

МИНИСТЕРСТВО АГРАРНОЙ ПОЛИТИКИ И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ
УКРАИНЫ
ТАВРИЧЕСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

ДИОРДИЕВ ВЛАДИМИР ТРИФОНОВИЧ

УДК 631.363 - 52

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ НА БАЗЕ
МАЛОГАБАРИТНЫХ КОМБИКОРМОВЫХ УСТАНОВОК**

Специальность 05.09.03 – электротехнические комплексы и системы

Диссертация на соискание ученой степени
доктора технических наук

Научный консультант
Фурман Илья Александрович,
доктор технических наук, профессор

Мелитополь-2012

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР И ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МОДЕЛЕЙ, МЕТОДОВ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ПРОИЗВОДСТВА КОМБИКОРМОВ В АПК.....	21
1.1. Общая характеристика технологий и средств производства комбикормов в АПК.....	21
1.2. Формулирование технико-экономических требований, предъявляемых к методам и средствам автоматизации	26

электротехнологических комплексов на базе малогабаритных комбикормовых установок.....	34
.....	
1.3. Современный уровень разработок по автоматизации процессов производства комбикормов в АПК.....	44
1.4. Объективные предпосылки совершенствования методов и средств автоматизации электротехнологических комплексов на базе МКУ.....	55
.....	56
Выводы по разделу 1.....	
2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ	56
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА	57
КОМБИКОРМОВ В АПК КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ	60
.....	62
2.1. Разработка комплекса математических моделей управления технологическим процессом производства комбикормов.....	66
.....	70
.....	73
2.1.1. Разработка модели сквозного цикла гибкого производства.....	74
2.1.2. Моделирование системного инжиниринга.....	
2.1.3. Моделирование сквозных алгоритмов управления.....	80
2.1.4. Синтез структуры библиотеки алгоритмов.....	
2.1.5. Разработка структуры подсистемы поддержки решений.....	
2.2. Разработка интегрированных математических моделей описания объекта.....	
2.3. Общетеоретические аспекты математического описания процессов тепломассопереноса	
2.4. Формализация критериев и алгоритма функционирования системы	84
Выводы по разделу 2.....	95
3. РАЗРАБОТКА МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ СОЗДАНИЯ	
АТК ПРОИЗВОДСТВА КОМБИКОРМОВ В АПК.....	96
3.1. Разработка общих математических методов синтеза параметров адаптивной системы управления кормоприготовлением.....	96
3.2. Динамическая оценка точности отработки сигналов управления	117
3.3. Разработка метода синтеза многокритериальной системы прямого цифрового регулирования параметров электротехнологических комплексов на базе МКУ.....	119
3.4 Исследование динамической устойчивости, управляемости и наблюдаемости координат электротехнологического комплекса кормоприготовления.....	129
Выводы по разделу 3.....	138
4. СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ	
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО	
КОМПЛЕКСА.....	

4.1. Разработка концепции синтеза архитектуры АТК.....	139
4.2 Синтез структурно-алгоритмических моделей комбинированной инвариантной системы управления кормоприготовлением.....	139
4.3 Исследование и оценка технической устойчивости разрабатываемого АТК.....	162
4.4. Исследование и оценка показателей качества функционирования технологического процесса кормоприготовления.....	173
Выводы по разделу 4.....	181
5. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АТК ПРОИЗВОДСТВА КОМБИКОРМОВ НА БАЗЕ МКУ.....	214
5.1. Разработка методики экспериментальных исследований АТК.....	215
5.2. Обоснование состава и системная интеграция комплекса технических средств АТК.....	215
5.3. Разработка и верификация программного обеспечения АТК производства комбикормов.....	217
5.4. Разработка, лабораторные и производственные испытания экспериментального образца системы управления электро-технологическим комплексом на базе МКУ.....	237
Выводы по разделу 5.....	266
6. ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	281
6.1. Практическое использование разработанного АТК и анализ его технических и технологических параметров.....	283
6 6.2. Экономическая оценка эффективности проведенных исследований.	283
6 6.2.1. Расчет в энергетических единицах.....	287
6.2.2 Расчет технико-экономической эффективности.....	287
6.2.3 Финансовый план и эффективность инновационного проекта....	293
6.3. Рекомендации по промышленному использованию результатов исследований.....	297
Выводы по разделу 6.....	299
ОБЩИЕ ВЫВОДЫ.....	303
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	305
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	310
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	345
А1. Акты внедрения. Патенты.....	345
А.2. Основные системные характеристики существующих малогабаритных комбикормовых установок.....	346
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Формализованные интегро-дифференциальные модели энергетических процессов комбикормового агрегата.....	368
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Исходные данные для расчета устойчивости и качества функционирования ЭТК на базе МКУ.....	386
ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Синтез параметров цифровых регуляторов компьютерной системы с оценкой идентификации комбикормовой установки.....	408
	435

