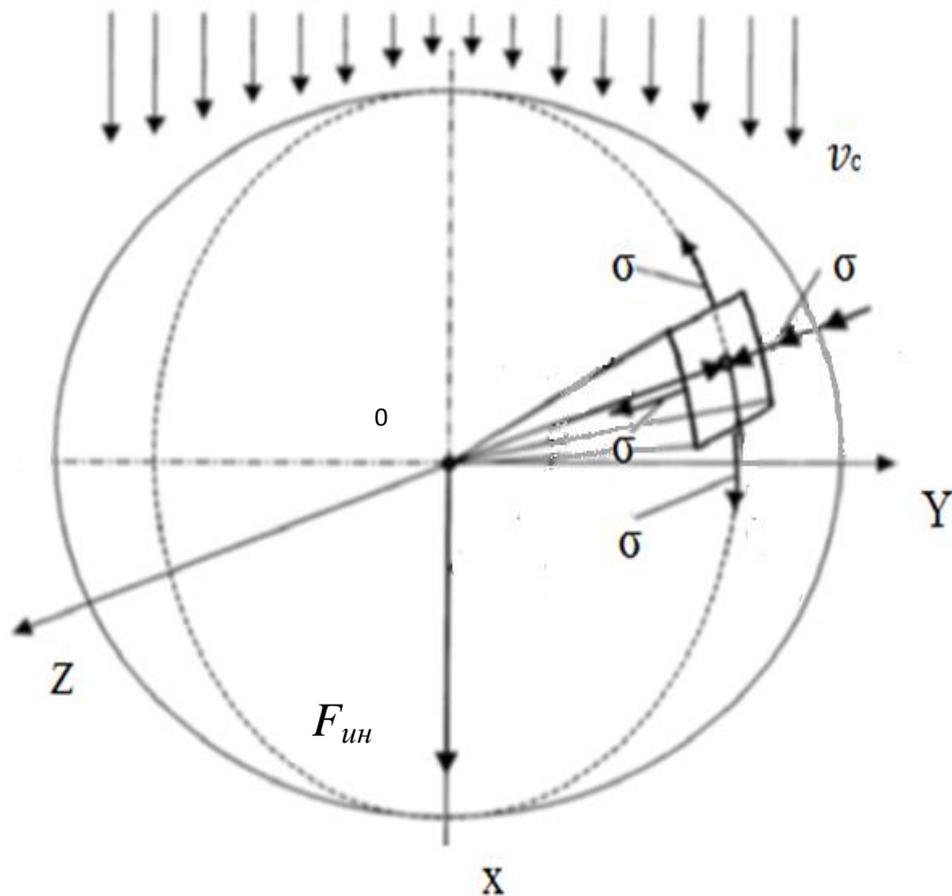


Рисунок 1.9 – Схема действия сил на поверхность жировой частицы: σ – коэффициент поверхностного натяжения; v_c – скорость среды; $F_{ин}$ – сила инерции.

Работа сил инерции может быть представлена как:

$$A_{ин} = \rho \cdot \frac{\pi \cdot d^3}{6} v^2, \text{ Дж} \quad (1.1)$$

где ρ – плотность жировой фазы, кг/м^3 ; d – диаметр частицы, м; v – скорость на рассматриваемом участке траектории, м/с.

Работа сил поверхностного натяжения, $A_{п.н.}$:

$$A_{п.н.} = \sigma \cdot \Delta S, \text{ Дж} \quad (1.2)$$

где σ – коэффициент поверхностного натяжения, Дж/м^2 ; $\Delta S = S_{ц} - S_{ш}$ – изменение поверхности жировой частицы при деформации ее в цилиндр (нить), поверхность которого $S_{ц} = \pi dl$, м^2 .

Условием дробления, т. е. растяжения сферы в цилиндрическую нить, является равенство:

$$A_{ин} = A_{п.н}$$

Под воздействием относительной скорости жировой шарик может разрушиться по одному из механизмов, описанных выше.

Применяя эти представления к расчётам разрушения жировых шариков молока, необходимо иметь в виду, что они не являются однородными. Воздействие сил инерции на такие шарики включает деформацию, как наружной плёнки, так и внутренней их части. Это определяется тем, что оболочку также можно рассматривать как жидкость и применять к ней все изложенные выше представления о дроблении. Это позволяет нам рассматривать данное явление как взаимодействие с однородными частицами, а количественные результаты расчётов дробления уточнять экспериментально, например, уточняя качество измельчения смеси и степень однородности смеси.

Интенсивное дробление частиц дисперсной фазы в роторных диспергаторах происходит за счёт их вытягивания в нити и разрыва этих нитей на части при ускорении потока жидкости на выходе из ротора в статор. Вытягивание сферических образований в нитеобразные определяется тем, что ускорение потока распределено вдоль направления движения смеси.

Фронтальные элементы образований раньше тыльных их частей подвергаются ускорению и более длительное время пребывают под воздействием повышенных скоростей движения смеси. В результате сферические частицы удлинняются. При малой разности скоростей фронтальных и тыльных частей частицы дисперсной фазы происходит только ее деформирование. Чем выше разность скоростей, тем интенсивнее частица вытягивается в нить, тем тоньше эта нить и мельче частички ее распада. Разрыв жировых шариков происходит в момент разгона смеси из ротора в статор за счет большого градиента скорости. Диаметр раздробленных частиц вычисляется по формуле:

$$d = k \cdot \frac{\sigma^{1/2} \cdot Q^{1/2} \cdot \rho^{1/4}}{L^{1/2} \cdot \Delta\rho^{3/4}}, \text{ м} \quad (1.3)$$

где k – безразмерный коэффициент, зависящий от конструкции диспергирующей головки; ρ – плотность эмульсии, кг/м^3 ; σ – коэффициент поверхностного натяжения, Дж/м^2 ; Q – производительность диспергатора, кг/с ; L – размер щели, м; $\Delta\rho$ – разность плотностей жира и плазмы, кг/м^3 .

Разрушению частицы дисперсной фазы препятствует ее поверхностное натяжение. Соотношение разрушающей силы и силы поверхностного натяжения определяется критерием Вебера (We):

$$We = \frac{(v_q - v_c)^2 \cdot \rho_1 \cdot r}{\sigma}, \quad (1.4)$$

где v_q – относительная скорость частицы, м/с; v_c – относительная скорость среды, м/с; ρ_1 – плотность частицы, кг/м^3 ; σ – коэффициент поверхностного натяжения, Дж/м^2 ; r – радиус частицы, м.

Алгоритм расчёта несколько видоизменяется, если дробятся не жировые шарики, а их конгломераты. В этом случае силами, удерживающими целостность конгломерата, являются не силы поверхностного натяжения, а адгезионные силы сцепления отдельных шариков друг с другом. В этом случае вместо силы поверхностного натяжения сферической частицы F_n :

$$F_n = \frac{2 \cdot \sigma}{r} \cdot S_m, \text{ Н} \quad (1.5)$$

где σ – коэффициент поверхностного натяжения, Дж/м^2 ; r – радиус частицы, м; S_m – площадь миделевого сечения шарообразной частицы, $S_m = \pi d/4$, м^2 .

Должна использоваться сила адгезионного сцепления F_a :

$$F_a = F_{y\partial} \cdot S_l \cdot \left(\frac{r}{r_3}\right)^2, \text{ Н} \quad (1.6)$$

где $F_{y\partial}$ – удельная сила адгезионного сцепления частиц, Н; S_l – площадь контакта частиц, удерживаемых одна возле другой силами адгезии, м^2 ; r_3 – эквивалентный размер конгломерата, м, r – радиус частиц, из которых складывается конгломерат, м.

Выражение для критерия Вебера (We) преобразуется к виду:

$$We(t) = [v_c(t) - v_q(t)]^2 \cdot \frac{\rho_c}{2 \cdot F_{y\partial}} \cdot \left[\frac{r_{\text{э}}(t)}{r(t)} \right]^2 \quad (1.7)$$

где v_c – скорость среды, м/с; v_q – скорость частицы, м/с; ρ_c – плотность жидкой среды, кг/м³; $F_{y\partial}$ – удельная сила адгезионного сцепления частиц, Н; $r_{\text{э}}$ – эквивалентный размер конгломерата, м; r – радиус частиц, из которых состоит конгломерат, м.

С использованием этого выражения для критерия Вебера формула для расчёта критического значения эквивалентного радиуса конгломерата $r_{\text{кр}}(t)$ примет вид:

$$r_{\text{кр}}(t) = r \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot We_{\text{кр}} \cdot F_{y\partial}}{[v_c(t) - v_q(t)]^2 \cdot \rho_c}}, \text{ м} \quad (1.8)$$

где r – радиус частиц, из которых состоит конгломерат, м; $We_{\text{кр}}$ – критическое значение критерия Вебера; $F_{y\partial}$ – удельная сила адгезионного сцепления частиц, Н; v_c – скорость среды, м/с; v_q – скорость частицы, м/с; ρ_c – плотность жидкой среды, кг/м³.

В остальных моментах алгоритм дробления конгломерата частиц повторяет алгоритм дробления частиц.

При превышении критерием Вебера критического значения развивается один из механизмов разрушения. Для разных механизмов разрушения критические значения критерия Вебера различны. Разрушение частиц заканчивается спустя некоторое время после достижения критического значения критерия Вебера. Это время называется временем разрушения. По физическому смыслу оно является временем, в течение которого развивается деформация частиц до достаточно большой степени.

Таким образом, из всех известных механизмов разрушения жирового шарика реальным для нашего процесса диспергации является только механизм с вытягиванием частиц дисперсной фазы и их дроблением в результате действия градиента скорости, разрывом жидких частиц

дисперсной фазы за счет относительной скорости подвижных и неподвижных частей и дроблением в результате истирания.

Характерными конструктивными признаками роторного диспергатора является ротор, наружная и внутренняя обечайка статора, а зазор δ между ротором и обечайками статора одной ступени лежит в пределах 0,1- 0,5 мм (Рисунок 1.10).

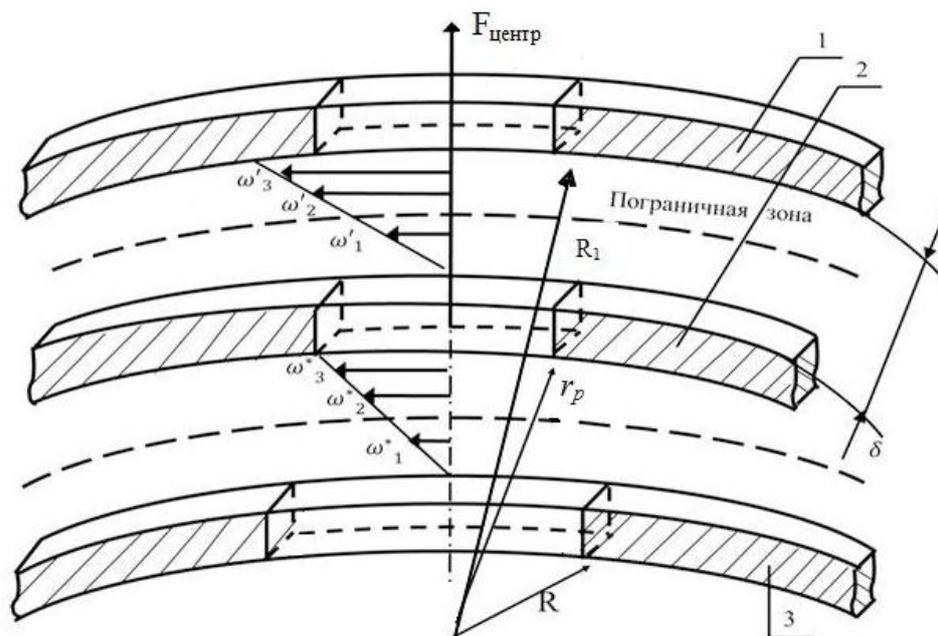


Рисунок 1. 10 – Схема роторного диспергатора: 1 – наружная обечайка статора; 2 – ротор; 3 – внутренняя обечайка статора; R – радиус внутренней обечайки статора; R_1 – радиус наружной обечайки статора; r_p – радиус ротора; δ – зазор щели между ротором и статором; ω^*, ω' – градиенты частоты вращения ротора; $F_{\text{центр}}$ – центробежная сила.

Для роторного диспергатора характерно две ступени: первая ступень – внутренняя обечайка статора – ротор; вторая ступень – ротор – наружная обечайка статора, с зазором 0,1-0,5 мм между ротором и обечайками статора и большим шагом расположения каналов по боковым стенкам ротора и обечаек статора. Наиболее активной рабочей зоны является щель между ротором и обечайками статора. Роль самой щели сводится лишь к тому, что она создаёт условия, способствующие движению частиц с ускорением. При

вращении ротора его каналы периодически совмещаются с каналами внутренней и наружной обечайки статора. В период времени, когда каналы ротора перекрыты стенкой обечаек статора, в роторе давление возрастает, а при совмещении канала ротора с каналом обечаек статора давление за короткий промежуток времени сбрасывается и в результате этого в канал обечаек статора распространяется импульс давления. Скорость потока жидкости в канале обечаек статора является переменной величиной. При распространении в канале обечаек статора импульса избыточного давления в след за ним возникает кратковременный импульс пониженного (отрицательного) давления, так как совмещение каналов ротора и обечаек статора завершилось и подача жидкости в канал обечаек статора происходит только за счет транзитного течения из радиального зазора между ротором и обечайками статора. Объем жидкости, вошедший в канал обечаек статора, стремится к выходу из канала и инерционные силы создают растягивающие напряжения в жидкость, что вызывает кавитацию. Кавитационные пузырьки растут при понижении давления до давления насыщенных паров обрабатываемой жидкости при данной температуре, схлопываются или пульсируют при увеличении давления в канале статора. Часть кавитационных пузырьков выносятся из наружной обечайки статора в емкость. В связи с тем, что скорость потока жидкости в канале обечаек статора имеет флуктуации, поток имеет развитую турбулентность. При вращении ротора в щели между ротором и обечайками статора возникают большие сдвиговые напряжения. Рабочие поверхности ротора, имеющие насечки, воздействуют на жидкую гетерогенную среду за счет механического контакта, создавая срезающие и сдвиговые усилия.

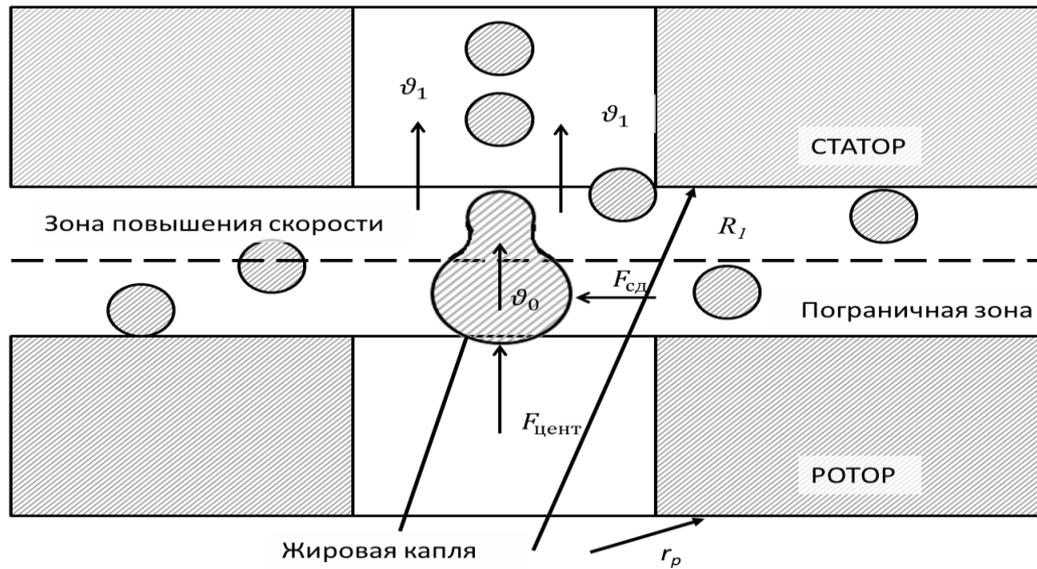


Рисунок 1.11 – Схема процесса диспергации: v_1 – скорость частицы жира в статоре; v_0 – скорость частицы жира на выходе из ротора; $F_{сд}$ – сила сдвигового усилия; $F_{центр}$ – центробежная сила; ω – частота вращения ротора; d – диаметр жирового шарика; R_1 – радиус наружной обечайки статора; r_p – радиус ротора.

Скорость потока v_0 имеет наибольшее значение в начале щели на радиусе r_p . По мере расширения потока к выходу скорость увеличивается до величины v_1 . На основании уравнения неразрывности скорости на радиусе R_1 :

$$v_1 = v_0 \frac{R_1}{r_p}, \text{ м/с} \quad (1.9)$$

Действительная скорость истечения v_l меньше теоретической, причём величина отклонения зависит от вязкости жидкости и высоты щели. Несмотря на изменение скорости между ротором и обечайками статора при изменении давления диспергации, число Re для потока жидкости не зависит от давления диспергации и при работе с данным продуктом остаётся постоянным при любых режимах работы:

$$Re = \frac{v_1 \cdot 2 \cdot h}{\nu} = \frac{2 \cdot V}{\pi \cdot d \cdot \nu} = \frac{2 \cdot m}{\nu}, \quad (1.10)$$

где v_1 – скорость частиц в наружной обечайке статора, м/с; h – высота щели между ротором и обечайками статора, м; d – диаметр внутренней обечайки статора, м; ν – кинематическая вязкость жидкости, м²/с.

Следовательно, число Re для потока в роторе и статоре зависит от производительности машины, размеров окон и вязкости жидкости. Обычно при работе гомогенизаторов число $Re = 25000–35000$.

Резкое падение давления в роторе происходит на входе во внутреннюю обечайку статора, причём основная часть энергии (до 80–90%) расходуется на сообщение жидкости кинетической энергии, а остальная – на преодоление сопротивления над ротором. Относительно малая величина давления в начале обусловлена тем, что большая часть сопротивления трения преодолевается в результате увеличения скоростного напора при скорости расширяющегося потока от v_0 до v_1 .

Анализируя условия, в которых происходит процесс дробления жидкой фазы эмульсии, можно сделать вывод о том, что он начинается с первоначальной деформации жидких капель, взвешенных в жидкой среде. Степень деформации в начальной стадии дробления характеризует интенсивность действия механических факторов.

В роторных диспергаторах поток эмульсии подвергается в зоне ротора последовательным механическим воздействиям, при которых диспергирующую роль могут играть следующие, наиболее вероятные факторы:

–относительное смещение жидких частиц эмульсии с резкой переменной скорости в связи с переформированием потока в месте перехода жидкости из ротора в наружную обечайку статора;

–относительное смещение жидких частиц эмульсии при наличии высокого градиента скорости поперёк потока эмульсии в узкой щели между ротором и обечайками статора;

–удар плоской струи, выходящей с большой скоростью из-под ротора, о металлическую стенку наружной и внутренней обечайки статора, окружающую ротор на близком расстоянии.

Последующее механическое действие на эмульсию при ее движении в щели и при ударе струи за пределами статора заметно не влияет на дисперсность эмульсии, несмотря на изменение градиента скорости при движении потока в щели и скорости выходящей струи, в широком диапазоне. На дисперсность эмульсии не влияет также изменение длины пути, проходимого эмульсией под ротором.

Отсутствие выраженного действия скорости удара на выходе струи и поперечного градиента скорости в щели на дисперсность объясняется тем, что они действуют в то время, когда процесс раздробления частиц эмульсии уже завершён в результате их деформации при выходе из обечаек статора, поэтому последующее влияние вторичных факторов не может проявиться [97].

При переходе жировой капли из зоны малых скоростей в зону высоких, передние части капли жира включаются в поток в щели со скоростью частицы жира в наружной обечайке статора v_1 , вытягиваются и отрываются от неё, а оставшаяся часть, ещё принадлежащая к потоку со скоростью v_0 , продолжает проходить через пограничное сечение и постепенно отдавать свой материал вновь образованным частицам.

При большой разности скорость частицы жира в наружной обечайке статоре v_1 и скорость частицы жира в роторе v_0 капля может расчленяться последовательным отрывом частиц без промежуточного растягивания всей капли в цилиндр или шнур. При малой разности скоростей частицы жира в наружной обечайке статоре v_1 и скорости частицы жира в роторе v_0 вся капля может миновать пограничное сечение, не успев расчлениваться, но окажется деформированной до неустойчивого состояния, поэтому возвращение ее к первоначальному виду в условиях потока в щели окажется

невозможным. Под механическим действием потока и сил поверхностного натяжения произойдет расчленение капли на более мелкие частицы.

Такое толкование механизма дробления капель объясняет экспериментально установленную зависимость дисперсности эмульсии от скорости в начале щели. Чем выше скорость частицы жира в наружной обечайке статора v_1 , тем интенсивнее вытягивается жидкая нить из капли в пограничной зоне, тем тоньше эта нить и мельче частицы после ее распада.

Зависимость дисперсности от скорости частицы жира в наружной обечайке статора v_1 объясняет связь, установленную практикой между эффектом диспергации и давлением, так как для любых данных условий скорость определяется давлением. Это позволяет с достаточным основанием построить для любого диспергатора зависимость дисперсности диспергированной эмульсии от перепада давления Δp , которая действительна для других диспергаторов того же типа при условии работы на продукте с теми же свойствами.

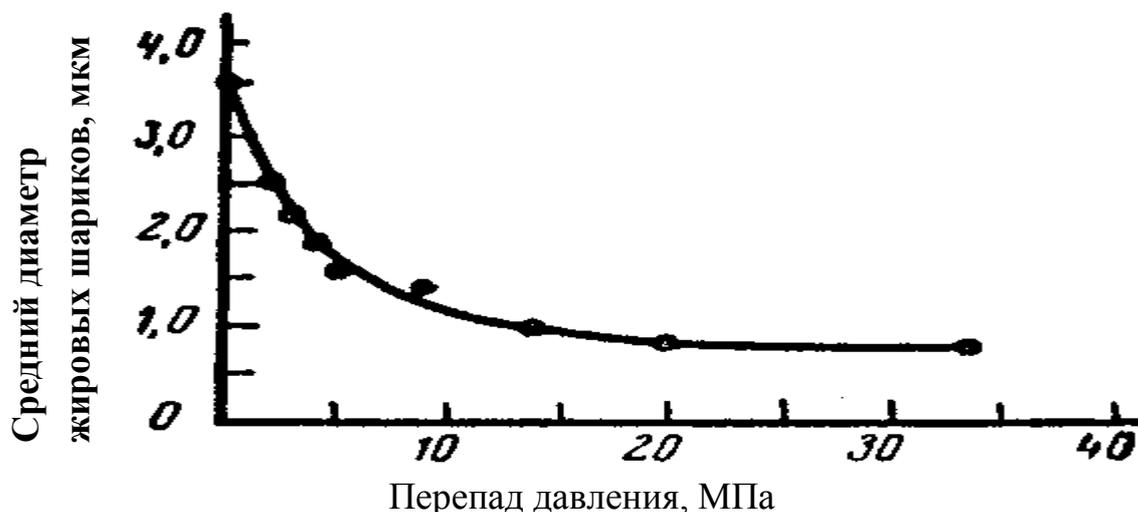


Рисунок 1.12 – Зависимость дисперсности диспергированной эмульсии от перепада давления

Средний диаметр жировых частиц характеризует динамическое равновесие в одновременно протекающих процессах дробления и коалесценции. С этих позиций дробление отражает лишь энергетические

затраты на диспергацию в роторных диспергаторах. Предотвращение слипания уже раздробленных частиц может заметно повысить экономичность процесса. Количество энергии, необходимое для диспергации до определенного размера зависит от многих факторов: размеров частиц, формы, прочности, влажности, состояния рабочих органов машин и многое другое. Поэтому установление аналитической зависимости между расходом энергии и физико-механическими свойствами исходного материала возможно лишь в общем виде.

1.5 Вывод по первой главе

На основании анализа проведённого литературного обзора приготовления ЗЦМ можно сделать следующие выводы:

1. Современное кормление сельскохозяйственных животных показывает, что наиболее эффективным кормом, при кормлении телят профилактического периода, является диспергированная структурированная смесь, в частности смеси ЗЦМ.

2. Установлено, что основными силами в процессе работы роторного диспергатора являются центробежные силы и силы поверхностного натяжения. Их соотношение позволило установить, что моделирование роторного диспергатора подчиняется критерию Вебера ($We \geq 17$), при превышении которого и происходит разрушение частиц жирового шарика.

3. Повышение качества диспергации может быть достигнуто за счет обработки ЗЦМ высокой интенсивности. Исследования этой возможности составили содержание дальнейшего нашего исследования.

4. На основании анализа исследований и классификации конструктивных решений выявлена перспективная модель – роторный диспергатор и определено направление его совершенствования.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Теория измельчения

Анализируя условия, в которых происходит процесс дробления жидкой дисперсной фазы, можно сделать вывод, что он начинается с первоначальной деформации жидких капель, взвешенных в жидкой среде. Интенсивность действия механических факторов характеризует степень деформации в начальной стадии дробления и измельчения.

В роторных диспергаторах поток эмульсии подвергается в зоне ротора последовательным механическим воздействиям, при которых диспергирующую роль могут играть следующие, наиболее вероятные факторы:

- относительное смещение жидких частиц с резкой переменной скорости в связи с переформированием потока в месте перехода жидкости из ротора в наружную обечайку статора;

- относительное смещение жидких частиц при наличии высокого градиента скорости поперёк потока эмульсии в узкой щели между ротором и обечайками статора;

- удар плоской струи, выходящей с большой скоростью из-под ротора, о металлическую стенку наружной и внутренней обечаек статора, окружающую ротор на близком расстоянии.

Последующее механическое действие на эмульсию при ее движении в щели и при ударе струи за пределами статора заметно не влияет на дисперсность эмульсии, несмотря на изменение градиента скорости при движении потока в щели и скорости выходящей струи, в широком диапазоне. На дисперсность эмульсии не влияет также изменение длины пути, проходимого эмульсией под ротором.

Существует первый закон измельчения, выдвинутый профессором А.Р. Риттингером – гипотеза пропорциональности работы измельчения вновь образованных поверхностей [85]:

$$A = k \cdot \Delta S, \text{ Дж} \quad (2.1)$$

где: k – коэффициент пропорциональности, Н; ΔS – приращение поверхности в процессе измельчения, м.

Выражая вновь образованные поверхности через начальные и конечные размеры, получим:

$$A = k_R (i-1) \frac{V}{d_{\text{ср}}}, \text{ Дж} \quad (2.2)$$

где: k_R – коэффициент пропорциональности между затраченной работой и вновь образованной поверхностью, Н; V – объём подлежащего измельчению материала, м³; $d_{\text{ср}}$ – средний размер кусков исходного материала, м².

Профессор Ф. Кик предположил, что энергия измельчения расходуется на изменение форм геометрически подобных тел и она пропорциональна объёмам этих тел [85]:

$$A = \text{бсж}^2 \cdot \frac{V}{2E}, \text{ Дж} \quad (2.3)$$

где бсж – напряжение, возникающее при деформации, Па; V – объём деформированного тела, м³; E – модуль упругости, Па.

Эта гипотеза получила название второго закона измельчения. Переходя к размерам исходного и конечного продукта, получим:

$$A = K_k \cdot m \cdot \lg \frac{d_{\text{ср}}}{d}, \text{ Дж} \quad (2.4)$$

где K_k – коэффициент пропорциональности; m – масса материала, поступившего на измельчитель, кг; $d_{\text{ср}}$ – средний диаметр исходного материала, м²; d – диаметр конечного продукта, м².

Академик А.Р. Риттингер попытался объединить обе гипотезы [85], учитывая мнение многих учёных об одновременном процессе расхода

энергии на деформацию образования новой поверхности. В общем виде формула выглядит так:

$$A = k_1 \cdot \Delta V + k_2 \cdot \Delta S, \text{ Дж} \quad (2.5)$$

где k_1, k_2 – соответственно коэффициенты пропорциональности; ΔV – деформация объема, м^3 ; ΔS – приращение поверхности, м^2 .

Ф. Бонд выдвинул гипотезу элементарной работы измельчения приращения среднеарифметического между объемом и новой поверхностью [12]:

$$dA = k_B \cdot d \cdot (\sqrt{V \cdot S}), \text{ Дж} \quad (2.6)$$

где k_B – коэффициент пропорциональности; d – размер конечного продукта, м ; V – объем деформированного тела, м^3 ; S – поверхность измельчения, м^2 .

Эта гипотеза получила название третьего закона измельчения. Формула Бонда для измельчения массы с некоторой производительностью и степенью измельчения имеет вид [12]:

$$A_B = K_B \cdot \frac{m \cdot (\sqrt{i} - 1)}{\sqrt{d_{\text{cp}}}}, \text{ Дж} \quad (2.7)$$

где K_B – коэффициент пропорциональности; d_{cp} – средний диаметр исходного материала, м^2 ; m – масса материала, поступившего на измельчитель, кг .

Формулу, обобщающую все эти гипотезы, предложил А.В. Рундквист [12]:

$$dA_0 = K_d (d_{\text{cp}})^{4-n}, \text{ Дж} \quad (2.8)$$

где dA_0 – элементарная работа измельчения, Дж; K_d – коэффициент пропорциональности, Н; d_{cp} – средний диаметр исходного материала, м^2 ; $4-n$ – показатель степени, определяемый экспериментально.

Принимая в данной формуле показатель, равным 3; 1,5; 1 соответственно, получим выражение гипотез Риттингера, Бонда и Кирпичева-Кика.

Для определения работы измельчения единичного куска правильной формы с изотропными свойствами Р.А. Родиным предложено выражение[12]:

$$A_{RR} = \frac{3}{8} \cdot \frac{b_R^2}{k_\phi^2 \cdot k_B^2 \cdot b_{сж} \cdot tg^2 \alpha \cdot r^{0.26-0.01r}}, \text{ Дж} \quad (2.9)$$

где b_R – предел прочности при расколе, Па; k_ϕ – коэффициент формы в зоне контакта; k_B – коэффициент пропорциональности; $b_{сж}$ – контактное напряжение сжатия, Па; $tg \alpha$ – коэффициент трения; r – радиус разрушаемого куска, м.

Предложенная гипотеза трактует, что работа измельчения пропорциональна работе на образование новых поверхностей и трению между этими поверхностями при всестороннем сжатии.

Анализируя возможности практического применения перечисленных зависимостей необходимо отметить, что во всех случаях требуется экспериментальное нахождение коэффициента пропорциональности и ни одна из гипотез не даёт возможности определить или оценить его значение теоретически. Обобщённая формула Рундквиста может быть применена к конкретному измельчителю в случае, если показатель степени определён экспериментально. Применение формулы Р.А. Родина требует экспериментального определения прочности при сжатии и сдвиге, коэффициента внутреннего и внешнего трения, и, конечно, коэффициентов пропорциональности для работы деформации и образования новых поверхностей.

Отношение суммарной поверхности после измельчения к суммарной поверхности до измельчения называется степенью измельчения:

$$\eta = \frac{S_k}{S_H}, \quad (2.10)$$

где S_k – поверхность после измельчения, m^2 ; S_H – поверхность до измельчения, m^2 .

Для определения поверхности необходимо знать:

- средний размер частиц в смеси (за этот размер принимается зазор между ротором и статором);
- весовой выход смеси;
- плотность частиц продукта смеси, принимаемая равной плотности ЗЦМ.

Количество частиц в смеси находится по формуле:

$$n_i = \frac{G_{Ti}}{d_{cp}^3 \cdot \rho} \quad (2.11)$$

где n_i – количество частиц в смеси; G_{Ti} – весовой выход в смеси, кг; d_{cp} – средний диаметр частиц в смеси, м²; ρ – плотность продукта, кг/м³.

Поверхность частиц в смеси:

$$S_i = n_i \cdot 6 d_{cp}^2, \quad \text{м}^2 \quad (2.12)$$

где n_i – количество частиц в смеси; d_{cp} – средний диаметр частиц в смеси, м².

Поверхность всей смеси:

$$S_n = 6 \sum_i^m \frac{G_T}{\rho \cdot d_{cp}}, \quad \text{м}^2 \quad (2.13)$$

где G_T – весовой выход в смеси, кг; ρ – плотность продукта, кг/м³; d_{cp} – средний диаметр частиц в смеси, м².