Д.1. Синтез параметров цифровых регуляторов компьютерной системы с оценкой идентификации кормоприготовительной установки....	436
Д.2. Анализ динамики пространственно-временных параметров движения компонентов комбикорма	447
Д.3. Машинное моделирование процессов адаптивного управления по статическим моделям энергосбережения	453
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж.....	458
Ж1. Энтропийный анализ.....	459
Ж2. Обоснование состава и системная интеграция комплекса технических средств АТК.....	464
Ж.3. Разработка и верификация программного обеспечения АТК производства комбикормов.....	471

ВВЕДЕНИЕ

Мировой практикой доказано, что восстановление экономики страны нужно начинать с сельского хозяйства. Потому, не приуменьшая значения в экономике Украины ни одной отрасли, следует отметить, что определяющим среди них является само сельское хозяйство, которое обеспечивает население продуктами питания [16, 28, 111].

Но, как показала жизнь, по различным причинам, в первую очередь субъективным, независимая Украина в аграрном секторе по многим показателям производства не только не преумножила достижение в советское время, а наоборот, потеряла прошлое достояние, а с ними – место среди основных стран – производителей. Об этом свидетельствуют и нормы прибыли, значение которых по отраслям за 1996-2001 годы значительно

отличаются. Так, по данным Института аграрной экономики Украины, норма прибыли в сельском хозяйстве составляла минус 0,5%, в промышленности – 4,1, на транспорте и связи – 7,1, по банковскому делу – 12,6%.

Это можно объяснить тем, что стихийное, практически неуправляемое развитие аграрной сферы привело к резкому снижению конкурентоспособности продукции сельского хозяйства. На внутреннем рынке имеет место неконтролируемый импорт продовольственных товаров. Немало вреда наносит аграрной экономике наличие бартерных операций, за которые практически дважды реализуется текущий урожай. Перерабатывающие отрасли, используя свое монопольное положение, дистанцировались от интересов сельскохозяйственных товаропроизводителей, непосредственно, или с помощью своих коммерческих структур скупают аграрную продукцию по низким ценам, которые не возмещают расходов на ее производство.

Имеющее место в 2000 – е годы отсутствие государственной поддержки отечественных сельскохозяйственных товаропроизводителей объективно поставили предприятия в разряд убыточных. Ресурсы не доходили до сельскохозяйственных предприятий, а банковский капитал, в основном, вращался из импортно-экспортной торговле, обслуживает лишь сферу обращения. По данным исследований Института аграрной экономики Украины, из почти 890 млн. дол. США прямых иностранных инвестиций, которые поступили в агропромышленный комплекс за последние десять лет, сельское хозяйство получило лишь 88 млн., или 10%. Осложняет ситуацию и неорганизованность внутреннего рынка, который не обеспечивает надлежащих условий для воссоздания отрасли.