Оценим время измельчения, необходимое для выделения данной фракции с необходимой полнотой. Скорость измельчения, при равномерном распределении фракции в смеси, пропорционально содержанию фракции, т. е. скорость убывания фракции пропорциональна ее количеству в данный момент.

По мере увеличения времени измельчения, интенсивность измельчения падает вследствие уменьшения концентрации и по той причине, что к концу измельчения остаются частицы данного класса, более трудные по признаку выделения для измельчения.

Математически эту зависимость можно представить в виде:

$$P = -\frac{dh}{dt} = p_s h \quad (2.14)$$

где $p=f(t)$ – характеризует скорость убывания выделяемой фракции;
 h – нагрузка отделимыми частицами в момент t .

Тогда степень измельчения за время t :

$$\eta = 1 - e^{-g}, \quad (2.15)$$

где $g = \int_0^t p_s dt$ (2.16)

Для случаев большего содержания легкоотделимой фракции, где скорость убывания фракции постоянна, уравнение степени измельчения примет вид:

$$\eta = 1 - e^{-Kt} \quad (2.17)$$

где $K = p_s = const$

Более точно определить содержание в данной фракции частиц разного размера можно по дисперсной характеристике смеси, отраженной на рисунке 2.1.

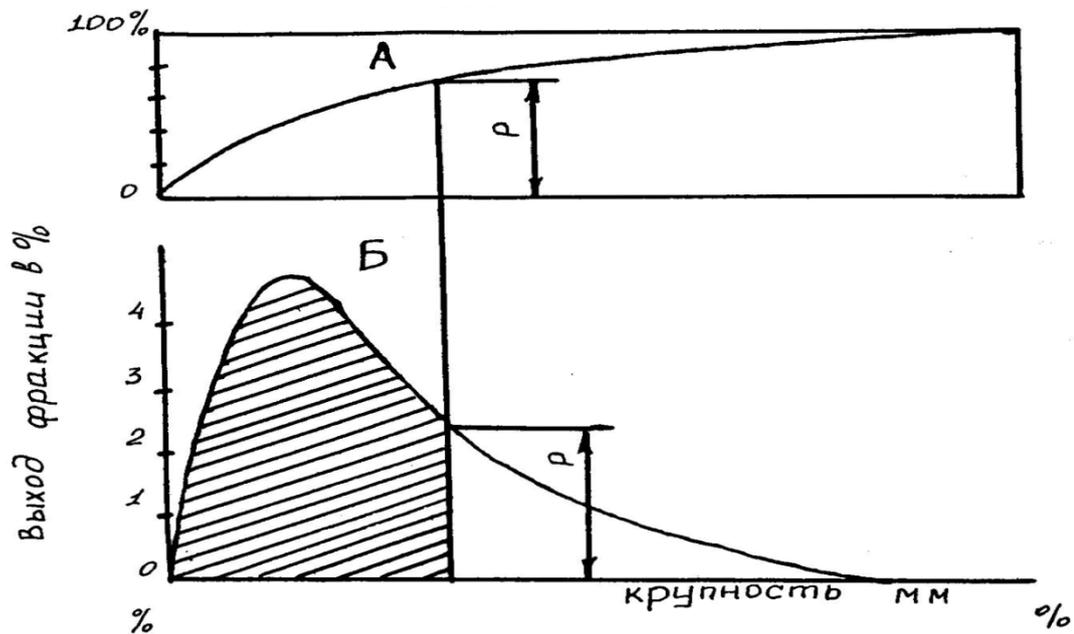


Рисунок 2.1 – Дисперсная характеристика смеси: А – интегральная характеристика крупности; Б – дифференциальная характеристика крупности.

Рассматривая обобщенную формулу измельчения жира видим, что в нее входит показатель степени, который не определен теоретически, а может быть установлен экспериментально для конкретного вида измельчителя. Разделение этого показателя на две части – деформирование объема и образование новой поверхности несколько облегчает решение этого вопроса, но ставит и новый – степень однородности смеси.

Количественной характеристикой завершенности процесса смешивания является степень однородности смеси λ , представляющая собой массовое отношение содержания контрольного компонента в анализируемой пробе к содержанию того же компонента в идеальной (рецептурной) смеси, выраженная в процентах или долях единицы.

Процесс смешивания следует рассматривать как вероятность, и степень однородности смеси, которые можно определять методом отбора проб смеси с последующим статистическим анализом. Определяющими признаками при этом могут быть: число зёрен компонента в пробе или его массовая доля, размеры зёрен и т.п. В результате получается группа чисел, характеризующих состав проб по признаку, принятому в качестве определяющего.

Для определения степени однородности смеси пробы следует брать с разных участков по длине смесителя. С каждого участка следует взять не менее 5 проб. Чем больше масса пробы, тем достовернее значение λ .

Г.М. Кухта рекомендует принимать массу пробы при анализе комбикорма равной 2-5 г, а влажных смесей – 50-200 г. В лабораторной работе рекомендуется принять массу пробы ЗЦМ 5 г, при использовании влажных смесей 100 г [41].

Смесь считается хорошей при $\lambda > 92\%$, удовлетворительной при $\lambda = 90...92\%$, плохой при $\lambda < 85\%$.

Для определения степени однородности смеси можно использовать выражения:

$$\lambda = \sum_1^n \frac{\left[\frac{B_t}{B_0} \right]}{i}, \text{ при } B_t < B_0, \quad (2.18)$$

$$\lambda = \sum_1^n \frac{\left[\frac{2B_0 - B_t}{B_0} \right]}{i}, \text{ при } B_t > B_0, \quad (2.19)$$

где B_t – доля меньшего компонента в пробе; B_0 – доля того же компонента в расчетной (идеальной) смеси; i – число проб.

При промышленном производстве кормовых смесей о степени однородности судят по коэффициенту вариации. В этом случае однородность смеси:

$$\lambda = 100 - \gamma, \quad (2.20)$$

где γ – коэффициент вариации, %.

Коэффициент вариации γ определяется из выражения:

$$\gamma = \frac{100 \cdot \sigma}{\bar{B}t}, \quad (2.21)$$

где σ – среднеквадратическое отклонение содержания компонента; $\bar{B}t$ – среднее арифметическое содержание компонента, найденное из опыта.

Значение σ определяют из выражения:

$$\sigma = \sqrt{\sum_1^n \frac{(B_{ti} - \bar{B}t)^2}{n-1}}, \quad (2.22)$$

где B_{ti} – содержание компонента в i -й пробе; $\bar{B}t$ – среднее арифметическое содержание компонента, найденное из опыта; n – количество проб.

2.2 Определение производительности и затрат энергии при приготовлении ЗЦМ

Основная часть энергии при диспергации (до 80 – 90%) расходуется на сообщение жидкости кинетической энергии при вращении ротора, а остальная – на преодоление сопротивления над ротором. Кинетическая

энергия F не что иное, как центробежная сила массы смеси m , заключённой в окне ротора.

Производительность роторного диспергатора определяем по формуле:

$$Q=A \cdot t, \text{ кг/с} \quad (2.23)$$

где A – работа по перемещению ЗЦМ, Дж; t – продолжительность работы роторного диспергатора, с.

$$A=\frac{F_{\text{центр}}}{r_p}, \text{ Дж} \quad (2.24)$$

где $F_{\text{центр}}$ – центробежная сила, Н; r_p – радиус ротора, м.

Центробежную силу рассчитываем по формуле:

$$F_{\text{центр}}=m \cdot r_p \cdot \omega^2, \text{ Н} \quad (2.25)$$

где m – масса смеси ЗЦМ, кг; r_p – радиус ротора, м; ω – угловая скорость ротора, с^{-1} .

$$F_{\text{центр}}=\frac{\pi^2 \cdot n^2 \cdot r_p \cdot V \cdot \rho}{900}, \text{ Н} \quad (2.26)$$

где n – частота вращения ротора, с^{-1} ; r_p – радиус ротора, м; V – объем окон внутренней обечайки статора, м^3 ; ρ – плотность смеси, кг/м^3 .

$$Q=m \cdot \omega^2 \cdot t=\frac{V \cdot \rho \cdot a \cdot \pi^2 \cdot n^2 \cdot t}{900} \xi \cdot k_c=a \cdot n^2 \cdot t \cdot \xi \cdot k_c \cdot k_p, \text{ кг/с} \quad (2.27)$$

где m – масса смеси ЗЦМ, кг; ω – угловая скорость ротора, с^{-1} ; V – объем окон внутренней обечайки статора, м^3 ; ρ – плотность смеси, кг/м^3 ; a – количество окон внутренней обечайки статора, шт; n – частота вращения ротора, с^{-1} ; t – продолжительность обработки смеси, с; ξ – коэффициент качества измельчения смеси; k_c – концентрации ЗЦМ в 1л воды, кг; k_p – коэффициент пропорциональности, ($k_p=2,8$).

Отсюда, коэффициент качества измельчения смеси:

$$\xi=\frac{Q}{a \cdot n^2 \cdot t \cdot k_c \cdot k_p}, \quad (2.28)$$

где ξ – коэффициент качества измельчения смеси; Q – производительность роторного диспергатора, кг/с; a – количество окон внутренней обечайки статора, шт; n – частота вращения ротора, с^{-1} ; t –

продолжительность обработки смеси, с; k_c – концентрации ЗЦМ в 1л воды, кг; k_p – коэффициент пропорциональности, ($k_p=2,8$).

Основная часть энергии тратиться на центробежную силу. Затратами энергии на деформацию и образование продуктов износа деталей измельчителя на данном этапе мы пренебрегаем, отсюда мощность роторного диспергатора определяем по формуле:

$$N = F_{\text{центр}} \cdot S = m \cdot r_p \cdot \omega^2 \cdot S = \frac{V \cdot \rho \cdot a \cdot r_p \cdot \pi^2 \cdot n^2 \cdot (R_1 - R)}{900}, \text{ кВт} \quad (2.29)$$

где $F_{\text{центр}}$ – центробежная сила, Н; m – масса смеси ЗЦМ, кг; S – расстояние перемещения массы смеси в роторном диспергаторе, $S = R_1 - R$, м; V – объем окон внутренней обечайки статора, м³; ρ – плотность смеси, кг/м³; a – количество окон внутренней обечайки статора, шт; R_1 – радиус наружной обечайки статора, м; R – радиус внутренней обечайки статора, м; r_p – радиус ротора, м; n – частота вращения ротора, с⁻¹.

Количественной характеристикой завершённости процесса диспергации является степень однородности смеси λ , представляющая собой массовое отношение содержания контрольного компонента в анализируемой пробе к содержанию того же компонента в идеальной (рецептурной) смеси, выраженное в процентах или долях единицы.

Процесс диспергации следует рассматривать как вероятность, и степень однородности смеси, которая определяется методом отбора проб смеси с последующим статистическим анализом. Определяющим признаком будет количество жира выделенного при центрифугировании.

При промышленном производстве кормовых смесей о степени однородности судят по коэффициенту вариации. В этом случае однородность смеси (λ):

$$\lambda = 100 - \gamma, \quad (2.30)$$

где γ – коэффициент вариации, %.

Коэффициент вариации γ определяется из выражения

$$\gamma = \frac{100 \cdot \sigma}{\bar{B}t}, \quad (2.31)$$

где σ – среднеквадратическое отклонение содержания компонента;
 $\bar{B}t$ – среднее арифметическое содержание компонента, найденное из опыта.

Значение σ определяют из выражения:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(B_{ti} - \bar{B}t)^2}{n-1}}, \quad (2.32)$$

где B_{ti} – содержание компонента в i -й пробе; $\bar{B}t$ – среднее арифметическое содержание компонента, найденное из опыта; n – количество проб.

2.3 Вывод по второй главе

В результате теоретических исследований технологического процесса диспергации обоснованы аналитические зависимости для производительности и энергоёмкости от его конструктивно-режимных параметров при переработке смеси ЗЦМ:

1. Изучение рабочего процесса роторного диспергатора позволило получить аналитические зависимости качества измельчения смеси от частоты оборота ротора, продолжительности обработки смеси, количества окон внутренней обечайки статора, концентрации ЗЦМ в 1л воды.

2. Выявлены и обобщены известные представления о измельчении жидких капель в жидкой среде и распространены на процессы их измельчения в составе смеси, в частности ЗЦМ.

3. Установлено, что в составе смеси действует только один из известных механизмов измельчения, а именно - механизм с вытягиванием частиц дисперсной фазы и их дроблением в результате действия градиента скорости, разрывом жидких частиц дисперсной фазы за счет относительной скорости подвижных и неподвижных частей роторного диспергатора и дроблением в результате истирания.

4. Разработана математическая модель процесса измельчения смеси ЗЦМ, в зависимости от четырёх варьируемых факторов.

3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Программа исследований

1. Разработать методику экспериментов.
2. Провести поисковые эксперименты центрифугирования.
3. Разработка технической документации и технических условий на проектирование и изготовление роторного диспергатора.

3.2 Методика экспериментов

Экспериментальное исследование состояло из ряда этапов, которые согласовывались между собой и подчинялись общей цели. К ним относилось: формулирование задачи, решаемой в ходе исследования, разработка условий подбора моделируемых процессов, разработка плана необходимых экспериментов, техническая подготовка к проведению экспериментов, осуществление экспериментов, проведение измерений.

Техническая подготовка к проведению эксперимента заключалась в создании испытательного оборудования и подборе измерительных приборов. Испытательное оборудование обеспечивало осуществление требуемых режимов исследуемого процесса в заданных диапазонах варьируемых факторов. Принятая степень воспроизведения факторов не должна вносить дополнительных погрешностей в измерения. На этом этапе проводилась также отладка и градуировка измерительных систем.

На этапе проведения экспериментов для получения достоверных данных проводилось несколько серий опытов, и делались все необходимые измерения.

Во время эксплуатации технологического оборудования информацию можно получать непрерывно или периодического контроля, определённых факторов

процесса. Другие же можно измерить непосредственно экспрессным методом (расход топлива и электроэнергии, производительность и т.д.). Но для определения других показателей необходимы затраты времени (соотношение смеси, размерные и весовые, энергетические показатели смеси и др.). С учётом вышеперечисленного, намечена методика экспериментальных исследований (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1– Методика экспериментальных исследований

Методика предусматривает определение:

1. Качества работы роторного диспергатора от частоты вращения ротора, продолжительности обработки смеси, количества окон внутренней обечайки статора и концентрации ЗЦМ в 1л воды;

2. Оптимизационные эксперименты направлены на определение оптимальных значений выбранных факторов;

3. Определение качества диспергации.

Схема экспериментальной установки, созданной для достижения поставленных целей, представлена на рисунке 3.2, а ее фотография - на рисунке 3.3.

Экспериментальная установка состоит из диспергирующей головки 3, вариатора скоростей 1, электродвигателя 2, крепление корпуса диспергатора 4, ёмкости 5.

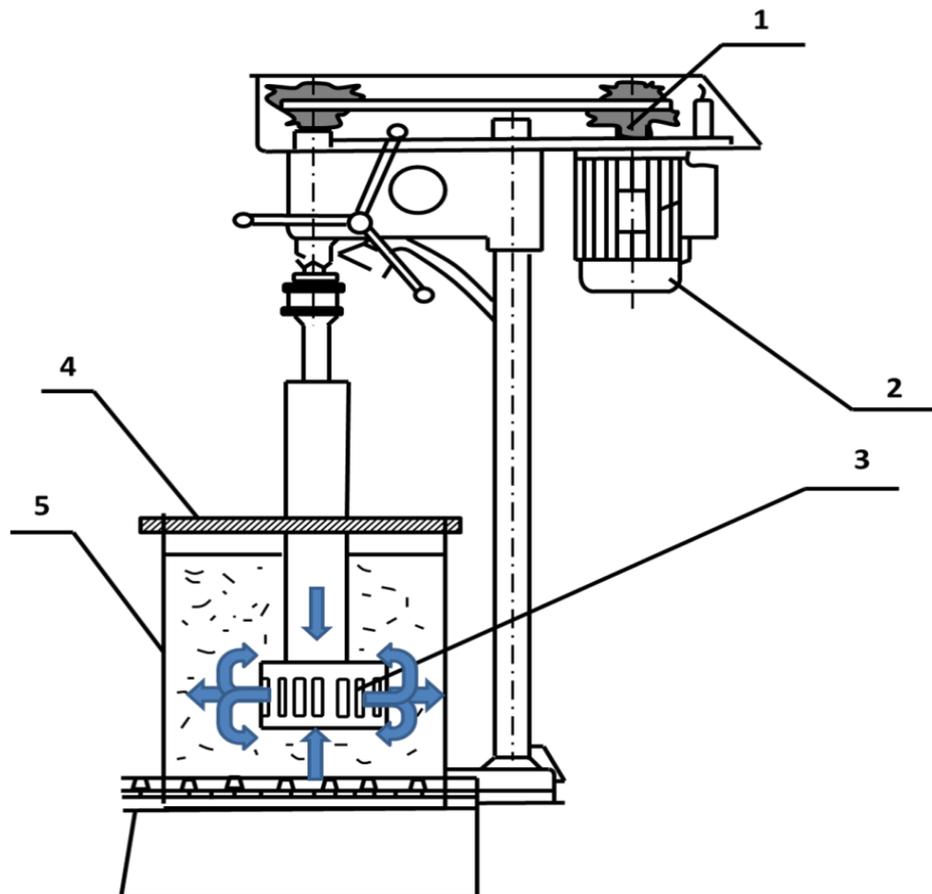


Рисунок 3.2 – Схема экспериментальной установки: 1 – вариатор скоростей; 2 – электродвигатель; 3 – роторный диспергатор; 4 – крепление корпуса диспергатора; 5 – ёмкость.

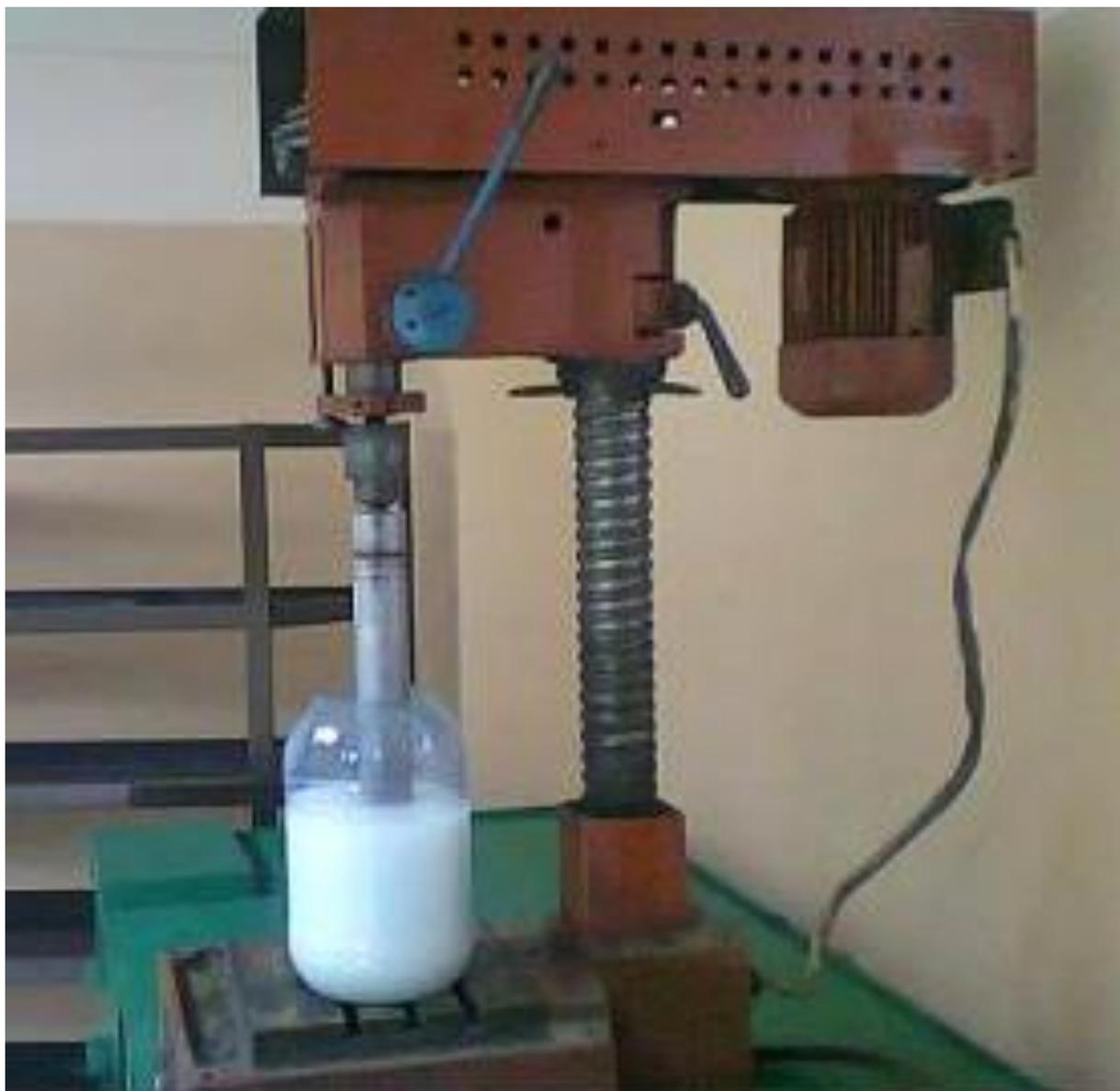


Рисунок 3.3 – Фотография роторного диспергатора

В качестве плана реализации эксперимента выбран некомпозиционный план Бокса-Бенкина для 4-х факторов, варьируемых на 4-х уровнях (таблица 3.1) [100]. В качестве критерия оптимизации приняли качество измельчения смеси, которое количественно оценивалось толщиной слоя выделенного жира при центрифугировании и измерялась в мм.

Таблица 3.1

План реализации эксперимента Бокса - Бенкена

№ п/ п	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₁ X ₂	X ₁ X ₃	X ₁ X ₄	X ₂ X ₃	X ₂ X ₄	X ₃ X ₄	X ₁ ²	X ₂ ²	X ₃ ²	X ₄ ²	У _{эксп}
1	+	+	+	0	0	+	0	0	0	0	0	+	+	0	0	2,11
2	+	-	+	0	0	-	0	0	0	0	0	+	+	0	0	3,47
3	+	+	-	0	0	-	0	0	0	0	0	+	+	0	0	2,22
4	+	-	-	0	0	+	0	0	0	0	0	+	+	0	0	3,11
5	+	0	0	+	+	0	0	0	0	0	+	0	0	+	+	4,30
6	+	0	0	-	+	0	0	0	0	0	-	0	0	+	+	3,93
7	+	0	0	+	-	0	0	0	0	0	-	0	0	+	+	4,22
8	+	0	0	-	-	0	0	0	0	0	+	0	0	+	+	4,19
9	+	+	0	0	+	0	0	+	0	0	0	+	0	0	+	1,95
10	+	-	0	0	+	0	0	-	0	0	0	+	0	0	+	3,52
11	+	+	0	0	-	0	0	-	0	0	0	+	0	0	+	2,03
12	+	-	0	0	-	0	0	+	0	0	0	+	0	0	+	3,14
13	+	0	+	+	0	0	0	0	+	0	0	0	+	+	0	4,50
14	+	0	-	+	0	0	0	0	-	0	0	0	+	+	0	4,70
15	+	0	+	-	0	0	0	0	-	0	0	0	+	+	0	3,30
16	+	0	-	-	0	0	0	0	+	0	0	0	+	+	0	4,11
17	+	+	0	+	0	0	+	0	0	0	0	+	0	+	0	3,90
18	+	-	0	+	0	0	-	0	0	0	0	+	0	+	0	4,80
19	+	+	0	-	0	0	-	0	0	0	0	+	0	+	0	2,81
20	+	-	0	-	0	0	+	0	0	0	0	+	0	+	0	3,81
21	+	0	+	0	+	0	0	0	0	+	0	0	+	0	+	3,36
22	+	0	-	0	+	0	0	0	0	-	0	0	+	0	+	4,00
23	+	0	+	0	-	0	0	0	0	-	0	0	+	0	+	3,28
24	+	0	-	0	-	0	0	0	0	+	0	0	+	0	+	3,00
25	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,20
26	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,31
27	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,11
																93,38

При использовании плана эксперимента сделали кодировку факторов (таблица 3.2).

Кодировка факторов и уровни варьирования

Факторы	X ₁ Частота вращения ротора. с ⁻¹	X ₂ Продолжительность обработки смеси, с	X ₃ Количество окон внутренней обечайки статора, шт	X ₄ Концентрация ЗЦМ в 1л воды, кг
Нижний уровень (X= -1)	167,5	300	10	0,110
Основной уровень (X)	219,8	600	15	0,117
Верхний уровень (X=+1)	272,1	900	20	0,124
Интервалы варьирования	52,3	300	5	0,007

После выбора плана эксперимента перешли непосредственно к экспериментам. Чтобы исключить влияние систематических ошибок, вызванных внешними условиями (например, неточным контролем температуры, изменением состава смеси и т.д.), каждый опыт, заданный планом эксперимента, повторяли по 3 раза.

Последовательность экспериментов следующая:

Собирается экспериментальная установка. Готовится измерительная система и регистрирующее оборудование. Подготовленную смесь, помещали в ёмкость 5 установки, объёмом пять литров и включали электродвигатель 2 с заданными параметрами. Продолжительность обработки смеси фиксировали секундомером. После окончания обработки брали образцы смеси с шести различных участков ёмкости, объёмом 5мм³, и помещали в центрифугу. Продолжительность центрифугирования фиксировали с помощью автоматического выключателя с секундомером. Фиксировали в журнале основное время центрифугирования и время выбега центрифуги. После центрифугирования образцов смеси проводили замеры количества жира с помощью штангенциркуля. Результаты замеров заносили в журнал «Результаты опытов» приведенные в таблице 3.3.

Результаты опытов по методике.

№ п/п	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	У _{эксп}
1	+	+	+	0	0	2,11
2	+	-	+	0	0	3,47
3	+	+	-	0	0	2,22
4	+	-	-	0	0	3,11
5	+	0	0	+	+	4,30
6	+	0	0	-	+	3,93
7	+	0	0	+	-	4,22
8	+	0	0	-	-	4,19
9	+	+	0	0	+	1,95
10	+	-	0	0	+	3,52
11	+	+	0	0	-	2,03
12	+	-	0	0	-	3,14
13	+	0	+	+	0	4,50
14	+	0	-	+	0	4,70
15	+	0	+	-	0	3,30
16	+	0	-	-	0	4,11
17	+	+	0	+	0	3,90
18	+	-	0	+	0	4,80
19	+	+	0	-	0	2,81
20	+	-	0	-	0	3,81
21	+	0	+	0	+	3,36
22	+	0	-	0	+	4,00
23	+	0	+	0	-	3,28
24	+	0	-	0	-	3,00
25	+	0	0	0	0	3,20
26	+	0	0	0	0	3,31
27	+	0	0	0	0	3,11
						93,38

Факторы, применяемые при эксперименте изменялись: частота вращения ротора изменялась на электродвигателе вариатором скоростей 1, количество окон внутреннего статора изменялось с помощью 2-х дополнительных колец, перекрывающего окна внутренней обечайки статора. Концентрацию смеси готовили заранее, путём добавления сухого порошка

ЗЦМ в воду, с температурой не менее $+38^{\circ}\text{C}$, взвешивание порошка ЗЦМ проводили на электронных весах SF400 с точностью ± 1 гр.

3.3 Методика определения качества измельчения смеси

Сущность процесса диспергации заключается в дроблении частиц дисперсной фазы до размеров, равных нескольким микрометрам и их равномерном распределении в пространстве (перемешивании) [48].

Применительно к диспергации ЗЦМ это означает, что жировые шарики в смеси ЗЦМ дробятся, а образовавшиеся частицы перемешиваются с окружающей средой в масштабах порядка их размеров. Это иллюстрирует неразрывную связь двуединого процесса дробления частиц и их перемешивания в дисперсионной среде. Эффективность диспергации определяется следующими методами: методом отстаивания жира, методом центрифугирования и по размерам жировых шариков, определяемых с помощью микроскопа.

Дисперсность D' или показатель дисперсности продукта количественно может оцениваться величиной среднего квадратического отклонения концентрации жира c_i в отдельных пробах, имеющих линейные размеры (масштабы), равные 1,5...2 диаметрам исходных жировых шариков, от средней концентрации жира \bar{c} в смеси ЗЦМ:

$$D' = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(c_i - \bar{c})^2}{(i-1)}}, \quad (3.1)$$

где c_i – величина среднего квадратического отклонения концентрации жира в отдельных пробах, шт; \bar{c} – средняя концентрация жира, шт; i – число взятых для анализа проб.

Дисперсность смеси ЗЦМ существенно зависит от выбранного масштаба ее оценки, от расстояний, на которые перемещаются частицы жировых шариков после их измельчения, от соотношения размеров жировых шариков и масштаба оценки гомогенизации.

Это объяснение еще раз иллюстрирует, что обязательными элементами двуединого процесса диспергации является измельчение исходных жировых шариков и их перемещение в пространстве друг относительно друга.

Особенностью взаимодействия частиц дисперсной фазы с возмущениями дисперсионной среды является то, что частицы не только дробятся, но и перемещаются в пространстве, обеспечивая, таким образом, выполнение всех этапов процесса диспергации.

Это позволяет свести, практически во всех случаях, оценки диспергации смеси ЗЦМ к оценкам дробления частиц.

В результате как раздробленные, так и не раздробленные частицы эмульсии самостоятельно равномерно распределяются в пространстве.

В результате введённый выше показатель диспергации смеси ЗЦМ принимает устойчивое значение, соответствующее предельно высокой диспергации или экстремально низкому значению, зависящему только от масштаба оценки диспергации размеров частиц. В зависимости от масштаба оценок один и тот же продукт может быть признан как достаточно, так и не достаточно диспергированным.

В этом смысле параметром, легче определяемым и вместе с тем достаточно характеризующем диспергацию, является средний размер частиц дисперсной фазы или обратная ему величина - дисперсность. Выбирая этот параметр для оценок, считаем, что равномерное распределение частиц в пространстве произойдёт автоматически.

В последующих же оценках диспергации должна приниматься гипотеза о равномерном распределении частиц дисперсной фазы в пространстве.

В связи с малыми размерами жировых шариков взятие проб для измерения концентрации жира в них затруднительно. Альтернативным способом оценки данного параметра является метод центрифугирования. В качестве оценки дисперсности принималось количество выделенного жира после центрифугирования.

Принцип действия центрифуги основан на различии физических свойств компонентов смеси ЗЦМ и использовании центробежной и центростремительной сил вращающегося барабана центрифуги. Барабан центрифуги вращается с частотой 1-9 тыс об/мин. Все центрифуги работают по принципу вращения барабана с большой центробежной силой, в тысячи раз больше силы тяжести. При работе центрифуги происходит принудительное отделение фракции смеси ЗЦМ на основе разницы плотностей. Из-за центробежной силы, возникающей при вращении барабана, происходит постоянное и быстрое разделение смеси ЗЦМ на фракции. Вода, находящаяся в составе смеси ЗЦМ и обладающая большей плотностью, под влиянием центробежной силы прижимается к стенкам вращающегося барабана, выталкивая при этом жир к центру. При этом вся слизь и загрязнения оседают в шламовом пространстве центрифуги. Жир (лёгкая часть смеси ЗЦМ) поднимается вверх.

При вращении барабана центрифуги и находящегося в нем материала возникает центробежная сила. Величина центробежной силы G_u , действующей на вращающееся тело массой m [27]:

$$G_u = m \cdot w^2 / r, \text{ кгс} \quad (3.2)$$

где $w = \omega \cdot r = \frac{\pi \cdot r \cdot n}{30}$ – окружная скорость барабана, м/с; ω – угловая скорость вращения барабана, рад/с; m – масса частицы, кг; r – радиус вращения барабана, м; n – частота вращения барабана с^{-1} .

Одним из основных критериев оценки эффективности работы центрифуги является фактор разделения K_u :

$$K_u = \frac{w^2}{g \cdot r}, \quad (3.3)$$

где $w = \omega \cdot r = \frac{\pi \cdot r \cdot n}{30}$ – окружная скорость барабана, м/с; r – радиус вращения барабана, м; g – ускорение свободного падения, м/с^2 ; n – частота вращения барабана, с^{-1} .