Расчеты специалистов Института аграрной экономики Украины показали, что в сравнении со средним уровнем по народному хозяйству, сельское хозяйство ежегодно недополучает свыше 8 млрд. грн. Прибылей [218]. По этой причине в сельском хозяйстве остается лишь 20% созданных при участии отрасли прибылей. Потому очевидной является необходимость балансирования цены предложения с ценой спроса. Эту функцию в странах с развитой экономикой выполняет государство с помощью экономических регуляторов (цен, квот, лицензий, субсидий, дотаций, инвестиций, и тому подобное), причем такое балансирование осуществляется буквально к каждому виду выработанной продукции (зерно, молоко, мясо и т.д.) в первую очередь.

Потому существенным толчком для создания стабильных условий повышения эффективности сельскохозяйственного производства стало принятие Указа Президента Украины "О безотлагательных мероприятиях по ускорению реформирования аграрного сектора экономики" от 3 декабря 1999 года. Практически в 2000 году все коллективные сельскохозяйственные предприятия были трансформированы в эффективные предприятия рыночного типа. С этим Указом почти 450 тыс. крестьян создали личные товарные семейные хозяйства и успешно обрабатывают собственную землю, а это почти 3 млн. га угодий. Активизировались дела и в крестьянских (

фермерских) хозяйствах. Большая часть больших сельскохозяйственных предприятий адаптировалась к рынку и ведет эффективно хозяйство. Так, по данным исследований того же Института аграрной экономики Украины, объемы производства продукции и предоставления услуг в сельском хозяйстве в фактических ценах увеличились с 37,7 млрд. грн. в 1999 г., до 54,3 млрд. грн. в 2000 году, в 2001-ом – до 65,1 млрд. грн. и в 2002 году – до 69,7 млрд. грн., или на 7% в сравнении с предыдущим годом [218].

Потому можно утверждать, что на то время позитивные результаты в аграрной политике имеют место. К ним можно отнести в первую очередь то, что в агропромышленном комплексе Украины за годы реформ были задействованы основные рыночные механизмы. Земля и имущество колхозов и совхозов переданы в частную собственность работникам, что дало возможность сформировать производственные отношения рыночного содержания. Созданы правовые и организационные условия для функционирования всех форм собственности и ведения хозяйства. Сельскохозяйственные товаропроизводители получили полную свободу в определении структуры производства, реализации выработанной продукции и приобретении материально-технических ресурсов. Были открыты возможности для конкуренции, приватизированы предприятия сферы переработки сельскохозяйственной продукции, торговли и услуг.

В пользу необходимости развития сельскохозяйственного производства свидетельствует то, что по данным [261], рост производства валового продукта, достигнутый благодаря отраслям сельского хозяйства, как минимум вдвое эффективнее способствует сокращению бедности, чем достигнутое за счет других отраслей экономики. Поэтому имеющиеся показатели [262] доли сельскохозяйственного сектора в общем объеме валовой продукции экономики страны за 2009 и 2010 годы соответственно: 8,22% и 8,17%, следует считать недостаточными, требующими существенного их повышения. Причем в ближайшее время необходимо увеличить объемы производства мяса и мясопродуктов, а также молока и молокопродуктов на 1,8 и 6 млн.т. соответственно [262].

Основные направления развития сельскохозяйственного производства отражены также в Государственной целевой программе развития украинского села на период до 2015 года [48], принятой в 2007, в которой отмечается, что для развития животноводства необходимо концентрировать производство его продукции в личных крестьянских хозяйствах путем формирования кооперативных объединений, а также обеспечить развитие комбикормовой промышленности на кооперативных основах;

Несомненно, важнейшей вехой модернизации сельскохозяйственного производства нашей страны на современном этапе есть принятие государственной программы постоянного развития сельских территорий (РСТ) Украины. Министерство аграрной политики и продовольствия Украины разрабатывает и обеспечивает выполнение этой программы (п.44 Положение о МАПП, утвержденного Указом Президента Украины №500/2011). Среди экономических причин разработки данного документа выделено то, что

производство 60% валовой продукции сельского хозяйства обеспечивают именно фермерские хозяйства и хозяйства населения, а также то, что в собственности и пользовании крестьян находится свыше 35 млн. га сельхозугодий. Базовыми основами «Программы» есть «Ежегодное послание Президента к Верховной Раде Украины «Модернизация Украины – наш стратегический выбор», где сказано о том, что «Общество приспособилось выживать, опираясь лишь на собственные силы и возможности. Но чтобы реформы стали действительно общим делом государства, бизнеса, гражданского общества, нужны четкие и качественные, общественно значащие ориентиры на будущее».

Среди "золотых правил" политики РСТ, в отдельности выделены:

- партнерский подход;
- дотации для выполнения проектов РСТ вместо субсидирования отдельного производства.

Основой для разработки и реализации указанной «Программы» есть характеристика современного состояния сельских территорий, приведенная в рубрике «Село сегодня», а именно:

демография:

сельских населенных пунктов – 28457;

трудоспособного сельского населения – 8097777 чел.

естественные ресурсы:

общая земельная площадь в границах населенных пунктов - 5572,6 тыс. га;

сельскохозяйственных угодий - 41576,4 тыс. га (2010)

земля в возделывания - 24632,0 тыс. га (2010);

формы хозяйствования и земельные ресурсы:

ОСГ - 4,6 млн.(земли в возделывания 6655,4 млн. га) из них:

- для ведения ОСГ – 2873,9 тыс. га;
- для ведения товарного с/х производства – 2841,8 тыс. га;

хозяйственные общества - 7769;

фермерские хозяйства- 41488 (всего с-г угодий – 4340,8 тыс. га, в т.ч. пашни– 4220,2 тыс. га);

производственные кооперативы – 191.

Важнейшие мероприятия в рамках реализации «Программы» определены в основных направлениях, относящихся непосредственно к усовершенствованию сельскохозяйственного производства, а именно:

- повышение конкурентоспособности сектора сельскохозяйственного производства;
- качество жизни в сельской местности и диверсификация экономики сельской местности
- поддержка местных инициатив по развитию сельских территорий
- применение современных принципов франчайзинга (бизнес-моделей, основанных на партнерстве).

Ожидаемые результаты:

- остановка процесса исчезновения сел;

- сохранение и развитие естественных трудовых и производственных ресурсов;
- производство комбикормов в условиях хозяйств и использованием местной сырьевой базы.

В проекте Концепции комплексной государственной программы реформ и развития сельского хозяйства Украины [137] и Комплексной государственной программе энергосбережения Украины [136], уделено особое внимание влиянию качества кормов на себестоимость продукции животноводства. Учет приведенного материала, требует рассмотрения производства кормов (ПК) в условиях хозяйств на собственной кормовой базе с использованием автоматизированных технологических комплексов (ТК) как один из главных путей улучшения состояния отрасли.

В соответствии с приоритетными задачами аграрной науки Украины [217] и концепции научного обеспечения учреждениями УААН развития областей агропромышленного комплекса Украины в 2011-2015 годах [138] исследование вопроса организации АСУ, обоснование и разработка алгоритмического обеспечения ТК ВК и информационных функций и их внедрение есть целесообразной и актуальной задачей.

Весомый вклад в исследования технологических процессов производства комбикормов в АПК внесли Б. В. Егоров, В. М. Клейменов, Л. С. Кожарова, П. Н. Миончинский, Г. Г. Палкин, О. А. Птушкин, А. Н. Пилипенко, Л. В. Погорелый, М. Б. Полякова, И. И. Ревенко, В. И. Сыроватка, В. Я. Черкун, Н. П. Черняев, В. Я. Максаков, Б. И. Котов, В. С. Федорейко, Л. С. Червинский, Д. В. Калашник, И. Д. Труфанов, В. Г. Лысогор, И. А. Фурман, А. А. Шевцов, А. Т. Новицкий, В. О. Чернышов и др. Их научные достижения нашли отображение в научной и учебной литературе.