Фактор разделения показывает, во сколько раз центробежное ускорение, развиваемое в данной центрифуге, больше ускорения свободного падения. Как видно из уравнения (3.3), фактор разделения численно равен центробежной силе, возникающей при вращении тела весом $G = 1$ кгс. Чем больше фактор разделения, тем интенсивнее происходит процесс центрифугирования (исключение составляет центрифугирование легко сжимающихся осадков в фильтрующих центрифугах). Величина фактора разделения в современных центрифугах лимитируется условиями прочности и динамической устойчивости машины.

Для центрифугирования смеси ЗЦМ применялась центрифуга ЦЛН-1 (рисунок 3.4).



Рисунок 3.4—Центрифуга ЦЛН-1

Последовательность центрифугирования следующая:

1. Смесь ЗЦМ, после диспергации, заливали в ёмкость 1, по пять мл каждая, закрывали крышкой 2 и помещали в шесть футляров 3 (рисунок 3.5).
2. Футляры устанавливали в ротор центрифуги (рисунок 3.6).

3. С помощью автоматического регулятора времени 2 устанавливали счётчик на 300 секунд и включали центрифугу (рисунок 3.7).

4. После отключения автоматического регулятора времени и полной остановки центрифуги вынимали ёмкости из футляра.

5. С помощью линейки проводили замеры слоя выделенного жира и результаты заносили в журнал (рисунок 3.8).

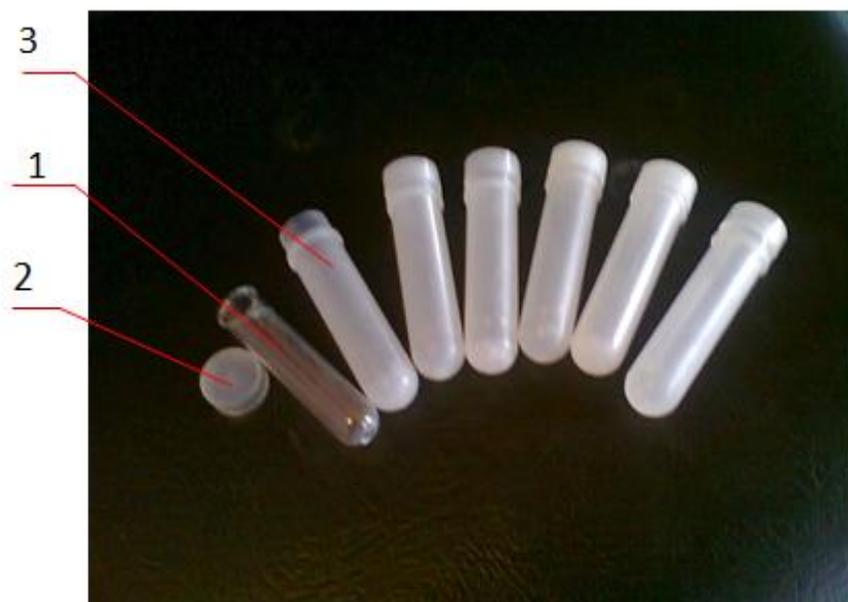


Рисунок 3.5 – Футляры: 1 – ёмкость; 2 – крышка; 3 – футляр.



Рисунок 3.6 – Ротор центрифуги



Рисунок 3.7 – Автоматический регулятор времени: 1 – центрифуга; 2 – реле времени.

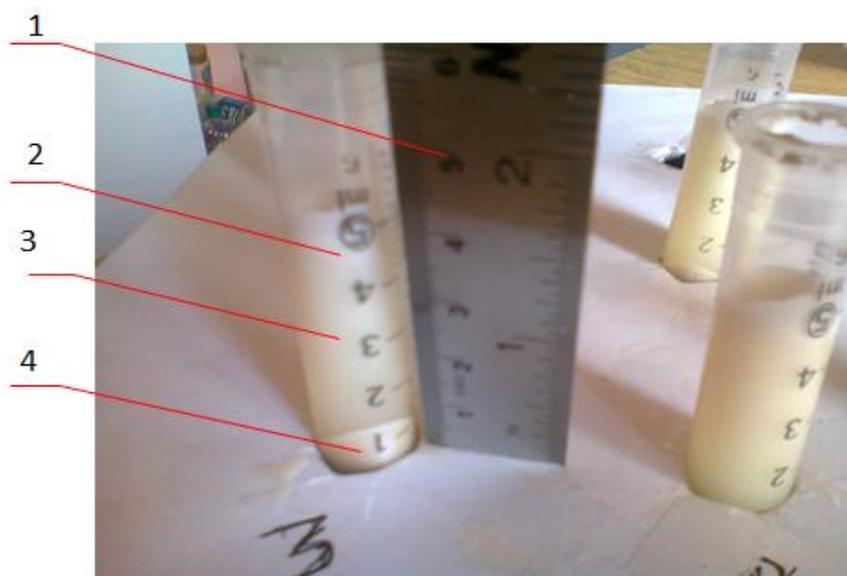


Рисунок 3.8 – Измерение выделенного слоя жира: 1 – линейка; 2 – слой жира; 3– вода; 4 – шлам.

Для определения оптимальной частоты вращения ротора центрифуги провели 12 постановочных экспериментов центрифугирования при частоте вращения ротора: 314, 419, 523 и 628 м/с и продолжительности центрифугирования: 180, 300 и 600 секунд. Результаты постановочных

экспериментов приведены в приложении 2. При оборотах ротора центрифуги больше 523 м/с и времени центрифугирования 300 секунд количества жира не прибавлялось. При оборотах ротора центрифуги меньше 523 м/с и времени центрифугирования 300 секунд количества жира убавлялось. В связи с этим была выбрана оптимальная частота вращения ротора центрифуги 523 м/с и время центрифугирования 300 секунд.

3.4 Описание экспериментальной установки

Для реализации методики разработана установка для определения конструктивно–режимных параметров роторного диспергатора (рисунок 3.8).

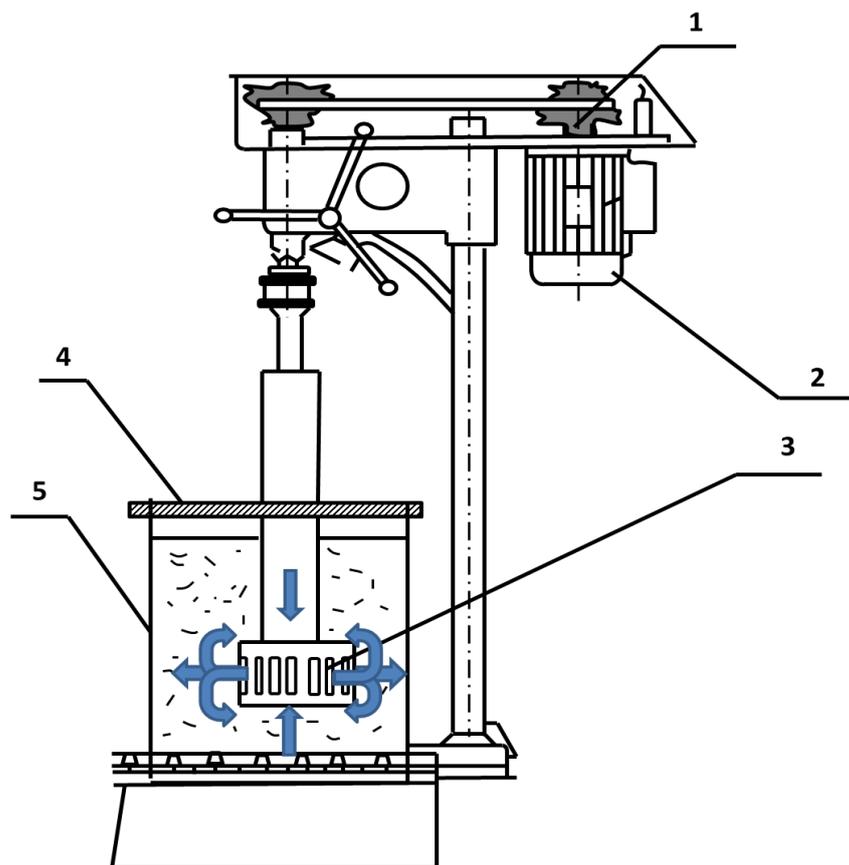


Рисунок 3.8 – Схема экспериментальной установки: 1 – вариатор скоростей; 2 – электродвигатель; 3 – роторный диспергатор; 4 – крепление корпуса диспергатора; 5 – ёмкость.

Конструктивно–технологическая схема роторного диспергатора (рисунок 3.9).

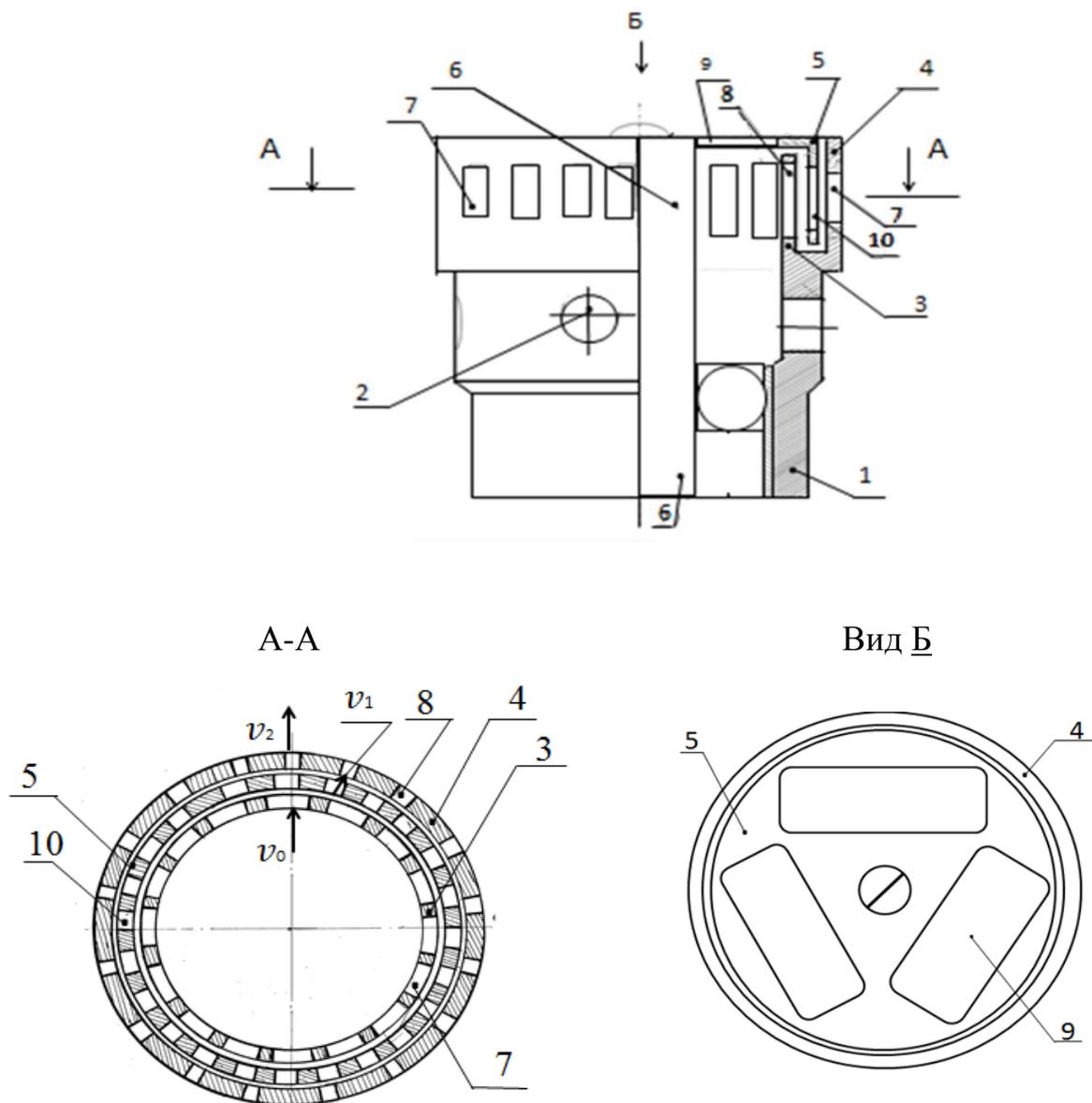


Рисунок 3.9 – Роторный диспергатор: 1 – корпус; 2 – радиальные отверстия; 3 – внутренняя обечайка статора; 4 – наружная обечайка статора; 5 – ротор; 6 – вал ротора; 7, 8 – боковые отверстия наружной и внутренней обечайки статора; 9 – торцовые отверстия; 10 – боковые отверстия ротора.

Роторный диспергатор (рисунок 3.9) представляет собой круглый корпус 1 с радиальными отверстиями 2, продолжением которого является статор, состоящий из внутренней 3 и наружной 4 обечаек. Внутри корпуса расположен ротор 5 с отверстиями 10 и вал 6. Обечайки 3 и 4 статора

содержат, соответственно, отверстия 8 и 7 на боковых поверхностях. Ротор 5 расположен между обечайками 3 и 4, для поступления материала имеются торцовые 9 отверстия.

Роторный диспергатор работает следующим образом.

Включается во вращение ротор 5, привод которого осуществляется посредством вала 6, соединённого с электродвигателем (на фигуре не показан).

При вращении ротора исходная смесь всасывается через радиальные 2 и торцовые 9 всасывающие отверстия, за счёт центробежных сил. При этом создаются перепады давления между вращающимся ротором 5 и внутренней 3 и наружной 4 обечайками статора, которые образуют гидроударную поверхность. Она представляет собой три цилиндрических кольца, образованных внутренней 3 и наружной 4 обечайками статора и ротора 5, расположенных концентрично и образующих в моменты перекрытия ротором 5 отверстий 8 и 7 на боковых поверхностях обечайки 3 и 4 статора. Суммарная площадь отверстий 8 на внутренней обечайке 3 статора больше суммарной площади отверстий 7 наружной обечайки 4 статора, что обеспечивает создание гидравлического подпора. Ингредиенты исходной смеси, попадая в щель между внутренней обечайкой статора 3 и ротора 5, вытягиваются и отрываются. При большей разности v_1 и v_0 капля расчленяется последовательным отрывом частиц дисперсной фазы без промежуточного растягивания всей капли в цилиндр или шнур. Под механическим действием потока и сил поверхностного натяжения произойдёт расчленение капли на более мелкие частицы. Твёрдые частицы измельчаются твёрдыми кромками окон. При перекрытии окон происходит гидроудар, при этом частицы жира и твёрдые включения рассеиваются. Дальнейшее измельчение происходит между ротором 5 и наружной обечайкой статора 4. При этом скорость потока увеличивается с v_1 на v_2 из-за разности размеров окон 7 и 10, дополнительно измельчает твёрдые частицы.

Последовательность экспериментов следующая:

Собирается экспериментальная установка. Подготовленную смесь помещали в ёмкость 5 установки, объёмом пять литров и включали электродвигатель 2 с заданными параметрами. Продолжительность обработки смеси фиксировали секундомером. После окончания обработки брали образцы смеси с шести различных участков ёмкости объёмом 5мм³ и помещали в центрифугу. Продолжительность центрифугирования фиксировали с помощью автоматического выключателя с секундомером. Фиксировали в журнале основное время центрифугирования и время выбега центрифуги. После центрифугирования образцов смеси проводили замеры количества жира с помощью штангенциркуля. Результаты замеров заносили в журнал. Частота вращения ротора изменялась на электродвигателе вариатором скоростей 1, количество окон внутренней обечайки статора изменялось с помощью 2-х дополнительных колец, перекрывающего окна внутренней обечайки статора. Концентрацию ЗЦМ в смеси готовили заранее, путём добавления сухого порошка ЗЦМ в воду с температурой не менее +38⁰С, взвешивание порошка ЗЦМ проводили на электронных весах SF400 с точностью ± 1 гр.

3.5 Определение частоты вращения ротора

При проведении эксперимента применялось три варианта частоты вращения ротора с помощью вариатора скоростей. Для градуирования оборотов использовался тахогенератор ТМГ -30 ПУЗ ТУ 16.512.077-79, год выпуска 1987, заводской номер 1996. на рисунок 3.10, вольтметр Ц4353 на рисунке 3.11.

Собиралась следующая схема: электродвигатель 1, тахогенератор 2, вольтметр 3, рисунок 3.12. К тахогенератору подключали вольтметр Ц 4353. Включали электродвигатель, который вращал тахогенератор. При этом тахогенератор вырабатывал переменный ток - 57,5 мВ об/мин. Параметры

напряжения считывались со щёток тахогенератора через клеммы 1 и 2 вольтметром Ц4353.



Рисунок 3.10 –Тахогенератор ТМГ-30-ПУЗ: 1 и 2 – клеммы; 3 – корпус тахогенератора.

Рисунок 3.11–Вольтметр Ц4353



Рисунок 3.12 – Схема определения частоты вращения ротора: 1– электродвигатель; 2 – тахогенератор ТМГ-30-ПУЗ; 3 – вольтметр Ц4353.

Согласно выбранного план эксперимента подобрали три положение переключателя вариатора скоростей с интервалом 52,3 м/с, что соответствует

167,5, 219,8 и 272,1 м/с частоты вращения электродвигателя. Замеры проводили три раза, чтобы исключить погрешность. Результаты замеров приведены в таблице 3.5.

Таблица 3.5

Замеры оборотов электродвигателя

Положение вариатора скоростей	1 замер, Вт	2 замер, Вт	3 замер, Вт	Среднее значение, Вт	Обороты электродвигателя, м/с
1	92	93	92	92,3	167,5
2	121	119	121	120,3	219,8
3	151	152	149	150,7	272,1

3.6 Определение продолжительности обработки смеси ЗЦМ

Для определения продолжительности обработки смеси ЗЦМ роторным диспергатором, согласно плана Бокса-Бенкена, провели 7 поисковых опытов для выбора 3-х оптимальных режимов продолжительности обработки смеси ЗЦМ роторным диспергатором.

В результате поисковых опытов выбрали 3 режима продолжительности обработки смеси ЗЦМ: 300; 600 и 900 сек.

Результаты поисковых опытов приведены в Приложении 2.

Измерение продолжительности обработки смеси ЗЦМ роторным диспергатором проводили с помощью секундомера СОСпр-2б-2 Агат, (рисунок 3.13).



Рисунок 3.13 – Секундомер СОСпр-2б-2 Агат

Механизм секундомера калибра 42 мм на 16-ти рубиновых камнях имеет пружинный двигатель, анкерный ход и колебательную систему "баланс - спираль" с периодом колебания 0,4 с. Продолжительность работы от одной полной заводки не менее 18 часов. Для управления стрелками механизм секундомера снабжён специальным устройством суммирующего действия. Пуск, остановка стрелок осуществляется нажатием на заводную головку, возврат на нуль - нажатием на кнопку. Секундомер имеет 60-секундную шкалу с ценой деления 0,2 с и 60-минутный счётчик с ценой деления 1 мин. Корпус секундомера металлический, хромированный.

3.7 Определение количества окон обечаек статора

Для создания гидравлического подпора необходимо, чтобы суммарная площадь отверстий 7 на внутренней обечайке статора 3 была больше или равна суммарной площади отверстий 8 наружной обечайки статора 4, что обеспечивает создание гидравлического подпора.

Суммарная площадь отверстий на внутренней обечайке статора 3 равна 1400 мм², что составляет 40 %, всей площади внутреннего статора. Суммарная площадь отверстий на наружной обечайке статора равна 1600 мм² или 20% всей площади наружной обечайки статора. При уменьшении количества окон на 5 и 10 штук необходимое условие соблюдается.

Для уменьшения окон на 5 и 10 штук изготовили специальные кольца (рисунок 3.14 и рисунок 3.15), которые вставляются во внутрь внутренней обечайки статора.



Рисунок 3.14 – Кольцо на 5 окон



Рисунок 3.15 – Кольцо на 10 окон

3.8 Определение концентрации ЗЦМ в 1л воды

При использовании заменителя цельного молока следует учитывать несколько факторов, которые и определяют эффективность их применения. Первый фактор – количество сухого вещества ЗЦМ в одном литре восстановленного заменителя цельного молока. Оптимальным считается содержание 125 г сухого вещества ЗЦМ в одном литре восстановленного молока, что достигается разведением порошка в воде в соотношении 1:8. Такое соотношение рекомендуется выдерживать при выпойке телят заменителем цельного молока с 7-8 дня по 20-21 день. Телят старше этого возраста можно выпаивать заменителем цельного молока с содержанием 105-110 г сухого вещества ЗЦМ на один литр смеси. Разведение заменителя цельного молока в большем количестве воды категорически запрещено, так как в ротовой полости телёнка у входа в гортань расположены рецепторы, распознающие и регулирующие поступление жидкости в тот или иной отдел сложного желудка посредством смыкания пищеводного желоба. Распознавание молока или его заменителя и питьевой воды происходит по вязкости жидкости, которая зависит от содержания в ней сухого вещества и температуры. Нижней границей, при которой возможно распознавание, является содержание не менее 100 г сухого вещества ЗЦМ в одном литре смеси. В молочный период молоко ни в коем случае не должно попадать в рубец, а только в сычуг, поскольку это приводит к диарее у животных [42].

Согласно этим рекомендациям выбираем три варианта соотношения смеси ЗЦМ 1:9, 1:8,5 и 1:8 с интервалом 0,5, что соответствует 110, 117 и 124 граммам сухого порошка ЗЦМ на один литр воды с интервалом 7 грамм.

Для взвешивания сухого порошка ЗЦМ использовали электронные весы SF -400 (рисунок 3.16).



Рисунок 3.16 – Электронные весы SF-400

Платформа весов выполнена из пластика и имеет круглую форму. Весы оборудованы большим и легко читаемым дисплеем. Максимальный вес 7кг, при этом дискретность весов 1гр.

Описание: предел взвешивания 7 кг; вес - 635 г; габариты- 235x165x30 мм; круглая платформа диаметром 145 мм; модель снабжена функцией тарокомпенсации; большой легко читаемый дисплей 55x21 мм; функция автовыключения; корпус весов выполнен из прочного легко моющегося пластика; высокочувствительный механизм.

3.9 Определение температуры смеси

При использовании смеси заменителя цельного молока следует учитывать несколько факторов, которые и определяют эффективность их применения.

Первый фактор – количество сухого вещества ЗЦМ в одном литре восстановленного заменителя цельного молока.

Вторым важным фактором является температура смеси ЗЦМ, она должна быть близкой к температуре тела телёнка, которая не менее +38⁰С. Если температура разведённого смеси ЗЦМ будет ниже указанных величин, то часть энергии будет потрачена на подогрев смеси ЗЦМ до температуры тела животного, только после чего начнётся переваривание питательных

веществ. Таким образом, чем ниже будет температура смеси ЗЦМ, тем больше будут непроизводительные затраты энергии [42].

Согласно этим рекомендациям при проведении экспериментов использовали смесь ЗЦМ с температурой +38, +39⁰С.

При проведении эксперимента по общей методике применяли контактный метод измерения температуры. В качестве прибора для измерения температуры применяли ртутный термометр ГОСТ 6084-51 . После приготовления смеси ЗЦМ термометр опускали в ёмкость и измеряли температуру.

3.10 Определение однородности смеси ЗЦМ

Диспергация — процесс получения однородной смеси из нескольких компонентов, т.е. создание равномерного распределения частиц каждого компонента во всем объёме смеси благодаря взаимному перемещению их под воздействием внешних сил. В реальных условиях на механических смесителях может быть достигнуто так называемое неупорядоченное состояние смеси, при котором вероятность нахождения каждого компонента в любой произвольной точке объёма есть величина постоянная, равная его доле во всей массе смеси. Количественной характеристикой завершенности процесса диспергации является степень однородности смеси λ , представляющая собой массовое отношение содержания контрольного компонента в анализируемой пробе к содержанию того же компонента в идеальной (рецептурной) смеси, выраженная в процентах или долях единицы.

Процесс диспергации следует рассматривать как вероятность, и степень однородности смеси, которые можно определять методом отбора проб смеси с последующим статистическим анализом. Определяющими признаками при этом могут быть число зёрен компонента в пробе или его массовая доля, размеры зёрен и т.п. В результате получается группа чисел,

характеризующих состав проб по признаку, принятому в качестве определяющего.

Для определения степени однородности смеси пробы следует брать с разных участков по длине смесителя. С каждого участка следует взять не менее 5 проб. Чем больше масса пробы, тем достовернее значение λ .

Г.М. Кухта рекомендует принимать массу пробы при анализе смеси равной 2-5 г, а влажных смесей – 50-200 г. В лабораторной работе рекомендуется принять массу пробы смеси 5 г, при использовании влажных смесей 100 г [41].

Смесь считается хорошей при $\lambda > 92\%$, удовлетворительной при $\lambda = 90...92\%$, плохой при $\lambda < 85\%$.

Для определения степени однородности смеси можно использовать выражения:

$$\lambda = \sum_1^n \frac{\left[\frac{B_t}{B_0} \right]}{i}, \text{ при } B_t < B_0, \quad (3.4)$$

$$\lambda = \sum_1^n \frac{\left[\frac{2B_0 - B_t}{B_0} \right]}{i}, \text{ при } B_t > B_0, \quad (3.5)$$

где B_t – доля меньшего компонента в пробе; B_0 – доля того же компонента в расчётной (идеальной) смеси; i – число проб.

При промышленном производстве кормовых смесей о степени однородности судят по коэффициенту вариации. В этом случае однородность смеси:

$$\lambda = 100 - \gamma, \quad (3.6)$$

где γ – коэффициент вариации, %.

Коэффициент вариации γ определяется из выражения:

$$\gamma = \frac{100 \cdot \sigma}{\bar{B}_t}, \quad (3.7)$$

где σ – среднеквадратическое отклонение содержания компонента; \bar{B}_t – среднее арифметическое содержание компонента, найденное из опыта.

Значение σ определяют из выражения:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(B_{ti} - \bar{B}t)^2}{i-1}}, \quad (3.8)$$

где B_{ti} – содержание компонента в i -й пробе; $\bar{B}t$ – среднее арифметическое содержание компонента, найденное из опыта; i – количество проб.

3.11 Материалы, применяемые при исследовании

Выбор сырья для опытов был проведён в соответствии с рецептами распространённых ЗЦМ и номенклатуры кормового сырья [37].

Для экспериментальных исследований взят наиболее доступный ЗЦМ – Кальвомилк 16 ГОСТ 85 – 803 – 2010. Поставщик ООО «Мустанг-Технологии Кормления» Россия г. Подольск, Московская область (Приложение 7, 8).

Состав:

Сырой протеин, не менее – 20%;	Сырой жир, не менее – 15%;
Минеральные вещества, не менее – 10% ;	Углеводы, не менее – 48%;
В том числе лактоза не более – 40%;	Влажность, не более – 8%;
Обменная энергия – 4380 Ккал/кг.	

3.12 Выводы по третьей главе

1. На основании теоретических расчетов параметров, а именно: производительности, мощности, коэффициента качества измельчения смеси ЗЦМ изготовлена экспериментальная модель роторного диспергатора с диаметром ротора 50 мм и количеством окон внутренней обечайки 12 шт.

2. Разработанная методика позволила определить технологические параметры: качество измельчения смеси, степень однородности смеси и концентрацию ЗЦМ в 1л воды и конструктивно-режимные параметры: частоту вращения ротора, продолжительность обработки смеси, количество

окон внутренней обечайки статора при любых значениях факторов, взятых из интервала варьирования.

3. Проведённые поисковые исследования позволили получить оптимальные режимы работы центрифуги : частота вращения ротора 628с^{-1} , время центрифугирования – 300с, которые обеспечивали наиболее качественное определение качества приготовления смеси ЗЦМ в экспериментальных исследованиях.

4. Обоснована методика определения степени однородности смеси ЗЦМ в экспериментальных исследованиях.

4. ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1 Результаты экспериментальных исследований

Для обработки результатов эксперимента использовали квадратичное уравнение регрессии [55]:

$$Y = b_0 + \sum_{1 \leq i \leq k} b_i x_i + \sum_{1 \leq i < j \leq k} b_{ij} x_i x_j + \sum_{1 \leq i \leq k} b_{ii} x_i^2, \quad (4.1)$$

Планы Бокса-Бенкена симметричны, поэтому расчёт коэффициентов регрессии можно вести по формулам [55]:

$$\left. \begin{aligned} b_0 &= c_1 \sum_{u=1}^N y_u - c_2 \sum_{i=1}^k \sum_{u=1}^N x_{iu} y_u & b_i &= c_3 \sum_{u=1}^N x_{iu} y_u \\ b_{ij} &= c_4 \sum_{u=1}^N (x_i x_j)_u y_u \\ b_{ii} &= c_5 \sum_{u=1}^N x_{iu}^2 y_u + c_6 \sum_{i=1}^k \sum_{u=1}^N x_{iu}^2 y_u - c_2 \sum_{u=1}^N y_u \end{aligned} \right\}, \quad (4.2)$$

а их дисперсии, среднеквадратичные ошибки и ковариации – по формулам [55]:

$$\left. \begin{aligned} S^2_{b_0} &= c_2 S_y^2; & S_{b_0} &= c_7 S_y; & S^2_{b_i} &= c_3 S_y^2; & S_{b_i} &= c_8 S_y; \\ S^2_{b_{ij}} &= c_4 S_y^2; & S_{b_{ij}} &= c_9 S_y; & S^2_{b_{ii}} &= (c_5 + c_6) S_y^2; \\ S_{b_{ii}} &= c_{10} S_y; & \text{COV}_{b_0 b_{ii}} &= -c_2 S_y^2; & \text{COV}_{b_{ii} b_{jj}} &= c_6 S_y^2. \end{aligned} \right\}, \quad (4.3)$$

Для планов, указанных в таблице 3.1 заранее подсчитаны вспомогательные константы c_i позволяющие проводить соответствующие расчёты по этим формулам (таблица 4.2). Наличие в матрицах планов Бокса-Бенкена большого числа нулей заметно упрощает расчёты.

Коэффициенты регрессий, рассчитанные по формулам (4.2) с учётом констант, приведённых в таблице 4.2 следующие (таблица 4.1):

Таблица 4.1

Коэффициенты регрессии

b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_{12}	b_{13}	b_{14}	b_{23}	b_{24}	b_{34}	b_1^2	b_2^2	b_3^2	b_4^2
3,2	-0,569	-0,093	0,356	0,10	-1,988	0,045	-0,595	0,195	0,180	0,055	-0,309	-0,3315	1,2335	-0,029

Таблица 4.2

Вспомогательные константы планов Бокса-Бенкена

Число факторов	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
3	0,33333	0,16667	0,12500	0,25000	0,25000
4	0,33333	0,16667	0,08333	0,25000	0,12500
5	0,166667	0,08333	0,06250	0,25000	0,08333
6	0,16667	0,08333	0,04107	0,12500	0,08333
7	0,16667	0,05556	0,04167	0,12500	0,06250
Число факторов	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}
3	0,02083	0,57735	0,35:~55	0,50000	0,52041
4	0,06250	0,57735	0,28867	0,50000	0,43301
5	0,03125	0,40825	0,25000	0,50000	0,33850
6	0,01389	0,40825	0,20413	0,35355	0,31180
7	0,01157	0,40825	0,20413	0,35355	0,27216

При организации эксперимента следует учитывать необходимость иметь оценку дисперсии опыта S_y . Эта дисперсия может быть известна и до начала опытов, например, по аналогичным ранее проведённым работам, мы ее оценивали в процессе эксперимента путём повторения (дублирования) опытов.

Если все опыты, заданные планом, выполняют по одному разу, а один из них (чаще в центре плана) дублируют несколько раз, то дисперсию опыта рассчитывают по формуле [20]:

$$S_y^2 = \frac{\sum_{g=1}^{n_0} (y_{0g} - \bar{y}_0)^2}{f_1}, \quad (4.4)$$

где \bar{y}_{0g} – результат g-го дубля(повтора) опыта в центре плана; \bar{y}_0 – среднее арифметическое значение всех n_0 дублей центрального опыта; f_I – число степеней свободы.

Число степеней свободы определяли как разность между числом выполненных опытов и в целом констант (средних, коэффициентов и пр.), подсчитанных по результатам тех же опытов.

В данном случае при определении по формуле (4.4) требуется предварительно подсчитать одну константу \bar{y}_0 . Поэтому в данном случае:

$$f_I = n_0 - 1$$

Тройное повторение опыта на основном уровне (опыты 25, 26, 27 в таблице 3.1.) позволило по формуле (4.4) рассчитать дисперсию опыта (Таблица 4.3). Она получилась $S_y = 0,1$ при числе степеней свободы $f_I = 2$.

Таблица 4.3

Дисперсия опыта

	\bar{y}_{0g}	$\Delta y = (\bar{y}_{0g} - \bar{y}_0)$	Δy^2
1	3,20	-0,01	0,0001
2	3,31	0,10	0,01
3	3,11	-0,10	0,01
сумма	9,62		0,0201

$$\bar{y}_0 = 9,62/3 = 3,21 \quad S_y^2 = 0,0201/2 = 0,01005 \quad S_y = 0,1$$

Опыты повторяли трижды. Все заданные планом опыты были выполнены.

По формулам (4.3) определили среднеквадратичные ошибки оценок коэффициентов регрессии, а также их ковариации:

$$S_{b_0}^2 = 0,004; \quad S_{b_0} = 0,0577; \quad S_{b_1}^2 = 0,0004; \quad S_{b_1} = 0,0204;$$

$$S_{b_{ij}}^2 = 0,0007; \quad S_{b_{ij}} = 0,025; \quad S_{b_{ii}}^2 = 0,0005;$$

$$S_{b_{ii}} = 0,0217; \quad \text{cov}_{b_0 b_{ii}} = -0,0085; \quad \text{cov}_{b_{ii} b_{jj}} = 0,00016.$$

Для проверки статистической значимости коэффициентов проводим расчет доверительных интервалов по формуле (2,90) Аросов [55]:

$$\Delta b_i = t_{\alpha f} \cdot S_{b_i}$$

где $t_{\alpha f} = 4.30$ – критерий Стьюдента, для степени свободы $f = 2$, из таблицы 4.3:

$$\Delta b_0 = 4.30 \times 0.0577 = 0.248$$

$$b_i = 4.30 \times 0.0204 = 0.08772$$

$$\Delta b_{ij} = 4.30 \times 0.025 = 0.1075$$

$$\Delta b_{ii} = 4.30 \times 0.0217 = 0.093331$$

Таблица 4.3

Критические значения t- критерия

Число степеней свободы f	Уровни значимости α			Число степеней свободы f	Уровни значимости α		
	0,1	0,05	0,01		0,1	0,05	0,01
1	6,31	12,7	63,66	16	1,75	2,12	2,92
2	2,92	4,30	9,93	17	1,74	2,11	2,90
3	2,35	3,18	5,84	18	1,73	2,10	2,88
4	2,13	2,78	4,60	19	1,73	2,09	2,86
5	2,02	2,57	4,03	20	1,73	2,08	2,85
6	1,94	2,45	3,71	21	1,72	2,08	2,83
7	1,90	2,37	3,50	22	1,72	2,07	2,82
8	1,86	2,31	3,36	23	1,71	2,07	2,81
9	1,83	2,26	3,25	24	1,71	2,06	2,80
10	1,81	2,23	3,17	25	1,71	2,06	2,79
11	1,80	2,20	3,11	26	1,71	2,06	2,78
12	1,78	2,18	3,06	27	1,70	2,05	2,76
13	1,77	2,16	3,01	28	1,70	2,05	2,76
14	1,76	2,15	2,98	29	1,70	2,04	2,75
15	1,75	2,13	2,95	30	1,64	1,96	2,58

По доверительным интервалам проверяем значимость полученных коэффициентов регрессии.

На основании полученных результатов исследований, проведённых по методике, получено уравнение регрессии, адекватно описывающее процесс приготовления смеси ЗЦМ в зависимости от частоты вращения ротора X_1 , продолжительности обработки смеси X_2 , количества окон внутренней обечайки статора X_3 и концентрации ЗЦМ в 1л воды X_4 . Критерием отклика эксперимента является качество измельчения смеси y :

$$y = 3,2 - 0,569X_1 - 0,093X_2 + 0,356X_3 + 0,10X_4 - 1,9875X_1X_2 - 0,595X_1X_4 + 0,195X_2X_3 + 0,18X_2X_4 - 0,309X_1^2 - 0,3315X_2^2 + 1,2335X_3^2 \quad (4.5)$$

Значимость коэффициентов проверена по табличному значению критерия Стьюдента, адекватность по табличному значению критерия Фишера [55]. Адекватность моделей подтверждается с вероятностью $P = 0,99$ при $F_T > F_R$ (при $F_T = 19,42$; $F_R = 1,32$). Модель адекватна.

4.2 Анализ результатов экспериментальных исследований роторного диспергатора

Для обработки полученных результатов исследования роторного диспергатора была применена компьютерная программа «MathCAD12», что позволило получить оптимальные значения факторов.

При этом оптимальные значения частоты вращения ротора $258,5 \text{ с}^{-1}$, продолжительность обработки смеси 320 с, количество окон внутренней обечайки статора 12 шт. и концентрация ЗЦМ в 1л воды $0,110 \pm 0,005 \text{ кг}$ в одном литре воды.

Для анализа влияния факторов на процесс диспергации смеси были построены поверхности отклика (рисунок 4.1– 4.6).

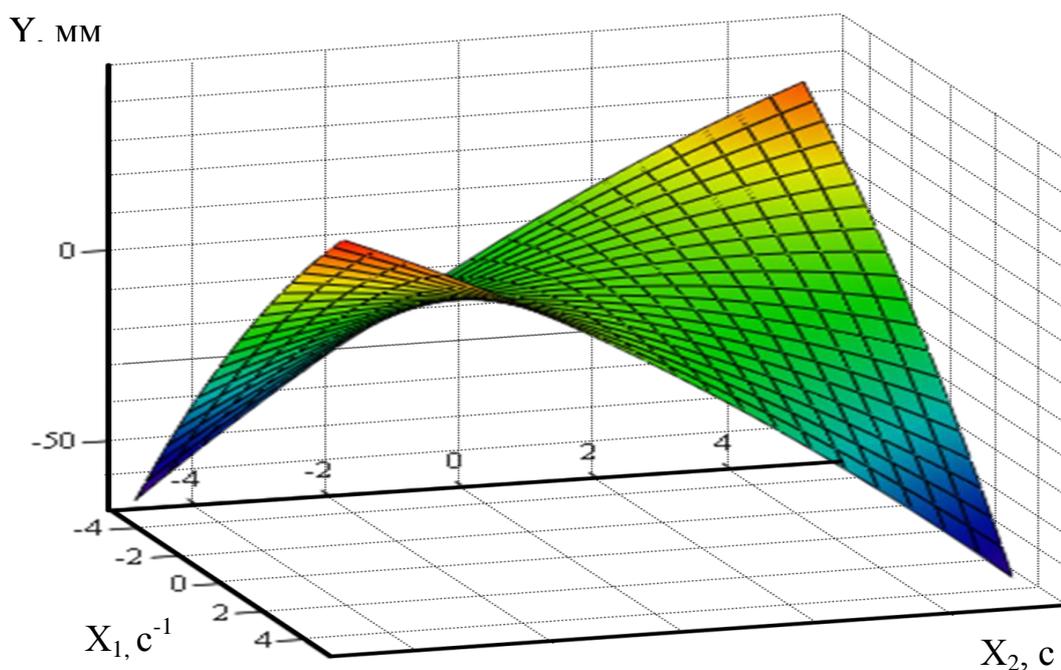


Рисунок 4.1 – Зависимость качества измельчения смеси от частоты вращения ротора X_1 и продолжительности обработки смеси X_2

$$Y(X_1, X_2) = 3,2 - 0,569X_1 - 0,093X_2 - 1,9875X_1X_2 - 0,309X_1^2 - 0,3315X_2^2, \quad (4.6)$$

$$Y_{\text{мин}} = 0,096$$

Характер поведения поверхности отклика показывает, что увеличение качества измельчения смеси достигается при оптимальной частоте вращения ротора X_1 , соответствующее $258,5\text{c}^{-1}$. Оптимальной значение фактора Y находится в точке $0,096$, что соответствует значению 320c продолжительности обработки смеси.

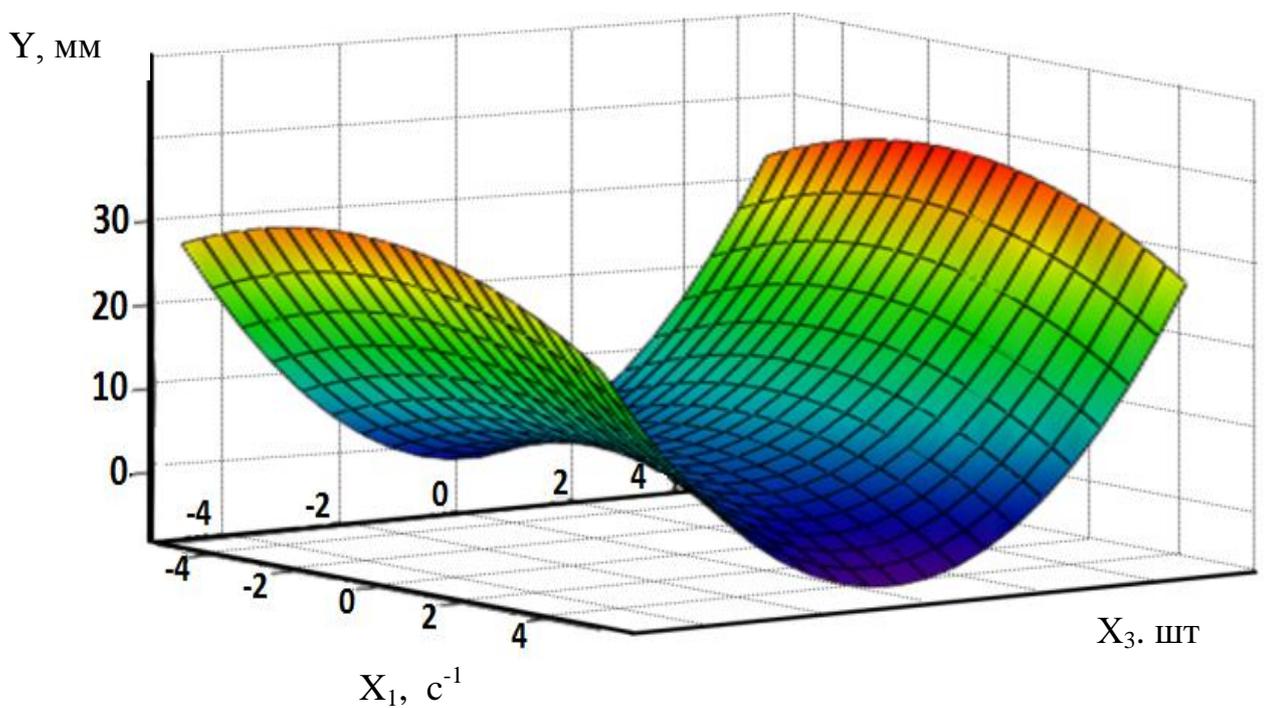


Рисунок 4.2 – Зависимость качества измельчения смеси от частоты вращения ротора X_1 и количества окон внутренней обечайки статора X_3

$$Y(X_1, X_3) = 3,2 - 0,569X_1 + 0,356X_3 + 0,309X_{12} + 1,2335X_{32}, \quad (4.7)$$

$$Y_{\text{мин}} = 2,322$$

Из графического изображения поверхности отклика видно, что увеличение качества измельчения смеси достигается при оптимальной частоте вращения ротора X_1 , соответствующее $258,5\text{c}^{-1}$. Оптимальной значение фактора Y находится в точке 2,322, что соответствует значению 12 шт. количества окон внутренней обечайки статора.

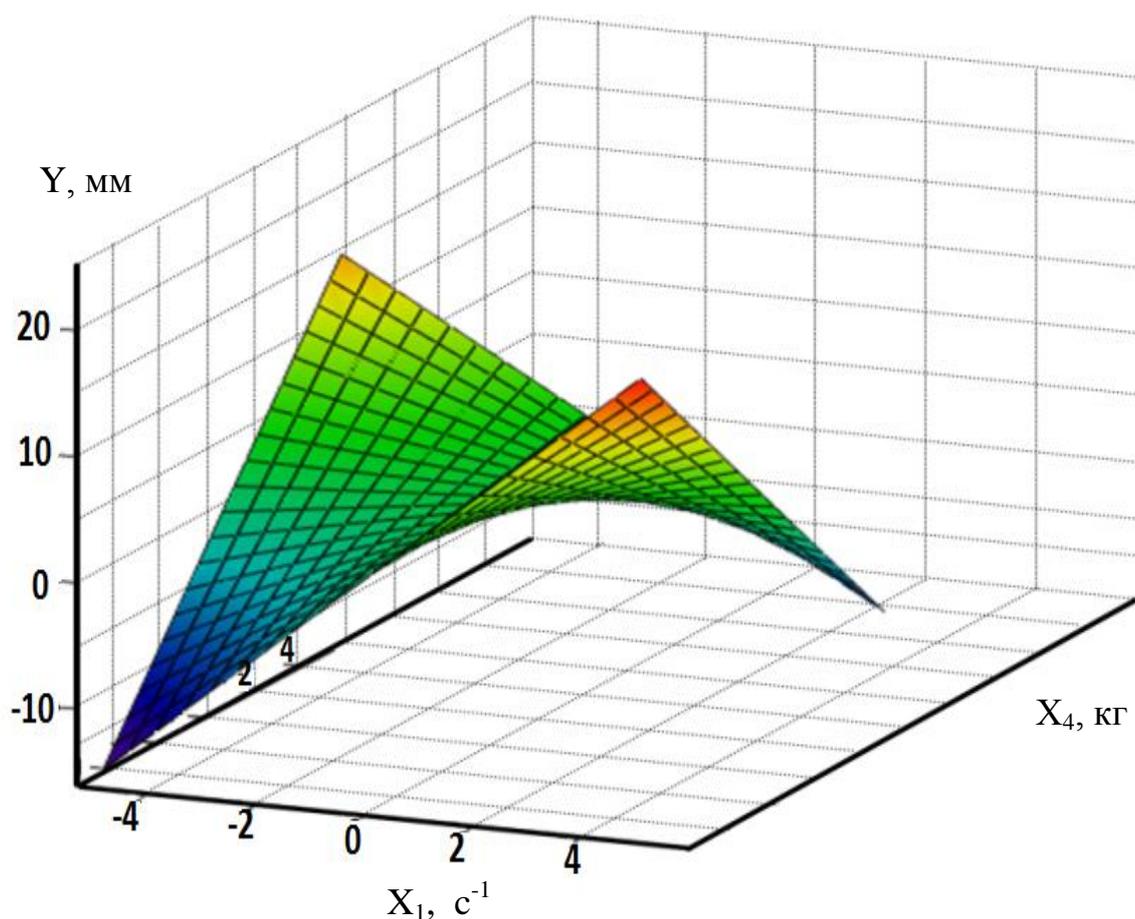


Рисунок 4.3 – Зависимость качества измельчения смеси от частоты вращения ротора X_1 и концентрации ЗЦМ в 1л воды X_4

$$Y(X_1, X_4) = 3,2 - 0,569X_1 + 0,10X_4 - 0,595X_1X_4, \quad (4.8)$$

$$Y_{\text{мин}} = 2,631$$

Анализ зависимости качества измельчения смеси от концентрации ЗЦМ в смеси X_4 и частоты вращения ротора X_1 показывает, что характер поверхности отклика фактора X_1 растёт по нелинейной зависимости и достигает оптимального значения, что соответствует значению $258,5\text{c}^{-1}$. Значение фактора X_4 достигает своего значения в точке 2,631, что соответствует концентрации ЗЦМ в 1л воды в количестве $0,110 \pm 0,005$ кг в литре воды.

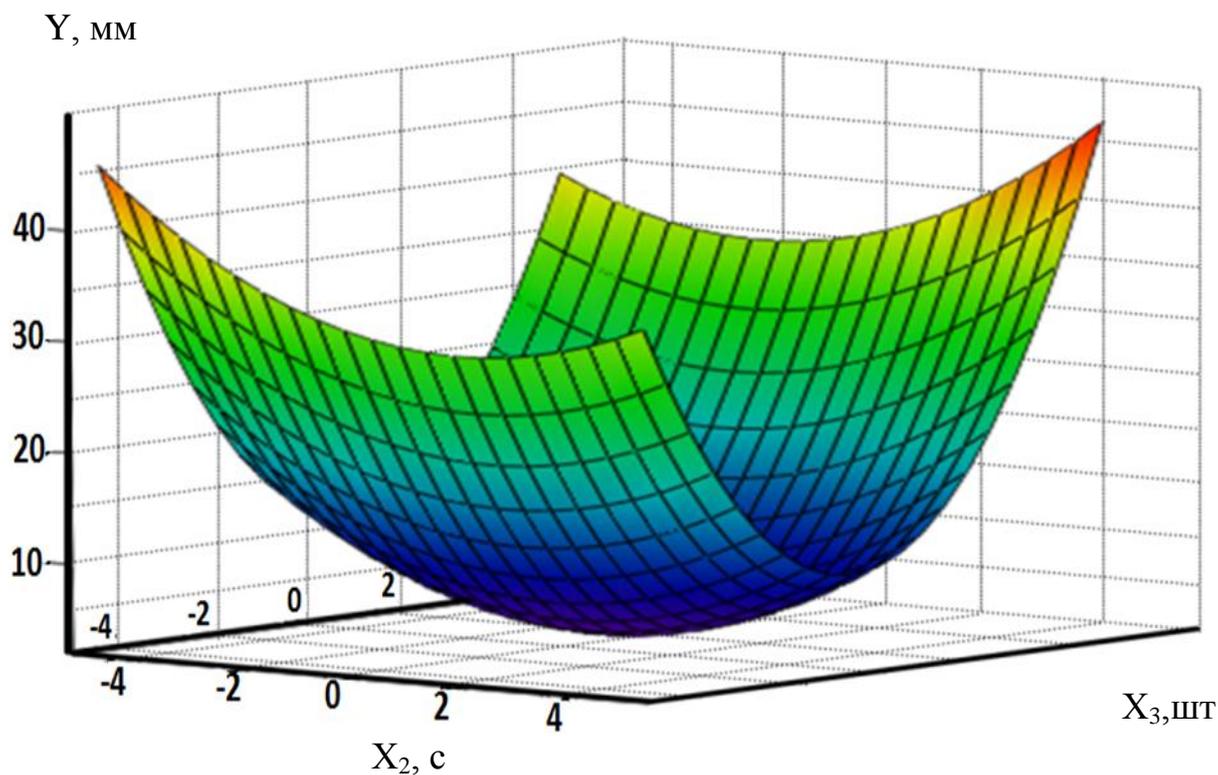


Рисунок 4.4 – Зависимость качества измельчения смеси от продолжительности обработки смеси X_2 и количества окон внутренней обечайки статора X_3 .

$$Y(X_2, X_3) = 3,2 - 0,093X_2 + 0,356X_3 + 0,195X_2X_3 - 0,3315X_2^2 + 1,2335X_3^2, \quad (4.9)$$

$$Y_{\text{мин}} = 3,094$$

Анализируя полученное изображение поверхности отклика видно, что оптимальной значение продолжительности обработки смеси X_2 составляет 320с. Значение фактора X_3 имеет оптимальной значение при 12 окнах внутренней обечайки статора.

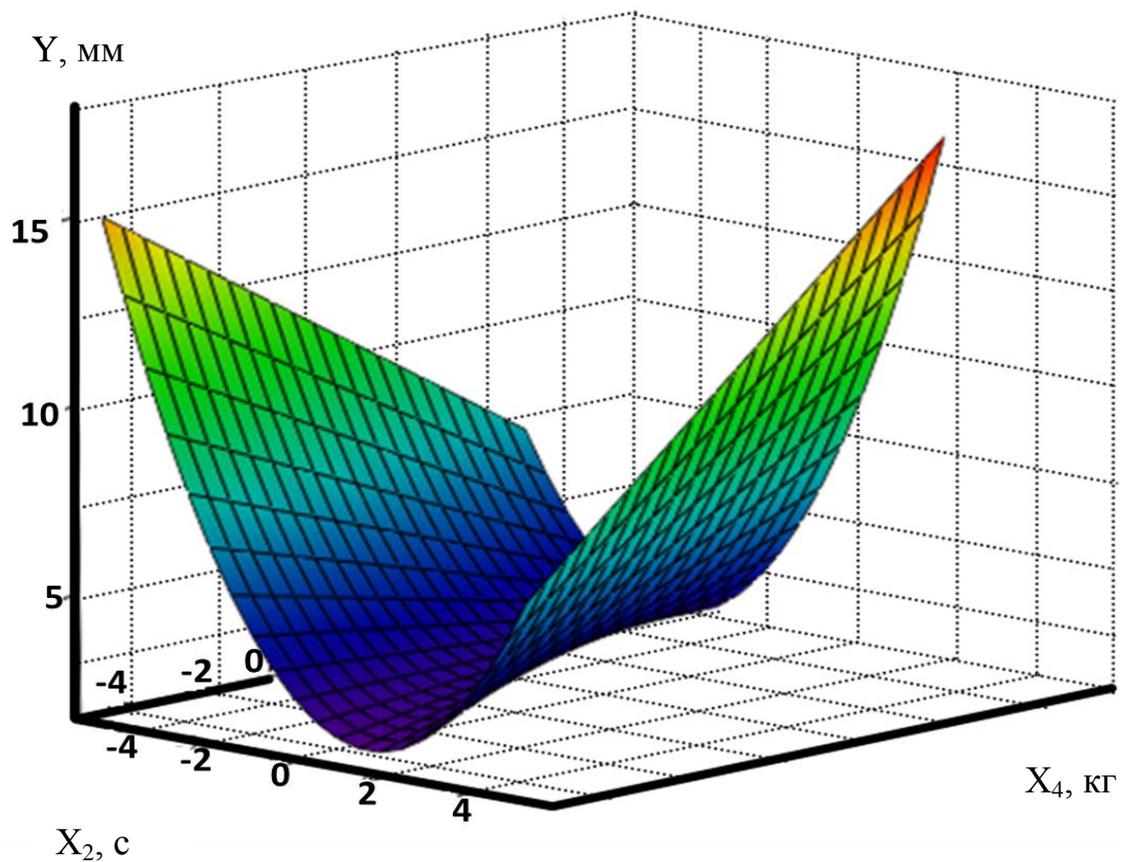


Рисунок 4.5 – Зависимость качества измельчения смеси от продолжительности обработки смеси X_2 и концентрации ЗЦМ в 1л воды X_4 .

$$Y(X_2, X_4) = 3,2 - 0,093X_2 + 0,10X_4 + 0,18X_2X_4 - 0,3315X_2^2, \quad (4.10)$$

$$Y_{\text{мин}} = 3,2$$

Анализируя влияние продолжительности обработки смеси, выявлено, что X_2 имеет свой минимум на графическом изображении отклика. Значение концентрации ЗЦМ в 1л воды X_4 имеет такой же характер поверхности отклика по нелинейной зависимости.

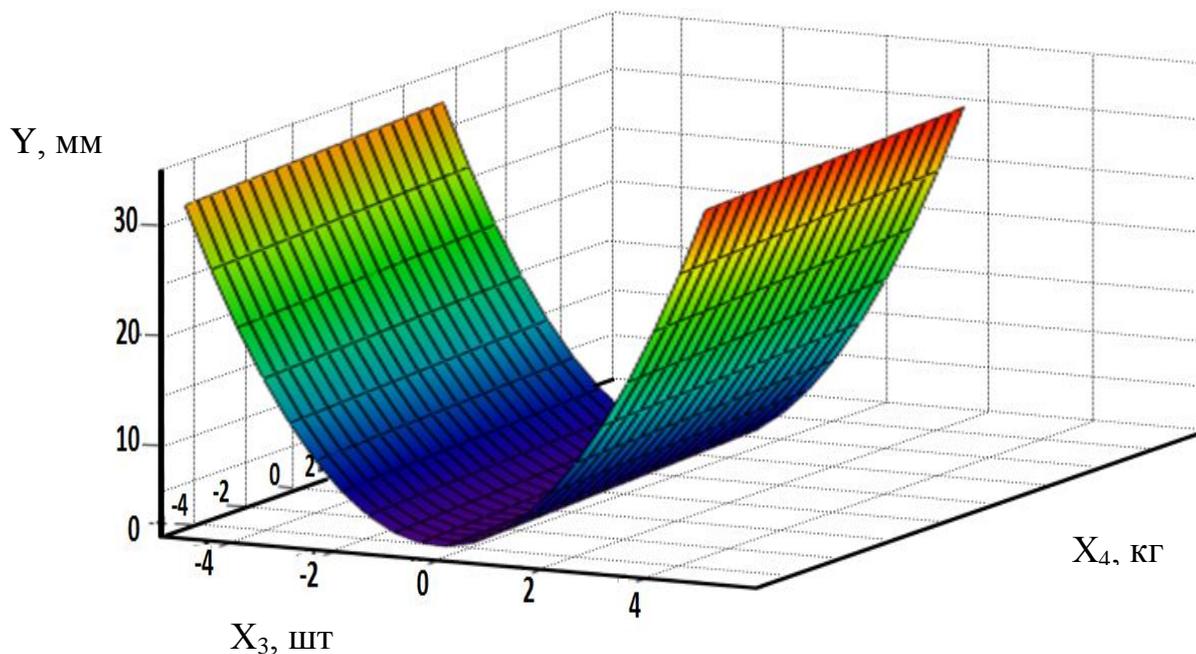


Рисунок 4.6 – Зависимость качества измельчения смеси от количества окон внутренней обечайки статора X_3 и концентрации ЗЦМ в 1л воды X_4 .

$$Y(X_3, X_4) = 3,2 + 0,356X_3 + 0,10X_4 + 1,2335X_3^2, \quad (4.11)$$

$$Y_{\min} = 4.076$$

Анализ поверхности отклика на рисунке 4.6 показывает, что с ростом количества окон внутренней обечайки статора X_3 растёт и значение фактора по нелинейной зависимости. Рост фактора X_4 ведёт к снижению значения поверхности отклика по нелинейной зависимости. Характер поведения факторов на качество измельчения смеси в одном случае фактора X_3 ведёт к значительному повышению.

На основании анализа полученных данных при использовании компьютерной программы «MathCAD12» получены значения в кодированном варианте.

$$Y_{mx} = \begin{bmatrix} 0,95 \\ 1,07 \\ 0,23 \\ 0,89 \end{bmatrix}$$

4.3 Результаты сравнения теоретических и экспериментальных исследований

Для сравнения теоретических и экспериментальных исследований были построены графики влияния каждого отдельного фактора на качество измельчения смеси, таким образом, в полученное уравнение регрессии подставляли поочередно три фактора на оптимальном (нулевом уровне), а один фактор оставляли на варьируемом. В результате чего была получена система уравнений:

$$\begin{cases} y(x_1) = 3,2 - 0,569x_1 - 0,309x_1^2 \\ y(x_2) = 3,2 - 0,093x_2 - 0,3315x_2^2 \\ y(x_3) = 3,2 + 0,356x_3 + 1,2335x_3^2 \\ y(x_4) = 3,2 + 0,1x_4 \end{cases} \quad (4.12)$$

Графическая реализация эксперимента представлена на рисунках 4.7–4.10. Расчёты коэффициентов корреляции в Приложении 3.

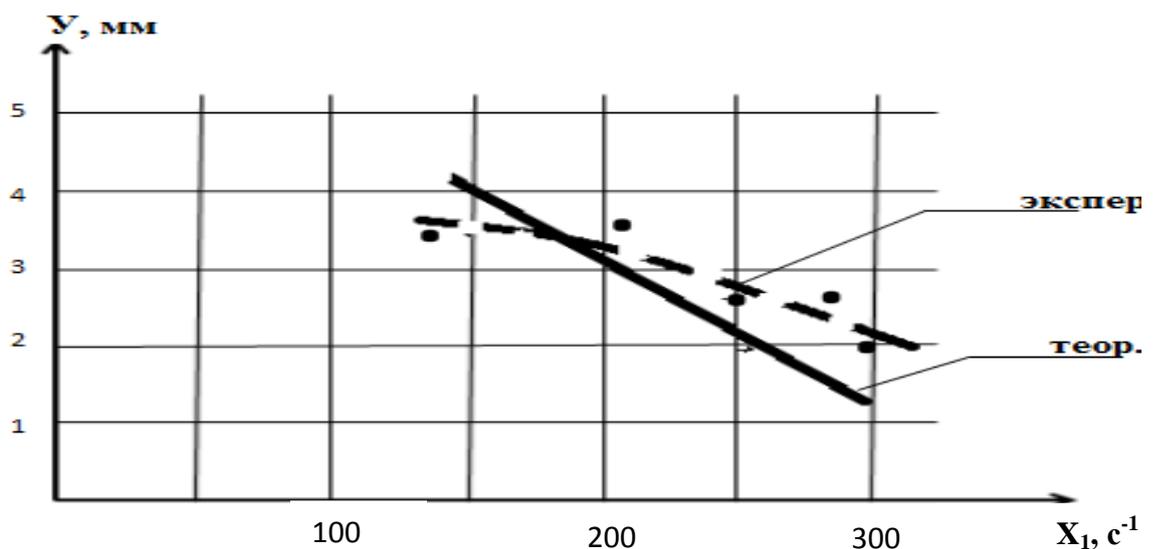


Рисунок 4.7 – Зависимость качества измельчения смеси от частоты вращения ротора, X₁. Коэффициент корреляции R_{x,y}=0,99.

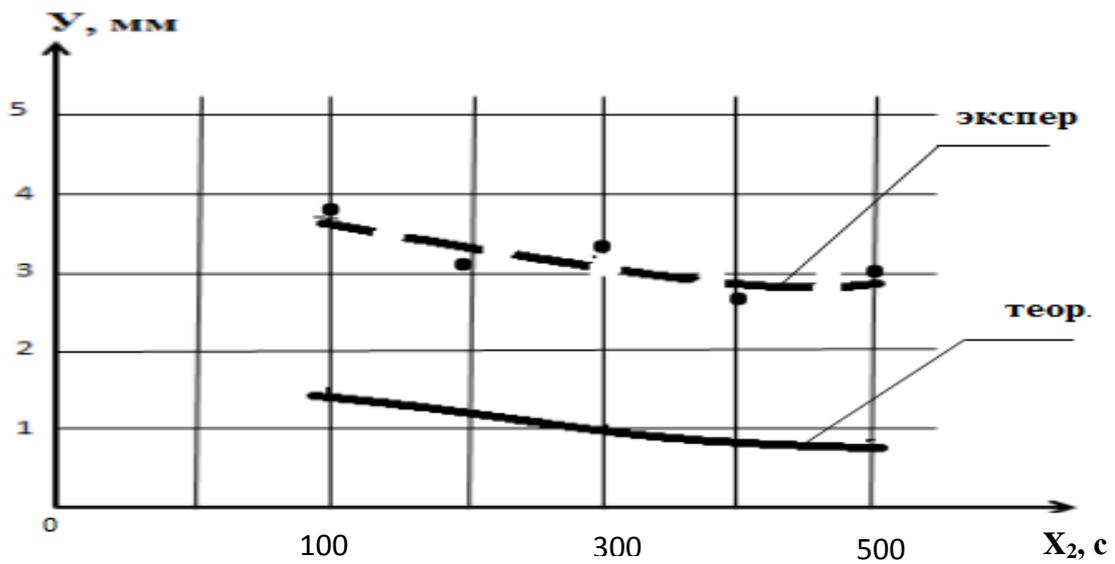


Рисунок 4.8 – Зависимость качества измельчения смеси от продолжительности обработки смеси, X_2 . Коэффициент корреляция $R_{x,y}=0,98$.