Современное комбикормовое производство, как объект управления, представляет собой достаточно сложную систему. Производство комбикормов связано с использованием большого количества компонентов, по каждому из которых должна быть исчерпывающая информация как количественного, так и качественного характера. Также информацию необходимо иметь и для готовой продукции, ассортимент которой существует достаточно большой. Потому предприятия комбикормовой промышленности по уровню автоматизации, в том числе и на уровне компьютерных технологий, занимают одно из ведущих мест не только в агропромышленной отрасли, а и среди промышленных предприятий Украины.

Но в условиях энергетического кризиса и роста цен как на сами корма, так и на традиционные виды топлива, часть транспортных расходов в стоимости комбикорма резко выросла. Потому для небольших фермерских и частных хозяйств приобретение комбикормов и их транспортировка от специализированных предприятий к местам потребления требует больших расходов, в результате чего их стоимость выходит недопустимо высокой.

Потому производство полноценных комбикормов и кормосмесей непосредственно в хозяйствах из зерна собственного производства и закупленных примесей (БВД, премиксов), дает возможность значительно снизить себестоимость продукции, получать комбикорм необходимого состава, в необходимом количестве и в любое время [191, 192, 206, 210, 216, 224, 227, 230, 234, 249, 253, 254, 275, 281, 286, 287, 292].

При такой организации, складываются условия, которые способствуют разработке разнообразных рецептов комбикормов, отвечающих структуре рационов кормления скота в зависимости от направления развития местной кормовой базы, производительности скота и др. При этом также повышается качество комбикормов, лучше используются питательные свойства фуражного сырья, потому что потребление готовой продукции животными осуществляется сразу после ее приготовления.

Для реализации преимуществ производства комбикормов собственными силами, хозяйства нужны простые в эксплуатации, надежные и сравнительно недорогие малогабаритные комбикормовые установки.

В ряде частных фермерских хозяйств страны хорошо зарекомендовали себя небольшие комбикормовые линии (цеха) производительностью 5-10 т/ч. Практика эксплуатации таких систем показывает, что производство комбикормов и кормовых смесей удовлетворительного качества в условиях сельскохозяйственных предприятий с использованием местной сырьевой базы и покупных БВД и премиксов, имеет значительные преимущества по сравнению с традиционным производством их на больших государственных предприятиях с последующим приобретением кормов и их транспортировкой хозяйствами к местам потребления.

Вместе с тем, технологический процесс производства комбикормов в условиях хозяйств, также является достаточно сложным, с большим количеством возмущающих влияний, оптимизация которого возможна лишь при условии автоматизации.

Известно, что производство комбикормов является очень энерго- и металлоемким процессом, а его транспортирование от специализированных предприятий к пунктам потребления требует больших затрат топлива, вследствие чего их стоимость довольно высока. Поэтому современное комбикормовое производство развивается по двум направлениям: первое – выработка комбикормов на государственных предприятиях для крупных животноводческих и птицеводческих комплексов, а также для КСП и фермерских хозяйств, второе – увеличение производства комбикормов в колхозно-совхозных кормоцехах с использованием собственных кормовых ресурсов, покупных БВД и премиксов. Производство комбикормов непосредственно в хозяйствах – один из методов их удешевления и, как следствие, – продукции животноводства в целом, что обусловлено следующими факторами. Во-первых, создаются условия, обеспечивающие приготовление разнообразных рецептов комбикормов, которые отвечают структуре рационов кормления скота в зависимости от направления развития местной кормовой базы, продуктивности скота и пр. При этом также

повышается качество комбикормов, лучше используются питательные свойства фуражного сырья, так как потребление готовой продукции животными осуществляется сразу после ее приготовления. Во-вторых, снижаются затраты на транспортирование, ибо мощности по производству комбикормов максимально приближенные к потреблению. Однако, для реализации преимуществ приготовления комбикормов собственными силами хозяйств, нужны простые в эксплуатации, надежные и сравнительно недорогие малогабаритные комбикормовые установки.