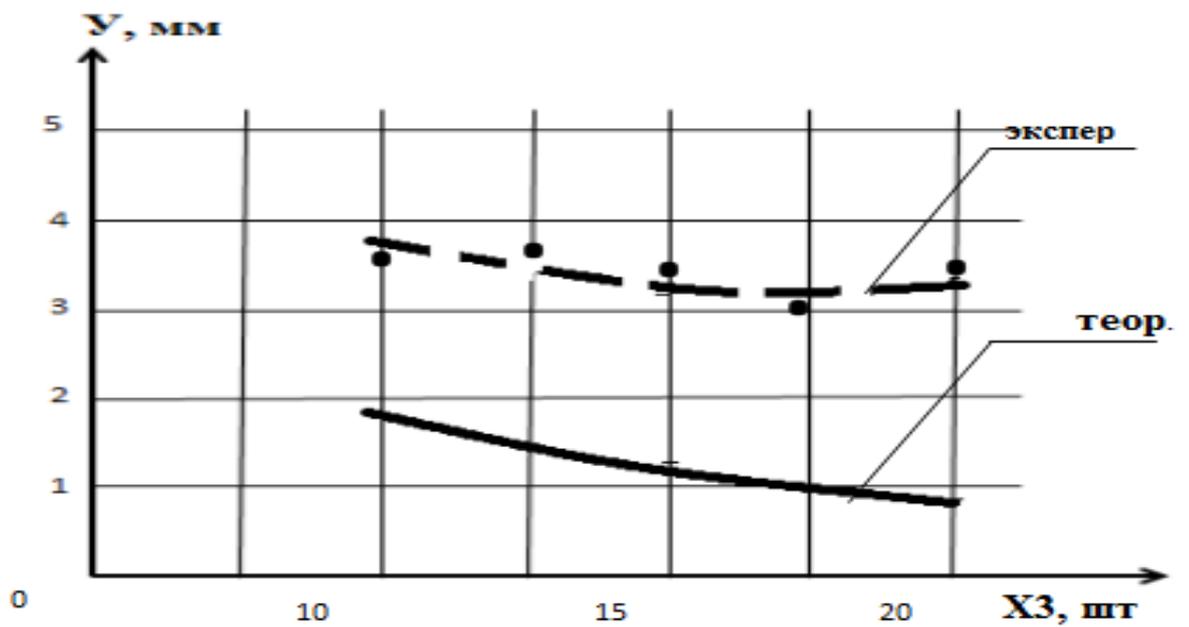


Рисунок 4.9 – Зависимость качества измельчения смеси от количества окон внутренней обечайки статора, X_3 . Коэффициент корреляция $R_{x,y}=0,80$.

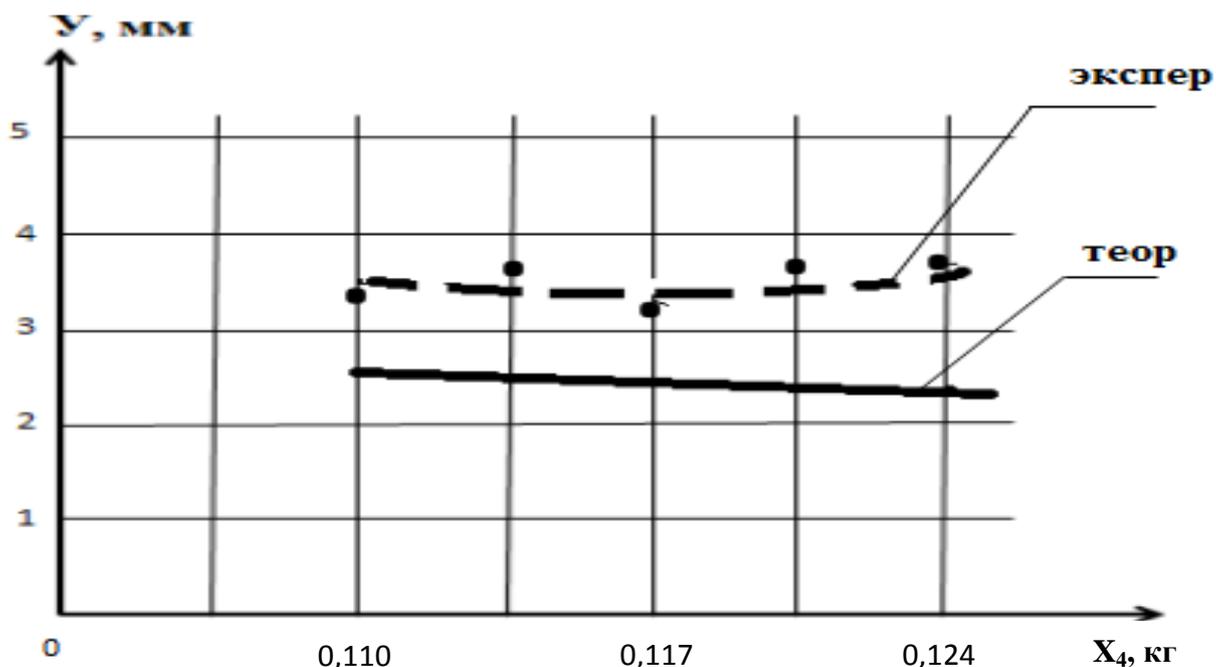


Рисунок 4.10 – Зависимость качества измельчения смеси от концентрации ЗЦМ в 1 л воды, X₄. Коэффициент корреляция R_{x,y}=0,98.

Сравнение качества измельчения смеси, определённых экспериментальным путём, с аналогичными, рассчитанными в ходе теоретических исследований, показало, что они статистически неразличимы, что свидетельствует об адекватности полученной математической модели. Графическая реализация экспериментальных исследований подтвердили теоретические. Коэффициенты корреляции R_{x,y} приведены в Таблице 4.5.

Таблица 4.5

Коэффициенты корреляции	
R _{x,y}	Коэффициент
y(x ₁)	0,99
y(x ₂)	0,98
y(x ₃)	0,80
y(x ₄)	0,98

Степень однородности смеси λ в проведённых экспериментах определялась по методике Г. М. Кухты [41]. Результаты статистической обработки данных степени однородности приведены в таблице 4.6.

Таблица 4.6

Результаты статистической обработки

	Качество измельчения смеси $Y_{\text{эксп, мм}}$	Степень однородности смеси $\lambda, \%$
1	2,11	87
2	3,47	92
3	2,22	83
4	3,11	92
5	4,30	95
6	3,93	93
7	4,22	98
8	4,19	94
9	1,95	91
10	3,52	97
11	2,03	84
12	3,14	95
13	4,50	92
14	4,70	89
15	3,30	92
16	4,11	95
17	3,9	87
18	4,80	93
19	2,81	89
20	3,81	93
21	3,36	92
22	4,00	91
23	3,28	91
24	3,00	88
25	3,20	92
26	3,31	87
27	3,11	92
ср.	3,45	91

Степени однородности смеси: $\lambda_{\text{ср.}} = 91\%$; $\lambda_{\text{min.}} = 83\%$; $\lambda_{\text{max.}} = 98\%$.

Оценка степени однородности смеси ЗЦМ в проведённых экспериментах:

- $\lambda < 85\%$ – в 2-х экспериментах смесь плохого качества, что составляет 7% от общего количества экспериментов;
- $85\% < \lambda < 90-92\%$ – в 8 экспериментах смесь удовлетворительного качества, что составляет 30% от общего количества экспериментов;
- $\lambda > 92\%$ – в 17 экспериментах смесь хорошего качества, что составляет 63% от общего количества экспериментов.

Всего в 93% проведённого эксперимента однородность смеси удовлетворительного и хорошего качества.

4.4 Выводы по четвертой главе

1. Исследование смеси ЗЦМ, обработанного в данном устройстве, показало, что частиц жира дробится в 2 раза больше, чем до диспергации. Если количество выделенных частиц жира до диспергации 7 мм, то после диспергации составит 3,45 мм.

2. Пробы смеси ЗЦМ, прошедшие диспергацию, в течение 3-х суток не имели отстоя жира на поверхности. Другие же пробы без диспергации такой отстой имели через сутки. Таким образом, исследования роторного диспергатора подтвердили возможность его применения для диспергации смеси ЗЦМ.

3. Сравнительный анализ характеристик роторного диспергатора показал, что роторные диспергаторы позволяют не только получать продукты с размерами частиц дисперсной фазы в два раза меньше, но и характеризуются сравнительно меньшим удельным энергопотреблением.

4. Проведённые испытания роторного диспергатора подтвердили возможность его применения для диспергации смеси ЗЦМ. В диссертационном исследовании определена эффективность его работы на примере смеси ЗЦМ по дисперсности частиц жира и установлены необходимые оптимальные параметры для приготовления смеси ЗЦМ.

5. Исследование смеси ЗЦМ, обработанного в данном устройстве, показало, что частицы жира дробятся до размеров, значительно меньших чем до диспергации.

5. ИСХОДНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ РОТОРНОГО ДИСПЕРГАТОРА

1. НАИМЕНОВАНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ.

1.1. Роторный диспергатор.

1.2. Роторный диспергатор предназначен для тонкого дисперсионного измельчения и смешивания продуктов животного и растительного происхождения.

1.3. Роторный диспергатор может быть использован в сельском хозяйстве, в частности, животноводстве для приготовления искусственного молока (ЗЦМ) и других отраслях производства для получения однородной смеси.

2. ОСНОВАНИЕ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ.

2.1. Разработка чертежно-технической документации и изготовление в соответствии с темами научно-исследовательской работы «Разработать рекомендации по повышению эффективности машинных технологии в агропромышленном комплексе для условий Костанайской области», утверждённой НТИ РК от 13.02.12. государственная регистрация №0112РК00946 и «Анализ опасностей и критические контрольные точки в продукции сельскохозяйственного производства в соответствии с системой НАССР», государственная регистрация № 0112РК00929 от 13.02.12г.

3. ЦЕЛЬ И НАЗНАЧЕНИЕ РАЗРАБОТКИ.

3.1. Целью работы является создание макетного образца роторного диспергатора.

3.2. Роторный диспергатор предназначен для тонкого дисперсионного измельчения и смешивания продуктов животного и растительного происхождения.

4. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ.

4.1. Состав изделия и требования к конструктивному устройству.

4.1.1. Роторный диспергатор должен включать в себя следующие составные части:

- диспергирующую головку;
- раму;
- электропривод;
- органы управления.

4.1.2. Диспергирующая головка предназначена для мелкодисперсионного измельчения и смешивания продуктов животного и растительного происхождения, путём высокочастотного механического дробления смеси. Головка должна состоять из подвижного конического ротора с прорезями по образующей, вращающегося между двумя коническими обечайками статора имеющих также прорези на образующих. При этом угол наклона образующей усечённого конуса должен быть равен или больше коэффициента динамического угла трения ингредиентов исходного сырья о материалы ротора и статора, поверхности статора и ротора, обращённые друг к другу снабжены рифлением, для создания гидравлического подпора необходимо чтобы площадь окон внутренней обечайки статора должна быть больше или равна площади окон наружной обечайки статора. Зазор между режущими кромками должен быть не более 0,5 мм Средний диаметр подвижными конического ротора 50 мм; толщина стенок и образующих не более 2 мм; ширина прорезей не более 4 мм; высота прорезей 6 – 12 мм, число прорезей – 12. Для предотвращения просачивания измельчаемой массы через зазор в торцовой поверхности обечайки необходимо предусмотреть специальное устройство. Для предотвращения попадания жидкости в полость между валом подвижного ротора и корпусом головки необходимо на валу иметь сливную резьбу и предусмотреть уплотнение зазора.

Режущие кромки ножей должны обеспечить работу без заточки в течении 1300 часов. Для заточки, очистки, мойки и обслуживания диспергирующая головка должна легко сниматься и монтироваться.

4.2.3. Рама предназначена для крепления рабочих узлов и привода. Состоит из платформы на которой закреплена стойка с кронштейнами. На последних установлен электропривод, головка и органы управления. Стойка должна обеспечить перемещение кронштейна вверх и вниз на расстояние не менее 500 мм. При этом мобильный зазор между нижней частью головки диспергатора и платформой должен быть не менее 50 мм. Для удобства платформа должна быть снабжена опорными самоустанавливающимися колёсами. Расстояние между опорными колёсами должно обеспечить устойчивую работу установки, опрокидывающий момент не менее 300 Нм.

4.1.4. Электропривод предназначен для привода во вращение ротора диспергатора с частотой не менее 258 с^{-1} , мощность электродвигателя не менее 3Квт.

4.1.4. Орган управления включает пускозащитную аппаратуру для электропривода с сигнализацией, механизм подъёма и опускания головки диспергатора. Пускозащитная аппаратура должна обеспечить пуск и выключение электропривода, сигнализацию о наличии в цепи электрического тока. Механизм подъёма и опускания диспергирующей головки должна обеспечить плавный подъем и опускание головки, ее надлежащую фиксацию в заданном направлении.

5. ПОКАЗАТЕЛИ НАЗНАЧЕНИЯ.

5.1. Роторный диспергатор предназначен для диспергации, гомогенизации, измельчения и смешивания материалов при приготовления искусственного молока (ЗЦМ) и в других отраслях производства для получения однородной смеси, при проведения лабораторных работ.

5.1.1. Производительность роторного диспергатора должна быть не менее 0,1 кг/с. Размер полученных частиц при измельчении не должен превышать 2 мкм.

5.1.2. Измельчаемый материал должен быть в виде смеси. Соотношение смеси должно быть в пределах одна часть сырья на 8-9 частей раствора.

5.1.3. Невозвратимые потери в процессе измельчения не более 1%.

5.2. Требования к технологичности, метрологическому обеспечению, разработке производства и эксплуатации.

5.2.1. Роторный диспергатор должен иметь сборно-разборную конструкцию.

5.2.2. Трудоёмкость сборочных и регулировочных работ при монтаже на месте применения не более 2 часов.

5.2.3. Трудоёмкость ежедневного технического обслуживания не должна превышать 15 мин.

5.2.4. Нарботка на отказ средней сложности не менее 200 часов.

5.2.5. Производительность определяется количеством пропущенной смеси через окна ротора за время не менее 100 сек. Время измеряется секундомером с ценой деления 0,1 с.

5.2.6. Фракционный состав проверять вычислением процентного содержания выделенного при центрифугировании слоя измельчённой массы в пробах массой 50 – 200 гр. при трехкратной повторности. Размер выделенного слоя фракции измерять штангельциркулем ШЦ-1, ШЦ-П по ГОСТ 166 или аналогичными по разрешающей способности.

5.3. Требования по охране окружающей среды и технике безопасности.

5.3.1. Роторный диспергатор по технике безопасности и влиянию на окружающую среду должен удовлетворять требованиям ГОСТ Р 12.1.009; ГОСТ 12.2.003; ГОСТ 12.2.042; ГОСТ 12.1.002; ГОСТ Р ИСО 3951-1. Единым требованиям к конструкции машин и оборудования, используемых в промышленном производстве в т.ч. сельском хозяйстве, по безопасности и охране труда.

5.3.2. Для осуществления погрузки и разгрузки на роторном диспергаторе должно быть предусмотрено место строповки, обозначенное по ГОСТ 14192.

5.3.3. Движущиеся, вращающиеся части машины должны быть защищены кожухами или ограждениями и не должны создавать опасности для обслуживающего персонала.

5.4. Требования к составным частям продукции, сырью, исходным и эксплуатационным материалам.

5.4.1. Материалы и покупные изделия, применяемые для изготовления машины, должны соответствовать стандартам и техническим условиям по его изготовлению.

5.4.2. Для изготовления машины должны быть использованы материалы и комплектующие, применяемые в пищевой промышленности. Для изготовления диспергирующей головки и частей машины, контактирующей с обрабатываемой массой необходимо применять материалы, исключаящие отрицательное воздействие на обрабатываемый материал.

5.4.3. Материалы, из которых изготовлены узлы и детали роторного диспергатора, не должны корродировать при эксплуатации в следующих условиях: температура от -10 до $+50^{\circ}\text{C}$; относительной влажности 75–100%. Диспергирующая головка не должна корродировать при работе в жидких средах с рН от 2 до 11.

5.4.4. Конструкция роторного диспергатора должна быть разъёмной. Общие габариты изделия не должны превышать 900x800x1200 мм. Масса изделия не более 45 кг.

5.5. Требования к маркировке и упаковке.

5.5.1. Роторный диспергатор должен поставляться в частично разобранном и упакованном виде.

5.5.2. Диспергирующая головка должна быть упакована таким образом, чтобы предотвратить повреждение головки при падении с высоты 5 м. на бетонную поверхность.

5.5.3. Маркировка грузовых мест, способ нанесения разметок и цвет знаков должен соответствовать ГОСТ 14192.

5.6. Требования к транспортировке и хранению.

5.6.1. Транспортирование роторного диспергатора производится в соответствующей упаковке при условии соблюдения правил перевозки грузов.

5.6.2. Подготовка роторного диспергатора к хранению должна производиться в соответствии с ГОСТ 7751, техническим оснащением и инструкцией по эксплуатации.

Утверждённые исходные требования в Приложении 4.

6. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ И ОЦЕНКА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ РОТОРНОГО ДИСПЕРГАТОРА

6.1 Производственная проверка

Для проверки результатов теоретических и экспериментальных исследований в производственных условиях, а также для определения технико-экономических показателей работы роторного диспергатора (Рисунок 6.1–6.2) проводились сравнительные эксперименты с существующим устройством для приготовления заменителя искусственного молока АЗМ-0,8.

Агрегат для приготовления заменителей молока роторным диспергатором предназначен для тонкого дисперсионного измельчения и смешивания продуктов животного и растительного происхождения. Состоит из бака-смесителя 1, электродвигателя 2, роторного диспергатора 3, крана сливного 4 (Рисунок 6.1).

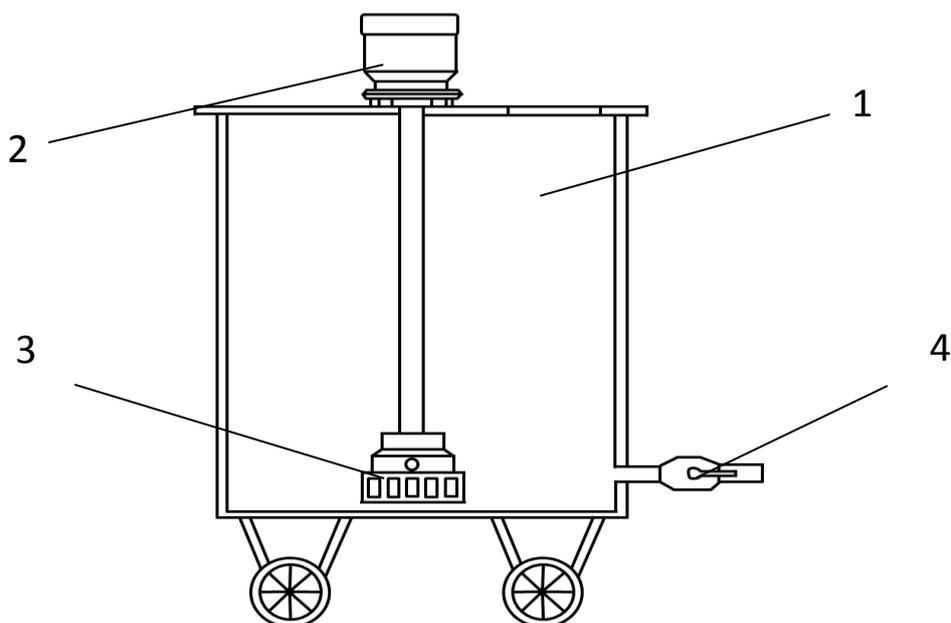


Рисунок 6.1 – Схема агрегата для приготовления заменителей молока роторным диспергатором: 1 – бак-смеситель; 2 – электродвигатель; 3 – роторный диспергатор; 4 – кран сливной.



Рисунок 6.2 – Роторный диспергатор

Таблица 6.1

Техническая характеристика роторного диспергатора

Наименование	Роторный диспергатор
Диаметр рабочей части, мм	82
Глубина погружения, мм	1200
Температура рабочая, °С	+40...+70
Число оборотов, об/мин	3000
Мощность электродвигателя, кВт	1,5
Производительность, кг/ч	313
Напряжение сети, В	380
Стоимость, руб.	29400

В бак-смеситель закачивают 100 л воды температурой +38, +40⁰С. Сухие компоненты кормов засыпают вручную, предварительно взвесив на технических весах. Включают электродвигатель. Продолжительность приготовления 320 с. Готовую смесь выдают в ёмкости для кормления. Обслуживает один человек.

Испытания роторного диспергатора проводилось:

- в КХ «Иржанова А», Костанайской области, Республики Казахстан, Узункольского района, п. Ершовка;
- в хозяйстве ЧП «Айтбаев М.О.», Костанайской области, Республики Казахстан, Карасуского района, п. Карасу;

– в хозяйстве ИП «Кузовой А.В.», Костанайской области, Республики Казахстан, Камыстинского района, п. Талдыколь.

При испытании проверялась работоспособность и качественные показатели (производительность, качество диспергации) по описанной выше методике.

Таблица 6.2

Сравнительная характеристика производственных испытаний

	АЗМ-0,8	Роторный диспергатор
Производительность, кг/ч	275	313
Мощность электродвигателя, Квт	3,75	1,5
Время полного цикла приготовления порции, час	2,5.....4,0	0,3...0,5
Стоимость, руб.	40000	29400

6.2 Техничко-экономическая эффективность исследуемого роторного диспергатора

Годовой экономический эффект получили по экономии приведённых затрат [51]:

$$\mathcal{E}_\phi = (C_{\phi} + E_n \times K_{\phi} / Q_{\phi.б.}) - (C_n + E_n \times K_n / Q_{\phi.н.}); \quad (6.1)$$

где C_{ϕ} и C_n – себестоимость единицы продукции по базовому и новому вариантам, руб./т; K_{ϕ} и K_n – удельные (в расчёте на единицу продукции) капитальные вложения в базовом и новом вариантах, руб./т; E_n – нормативный коэффициент капитальных вложений (0,15); $Q_{\phi.б.}$, $Q_{\phi.н.}$ – применение результатов в расчётном году (тонн смеси), базового АЗМ-0,8 и экспериментального роторного диспергатора.

Для определения себестоимости диспергированной тонны смеси рассчитаны эксплуатационные издержки, являющиеся переменной частью себестоимости машины, по формуле:

$$I = Z + A_m + T + C + X; \quad (6.2)$$

где Z – заработная плата обслуживающего персонала, руб./т; A_m – удельные затраты на амортизационные отчисления, руб./т; T – удельные затраты на ТО и ремонт, руб./т; C – удельные затраты на электроэнергию, руб./т; X – удельные затраты на хранение, руб./т.

Удельную заработную плату рассчитали по расценкам стоимости одного часа работы оператора:

$$Z = L \times Z_n / g, \quad (6.3)$$

где L – количество обслуживающего персонала, необходимой квалификации; Z_n – часовая тарифная ставка, руб. ($Z_n = 10,24$ руб./ч); g – производительность машины за час работы, т/ч.

По производственной проверке производительность экспериментального роторного диспергатора оказалась выше на 13,8%, чем у базового:

$$(g_6 = 0,275 \text{ т/ч}, \quad g_3 = 313 \text{ т/ч}).$$

Часовая производительность АЗМ-0,8 по приведённой технической характеристике при переработке смеси (таблица 6.2) равна 275 кг/ч.

Заработная плата рабочего при использовании базового АЗМ-0,8:

$$Z_6 = 1 \times 10,24 / 0,275 = 37,24 \text{ руб./т.}$$

Экспериментального:

$$Z_3 = 1 \times 10,24 / 0,313 = 32,72 \text{ руб./т.}$$

Амортизационные отчисления, приходящиеся на единицу продукции, определили по следующему выражению:

$$A_m = B \times a / 100 \times Q_2, \quad (6.4)$$

где B – балансовая стоимость АЗМ-0,8, руб.; a – норма амортизационных отчислений, $a = 16,6\%$; Q – годовая выработка базовой АЗМ-0,8, т.

$$B = C \times \eta = 40000 \times 1,125 = 45000 \text{ руб.}; \quad (6.5)$$

где C – оптовая цена АЗМ-0,8 по прейскуранту [29], 40000 руб.; η – коэффициент, учитывающий расход на доставку и монтаж, $1,1 \dots 1,125$.

Годовая выработка машины:

$$Q_z = q \times t \times D, \quad (6.6)$$

где q – производительность машины, тн/час; t – число часов работы в смену, $t = 7$ часов; D – число рабочих дней в году, $D = 290$ дней.

Для базовой машины:

$$Q_{z.б.} = q_b \times t \times D = 0,275 \times 7 \times 290 = 558 \text{ тонн.}$$

Для новой машины:

$$Q_{z.н.} = q_n \times t \times D = 0,313 \times 7 \times 290 = 635 \text{ тонн.}$$

Таким образом, амортизационные отчисления на базовый АЗМ-0,8 составляют:

$$A_m = B \times a / 100 \times Q_z = 45000 \times 16,6 / 100 \times 558 = 13,39 \text{ руб./т.}$$

Удельные затраты на ТО и текущий ремонт:

$$T_{\sigma} = B \times R / 100 \times Q_{z.б.} = 45000 \times 18,8 / 100 \times 558 = 15,16 \text{ руб./т};$$

где R – отчисления на ремонт и техническое обслуживание $R = 18,8\%$.

Стоимость электроэнергии, приходящейся на единицу произведённой продукции:

$$C_{z.б.} = P_{y\delta} \times C_z = 3,75 \times 2,4 = 9 \text{ руб./т};$$

где $P_{y\delta}$ – удельный расход электроэнергии, кВт; ($P_{y\delta} = 3,75$ кВт/ч);

C_z – стоимость одного кВтч, руб. ($C_z = 2,4$ руб.).

Затраты на хранение, из-за их незначительности, в расчётах не учтены.

Себестоимость продукции базового АЗМ-0,8:

$$I_c = 37,24 + 13,39 + 15,16 + 9 = 74,79 \text{ руб./т.}$$

Эксплуатационные издержки экспериментальной машины без затрат на амортизацию и ремонт, составляют:

$$I_3 = Z_3 + C_3 = 32,72 + 3,6 = 39,32 \text{ руб./т.}$$

Стоимость электроэнергии:

$$C_3 = P_3 \times C_3 = 1,5 \times 2,4 = 3,6 \text{ руб.}$$

где P_3 – удельный расход электроэнергии, кВт; ($P_3 = 1,5$ кВт/ч).

Лимитная цена экспериментального роторного диспергатора равна:

$$C_{л} = \frac{B \times \alpha + (I_c - I_3) \times Q}{1 + 0,01 \times (\alpha + \beta \times R)} = \frac{45000 \times 1,15 + (74,79 - 39,32) \times 558}{1,354} = 47852 \text{ руб.}, \quad (6.7)$$

где α – коэффициент изменения годовой выработки ($\alpha=1,15$); β – коэффициент отношения фактической и нормативной, для которой установили ремонтные отчисления ($\beta=1,0$).

Определяем себестоимость роторного диспергатора устройства по формуле 6.1:

$$C_k = C_m + C_{из} + C_{пок.изд.} + C_{сб} \quad (6.8)$$

где C_m – стоимость материала конструкции, руб.; $C_{из}$ – стоимость изготовления деталей, руб.; $C_{пок.изд.}$ – стоимость покупных изделий, руб.; $C_{сб}$ – оплата за сборку конструкции, руб.

Стоимость материала конструкции определяется по формуле 6.2:

$$C_m = m \times C'_m \quad (6.9)$$

где m – масса материала (или количество п.м.), кг;

C'_m – стоимость одного килограмма материала или п.м., руб.

Количество металлопроката для изготовления устройства и его стоимость представлены в таблице 6.3 [29]:

Стоимость материалов

Наименование	Количество, м (кг)	Стоимость, руб./кг	Цена материала, руб.
Круг нерж. ф 75,0 мм AISI 304 калибр.	0,1(2,2)	212	466
Труба 48x1,5	0,5(1,6)	300	480
Круг нерж. ф 12,0 мм 12X18Н10Т	0,5(1,0)	204	204
Итого			1150

Стоимость изготовления деталей находим по формуле 6.3:

$$C_{из} = t_{\delta} \times C_{ч.сл} \quad (6.10)$$

где t_{δ} – время на изготовление деталей, ч; $t_{\delta} = 24$ ч;

$C_{ч.сл}$ – часовая тарифная ставка слесаря-станочника, руб.;

$C_{ч.сл} = 600$ рублей.

По формуле 6.10 рассчитываем $C_{из} = 24 \times 600 = 14400$ рублей.

Стоимость покупных изделий составляет:

$C_{пок.изд.} = 4373$ рублей

Оплата сборки конструкции определяется по формуле 6.11:

$$C_{сб} = t_{сб} \times C_{ч.сб} \quad (6.11)$$

где $t_{сб}$ – время на сборку конструкции, ч; $t_{сб} = 15$ ч;

$C_{ч.сб}$ – часовая тарифная ставка сборщика, руб.; $C_{ч.сб} = 200$ руб.;

Отсюда $C_{сб} = 15 \times 200 = 3000$ рублей.

Подставляем известные значения в формулу 6.8 и получаем:

$C_{к} = 14400 + 3000 + 4373 + 1150 = 22923$ рублей

Оптовая цена экспериментального роторного диспергатора:

$$C_0 = C_k \times \eta \quad (6.12)$$

где η – коэффициент, учитывающий нормативную

рентабельность; $\eta = 1,14$.

$$C_0 = 22923 \times 1,14 = 26132 \text{ руб.}$$

Балансовая цена экспериментальной машины:

$$C_{б.э.} = 26132 \times 1,125 = 29399 \text{ руб.}$$

Трудоёмкость процесса гомогенизации:

$$T = Q_2 \times n / q, \quad (6.13)$$

где n – количество обслуживающего персонала (человек).

Для базового:

$$T_б = 558 \times 1 / 0,275 = 2,03 \text{ чел}\cdot\text{ч};$$

Для экспериментального:

$$T_э = 635 \times 1 / 0,313 = 2,03 \text{ чел}\cdot\text{ч}.$$

Амортизационные издержки на единицу продукции роторного диспергатора:

$$A_{м.е.} = C_б \times a / 100 \times Q_{э.н.} = 29399 \times 16,6 / 100 \times 635 = 7,69 \text{ руб.} / \text{т}.$$

Отчисления на техническое обслуживание и ремонт равны:

$$T_{о.э.} = C_{б.н.} \times R / 100 \times Q_{э.н.} = 29399 \times 18,8 / 100 \times 635 = 8,71 \text{ руб.} / \text{т}.$$

Эксплуатационные издержки при эксплуатации экспериментального роторного диспергатора:

$$I_э = 32,72 + 7,69 + 8,71 + 3,6 = 52,72 \text{ руб.} / \text{т}.$$

Удельный экономический эффект от применения экспериментального роторного диспергатора составит:

$$\mathcal{E}_{ф.уд.} = (74,79 + 0,15 \times 45000 / 558) - (52,72 + 0,15 \times 29399 / 635) = 27,12 \text{ руб.} / \text{кг}.$$

Если принять объем работ равным 640 тонн, то годовая экономия составит:

$$\mathcal{E}_ф = \mathcal{E}_{ф.уд.} \times Q_{год} = 27,12 \times 640 = 17357 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости экспериментальной машины:

$$T_{ок} = C_{б.э.} / \mathcal{E}_ф = 29399 / 17357 = 1,7 \text{ года}.$$

Результаты расчёта экономической эффективности приведены в таблице 6.4.

Таблица 6.4

Показатели экономической эффективности применения роторного
диспергатора

Показатели	Серийный	Экспериментальный
Производительность, т/ч	0,275	0,313
Эксплуатационные расходы, руб./т	74,79	51,23
Затраты труда, челч	2,03	2,03
Приведённые затраты, руб./т	86,89	59,67
Экономический эффект, руб./кг	-	27,12
Срок окупаемости машины, лет	-	1,7 года

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Проведённый анализ существующих исследований по приготовлению диспергированных структурированных смесей, разработанная классификация технических решений позволили обосновать новую конструкцию роторного диспергатора, позволяющая за счёт физического эффекта измельчения, дробления и истирания снизить энергоёмкость процесса приготовления смеси ЗЦМ. Такое устройство и технология на ее основе обладает преимуществом перед существующими и является актуальным для современного сельского хозяйства при выращивании молодняка сельскохозяйственных животных.
2. Разработанная теоретическая модель взаимодействия рабочих органов роторного диспергатора с компонентами смеси ЗЦМ позволила получить аналитические закономерности качества приготовления смеси в зависимости от частоты оборота ротора, продолжительности обработки смеси, количества окон внутренней обечайки статора, концентрации ЗЦМ в 1л воды. Полученная модель адекватна, что подтверждено экспериментальными исследованиями. Установлено, что основными силами в процессе работы роторного диспергатора являются центробежные силы и силы поверхностного натяжения. Их соотношение позволило установить, что условием дробления, т. е. растяжения частиц жирового шарика в цилиндрическую нить, является равенство: $A_{ин} = A_{п.н.}$, при превышении которого и происходит разрушение частиц жира.
3. В результате теоретических и экспериментальных исследований обоснована конструкция роторного диспергатора, которая защищена авторскими свидетельствами РК на изобретения № 78533, № 79570 и № 80084. Изготовлена экспериментальная модель роторного диспергатора с диаметром ротора 50 мм и количеством окон внутренней обечайки 12 шт.
4. Проведённый многофакторный эксперимент позволил определить технологические и конструктивно-режимные параметры приготовления

смеси ЗЦМ от следующих четырёх варьируемых факторов: частота оборота ротора, продолжительность обработки смеси, количество окон внутренней обечайки статора, концентрация ЗЦМ в 1л воды при любых значениях факторов, взятых из интервала варьирования. В результате экспериментальных исследований установлено, что данные, теоретических исследований, обладают высокой сходимостью и с достаточной точностью (2-4%) описывают реальный процесс.

5. Разработанные исходные требования на изготовление и проектирование роторного диспергатора позволяют изготовить роторный диспергатор со следующими параметрами: средний диаметр ротора 50 мм, зазор между режущими кромками не более 0,5 мм, ширина прорезей не более 4 мм, высота прорезей 12 мм, число прорезей 12 шт., толщина стенок и образующих не более 2 мм.

6. Проведённые поисковые исследования позволили получить оптимальные режимы работы центрифуги : частота вращения ротора 628с^{-1} , время центрифугирования – 300с, обеспечивали наиболее качественное определение качества приготовления смеси ЗЦМ в экспериментальных исследованиях.

7. Выбранный некомпозиционный план Бокса-Бенкина на четырёх уровнях позволил получить математическую модель - уравнение регрессии, качество измельчения смеси в зависимости от частоты оборота ротора, продолжительности обработки смеси, количества окон внутренней обечайки статора, концентрации ЗЦМ в 1л воды. Адекватность математической модели, по критерию Фишера, подтверждается с вероятностью $P = 0,99$ при $F_T > F_R$ (при $F_T = 19,42$; $F_R = 1,32$). Оптимальные значения получены при частоте вращения ротора $258,5\text{с}^{-1}$, продолжительности обработки смеси 320 с, количества окон внутренней обечайки статора 12 шт. и концентрации ЗЦМ в 1л воды $0,110 \pm 0,005$ кг.

8. Расчёты экономической эффективности применения роторного диспергатора при приготовлении смеси ЗЦМ показали, что годовой

экономический эффект составляет 27120 руб./т при сроке окупаемости вложений 1,7 года и годовой загрузке 640 тонн смеси ЗЦМ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Агранат Б.А. Ультразвуковая технология. М.: Metallurgy, 1974. 504 с.
2. Алейников И.Н. Многофакторная технология обработки биосырья / Алейников И.Н., Сергеева В.Н. // Пищевая промышленность. 2001. №58.
3. Альсеитов Г.М. Механизация кормления телят профилакторного периода / Альсеитов Г.М., Исинтаев Т.И. // Мат-лы междунар. науч.-практ. конф. «Дулатовские чтения – 2010, посвящённые 125-летию со дня рождения М. Дулатова», Костанай, 2010. Ч. 3 С19-21.
4. Алимов Т.К., Харитонов ЛВ. Технология приготовления и скармливания заменителей молока с растительными компонентами (рекомендации). М.: Россельхозиздат, 1981. 16 с.
5. Альберх С.Н. Разработка многоцелевого газожидкостного аппарата для интенсификации стадий перемешивания в производствах молочных комбинированных продуктов: Автореф. дис. канд. техн. наук. Кемерово. 1999. 16 с.
6. Альберхт С.Н. Применение роторно-пульсационного аппарата на стадии гомогенизации при приготовлении смеси мороженого/ Альберхт С.Н., Плотников П.В. // Сб. Тез. докл. науч.-практ. конф. Интеграция науки, производства и образования: состояние и перспективы. Юрга. 1999. С 5.
7. Артемасов В.В. Интенсификация процессов гомогенизации и диспергирования при получении жидких комбинированных продуктов: Автореф. дис. канд. техн. Кемерово. 2004. 21с.
8. А.с. патент № 2090253 МКИ В01F7. Способ СП обработки жидкотекучих сред и роторно-пульсационный аппарат для его осуществления/ Фомин В.М.; Федоров А.Д.; Лебедев С.Г.; Гатауллин Р.Ш.; Волков Г.А.; Гайфуллин В.В.; Захаров С.А.; Круглов А.Б.; Агафонов Ю.М.; Ярыгин В.Е. // Заяв. 29.12.1994; Оpubл. 20.09.1997.
9. А. с. СССР № 1664382 А1. МКИ В 01 7/00. Гомогенизатор для жидких продуктов / Грабов Л.Н., Малкин Э.С. и др. Заяв.04.10.88; Оpubл. 23.07.91, Бюл. №27. 4 с.

10. А. с. СССР №1664390 А1. МКИ В 01 f11/02. Устройство для ультразвуковой обработки жидких сред / Романенко А.Ф., Халменов С.К., Дергачев П.П. и др. Заяв. 04.04.89. Оpubл. 23.07.91, Бюл. №27. 4 с.
11. А. с. СССР №1666174 А1. МКИ В 01 f11/02. Ультразвуковой активатор жидких сред / Штеле В.И. Заяв. 24.04.89. Оpubл. 30.07.91. Бюл. №28.4 с.
12. Барановский Н.В. Влияние гидравлических факторов на степень дисперсности жира при гомогенизации молока: Автореф. дис. канд. тех. наук. М.: МТИММП, 1955. 16с.
13. Беляничков Н.Н., Смирнов А.И. Механизация животноводства и кормоприготовления. М.: Агропромиздат, 1990. 196с.
14. Биркгоф Г. Гидродинамика. М.: Иностранная литература, 1954. 180 с.
15. Боярский Л.Г. Производство и использования полнорационных кормовых смесей. М.: Колос, 1976. С27.
16. Бротерский Ф.Д., Пелевин А.Д. Оценка качества сырья и комбикормов. М.: Колос 1983.319с.
17. Вайткус В.В. Гомогенизация молока. М.: Пищевая промышленность, 1967. 215 с.
18. Введение в динамику управляемых систем. Под. ред Александрова. М.: Мех.-мат. Ф-т МГУ, 1993. 181с.
19. Вентцель Е.С Исследование операций. М.: Наука, 2000. 207с.
20. Владимиров В.В. Особенности образования капель при развитии неустойчивости Релея в цилиндрических нитях жидкости/ Владимиров В.В., Горшков В.Н. // Техническая физика, т.60.1990. С 197-200.
21. Вознесенский, В.А., Ковальчук, А.Ф. Принятие решений по статистическим моделям./ Вознесенский В.А., Ковальчук А.Ф. М.: Статистика, 1978. 192с.
22. Воропаева В.С. Производство заменителей цельного молока для сельскохозяйственных животных. М.: Пищевая промышленность, 1977. 130 с.

23. Горячкин В.П. Собрание сочинений [Текст] /В.П. Горячкин // Том 1.М.: Колос, 1968. 210 с.
24. Горячкин В.П. Собрание сочинений [Текст] /В.П. Горячкин // Том 2.М.: Колос, 1968. 480 с.
25. Горячкин В.П. Собрание сочинений [Текст] /В.П. Горячкин // Том 3.М.: Колос, 1968. 360 с.
26. Грановкий В. Я. Новый гомогенизатор // Молочная промышленность. 1999. № 11. С 37-38.
27. Дитякин Ю.Ф. Распыливание жидкостей. М.: Машиностроение, 1977. 207с.
28. Иванец В.Н. Исследование факторов, влияющих на интенсификацию скорости процесса в системе газ-жидкость/ Иванец В.Н., Альберхт С.Н. // КемТИПП 25 лет: достижения, проблемы, перспективы. Сборник научных трудов. Кемерово. КемТИПП. 1998. Ч.2 С3-7.
29. Иванец В.Н. Исследование влияния перемешивающих устройств на интенсификацию скорости процесса в системе газ-жидкость/ Иванец В.Н., Альберхт С.Н., Иванец Г.Е. // Сб науч. тр. КемТИПП Перспективные технологии производства пищевых продуктов. Кемерово. Кем ТИПП. 1996. С 113-115.
30. Информация о ценах на материалы. Челябинск. 2012. 65с.
31. Исполнительные механизмы системы «Человек машина-животное» / Соловьёв С.А., Карташов Л.П. Екатеринбург: Рос АН, 2001. 179 с.
32. Кавецкий Г.Д. Процессы и аппараты пищевой технологии / Кавецкий Г.Д., Васильев Б.В. М.: Агропромиздат, 1999. 551с .
33. Карташов Л.П., Зубкова Т.М. Об оценки качества экструдирования. Техника в сельском хозяйстве. 2002. 19с.
34. Космодемьянский Ю.В. Процессы и аппараты пищевых производств. М.: Колос, 1997.208 с.

35. Кормление сельскохозяйственных животных. Справочник. 2-е издание переработанное и дополненное. Под редакцией А.П. Калашникова. М.: Росагропромиздат, 1988. 366с.
36. Краюшкина. И. В. Идентификация состава и свойств пищевых жиров с целью определения натуральности коровьего масла: Автореф. дис. канд. техн. Углич. 1997. 17 с.
37. Кретов И.Т. Технологическое оборудование предприятий пищекокцентратной промышленности / Кретов И.Т., Остриков А.Н., Кравченко В.М., Воронеж. 1996. 445с.
38. Крохина В.А. и др. Комбикорма , кормовые добавки и ЗЦМ для животных (состав и применение). Справочник. М.:Агропромиздат, 1990. 305с.
39. Крусь Г.Н. Гомогенизация молока (технология молочных продуктов)/ Крусь Г.Н., Чекулаева Л.Г., М.: Агропромиздат, 1988. 60 с.
40. Кулаковский И.В. и другие. Машины и оборудование для приготовления кормов. М. Россельхозиздат, 1987. Ч.1 С2-285.
41. Кухта Г.М. Машины и оборудование для приготовления кормов. М.: Агропромиздат, 1987.303с.
42. Кухта Г.М. Технология переработки и приготовления кормов. М.: Колос,1978. С236-240.
43. Ли Виталий. Заменители цельного молока. // Агрожурнал 2008.URL:<http://www.agrojour.ru/zhivotnovodstvo/korma/zameniteli-selnogo-moloka.html> (дата обращения: 18.11.2012).
44. Липатов Н.Н. Формализованный анализ аминокислотной сбалансированности сырья, перспективного для проектирования продуктов детского питания с задаваемой пищевой адекватностью / Липатов Н.Н., Сажин Г.Ю, Башкиров О.И // Хранение и переработка сельхозсырья. 2001. № 8. С11-14.
45. Липатов Н. Н. Совокупное качество технологических процессов молочной промышленности и количественные критерии его оценки /

- Липатов Н.Н, Сажин Г.Ю., Башкиров О.И. // Хранение и переработка сельхозсырья 2001. № 4. С33-34.
46. Липатов Н.Н. Функциональные кисломолочные продукты для грудных детей / Липатов Н.Н., Сажин Г.Ю., Башкиров О.И. // Пищевая промышленность. 2001. №7. С 30-31.
47. Леонтьев П.И., Евсеенков С.В. Обоснование и расчет технологических параметров вибрационного смесителя. //Вопросы комплексной механизации производственных процессов в животноводстве: Сб. научн. тр. / ЧИМЭСХ. Челябинск, 1978, вып. 136.
48. Малахов Н.Н. Исследование механизма дробления капель и совершенствование гомогенизаторов молока / Малахов Н.Н., Орешина М.Н. // Хранение и переработка сельхозсырья. 2000. № 12. С28 – 30.
49. Малахов Н.Н. Процессы и аппараты пищевых производств / Малахов Н.Н., Плаксин Ю.М, Ларин В.А.. Орел: Орловский Государственный Технический Университет, 2001. 687 с.
50. Малинина И.Л. Практические аспекты технологий производства комбинированных молочных продуктов / Малинина И.Л, Мухин А.А. // Пищевая промышленность. 2001. №2. С 22-23.
51. Материалы экспозиции фирмы «ДЕ СМИТКЕ» (Дания) на международной выставке. Сельхозтехника 78. М. 1978. С25.
52. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники. Рекомендации. М.: Министерство с.х. и продовольствия РФ и ВНИЭСХ, 1998 . 104 с.
53. Морозов Н.М. Стратегия механизации и автоматизации животноводства // Техника в сельском хозяйстве. 2004. №3. С 9-12.
54. Мухин А.А. Гомогенизаторы для молочной промышленности / Мухин А.А., Кузьмин Ю.Н, Гисин И.Б. М.: Пищевая промышленность, 1976. 64 с .

55. Нититмайонг А. Смешивание соевого и коровьего молока при производстве рекомбинированных продуктов // Молочная промышленность. 2001. №8. С36.
56. Новик Ф.С, Арсов Я.Б. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов. М.: Машиностроение; София: Техника, 1980. 304с .
57. Носов М.С Механизация работ в животноводческих фермах. М.: ВО Агропромиздат, 1987.68 с.
58. Огустин М.А. Ингридиенты для рекомбинированных молочных продуктов // Молочная промышленность. 2001.№10. С32 -34.
59. Оленев Ю.А. Сырье для мороженого // Молочная промышленность. 2001. №10. С41-42.
60. Оленев Ю. А. Мороженое. М.: Колос, 1992. 256 с.
61. Патент РФ № 2138158. МКИ А01 J11/16/ Устройство для гомогенизации жидкости / Грановкий В. Я. Заяв. 25.03.98. Оpubл 27.09.99.
62. Патент РФ №1574260 А1.МПК . /Роторно-дисковый гомогенизатор / Онацкий П.А., Осепян Л.С, Гарбузова Г.Л и др. Заяв. 23.04.87. Оpubл. 30.06.90. Бюл № 24. 2 с.
63. Патент РФ№ 2158174. МКИ В01 f11/00. Установка для приготовления многокомпонентных жидкофазных смесей / Кочетов А.А., Антонов В.М., Иванов О.Н. и др. Заяв. 08.02.00.Оpubл. 27.10.00.
64. Патент РФ №2142331. МКИ В 01 f3/00, 11/16. Установка для гомогенизации и гомогенизирующая головка/ Карачевский В.Е., Карачевский И.В., Карачевский В.В. Заяв. 17.09.98. Оpubл. 10.12.99.
65. Патент РФ №2142332. МКИ В 01 f13/10, 7/16. Роторно-пульсационный аппарат/ Шварцман Л.М., Власов В.П., Караманов Л.П. и др. Заяв. 10.09.98. Оpubл. 10.12.99.
66. Патент РФ №2128545. МКИ В 01 Г 3/00, Г 3/08. Устройство для получения тонких эмульсий и суспензий/ Андреев В.Н., Калошин Ю.А., Тимин В.М. Заяв. 01.06.98. Оpubл. 10.04.99.

67. Патент РФ №213724. МКИ В 01 £ 5/06, 3/08. Устройство для получения эмульсий /Зайцев А.И., Чабудкина Н.Е., Сугак А.В. Заяв. 19.06.97; Оpubл. 10.07.99.
68. Патент РФ №225948. МПК В01F7/00. Пульсационный аппарат роторного типа/ Понькин В.Н., Кесель Б.А., Воскобойников Д.В. Заяв. 2003.08.10. Оpubл. 2005.08.10.
69. Патент РФ,МПК В01F7/28 Роторно-пульсационный аппарат Червяков В.М. / Нагорнов С.А., Четырин А.И, Фокин Р.В.(РФ) №231141; Заяв. 2006/05/24; Оpubл. 2008/02/20.
70. Патент РФ №2162732. МКИ В 01 Г 7/00. Акустический роторно-пульсационный аппарат/ Фомин В.Н., Агачев Р.С, Аюпов В.Ш. и др. Заяв. 28.05.99. Оpubл. 1.04.01.
71. Патент РФ №2158627. МКИ В 01 £ 5/08. Смеситель кавитационного типа/ Спиридонов Е.К., Прохасько Л.С, Боковиков В.С и др. Заяв. 23.03.99. Оpubл. 10.11.00.
72. Патент РФ №2162732. МКИ В 01 £ 7/00. Акустический роторно-пульсационный аппарат/ Фомин В.Н., Агачев Р.С, Аюпов В.Ш. и др. Заяв. 28.05.99. Оpubл. 1.04.01.
73. Патент РФ №2143945. МКИ В 01 В 5/00. Перемешивающее устройство/ Горшков Г.М., Горшков М.Г. (РФ) Заяв. 16.02.99. Оpubл. 10.04.01.
74. Патент РФ № 241284 А1. МКП В0F7/26/.Диспергатор / Николаев Е.А., Шулаев Н.С., Иванов С. П., Афанасенко В.Г., Боев Е.В. Заяв. 2009.02.27. Оpubл. 2011.03.20.
75. Патент № 1664382 А1. МКИ В 01 7/00. Гомогенизатор для жидких продуктов / Грабов Л.Н., Малкин Э.С. и др. Заяв. 04.10.88; Оpubл. 23.07.91, Бюл. №27. 4 с.
76. Патент РФ№ 231141 А1. МПК В01F7/28. Роторный аппарат / Червяков В.М., Нагорнов С.А., Фокин Р.В. Заяв. 2006.05.24. Оpubл. 2008.02.20.

77. Патент РФ №94036295 А1. МПК В01F5/06. Гомогенизирующий клапан для получения высокодисперсных эмульсий / Капцов В.В. Заяв. 1994.09.28. Оpubл. 1996.06.27.
78. Патент РФ № №2059358 А1. МПК А01J11/16. Устройство для гомогенизации жидкостей / Запевалов П.П., Запевалов А.П., Запевалов П.П. Заяв.1993.05.10. Оpubл. 1996.05.10.
79. Патент РФ №215685. МКИ В 01 f5/00. Гидродиспергатор / Студенский М.Н., Сергушев Л.Г., Катеева Р.И. Заяв. 21.12.98. Оpubл. 27.09.00.
80. Петрачков Б.В. Фиалкова Е.А. Математическая модель межклапанного потока в гомогенизаторе // Тезисы докладов 2-ой Всероссийской научно-технической конференции "Современные достижения биотехнологии". Ставрополь, сентябрь, 2002. С 35.
81. Петрачков Б.В., Фиалкова Е.А., Куленко В.Г. Распределение скоростей и давлений в плоской клапанной щели гомогенизатора. // Эффективные технологии в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции. Вологда-Молочное: ВГМХА, 2004. С 181-188.
82. Петрова С.П. Разработка технологии продуктов эмульсионного типа с использованием в качестве эмульгаторов модифицированного белка творога: Автореф. дис. канд. тех. наук. М. 1999. 30 с.
83. Плешков Б.П. Биохимия сельскохозяйственных растений. М.: Колос, 1975.130с.
84. Прошин А.Ю. Шестеренчатый гомогенизатор в технологии суспензионных мазей: Автореф. дис. канд. техн. наук. Санкт - Петербург. 1999. 21 с.
85. Радионова Н.С. Развитие физико-химических и биотехнических основ производства функциональных молочных продуктов: Автореф.. на соискание ученой степени д.т.н. Воронеж. 2000. 41 с.
86. Рибиндер П.А. К теории образования эмульсии// Коллоид. Журн. 1946.Т8, вып.3.С157-173.

87. Рогов И.А., Горбатов А. В., Свинцов В.Я. Дисперсные системы мясных и молочных продуктов. М: Агропромиздат, 1991. 463 с.
88. Савватива Л.Н. Экология человека и продукты питания // Хранение и переработка сельхозсырья. 2001. № 2. С8-11.
89. Сажинов Г.Ю. Оценка качества продуктов детского питания / Сажинов Г.Ю., Липатов Н.Н., Башкиров О.И. // Молочная промышленность .2001. №4. С 31-32.
90. Сажинов Г.Ю. Формализованное представление технологической адекватности сырья для детского питания // Сажинов Г. Ю., Липатов Н.Н., Башкиров О.И. // Пищевая промышленность. 2001. №5. С 57.
91. Самсонова А.Н. Фруктовые и овощные соки / Самсонова А.Н., Ушева В.Б. М.: Агропромиздат, 1990.287 с.
92. Сафиулин Р.Г. Моделирование каплеобразования при диспергировании пористыми вращающимися распылителями: Автореф. дис. канд. тех. наук. Казань. 2000. 16 с.
93. Степанов В.М. Исследование использования гидродинамических вибраторов для обработки молока при производстве кисломолочных продуктов: Автореф. дис. канд. тех. наук. Воронеж. 1972. 18 с.
94. Справочник технолога молочного производства. Технология и рецептуры : в 3-х т. / Степанова Л. И. Т. 2 : Масло коровье и комбинированное. СПб.: ГИОРД, 2002. 330 с.
95. Стабников В.Н. Процессы и аппараты пищевых производств / Стабников В.Н., Лысяцкий В.М., Попов В.Д. М.: Агропромиздат, 1985.503 с.
96. Степанова Б.Н. Заменители сухого цельного и сухого обезжиренного молока // Молочная промышленность. 2001 №8 С31-32.
97. Сурков В.Д. Технологическое оборудование предприятий молочной промышленности / Сурков В.Д. , Липатов И.Н., Барановский Н.В. 2 е изд., перераб. и доп. М.: Пищевая промышленность, 1970. 552 с.
98. Темам Р. Уравнения Навье-Стокса. Под. ред. Кузнецова Б.Г., Яненко Н.Н. М.: Мир, 1981.408 с.

99. Технологическое оборудование пищевых производств. Под ред. Б.М. Азарова. М.: Агропромиздат, 1988. 463 с.
100. Ткаченко А. Н. Кавитационные техника и технологии. Киев: Техника, 2001. 462 с.
101. Томсен М. Влияние давления гомогенизации и типа эмульгатора на смесь для мороженого / Томсен М., Холстборг Д. // Молочная промышленность. 2001. №9. С 53-54.
102. Труды Одесского политехнического университета, 2007, вып 1 (27) С219-223.
103. Урбшене Л.В. Разработка технологии маслоподобных продуктов на основе диспергирования концентрированных молочных эмульсий: Автореф. дис. канд. тех. наук. Каунас 1991. 18 с.
104. Ультразвук. Под ред. И.П. Голямина. М.: Советская энциклопедия, 1979. 400с.
105. Фиалкова Е. А., Куленко В. Г., Петрачков Б. В. Обобщенная гипотеза дискретности жидкой фазы в процессах и аппаратах молочной промышленности //Тезисы докл II Московского международного конгресса «Биотехнология: состояние и перспективы развития». М. 2003. С 127-128.
106. Фиалкова Е. А., Куленко В. Г., Петрачков Б. В. Пути преодоления парадоксов гидродинамики в процессах и аппаратах молочной промышленности // Сб. трудов к 80-летию со дня рожд. Н.Н. Липатова// М., 2003. С 123-125.
107. Фиалкова Е.А., Куленко В.Г., Петрачков Б.В. Гидродинамические аспекты гипотезы Ребиндера и Витгига // Новые технологии в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции. Вологда-Молочное: ИЦ ВГМХА, 2005. С 47-52.
108. Фофанов Ю.С Исследование влияния механических колебаний на дисперсное состояние жировых шариков молока при сепарировании и гомогенизации: Автореф. дис. канд. тех. наук. М. 1966. 16 с.

109. Фролов С.В. Механизм гомогенизации применительно к молочно-растительным смесям /. Фролов С.В, Арсеньева Т.П., Куцакова В.Е. // Хранение и переработка сельхозсырья. 2001. № 8 С 11-14.
110. Харитонов В.Д. Исследования основных факторов, влияющих на формирование качественных показателей новых молочных продуктов сложного сырьевого состава / Харитонов В.Д., Павлова В.В., Писменская В.П. // Хранение и переработка сельхозсырья. 2001. № 9. С7-10.
111. Хомяков Д.М. Основы системного анализа / Хомяков Д.М., Хомяков П.М.-М.: Издательство механико-математического факультета МГУ М.В. Ломоносова, 1996.108 с.
112. Шатнюк Л.Н. Обогащение молочных продуктов микронутриентами // Пищевая промышленность. 2001. №9. С 49-50.
113. Шевцов А.А. Новое конструктивное оформление гомогенизирующей головки // Сборник научных трудов. Выпуск 10 / Воронеж, государственная технологическая академия. 2000. С88-90.
114. Шишкин Р.Н. Стабилизация сливочного масла и маргарина при хранении: Автореф. дис. канд. тех. наук. М. 2000. 22 с.
115. Эксплуатация технологического оборудования животноводческих ферм и комплексов. Рощин П.М., Агеев Л.Е., Андреев П.В. и др. Под ред. Мельникова С.В. М.: Колос, 1980. 287с.
116. Эмульсии . Под. ред. А.М. Абрамзона . Л: Химия, 1972. 490 с.
117. Юрченко Б.В. Повышение эффективности работы гомогенизирующих клапанов в молочных гомогенизаторах: Автореф. дис. канд. тех. наук. Одесса. 1991. 16 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Значения F-критерия для уровней значимости 0,05

Число степеней свободы в знаменателе	Число степеней свободы в числителе								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	161	200	216	225	230	234	237	239	241
	4052	4999	5403	5625	5764	5859	5928	5981	6022
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,36	19,37	19,38
	98,49	99,01	99,17	99,25	99,30	99,33	99,94	99,36	99,38
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,88	8,84	8,81
	34,12	30,81	29,46	28,71	28,24	27,91	27,67	27,29	27,34
4	7,71	6,59	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00
	21,20	18,00	16,69	15,98	15,52	15,51	14,98	14,80	14,66
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,78
	16,26	13,27	12,06	11,39	10,97	10,67	10,45	10,27	10,15
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10
	13,74	10,92	9,98	9,15	8,75	8,47	8,26	8,10	7,98
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,98	3,87	3,79	3,73	3,68
	12,25	9,55	8,45	7,85	7,46	7,19	7,00	6,84	6,71
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39
	11,26	8,65	7,59	7,01	6,63	6,37	6,19	6,03	5,91
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18
	10,56	8,02	6,99	6,42	6,06	5,80	5,62	5,47	5,35
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02
	10,04	7,56	6,55	5,99	5,64	5,39	5,21	5,06	4,95
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,70	2,64	2,59
	8,68	6,36	5,42	4,89	4,56	4,32	4,14	4,00	3,89
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,52	2,45	2,40
	8,10	5,85	4,94	4,43	4,10	3,87	3,71	3,56	3,45
30	4,16	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,34	2,27	2,21
	7,56	5,39	4,51	4,02	3,70	3,47	3,30	3,17	3,06
50	4,03	3,18	2,79	2,56	2,40	2,29	2,20	2,13	2,07
	7,17	5,06	4,20	3,72	3,41	3,18	3,02	2,88	2,78
100	3,94	3,09	2,70	2,46	2,30	2,19	2,10	2,08	1,97
	6,90	4,82	3,98	3,51	3,20	2,99	2,82	2,69	2,59
	3,84	2,99	2,60	2,37	2,21	2,09	2,01	1,94	1,88
∞	6,64	4,60	3,78	3,32	3,02	2,80	2,64	2,51	2,41

284

ПРИЛОЖЕНИЕ V
(верхняя строка) и 0,01 (нижняя строка)

свободы в числителе											
10	11	12	14	16	20	24	30	50	100	∞	
242	243	244	245	246	248	249	250	252	253	254	
6056	6082	6106	6142	6169	6208	6234	6258	6303	6334	6366	
19,39	19,40	19,41	19,42	19,43	19,44	19,45	19,46	19,47	19,49	19,50	
99,40	99,41	99,42	99,43	99,44	99,55	99,46	99,48	99,48	99,48	99,50	
8,87	8,76	8,74	8,71	8,69	8,66	8,64	8,62	8,58	8,56	8,53	
27,23	27,13	27,05	26,92	26,83	26,69	26,60	26,50	26,27	26,23	26,12	
5,96	5,93	5,91	5,87	5,84	5,80	5,77	5,74	5,70	5,66	5,63	
14,54	14,45	14,37	14,24	14,15	14,02	13,93	13,83	13,69	13,57	13,46	
4,74	4,70	4,68	4,64	4,60	4,56	4,53	4,50	4,46	4,40	4,36	
10,05	9,96	9,89	9,70	9,68	9,55	9,47	9,38	9,24	9,13	9,02	
4,06	4,03	4,00	3,96	3,92	3,87	3,84	3,81	3,75	3,71	3,67	
7,87	7,79	7,72	7,60	7,52	7,39	7,31	7,23	7,09	6,99	6,88	
3,63	3,60	3,57	3,52	3,49	3,44	3,41	3,38	3,32	3,28	3,23	
6,62	6,54	6,47	6,35	6,27	6,15	6,07	5,98	5,85	5,75	5,65	
3,34	3,31	3,28	3,23	3,20	3,15	3,12	3,08	3,03	2,98	2,93	
5,82	5,74	5,67	5,65	5,48	5,36	5,28	5,20	5,06	4,96	4,86	
3,13	3,10	3,07	3,02	2,98	2,93	2,90	2,86	2,80	2,76	2,71	
5,26	5,18	5,11	5,00	4,98	4,80	4,73	4,64	4,51	4,41	4,31	
2,97	2,94	2,91	2,86	2,82	2,77	2,74	2,70	2,64	2,59	2,54	
4,85	4,78	4,71	4,60	4,52	4,41	4,33	4,25	4,12	4,01	3,91	
2,55	2,51	2,48	2,43	2,39	2,33	2,29	2,25	2,18	2,12	2,07	
3,80	3,73	3,67	3,56	3,48	3,36	3,29	3,20	3,07	2,97	2,87	
2,35	2,31	2,29	2,23	2,18	2,12	2,08	2,04	1,96	1,90	1,84	
3,37	3,30	3,23	3,13	3,05	2,94	2,86	2,77	2,63	2,53	2,42	
2,16	2,12	2,09	2,04	1,99	1,93	1,89	1,84	1,76	1,69	1,62	
2,98	2,90	2,84	2,74	2,66	2,55	2,47	2,38	2,24	2,13	2,01	
2,02	1,98	1,95	1,90	1,85	1,78	1,74	1,69	1,60	1,52	1,44	
2,70	2,62	2,56	2,46	2,39	2,26	2,18	2,10	1,94	1,82	1,68	
1,92	1,88	1,85	1,79	1,75	1,68	1,63	1,57	1,48	1,39	1,29	
2,51	2,43	2,36	2,26	2,19	2,06	1,98	1,89	1,73	1,59	1,43	
1,83	1,79	1,75	1,69	1,64	1,57	1,52	1,46	1,35	1,24	1,00	
2,32	2,24	2,18	2,07	1,99	1,87	1,79	1,79	1,52	1,36	1,00	

285

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Постановочные эксперименты центрифугирования.

Дата	№ опыта	Обороты ротора центрифуги, м/с	Продолжительность центрифугирования, с	Результат у, мм
10.07.12	1	314	180	1,5
	2	418,7	180	2,5
	3	523,3	180	3,5
	4	628	180	3,5
11.07.12	5	314	300	4,5
	6	418,7	300	5,5
	7	523,3	300	7,5
	8	628	300	7,5
12.11.12	9	314	600	5,5
	10	418,7	600	5,5
	11	523,3	600	7,5
	12	628	600	7,5

Расчет коэффициентов корреляции:**Задача 1:**

Имеется связанная выборка из 3 пар значений (x_k, y_k) :

k	1	2	3
x_k	410.00000	320.00000	190.00000
y_k	350.00000	320.00000	250.00000

Требуется вычислить/построить:

- коэффициент ковариации;
- коэффициент корреляции;

РЕШЕНИЕ:**1. Вычисляем коэффициент ковариации.**

Коэффициент ковариации характеризует степень линейной зависимости двух случайных величин X и Y и вычисляется по формуле:

$$\text{cov}(X, Y) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (X_k - M_x)(Y_k - M_y) \quad (1.1), \quad \text{где:}$$

$$M_x = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k, \quad M_y = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n Y_k \quad (1.2), \quad \text{- оценки математического ожидания}$$

случайных величин X и Y соответственно.

То есть, ковариация, это математическое ожидание произведения центрированных случайных величин

1.1. Вычислим оценку математического ожидания случайной величины X .**1.1.1.** Сложим последовательно все элементы выборки X

$$x_1 + x_2 + \dots + x_3 = 410.00000 + 320.00000 + \dots + 190.00000 = 920.000000$$

1.1.2. Разделим полученную сумму на число элементов выборки

$$920.00000 / 3 = 306.66667$$

$$M_x = 306.666667$$

1.2. Аналогичным образом вычислим оценку математического ожидания случайной величины Y .

1.2.1. Сложим последовательно все элементы выборки

$$y_1 + y_2 + \dots + y_3 = 350.00000 + 320.00000 + \dots + 250.00000 = 920.000000$$

1.2.2. Разделим полученную сумму на число элементов выборки

$$920.000000 / 3 = 306.66667$$

$$M_y = 306.666667$$

1.3. Вычислим значения центрированных величин $(x_k - M_x)$ и $(y_k - M_y)$ для всех элементов выборки.

Результаты занесем в таблицу 1.

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ 3

1.4. Вычислим произведение центрированных величин $(x_k - M_x) \cdot (y_k - M_y)$. Результаты занесем в таблицу 1.

Таблица 1

k	x_k	y_k	$(x_k - M_x)$	$(y_k - M_y)$	$(x_k - M_x) \cdot (y_k - M_y)$
1	2	3	4	5	6
1	410	350	103.33333	43.33333	4477.77778
2	320	320	13.33333	13.33333	177.77778
3	190	250	-116.66667	-56.66667	6611.11111

1.5. Вычислим ковариацию $\text{cov}(X, Y)$ как среднее значение элементов 6-го столбца таблицы 1.

1.5.1. Сложим последовательно все элементы 6-го столбца

$$y_1 + y_2 + \dots + y_3 = 4477.77778 + 177.77778 + \dots + 6611.11111 = 11266.666667$$

1.5.2. Разделим полученную сумму на число элементов выборки

$$11266.666667 / 3 = 3755.55556$$

ОТВЕТ: $\text{cov}(X, Y) = 3755.55556$

2. Вычисляем коэффициент корреляции.

Коэффициент корреляции — это показатель взаимного вероятностного влияния двух случайных величин. Коэффициент корреляции R может принимать значения от -1 до $+1$. Если абсолютное значение находится ближе к 1 , то это свидетельство сильной связи между величинами, а если ближе к 0 — то, это говорит о слабой связи или ее отсутствии. Если абсолютное значение R равно единице, то можно говорить о функциональной связи между величинами, то есть одну величину можно выразить через другую посредством математической функции.

Вычислить коэффициент корреляции можно по следующим формулам:

$$R_{x,y} = \frac{\text{cov}(X,Y)}{\sigma_x \sigma_y}, \quad (2.1), \text{ где:}$$

$\text{Cov}(X, Y)$ - ковариация случайных величин X и Y

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (X_k - M_x)^2, \quad \sigma_y^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (Y_k - M_y)^2 \quad (2.2), \quad \text{- оценки дисперсий случайных величин } X \text{ и } Y \text{ соответственно.}$$

$$M_x = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k, \quad M_y = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n Y_k \quad (2.3), \quad \text{- оценки математического ожидания случайных величин } X \text{ и } Y \text{ соответственно. Или по формуле:}$$

$$R_{x,y} = \frac{M_{xy} - M_x M_y}{S_x S_y}, \quad (2.4), \quad \text{ где:}$$

$$M_x = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k, \quad M_y = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n Y_k, \quad M_{xy} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k Y_k \quad (2.5),$$

$$S_x^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k^2 - M_x^2, \quad S_y^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n Y_k^2 - M_y^2 \quad (2.6)$$

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ 3

На практике, для вычисления коэффициента корреляции чаще используется формула (2.4) т.к. она требует меньше вычислений. Однако если предварительно была вычислена ковариация $\text{cov}(X,Y)$, то выгоднее использовать формулу (2.1), т.к. кроме собственно значения ковариации можно воспользоваться и результатами промежуточных вычислений.

2.1 Вычислим коэффициент корреляции по формуле (2.1) для этого воспользуемся результатами, представленными в таблице 1, дополнив последнюю двумя новыми столбцами в которые запишем (предварительно вычислив) значения квадратов

Таблица 2

k	x_k	y_k	$(x_k - M_x)$	$(x_k - M_x)^2$	$(y_k - M_y)$	$(y_k - M_y)^2$
1	2	3	4	5	6	7
1	410	350	103.33333	10677.77778	43.33333	1877.77778
2	320	320	13.33333	177.77778	13.33333	177.77778
3	190	250	-116.66667	13611.11111	-56.66667	3211.11111

2.2. Вычислим σ_x^2 как среднее значение элементов 5-го столбца таблицы 2.

2.2.1. Сложим последовательно все элементы 5-го столбца $10677.77778 + 177.77778 + \dots + 13611.11111 = 24466.666667$

2.2.2. Разделим полученную сумму на число элементов выборки $\sigma_x^2 = 24466.66667 / 3 = 8155.555556$

2.3. Вычислим σ_y^2 как среднее значение элементов 7-го столбца таблицы 2.

2.3.1. Сложим последовательно все элементы 7-го столбца $1877.77778 + 177.77778 + \dots + 3211.11111 = 5266.666667$

2.3.2. Разделим полученную сумму на число элементов выборки $\sigma_y^2 = 5266.666667 / 3 = 1755.555556$

2.4. Вычислим произведение $\sigma_x^2 \sigma_y^2$.

$$\sigma_x^2 \sigma_y^2 = 8155.555556 \cdot 1755.555556 = 14317530.864198$$

2.5. Извлечем из последнего числа квадратный корень, получим значение $\sigma_x \sigma_y$.
 $\sigma_x \sigma_y = 3783.851327$

2.5. Вычислим коэффициент корреляции по формуле (2.1).

$$R_{x,y} = \frac{\text{cov}(X,Y)}{\sigma_x \sigma_y} = 3755.555556 / 3783.851327 = 0.992522$$

ОТВЕТ: $R_{x,y} = 0.992522$

Задача 2:

Имеется связанная выборка из 3 пар значений (x_k, y_k) :

k	1	2	3
x_k	152.00000	110.00000	80.00000
y_k	352.00000	311.00000	290.00000

Требуется вычислить/построить:

- коэффициент ковариации;
- коэффициент корреляции;

РЕШЕНИЕ:

1. Вычисляем коэффициент ковариации.

Коэффициент ковариации характеризует степень линейной зависимости двух случайных величин X и Y и вычисляется по формуле:

$$\text{cov}(X, Y) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (X_k - M_x)(Y_k - M_y) \quad (1.1), \quad \text{где:}$$

$$M_x = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k, \quad M_y = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n Y_k \quad (1.2), \quad \text{- оценки математического ожидания случайных величин } X \text{ и } Y \text{ соответственно.}$$

То есть, ковариация, это математическое ожидание произведения центрированных случайных величин

1.1. Вычислим оценку математического ожидания случайной величины X .

1.1.1. Сложим последовательно все элементы выборки X

$$x_1 + x_2 + \dots + x_3 = 152.00000 + 110.00000 + \dots + 80.00000 = 342.000000$$

1.1.2. Разделим полученную сумму на число элементов выборки
 $342.00000 / 3 = 114.00000$

$$M_x = 114.000000$$

1.2. Аналогичным образом вычислим оценку математического ожидания случайной величины Y .

1.2.1. Сложим последовательно все элементы выборки Y

$$y_1 + y_2 + \dots + y_3 = 352.00000 + 311.00000 + \dots + 290.00000 = 953.000000$$

1.2.2. Разделим полученную сумму на число элементов выборки
 $953.000000 / 3 = 317.666667$

$$M_y = 317.666667$$

1.3. Вычислим значения центрированных величин $(x_k - M_x)$ и $(y_k - M_y)$ для всех элементов выборки.

Результаты занесем в таблицу 1.

1.4. Вычислим произведение центрированных величин $(x_k - M_x) \cdot (y_k - M_y)$.

Результаты занесем в таблицу 1.

Таблица 1

k	x_k	y_k	$(x_k - M_x)$	$(y_k - M_y)$	$(x_k - M_x) \cdot (y_k - M_y)$
1	2	3	4	5	6
1	152	352	38.00000	34.33333	1304.66667
2	110	311	-4.00000	-6.66667	26.66667
3	80	290	-34.00000	-27.66667	940.66667

1.5. Вычислим ковариацию $\text{cov}(X, Y)$ как среднее значение элементов 6-го столбца таблицы 1

1.5.1. Сложим последовательно все элементы 6-го столбца $y_1 + y_2 + \dots + y_3 = 1304.66667 + 26.66667 + \dots + 940.66667 = 2272.000000$

1.5.2. Разделим полученную сумму на число элементов выборки $2272.000000 / 3 = 757.333333$

ОТВЕТ: $\text{cov}(X, Y) = 757.333333$

2. Вычисляем коэффициент корреляции.

Коэффициент корреляции — это показатель взаимного вероятностного влияния двух случайных величин. Коэффициент корреляции R может принимать значения от -1 до $+1$. Если абсолютное значение находится ближе к 1 , то это свидетельство сильной связи между величинами, а если ближе к 0 — то, это говорит о слабой связи или ее отсутствии. Если абсолютное значение R равно единице, то можно говорить о функциональной связи между величинами, то есть одну величину можно выразить через другую посредством математической функции.

Вычислить коэффициент корреляции можно по следующим формулам:

$$R_{x,y} = \frac{\text{cov}(X,Y)}{\sigma_x \sigma_y} \quad (2.1), \quad \text{где:}$$

$\text{cov}(X, Y)$ - ковариация случайных величин X и Y

$\sigma_x^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (X_k - M_x)^2$, $\sigma_y^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (Y_k - M_y)^2$ - оценки дисперсий случайных величин X и Y соответственно.

$M_x = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k$, $M_y = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n Y_k$ (2.3), - оценки математического ожидания случайных величин X и Y соответственно. Или по формуле

$$R_{x,y} = \frac{M_{xy} - M_x M_y}{S_x S_y} \quad (2.4), \quad \text{где:}$$

$$M_x = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k, \quad M_y = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n Y_k, \quad M_{xy} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k Y_k \quad (2.5),$$

$$S_x^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k^2 - M_x^2, \quad S_y^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n Y_k^2 - M_y^2 \quad (2.6)$$

На практике, для вычисления коэффициента корреляции чаще используется формула (2.4) т.к. она требует меньше вычислений. Однако если предварительно была

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ 3

вычислена ковариация $\text{cov}(X, Y)$, то выгоднее использовать формулу (2.1), т.к. кроме собственно значения ковариации можно воспользоваться и результатами промежуточных вычислений.

2.1 Вычислим коэффициент корреляции по формуле (2.1) для этого воспользуемся результатами, представленными в таблице 1, дополнив последнюю двумя новыми столбцами в которые запишем (предварительно вычислив) значения квадратов центрированных случайных величин $(x_k - M_x)^2$ и $(y_k - M_y)^2$. Получим таблицу 2.

Таблица 2

k	x_k	y_k	$(x_k - M_x)$	$(x_k - M_x)^2$	$(y_k - M_y)$	$(y_k - M_y)^2$
1	2	3	4	5	6	7
1	152	352	38.00000	1444.00000	34.33333	1178.77778
2	110	311	-4.00000	16.00000	-6.66667	44.44444
3	80	290	-34.00000	1156.00000	-27.66667	765.44444

2.2. Вычислим σ_x^2 как среднее значение элементов 5-го столбца таблицы 2.

2.2.1. Сложим последовательно все элементы 5-го столбца $1444.00000 + 16.00000 + \dots + 1156.00000 = 2616.000000$

2.2.2. Разделим полученную сумму на число элементов выборки $\sigma_x^2 = 2616.000000 / 3 = \mathbf{872.000000}$

2.3. Вычислим σ_y^2 как среднее значение элементов 7-го столбца таблицы 2.

2.3.1. Сложим последовательно все элементы 7-го столбца $1178.77778 + 44.44444 + \dots + 765.44444 = 1988.666667$

2.3.2. Разделим полученную сумму на число элементов выборки $\sigma_y^2 = 1988.666667 / 3 = \mathbf{662.888889}$

2.4. Вычислим произведение $\sigma_x^2 \sigma_y^2$.

$$\sigma_x^2 \sigma_y^2 = 872.000000 \cdot 662.888889 = 578039.111111$$

2.5. Извлечем из последнего числа квадратный корень, получим значение $\sigma_x \sigma_y$.

$$\sigma_x \sigma_y = 760.288834$$

2.5. Вычислим коэффициент корреляции по формуле (2.1).

$$R_{x,y} = \frac{\text{cov}(X, Y)}{\sigma_x \sigma_y} = 757.333333 / 760.288834 = 0.996113$$

ОТВЕТ: $R_{x,y} = \mathbf{0.996113}$

Задача 3:

Имеется связанная выборка из 3 пар значений (x_k, y_k) :

k	1	2	3
x_k	180.00000	120.00000	90.00000
y_k	369.00000	320.00000	335.00000

Требуется вычислить/построить:

- коэффициент корреляции;

РЕШЕНИЕ:

1. Вычисляем коэффициент корреляции.

Коэффициент корреляции — это показатель взаимного вероятностного влияния двух случайных величин. Коэффициент корреляции \mathbf{R} может принимать значения от -1 до $+1$. Если абсолютное значение находится ближе к 1 , то это свидетельство сильной связи между величинами, а если ближе к 0 — то, это говорит о слабой связи или ее отсутствии. Если абсолютное значение \mathbf{R} равно единице, то можно говорить о функциональной связи между величинами, то есть одну величину можно выразить через другую посредством математической функции.

Вычислить коэффициент корреляции можно по следующим формулам:

$$R_{x,y} = \frac{\text{cov}(X,Y)}{\sigma_x \sigma_y} \quad (1.1), \quad \text{где:}$$

$\text{cov}(X,Y)$ - ковариация случайных величин X и Y

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (X_k - M_x)^2, \quad \sigma_y^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (Y_k - M_y)^2 \quad (1.2), \quad - \text{оценки дисперсий}$$

случайных величин X и Y соответственно.

$$M_x = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k, \quad M_y = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n Y_k \quad (1.3), \quad - \text{оценки математического ожидания}$$

случайных величин X и Y соответственно. Или по формуле

$$R_{x,y} = \frac{M_{xy} - M_x M_y}{S_x S_y}, \quad (1.4), \quad \text{где:}$$

$$M_x = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k, \quad M_y = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n Y_k, \quad M_{xy} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k Y_k \quad (1.5),$$

$$S_x^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k^2 - M_x^2, \quad S_y^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n Y_k^2 - M_y^2 \quad (1.6)$$

На практике, для вычисления коэффициента корреляции чаще используется формула (1.4) т.к. она требует меньше вычислений. Однако если предварительно была вычислена ковариация $\text{cov}(X,Y)$, то выгоднее использовать формулу (1.1), т.к. кроме собственно значения ковариации можно воспользоваться и результатами промежуточных вычислений.

1.1 Вычислим коэффициент корреляции по формуле (1.4), для этого вычислим значения x_k^2 , y_k^2 и $x_k y_k$ и занесем их в таблицу 1.

Таблица 1

k	x_k	y_k	x_k^2	y_k^2	$x_k y_k$
1	2	3	4	5	6
1	180	369	32400.00000	136161.00000	66420.00000
2	120	320	14400.00000	102400.00000	38400.00000
3	90	335	8100.00000	112225.00000	30150.00000

1.2. Вычислим M_x по формуле (1.5).**1.2.1.** Сложим последовательно все элементы x_k

$$x_1 + x_2 + \dots + x_3 = 180.00000 + 120.00000 + \dots + 90.00000 = 390.000000$$

1.2.2. Разделим полученную сумму на число элементов

$$390.00000 / 3 = 130.00000$$

$$M_x = \mathbf{130.000000}$$

1.3. Аналогичным образом вычислим M_y .**1.3.1.** Сложим последовательно все элементы y_k

$$y_1 + y_2 + \dots + y_3 = 369.00000 + 320.00000 + \dots + 335.00000 = 1024.000000$$

1.3.2. Разделим полученную сумму на число элементов выборки

$$1024.00000 / 3 = 341.33333$$

$$M_y = \mathbf{341.333333}$$

1.4. Аналогичным образом вычислим M_{xy} .**1.4.1.** Сложим последовательно все элементы 6-го столбца таблицы 1

$$66420.00000 + 38400.00000 + \dots + 30150.00000 = 134970.000000$$

1.4.2. Разделим полученную сумму на число элементов

$$134970.00000 / 3 = 44990.00000$$

$$M_{xy} = \mathbf{44990.000000}$$

1.5. Вычислим значение S_x^2 по формуле (1.6).**1.5.1.** Сложим последовательно все элементы 4-го столбца таблицы 1

$$32400.00000 + 14400.00000 + \dots + 8100.00000 = 54900.000000$$

1.5.2. Разделим полученную сумму на число элементов

$$54900.00000 / 3 = 18300.00000$$

1.5.3. Вычтем из последнего числа квадрат величины M_x , получим значение для S_x^2

$$S_x^2 = 18300.00000 - 130.00000^2 = 18300.00000 - 16900.00000 = \mathbf{1400.00000}$$

1.6. Вычислим значение S_y^2 по формуле (1.6).**1.6.1.** Сложим последовательно все элементы 5-го столбца таблицы 1

$$136161.00000 + 102400.00000 + \dots + 112225.00000 = 350786.000000$$

1.6.2. Разделим полученную сумму на число элементов

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ 3

$$350786.00000 / 3 = 116928.66667$$

1.6.3. Вычтем из последнего числа квадрат величины M_y , получим значение для S_y^2
 $S_y^2 = 116928.66667 - 341.33333^2 = 116928.66667 - 116508.44444 = 420.22222$

1.7. Вычислим произведение величин S_x^2 и S_y^2 .

$$S_x^2 S_y^2 = 1400.00000 \cdot 420.22222 = 588311.111111$$

1.8. Извлечем и последнего числа квадратный корень, получим значение $S_x S_y$.

$$S_x S_y = 767.01441$$

1.9. Вычислим значение коэффициента корреляции по формуле (1.4).

$$R = (44990.00000 - 130.00000 \cdot 341.33333) / 767.01441 = (44990.00000 - 44373.33333) / 767.01441 = 0.80398$$

ОТВЕТ: $R_{xy} = 0.803983$

Задача 4:

Имеется связанная выборка из 3 пар значений (x_k, y_k) :

k	1	2	3
x_k	254.00000	263.00000	252.00000
y_k	350.00000	344.00000	350.00000

Требуется вычислить/построить:

- коэффициент ковариации;
- коэффициент корреляции;

РЕШЕНИЕ:**1. Вычисляем коэффициент ковариации.**

Коэффициент ковариации характеризует степень линейной зависимости двух случайных величин X и Y и вычисляется по формуле:

$$\text{cov}(X, Y) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (X_k - M_x)(Y_k - M_y) \quad (1.1), \quad \text{где:}$$

$$M_x = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k, \quad M_y = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n Y_k \quad (1.2), \quad \text{- оценки математического ожидания}$$

случайных величин X и Y соответственно.

То есть, ковариация, это математическое ожидание произведения центрированных случайных величин

1.1. Вычислим оценку математического ожидания случайной величины X .

1.1.1. Сложим последовательно все элементы выборки

$$x_1 + x_2 + \dots + x_3 = 254.00000 + 263.00000 + \dots + 252.00000 = 769.00000$$

1.1.2. Разделим полученную сумму на число элементов выборки
 $769.00000 / 3 = 256.33333$

$$M_x = 256.33333$$

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ 3

1.2. Аналогичным образом вычислим оценку математического ожидания случайной величины Y .

1.2.1. Сложим последовательно все элементы выборки Y

$$y_1 + y_2 + \dots + y_3 = 350.0000 + 344.0000 + \dots + 350.0000 = 1044.00000$$

1.2.2. Разделим полученную сумму на число элементов выборки

$$1044.00000 / 3 = 348.00000$$

$$M_y = 348.00000$$

1.3. Вычислим значения центрированных величин $(x_k - M_x)$ и $(y_k - M_y)$ для всех элементов выборки.

Результаты занесем в таблицу 1.

1.4. Вычислим произведение центрированных величин $(x_k - M_x) \cdot (y_k - M_y)$.

Результаты занесем в таблицу 1.

Таблица 1

k	x_k	y_k	$(x_k - M_x)$	$(y_k - M_y)$	$(x_k - M_x) \cdot (y_k - M_y)$
1	2	3	4	5	6
1	254	350	-2.33333	2.00000	-4.66667
2	263	344	6.66667	-4.00000	-26.66667
3	252	350	-4.33333	2.00000	-8.66667

1.5. Вычислим ковариацию $\text{cov}(X, Y)$ как среднее значение элементов 6-го столбца таблицы 1.

1.5.1. Сложим последовательно все элементы 6-го столбца

$$y_1 + y_2 + \dots + y_3 = -4.66667 + -26.66667 + \dots + -8.66667 = -40.000000$$

1.5.2. Разделим полученную сумму на число элементов выборки

$$-40.000000 / 3 = -13.33333$$

$$\text{ОТВЕТ: } \text{cov}(X, Y) = -13.333333$$

2. Вычисляем коэффициент корреляции.

Коэффициент корреляции — это показатель взаимного вероятностного влияния двух случайных величин. Коэффициент корреляции R может принимать значения от -1 до $+1$. Если абсолютное значение находится ближе к 1 , то это свидетельство сильной связи между величинами, а если ближе к 0 — то, это говорит о слабой связи или ее отсутствии. Если абсолютное значение R равно единице, то можно говорить о функциональной связи между величинами, то есть одну величину можно выразить через другую посредством математической функции.

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ 3

Вычислить коэффициент корреляции можно по следующим формулам

$$R_{x,y} = \frac{\text{cov}(X,Y)}{\sigma_x \sigma_y} (2.1), \quad \text{где:}$$

$\text{cov}(X,Y)$ - ковариация случайных величин X и Y

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (X_k - M_x)^2, \quad \sigma_y^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (Y_k - M_y)^2 (2.2), \quad \text{- оценки дисперсий случайных величин X и Y соответственно.}$$

$$M_x = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k, \quad M_y = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n Y_k (2.3), \quad \text{- оценки математического ожидания случайных величин X и Y соответственно. Или по формуле:}$$

$$R_{x,y} = \frac{M_{xy} - M_x M_y}{S_x S_y}, \quad (2.4), \quad \text{где:}$$

$$M_x = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k, \quad M_y = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n Y_k, \quad M_{xy} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k Y_k \quad (2.5),$$

$$S_x^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k^2 - M_x^2, \quad S_y^2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n Y_k^2 - M_y^2 \quad (2.6)$$

На практике, для вычисления коэффициента корреляции чаще используется формула (2.4) т.к. она требует меньше вычислений. Однако если предварительно была вычислена ковариация $\text{cov}(X,Y)$, то выгоднее использовать формулу (2.1), т.к. кроме собственно значения ковариации можно воспользоваться и результатами промежуточных вычислений.

2.1 Вычислим коэффициент корреляции по формуле (2.1) для этого воспользуемся результатами, представленными в таблице 1, дополнив последнюю двумя новыми столбцами в которые запишем (предварительно вычислив) значения квадратов центрированных случайных величин $(x_k - M_x)^2$ и $(y_k - M_y)^2$. Получим таблицу 2.

Таблица 2

k	x_k	y_k	$(x_k - M_x)$	$(x_k - M_x)^2$	$(y_k - M_y)$	$(y_k - M_y)^2$
1	2	3	4	5	6	7
1	254	350	-2.33333	5.44444	2.00000	4.00000
2	263	344	6.66667	44.44444	-4.00000	16.00000
3	252	350	-4.33333	18.77778	2.00000	4.00000

2.2. Вычислим σ_x^2 как среднее значение элементов 5-го столбца таблицы 2.

2.2.1. Сложим последовательно все элементы 5-го столбца $5.44444 + 44.44444 + \dots + 18.77778 = 68.66667$

2.2.2. Разделим полученную сумму на число элементов выборки

$$\sigma_x^2 = 68.66667 / 3 = \mathbf{22.888889}$$

2.3. Вычислим σ_y^2 как среднее значение элементов 7-го столбца таблицы 2.

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ 3

2.3.1. Сложим последовательно все элементы 7-го столбца $4.00000+16.00000+\dots+4.00000=24.000000$

2.3.2. Разделим полученную сумму на число элементов выборки

$$\sigma_y^2 = 24.000000 / 3 = \mathbf{8.00000}$$

2.4. Вычислим произведение $\sigma_x^2 \sigma_y^2$.

$$\sigma_x^2 \sigma_y^2 = 22.888889 \cdot 8.00000 = 183.111111.$$

2.5. Извлечем из последнего числа квадратный корень, получим значение $\sigma_x \sigma_y$.

$$\sigma_x \sigma_y = 13.531855$$

2.5. Вычислим коэффициент корреляции по формуле (2.1).

$$R_{x,y} = \frac{cov(X, Y)}{\sigma_x \sigma_y} = -13.333333 / 13.531855 = -0.985329$$

ОТВЕТ: $R_{x,y} = -0.985329$

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН
КОСТАНАЙСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. М. ДУЛАТОВА

ИСХОДНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ
На проектирование и изготовление
РОТОРНОГО ДИСПЕРГАТОРА
(проект)

Проректор по науке
Костанайского Инженерно-Экономического
Университета им. М. Дулатова

« » _____ А. А. Муратов
(подпись) Ф.И.О.
«20» _____
ИМ. М. ДУЛАТОВА»

г. Костанай 2013

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ 4**1. НАИМЕНОВАНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ.**

1.1. Роторный диспергатор.

1.2. Роторный диспергатор предназначен для тонкого дисперсионного измельчения и смешивания продуктов животного и растительного происхождения.

1.3. Роторный диспергатор может быть использован в сельском хозяйстве, в частности, животноводстве для приготовления искусственного молока (ЗЦМ) и других отраслях производства для получения однородной смеси.

2. ОСНОВАНИЕ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ.

2.1. Разработка чертежно-технической документации и изготовление в соответствии с темами научно-исследовательской работы «Разработать рекомендации по повышению эффективности машинных технологии в агропромышленном комплексе для условий Костанайской области», утверждённой НТИ РК от 13.02.12, государственная регистрация №0112РК00946 и «Анализ опасностей и критические контрольные точки в продукции сельскохозяйственного производства в соответствии с системой НАССР», государственная регистрация № 0112РК00929 от 13.02.12 г.

3. ЦЕЛЬ И НАЗНАЧЕНИЕ РАЗРАБОТКИ.

3.1. Целью работы является создание макетного образца роторного диспергатора.

3.2. Роторный диспергатор предназначен для тонкого дисперсионного измельчения и смешивания продуктов животного и растительного происхождения.

4. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ.

4.1. Состав изделия и требования к конструктивному устройству.

4.1.1. Роторный диспергатор должен включать в себя следующие составные части:

- диспергирующую головку;
- раму;

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ 4

- электропривод;
- органы управления.

4.1.2. Диспергирующая головка предназначена для мелкодисперсионного измельчения и смешивания продуктов животного и растительного происхождения, путём высокочастотного механического дробления смеси. Головка должна состоять из подвижного конического ротора с прорезями по образующей, вращающегося между двумя коническими обечайками статора имеющих также прорези на образующих. При этом угол наклона образующей усечённого конуса должен быть равен или больше коэффициента динамического угла трения ингредиентов исходного сырья о материалы ротора и статора, поверхности статора и ротора, обращённые друг к другу снабжены рифлением, для создания гидравлического подпора необходимо чтобы площадь окон внутренней обечайки статора должна быть больше или равна площади окон наружной обечайки статора. Зазор между режущими кромками должен быть не более 0,5 мм Средний диаметр подвижными конического ротора 50 мм; толщина стенок и образующих не более 2 мм; ширина прорезей не более 4 мм; высота прорезей 6-12 мм, число прорезей -12. Для предотвращения просачивания измельчаемой массы через зазор в торцовой поверхности обечайки необходимо предусмотреть специальное устройство. Для предотвращения попадания жидкости в полость между валом подвижного ротора и корпусом головки необходимо на валу иметь сливную резьбу и предусмотреть уплотнение зазора.

Режущие кромки ножей должны обеспечить работу без заточки в течение 1300 часов. Для заточки, очистки, мойки и обслуживания диспергирующая головка должна легко сниматься и монтироваться.

4.2.3. Рама предназначена для крепления рабочих узлов и привода. Состоит из платформы на которой закреплена стойка с кронштейнами. На последних установлен электропривод, головка и органы управления. Стойка должна обеспечить перемещение кронштейна вверх и вниз на расстояние не

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ 4

менее 500 мм При этом мобильный зазор между нижней частью головки диспергатора и платформой должен быть не менее 50 мм Для удобства платформа должна быть снабжена опорными самоустанавливающимися колёсами. Расстояние между опорными колёсами должно обеспечить устойчивую работу установки, опрокидывающий момент не менее 300 Нм.

4.1.4. Электропривод предназначен для привода во вращение ротора диспергатора с частотой не менее 258 с^{-1} , мощность электродвигателя не менее 3Квт.

4.1.4. Орган управления включает пускозащитную аппаратуру для электропривода с сигнализацией, механизм подъёма и опускания головки диспергатора. Пускозащитная аппаратура должна обеспечить пуск и выключение электропривода, сигнализацию о наличии в цепи электрического тока. Механизм подъёма и опускания диспергирующей головки должна обеспечить плавный подъем и опускание головки, ее надлежащую фиксацию в заданном направлении.

5. ПОКАЗАТЕЛИ НАЗНАЧЕНИЯ.

5.1. Роторный диспергатор предназначен для диспергации, гомогенизации, измельчения и смешивания материалов при приготовления искусственного молока (ЗЦМ) и в других отраслях производства для получения однородной смеси, при проведения лабораторных работ.

5.1.1. Производительность роторного диспергатора должна быть не менее 0,1 кг/с Размер полученных частиц при измельчении не должен превышать 2 мкм.

5.1.2. Измельчаемый материал должен быть в виде смеси. Соотношение смеси должно быть в пределах одна часть сырья на 8-9 частей раствора.

5.1.3. Невозвратимые потери в процессе измельчения не более 1%.

5.2. Требования к технологичности, метрологическому обеспечению, разработке производства и эксплуатации.

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ 4

5.2.1. Роторный диспергатор должен иметь сборно-разборную конструкцию.

5.2.2. Трудоёмкость сборочных и регулировочных работ при монтаже на месте применения не более 2 часов.

5.2.3. Трудоёмкость ежедневного технического обслуживания не должна превышать 15 мин.

5.2.4. Нарботка на отказ средней сложности не менее 200 часов.

5.2.5. Производительность определяется количеством пропущенной смеси через окна ротора за время не менее 100 сек. Время измеряется секундомером с ценой деления 0,1 с

5.2.6. Фракционный состав проверять вычислением процентного содержания выделенного при центрифугировании слоя измельчённой массы в пробах массой 50-200 гр. при трехкратной повторности. Размер выделенного слоя фракции измерять штангельциркулем ШЦ-1, ШЦ-П по ГОСТ 166 или аналогичными по разрешающей способности.

5.3. Требования по охране окружающей среды и технике безопасности.

5.3.1. Роторный диспергатор по технике безопасности и влиянию на окружающую среду должен удовлетворять требованиям ГОСТ Р 12.1.009; ГОСТ 12.2.003; ГОСТ 12.2.042; ГОСТ 12.1.002; ГОСТ Р ИСО 3951-1. Единым требованиям к конструкции машин и оборудования, используемых в промышленном производстве в т.ч. сельском хозяйстве, по безопасности и охране труда.

5.3.2. Для осуществления погрузки и разгрузки на роторном диспергаторе должно быть предусмотрено место строповки, обозначенное по ГОСТ 14192.

5.3.3. Движущийся, вращающийся части машины должны быть защищены кожухами или ограждениями и не должны создавать опасности для обслуживающего персонала.

5.4. Требования к составным частям продукции, сырью, исходным и эксплуатационным материалам.

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ 4

5.4.1. Материалы и покупные изделия, применяемые для изготовления машины, должны соответствовать стандартам и техническим условиям по его изготовлению.

5.4.2. Для изготовления машины должны быть использованы материалы и комплектующие, применяемые в пищевой промышленности. Для изготовления диспергирующей головки и частей машины, контактирующей с обрабатываемой массой необходимо применять материалы исключающие отрицательное воздействие на обрабатываемый материал

5.4.3. Материалы из которых изготовлены узлы и детали роторного диспергатора не должны корродировать при эксплуатации в следующих условиях: температура от -10 до $+50^{\circ}\text{C}$; относительной влажности 75-100%. Диспергирующая головка не должна корродировать при работе в жидких средах с рН от 2 до 11.

5.4.4. Конструкция роторного диспергатора должна быть разъёмной. Общие габариты изделия не должны превышать 900x800x1200 мм Масса изделия не более 45 кг

5.5. Требования к маркировке и упаковке.

5.5.1. Роторный диспергатор должен поставляться в частично разобранном и упакованном виде.

5.5.2. Диспергирующая головка должна быть упакована таким образом, чтобы предотвратить повреждение головки при падение с высоты 5 м. на бетонную поверхность.

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ 4

5.5. Требования к маркировке и упаковке.

5.5.1. Роторный диспергатор должен поставляться в частично разобранном и упакованном виде.

5.5.2. Диспергирующая головка должна быть упакована таким образом, чтобы предотвратить повреждение головки при падении с высоты 5 м. на бетонную поверхность.

5.5.3. Маркировка грузовых мест, способ нанесения разметок и цвет знаков должен соответствовать ГОСТ 14192.

5.6. Требования к транспортировке и хранению.

5.6.1. Транспортирование роторного диспергатора производится в соответствующей упаковке при условии соблюдения правил перевозки грузов.

5.6.2. Подготовка роторного диспергатора к хранению и хранение должно производиться в соответствии с ГОСТ 7751, техническим оснащением и инструкцией по эксплуатации.

Исходные требования разработал		Рыспаев К.С.
Руководитель темы		Курманов А.К.
		Исинтаев Т.И.
Ответственный исполнитель		Рыспаев К.С.

Ф. 3-36

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель КХ Иржанов А.
Костанайская область
Узункольский район п. Ершовка


Иржанов А.
(подпись)
«03» 12 2012г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и
технологических работ

Настоящим актом подтверждаем, что результаты работы «Разработка и обоснование конструктивно-режимных параметров роторного диспергатора» выполнены в соответствии с тематикой научно-исследовательских работ «Разработать рекомендации по повышению эффективности машинных технологии в агропромышленном комплексе для условий Костанайской области», утвержденных советом РГКП КГУ. 13 февраля. 2012. Протокол №0112РК00946 выполненной (выполняемой) в РГКП «Костанайский государственный университет им. А.Байтурсынова» с «01»02.2011г. по «30» 12. 2012г., внедрены на (в) КХ Иржанов А. РК, Костанайская область, Узункольский район, п. Ершовка в производство: цех выращивания телят профилакторного периода с «01» 10. 2012г.

Результаты работы использованы на предприятии путем установки экспериментального роторного диспергатор для приготовления ЗЦМ

Объем внедрения за период с «01»10.2012 г. по «01»12.2012г.
Составил:29399 рублей

Фактический экономический эффект за расчетный период с «01» 10.2012г. по «01» 12.2012г. составил:27120 рублей

Ожидаемый экономический эффект за расчетный период с «01» 10.2012 г. по «01» 12.2012 г. составит: 27120 рублей

Социальный, научно-технический, иной положительный эффект, полученный от внедрения: эффективное использованием ЗЦМ, повышенная степень усвоения животными питательных веществ, улучшение санитарно-гигиенических свойств и органолептических показателей смеси, дешевизна производства смеси из-за низкой энергоёмкости, уменьшение себестоимости выращивания телят профилакторного периода

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ 5

От учреждения образования

Директор Инновационного научно-образовательного центра

_____ С.Коканов
 (подпись) Ф.И.О

Заведующий кафедрой

_____ С.Нурушев
 (подпись) Ф.И.О

Руководитель темы

_____ А.Курманов
 (подпись) Ф.И.О

От предприятия

Начальник планового отдела

_____ А.Ибраев
 (подпись) Ф.И.О

Начальник технического отдела

_____ С.Атапин
 (подпись) Ф.И.О

Главный бухгалтер

_____ Г.Иржанова
 (подпись) Ф.И.О

Ответственный за внедрение

_____ С.Атапин
 (подпись) Ф.И.О

СОГЛАСОВАНО

Проректор по НРиВС

РГКП «Костанайский государственный университет им. А. Байтурсьнова»

_____ Н.Ким
 (подпись) Ф.И.О

«__» _____ 20__ г.

М.П.



АКТ

Производственной проверки результатов исследований разработки и обоснования конструктивно-режимных параметров роторного диспергатора для приготовления ЗЦМ

Мы. Ниже подписавшийся, комиссия в составе специалистов:

Иржанов Е., Бексултанов О.М., Атапин С., Курманов А.К. Исинтаев Т.И., Рыспаев К.С. составили настоящий акт о том, что в период 01 октября-01 декабря 2012 года проведена производственная проверка базового агрегата АЗМ-0,8.

До начала использования указанного агрегата его производительность составляла 0,275 т/ч.

В результате внедрения экспериментального роторного диспергатора производительность роторного диспергатора составила 0,313 т/ч.

В целом, все это позволило снизить затраты энергоресурсов, себестоимость животноводческой продукции, добиться прибыли в размере 27,12 рублей на кг приготовленной смеси ЗЦМ.

Председатель комиссии: (зам. по производству) Е.И.Иржанов Иржанов Е.

Члены комиссии:

представитель хозяйства С.В.Атапин Атапин С.В.

представитель сельскохозяйственных органов О.М.Бексултанов Бексултанов О.М.

представители научных учреждений А.К.Курманов Курманов А.К.

Т.И.Исинтаев Исинтаев Т.И.

К.С.Рыспаев Рыспаев К.С.

Акт составлен 01 декабря 2012 г.

Ф. 3-36

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ЧП Айтбаев.
Костанайская область
Карасуский район п. Карасу



М. О. Айтбаев Айтбаев М.О.
(подпись)
«26» 12 2012 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ

Настоящим актом подтверждаем, что результаты работы «Разработка и обоснование конструктивно-режимных параметров роторного диспергатора» выполнены в соответствии с тематикой научно-исследовательских работ «Разработать рекомендации по повышению эффективности машинных технологии в агропромышленном комплексе для условий Костанайской области», утверждённых советом РГКП КГУ. 13 февраля. 2012. Протокол №0112РК00946 выполненной (выполняемой) в РГКП «Костанайский государственный университет им. А.Байтурсынова» с «01»02.2011г. по «30» 12. 2012г., внедрены на (в) ЧП Айтбаев. Костанайская область Карасуский район п. Карасу в производство: цех выращивания телят профилакторного периода с «10» 10.2012г.

Результаты работы использованы на предприятии путем установки экспериментального роторного диспергатор для приготовления ЗЦМ

Объем внедрения за период с «10»10.2012 г. по «10»12.2012г.
Составил:29399 рублей

Фактический экономический эффект за расчетный период с «10»10.2012г. по «10»12.2012г. составил:27120 рублей

Ожидаемый экономический эффект за расчетный период с «10» 10.2012 г. по «10» 12.2012 г. составит: 27120 рублей

Социальный, научно-технический, иной положительный эффект, полученный от внедрения: эффективное использованием ЗЦМ, повышенная степень усвоения животными питательных веществ, улучшение санитарно-гигиенических свойств и органолептических показателей смеси, дешевизна производства смеси из-за низкой энергоёмкости, уменьшение себестоимости выращивания телят профилакторного периода

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ 7

Директор Инновационного научно-образовательного центра

_____ С. Коканов
(подпись)

Заведующий кафедрой

_____ С. Нурушев
(подпись)

Руководитель темы

_____ А. Курманов
(подпись)

Начальник планового отдела

_____ О. Айтбаев
(подпись)

Начальник технического отдела

_____ О. Бексултанов
(подпись)

Главный бухгалтер

_____ Р. Аюпов
(подпись)

Ответственный за внедрение

_____ О. Бексултанов
(подпись)

СОГЛАСОВАНО

Проректор по НРиВС

РГКП «Костанайский государственный университет им. А. Байтурсынова»

_____ Н. Ким
(подпись)

« » 2012г.

М.П.



АКТ

Производственной проверки результатов исследований разработки и обоснования конструктивно-режимных параметров роторного диспергатора для приготовления ЗЦМ

Мы, ниже подписавшийся, комиссия в составе специалистов:

Айтбаев М.О, Бексултанов О.М., Аюпов Р.С., Курманов А.К. Исинтаев Т.И., Рыспаев К.С. составили настоящий акт о том, что в период 10 октября-10 декабря 2012 года проведена производственная проверка базового агрегата АЗМ-0,8.

До начала использования указанного агрегата его производительность составляла 0,275 т/ч.

В результате внедрения экспериментального роторного диспергатора производительность роторного диспергатора составила 0,313 т/ч.

В целом, все это позволило снизить затраты энергоресурсов, себестоимость животноводческой продукции, добиться прибыли в размере 27,12 рублей на кг приготовленной смеси ЗЦМ.

Председатель комиссии: (зам. по производству) _____ Айтбаев М.О.

Члены комиссии:

представитель хозяйства _____ Бексултанов О.М

представитель сельскохозяйственных органов _____ Аюпов Р.С.

представители научных учреждений _____ Курманов А.К.

_____ Исинтаев Т.И.

_____ Рыспаев К.С.



Акт составлен 10 декабря 2012 г.

Ф. 3-36

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ЧП «Кузовой А.В.»
 Костанайская область,
 Камыстинский район, п.Талдыколь



(подпись)

«05» 12 2012г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и
 технологических работ

Настоящим актом подтверждаем, что результаты работы «Разработка и обоснование конструктивно-режимных параметров роторного диспергатора» выполнены в соответствии с тематикой научно-исследовательских работ «Разработать рекомендации по повышению эффективности машинных технологии в агропромышленном комплексе для условий Костанайской области», утверждённых советом РГКП КГУ. 13 февраля. 2012. Протокол №0112РК00946 выполненной (выполняемой) в РГКП «Костанайский государственный университет им. А.Байтурсынова» с «01»02.2011г. по «30» 12. 2012г., внедрены на (в) ЧП «Кузовой» А.В. РК, Костанайская область, Камыстинский район, п.Талдыколь в производство: цех выращивания телят профилакторного периода с «05» 10.2012г.

Результаты работы использованы на предприятии путем установки экспериментального роторного диспергатор для приготовления ЗЦМ
 Объем внедрения за период с «05»10.2012 г. по «05»12.2012г.
 Составил:29399 рублей

Фактический экономический эффект за расчетный период с «05»10.2012г. по «05»12.2012г. составил:27120 рублей
 Ожидаемый экономический эффект за расчетный период с «05» 10.2012 г. по «05» 12.2012 г. составит: 27120 рублей

Социальный, научно-технический, иной положительный эффект, полученный от внедрения: эффективное использованием ЗЦМ, повышенная степень усвоения животными питательных веществ, улучшение санитарно-гигиенических свойств и органолептических показателей смеси, дешевизна производства смеси из-за низкой энергоёмкости, уменьшение себестоимости выращивания телят профилакторного периода

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ 9

От учреждения образования

Директор Инновационного научно-образовательного центра
 _____ С.Коканов
 (подпись) Ф.И.О

Заведующий кафедрой
 _____ С.Нурушев
 (подпись) Ф.И.О

Руководитель темы
 _____ А.Курманов
 (подпись) Ф.И.О

От предприятия

Начальник планового отдела
 _____ А.Федоров
 (подпись) Ф.И.О

Начальник технического отдела
 _____ Н.Волков
 (подпись) Ф.И.О

Главный бухгалтер
 _____ М.Кузоя
 (подпись) Ф.И.О

Ответственный за внедрение
 _____ Н.Волков
 (подпись) Ф.И.О

СОГЛАСОВАНО

Проректор по НРиВС
 РГКП «Костанайский государственный университет им. А. Байтурсынова»

_____ Н.Ким
 (подпись) Ф.И.О

«__» _____ 20__ г.
 М.П.

АКТ

Производственной проверки результатов исследований разработки и обоснования конструктивно-режимных параметров роторного диспергатора для приготовления ЗЦМ

Мы, ниже подписавшийся, комиссия в составе специалистов:

Кузовой А.В., Федоров А.М., Сотников Н.И., Курманов А.К. Исинтаев Т.И., Рыспаев К.С. составили настоящий акт о том, что в период 05 октября-05 декабря 2012 года проведена производственная проверка базового агрегата АЗМ-0,8.

До начала использования указанного агрегата его производительность составляла 0,275 т/ч.

В результате внедрения экспериментального роторного диспергатора производительность роторного диспергатора составила 0,313 т/ч.

В целом, все это позволило снизить затраты энергоресурсов, себестоимость животноводческой продукции, добиться прибыли в размере 27,12 рублей на кг приготовленной смеси ЗЦМ.

Председатель комиссии: (зам. по производству) Кузовой Кузовой А.В.

Члены комиссии:

представитель хозяйства Федоров Федоров А.М.

представитель сельскохозяйственных органов Сотников Сотников Н.И.

представители научных учреждений Курманов Курманов А.К.

Исинтаев Исинтаев Т.И.

Рыспаев Рыспаев К.С.

Акт составлен 05 декабря 2012 г.

ПРИЛОЖЕНИЕ 11

М. ДУЛАТОВ атындағы
КОСТАНАЙ
ИНЖЕНЕРЛІК-ЭКОНОМИКАЛЫҚ
УНИВЕРСИТЕТІ



КОСТАНАЙСКИЙ
ИНЖЕНЕРНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
им. М. ДУЛАТОВА

110007, Костанай қ.
Чернышевский көш., 59 үй
Тел: 390-371
Факс: 280-159
E-mail: adm@kineu.kz
Web: kineu.kz

110007, г. Костанай
ул. Чернышевского, 59
Тел: 390-371
Факс: 280-159
E-mail: adm@kineu.kz
Web: kineu.kz

18.01.2018г. № 01/3-37
на № _____ от _____

Справка

Дана Рыспаеву Куанышу Сабиржановичу в том, что в учебной и научной работе на кафедре «Транспорт и сервис» Костанайского Инженерно-Экономического Университета им. М. Дулатова используются элементы диссертационной работы «Разработка и обоснование конструктивно-режимных параметров роторного диспергатора».

Новая технология диспергации, обеспечивающая мелко дисперсионное измельчения продуктов животного и растительного происхождения, путем высокочастотного механического дробления жировых шариков заменителей цельного молока до размеров, меньших уровня достигнутого современными средствами, новый способ управления размерами жировых шариков заменителей цельного молока и результаты расчетов дробления жировых шариков заменителей цельного молока, комплекс методик, являющийся основой для следующих документов: «Исходные требования на проектирование и изготовление роторного диспергатора», «Рекомендации по использованию роторного диспергатора для повышения качества диспергирования жировых частиц заменителей цельного молока». Эти материалы применяются:

- в учебном процессе при проведении семинарских занятий по диспергации заменителей цельного молока;
- в образовательном процессе, при чтении лекций по разделу «Механизация приготовления кормовых смесей» по дисциплине «Механизация животноводства»

Проректор по научной работе
«Костанайский Инженерно-Экономический
Университет им. М. Дулатова»



(подпись)

А.Муратов
Ф.И.О



000037

СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ГОСТ Р
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ



СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ

№ РОСС RU.ПН88.Н04936

Срок действия с 26.06.2012 по 26.06.2013

№ 0691720

ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ рег. № РОСС RU.0001.1ПН88.ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "ЦЕНТР СЕРТИФИКАЦИИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА АГРОХИМИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ "МОСКОВСКИЙ". 143026, М.О., Одинцовский р-н, п. Немчиновка, ул. Агрохимиков, д. 6., тел. (495) 647-7994, факс (495) 647-7994, (495) 992-0194.

ПРОДУКЦИЯ
Заместитель цельного молока сухой "Гроулак Экстра".
Серийный выпуск по ТУ 9223-002-46848936-05.

код ОК 005 (ОКП):
92 2381

СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ
Ветеринарно-санитарные требования к кормам:
МДУ тяжелых металлов в кормах № 123-4/281-87 от 07.08.87 г., МДУ микотоксинов в кормах №434-7 от 01.02.89 г., КУ № 13-7-2/216 от 01.12.94г. Правила бактериологического исследования кормов от 10.06.75г. ТУ 9223-002-46848936-05

код ТН ВЭД России:

ИЗГОТОВИТЕЛЬ ОАО "Гагаринское управление механизации" по заказу ООО "Мустанг Технологии Кормления". Адрес: Смоленская область, Гагаринский район, г. Гагарин, ул. Молодежная, д. 3, 215010. Телефон 931-91-90, факс 931-91-92, 931-91-98.

СЕРТИФИКАТ ВЫДАН ООО "Мустанг Технологии Кормления". Адрес: г. Москва, Ленинский проспект, д. 137, корп. 1, 117513. Телефон (495) 931-91-90, факс (495) 931-91-92, 931-91-98.

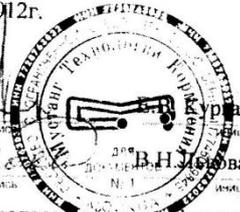
НА ОСНОВании Протокол испытаний № 9 от 25.06.2012г., выд. ИЛ ООО ЦСЭМ "Московский", рег. № РОСС RU.0001.21ПИ75 от 04.05.2011, адрес: 143000, МО, Одинцовский р-н, д. Вырубово, территория ЗАО "Матвеевское". Ветеринарное удостоверение 267№0001507 от 17.02.2012г., выд. Госветинспектором Гагаринского района.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ
Инспекционный контроль по договору №1857 от 26.06.2012г.
Место нанесения знака соответствия: на таре (упаковке).



Руководитель органа

Эксперт



Иванова

Инициалы фамилия

В.Н. Иванова

Инициалы фамилия

Этот сертификат не применяется при обязательной сертификации

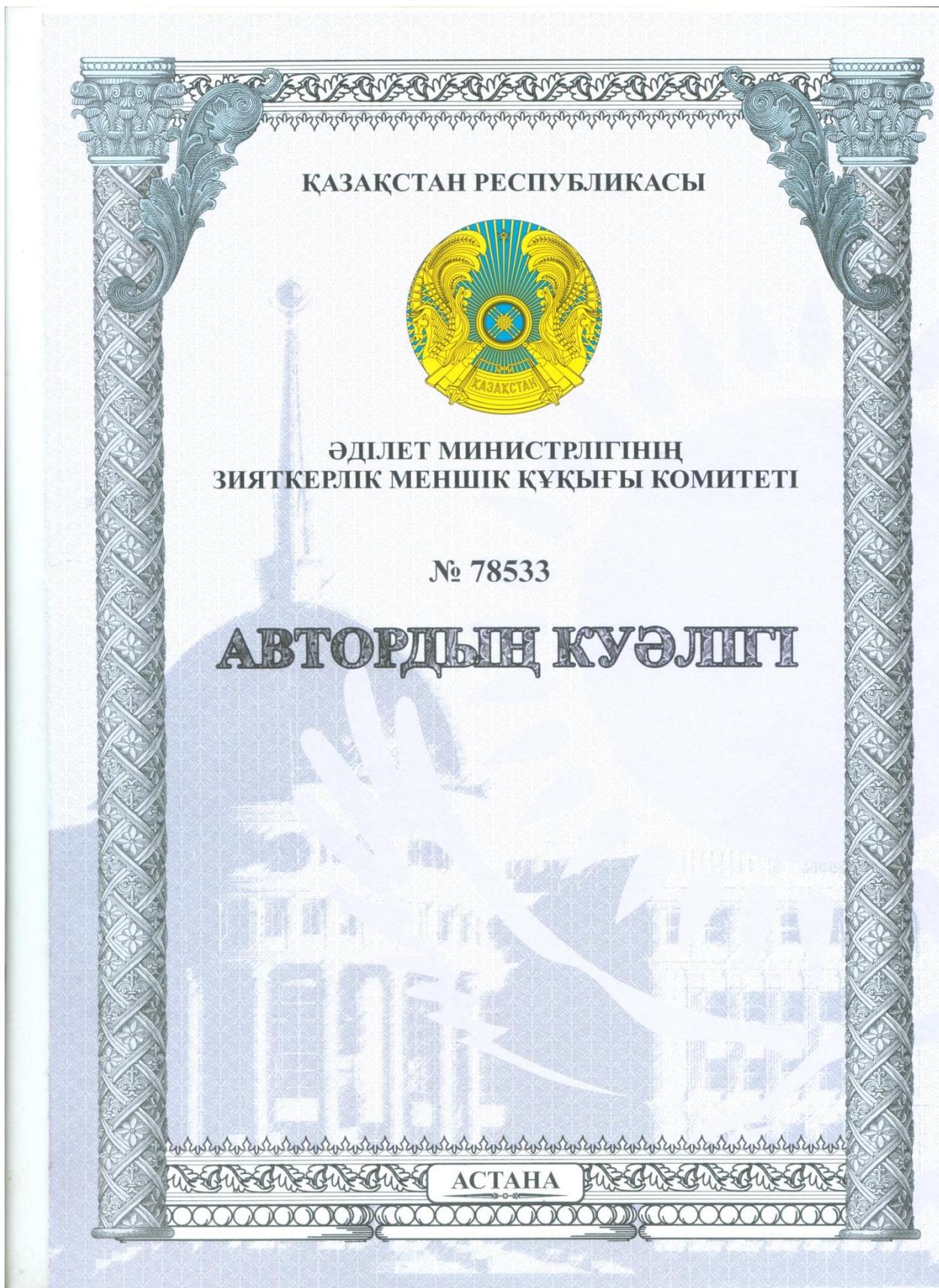
Смоленская область
ГАГАРИНСКИЙ РАЙОН
Р.Е. ГАГАРИН
 Форма № 3

ВЕТЕРИНАРНЫЙ СЕРТИФИКАТ

Серия RU 67 №00000042 от 30 августа 2012 г.

И, нижеподписавшийся, выдал настоящий ветеринарный сертификат
ООО «Мустанг Технологии Кормления»
 в количестве **800/20г.** **крафт. мешки** **этикетка**
 происхождения **Промышленное, импорт Nutrifeed Нидерланды, Россия Московская обл.г.Полоцк, ул.Лобанева-23. ЗАО «Мустанг Ингредиентс»**
ЗАО «Мустанг Ингредиентс»Россия
 и признано годным для **реализации без ограничений**
 выходит из **ООО «Мустанг Технологии Кормления» г.Гагарин, ул. Молодежная, 3**
 и направляется **А/М Р497ХДМ, 8040РD Гагарин, Смолен. обл.- Р. Казахстан Восточно-Казахстанская обл., г. Усть-Каменогорск пр.Ауэзова д/1-36**
 по **нак. №439 от 30.08.2012г.**
 Сырье (норма) подвергнуто **Протокол маркировки № 02 от 25.06.12г. №928 от 15.08.11г.**
 Выходит из местности благополучной по инфекционным болезням
ОСОБЫЕ УСЛОВИЯ: Выращенные из пшеницы в регионах РФ и стран СНГ
 ветеринария Смоленской обл. № 02-07/0598, № 02-07/0599 от 06.07.12г. Соответствующий
 ветсвидетельств 250 №1061199 от 28.08.12г., 250 №1061194 от 23.08.12г., 250 № 1061172 от
 10.08.12г.
 Соответствуют Единым ветеринарным требованиям.
 Транспортное средство очищено и продезинфицировано.
 Сертификат предъявляется для контроля и передается грузополучателю.

Ветеринарный сертификат выдан
 ветеринар **Шарьшина К.М.**



Рыспаев Куаныш Сабиржанович

және Курманов Аян Конлямжаевич; Исинтаев Такабай Исинтайұлы

өнертабыс авторы(лары) болып табылатындығы осымен қуәландырылады

(11) 27141

(54) РОТОРЛЫ ДИСПЕРГАТОР

(73) Патент иеленушісі: Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің "А. Байтұрсынов атындағы Қостанай мемлекеттік университеті" шаруашылық жүргізу құқығындағы республикалық мемлекеттік кәсіпорны

(21) 2012/0719.1

(22) 18.06.2012

Қазақстан Республикасы Әділет министрлігі
Зияткерлік меншік құқығы комитетінің
төрағасы

 А. Естаев

*Настоящим удостоверяется, что Рыспаев Куаныш Сабиржанович
и Курманов Аян Конлямжаевич; Исинтаев Такабай Исинтайулы
является(ются) автором(ами) изобретения*

(11) 27141

(54) РОТОРНЫЙ ДИСПЕРГАТОР

(73) *Патентообладатель:* Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения "Костанайский государственный университет имени А. Байтурсынова" Министерства образования и науки Республики Казахстан

(21) 2012/0719.1

(22) 18.06.2012

Председатель Комитета по правам
интеллектуальной собственности
Министерства юстиции Республики Казахстан



А. Естаев

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ



ӘДІЛЕТ МИНИСТРЛІГІНІҢ
ЗИЯТКЕРЛІК МЕНШІК ҚҰҚЫҒЫ КОМИТЕТІ

№ 79570

АВТОРДЫҢ ҚУӘЛІГІ

АСТАНА

Рыспаев Қуаныш Сабиржанович

және Курманов Аяп Конлямжаевич; Исинтаев Тақабай Исинтайұлы

өнертабыс авторы(лары) болып табылатындығы осымен куәландырылады

(11) 27439

(54) РОТОРЛЫ ЭМУЛЬГАТОР

(73) Патент иеленушісі: Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің "А. Байтұрсынов атындағы Қостанай мемлекеттік университеті" шаруашылық жүргізу құқығындағы республикалық мемлекеттік кәсіпорны

(21) 2012/0840.1

(22) 18.07.2012

Қазақстан Республикасы Әділет министрлігі
Зияткерлік меншік құқығы комитетінің
төрағасы



А. Естаев

*Настоящим удостоверяется, что Рыспаев Куаныш Сабиржанович
и Курманов Аяп Конлямжаевич; Исингаев Такабай Исинтайулы
является(ются) автором(ами) изобретения*

(11) 27439

(54) РОТОРНЫЙ ЭМУЛЬГАТОР

(73) *Патентообладатель:* Республиканское государственное предприятие на
праве хозяйственного ведения "Костанайский
государственный университет имени
А. Байтурсынова" Министерства образования и
науки Республики Казахстан

(21) 2012/0840.1

(22) 18.07.2012

Председатель Комитета по правам
интеллектуальной собственности
Министерства юстиции Республики Казахстан



А. Естаев

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ



ӘДІЛЕТ МИНИСТРЛІГІНІҢ
ЗИЯТКЕРЛІК МЕНШІК ҚҰҚЫҒЫ КОМИТЕТІ

№ 80084

АВТОРДЫҢ ҚУӘЛІГІ

АСТАНА

Рыспаев Қуаныш Сабиржанович

және Наметов Аскар Мырзахметович; Курманов Аяп Конлямжаевич;
Исинтаев Такабай Исинтайұлы

өнертабыс авторы(лары) болып табылатындығы осымен құғандырылады

(11) 27612

(54) РОТОРЛЫ ЭМУЛЬГАТОР-МАЙДАЛАҒЫШ

(73) Патент иеленушісі: Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің "А. Байтұрсынов атындағы Қостанай мемлекеттік университеті" шаруашылық жүргізу құқығындағы республикалық мемлекеттік кәсіпорны

(21) 2013/0188.1

(22) 14.02.2013

Қазақстан Республикасы Әділет министрлігі
Зияткерлік меншік құқығы комитетінің
төрағасы



А. Естаев

Настоящим удостоверяется, что Рыспаев Куаныш Сабиржанович

и Наметов Аскар Мырзахметович; Курманов Аяп Конлямжаевич; Исинтаев Такабай Исинтайулы

является(ются) автором(ами) изобретения

(11) 27612

(54) РОТОРНЫЙ ЭМУЛЬГАТОР - ДИСПЕРГАТОР

(73) *Патентообладатель:* Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения "Костанайский государственный университет имени А. Байтурсьнова" Министерства образования и науки Республики Казахстан

(21) 2013/0188.1

(22) 14.02.2013

Председатель Комитета по правам интеллектуальной собственности
Министерства юстиции Республики Казахстан



А. Естаев

ПРОТОКОЛ № 1

Расширенного заседания кафедры «Агроинженерия и эксплуатации транспорта» института Естествознаний и аграрных технологий Кызылординского государственного университета им. Коркыт Ата

13 марта 2013 г.

г. Кызылорда

ПРИСУТСТВОВАЛИ:

Председатель – зав. кафедрой к.т.н., Аханов С.М.
Секретарь – старший преподаватель к.п.н. Абуова Н.А., д.т.н., профессор Досжанов М.Ж., д.т.н., доцент Рахатов С.З., к.т.н., доцент Коптилеуов Б.Ж., к.т.н., доцент Тажибайулы А., к.т.н., доцент Кордар Е.Т., к.т.н., старший преподаватель Мусипов С.М., к.т.н., старший преподаватель Нурмухамед Б.С., к.т.н., старший преподаватель Ермагамбет А.Ж., к.т.н., старший преподаватель Жунусов Д.И., к.т.н., старший преподаватель Балганбаев М.А., к.т.н., старший преподаватель Каленов Г.К., к.э.н., старший преподаватель Толендиев Е., к.т.н., старший преподаватель Джакешов К.С., старший преподаватель Мырзатаев С.Р., старший преподаватель Шукеев А.С., преподаватель Тулегенов С.У., магистр сельскохозяйственной науки Дуйсенов Н.М., магистр сельскохозяйственной науки Сардарбекова А.К.

ПОВЕСТКА ДНЯ:

1. Обсуждение диссертационной работы соискателя кафедры «Технический сервис» Костанайского государственного университета им. А. Байтурсынова Рыспаева Куаныша Сабыржановича на тему: «**Разработка и обоснование конструктивно-режимных параметров роторного диспергатора**», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.20.01–Технологии и средства механизации сельского хозяйства

Председатель: Слово для доклада об основных результатах выполненной диссертационной работы представляется соискателю кафедры «Технический сервис» Костанайского государственного университета им. А. Байтурсынова Рыспаеву К.С. Время доклада –15 минут.

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ 17**СЛУШАЛИ:**

Доклад соискателя Рыспаева К.С., который осветил основное содержание диссертационной работы, раскрыл актуальность темы, цель, полученные научные результаты, их новизну, достоверность и практическую значимость.

Докладчику были заданы следующие вопросы:

1. Как выбраны и обоснованы факторы?
2. Что такое математическая модель?
3. Диспергатор периодического или порционного типа?
4. Что такое концентрация смеси ЗЦМ?
5. Не видно цифр на листе 20?
6. Критерий качества разделения смеси?
7. Показать выбор всех факторов.
8. В чем научная новизна?
9. Обосновать гипотезу?
10. Есть ли патентная защита роторного диспергатора?
11. Сколько статей по теме имеется?
12. Из чего складывается себестоимость ЗЦМ?
13. Удельная энергоёмкость приготовления ЗЦМ?

На все заданные вопросы соискателем даны квалифицированные ответы.

ПОСТАНОВИЛИ:

1. Выполненная диссертация соискателя Рыспаева К.С. представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, отвечающую требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 05.20.01– технологии и средства механизации сельского хозяйства, отличается новизной, имеет важную научную и практическую значимость.

Председатель: зав. кафедрой
«Агроинженерия и эксплуатация транспорта»,
кандидат технических наук.

Аханов С.М.

Секретарь: к.п.н., ст. преподаватель кафедры
«Агроинженерия и эксплуатация транспорта»

Абуова Н.А.



Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Департамент научно-технологической политики и образования
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«ЧЕЛЯБИНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АГРОИНЖЕНЕРНАЯ АКАДЕМИЯ»



ФГБОУ ВПО ЧГАА, проспект Ленина, 75,
г. Челябинск, Челябинская область, 454080

телефон: (351) 2666-530, 2631-374, 2666-540
факс: (351) 2666-530, 2666-535, 2666-570

e-mail: mail@csaa.ru
URL: www.csaa.ru

Справка

Дана Рыспаеву К.С. в том, что его доклад на тему «Разработка и обоснование конструктивно-режимных параметров роторного диспергатора» был заслушан на заседании секции №5 ЛП международной научно-технической конференции «Достижения науки – агропромышленному производству» 25 января 2013 года. (г. Челябинск, ФГБОУ ВПО ЧГАА)

Проректор по научной работе




Н.С. Сергеев