Для производства рассыпных комбикормов в хозяйствах из собственного сырья и покупных добавок, на Украине широко применяются малогабаритные комбикормовые установки УМК-Ф-2, К-Н-5 КА-4 и др. [63].

Вместе с тем, оптимизация функционирования малогабаритных комбикормовых установок, под которой понимается энергосберегающий режим работы при условии получения качественной продукции, возможна лишь при их автоматизации. Это обусловлено относительной сложностью (многоканальностью) рассматриваемых технологических процессов, наличием множества возмущающих воздействий как внешнего (флуктуация питающего напряжения, изменение характеристик оборудования из-за его износа и т.д.), так и внутреннего (как сыпучей среды) характера.

Поэтому, как показал отечественный и зарубежный опыт развития комбикормовой промышленности [33, 44, 166, 293], наряду с модернизацией технологического и электросилового оборудования малогабаритных комбикормовых установок, чрезвычайно важной является разработка систем автоматизации на уровне компьютерных технологий (АСУТП), базирующихся на современных принципах и средствах, при которых будет обеспечено управление автоматизированным технологическим комплексом (АТК) в соответствии с некоторым обобщенным экономико-техническим критерием, обеспечивающим получение заданного объема продукции требуемого качества при минимуме затрат энергии и времени. Такие системы должны заменить во многом несовершенные существующие САУ стабилизацией активного тока нагрузки приводных двигателей дробилок МКУ, не обеспечивающие получение продукции, соответствующего качества.

Преимущества автоматизации МКУ на уровне АСУТП очевидны, так как это позволит оперативно контролировать множество параметров, характеризующих как режимы работы оборудования МКУ, так и основные количественные и качественные параметры исходных компонентов и готовой продукции с обработкой информации на ЭВМ с последующей выработкой и реализацией в реальном масштабе времени соответствующих управляющих воздействий.

Цель и задачи исследования.

Целью данной работы является повышение качества и снижение себестоимости комбикормов, произведенных электротехнологическими

комплексами на базе малогабаритных комбикормовых установок путем совершенствования систем управления ими.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

1. Провести анализ функционирования существующих электротехнологических комплексов по производству комбикормов в агропромышленном комплексе, систем управления ими, выяснить причины выпуска продукции недостаточного качества и недопустимо повышенной себестоимости.
2. Аналитически исследовать и определить особенности функционирования автоматизированных электротехнологических комплексов на базе малогабаритных комбикормовых установок в сравнении с промышленными комбикормовыми производствами.
3. Обосновать выбор критерия и алгоритма функционирования автоматизированных электротехнологических комплексов на базе малогабаритных комбикормовых установок.
4. Выполнить проектирование и провести теоретические исследования обобщенной линеаризированной структуры автоматизированного электротехнологического комплекса на основе синтезированного универсальной малогабаритной комбикормовой установки.

5. Реализовать декомпозицию задачи идентификации технологического процесса производства комбикормов в АПК с учетом наличия нелинейных функциональных связей между элементами системы.

6. Формализовать модель системного инжиниринга с определением функций систем технологии и управления в соответствии с принятыми организационными процедурами с учетом особенностей функционирования таких комплексов в сравнении с промышленными комбикормовыми комплексами.

7. Выполнить системную интеграцию и верификацию соответственно технического и программного обеспечения АТК производства комбикормов в АПК.

8. Провести экспериментальную проверку полученных результатов и выполнить их технико-экономическую оценку.

Объект исследования - процесс производства комбикормов в условиях хозяйств АПК.

Предмет исследования - системы управления электротехнологическими комплексами на базе малогабаритных комбикормовых установок.

Методы исследования. Для решения поставленной проблемы были применены основные положения теории информации и массообмена, теории автоматического управления и регулирования с использованием разработанных и стандартных пакетов прикладных компьютерных программ.

Экспериментальная проверка теоретических положений проводилась в реальных условиях с обработкой полученных данных с использованием

методов математической статистики и теории вероятностей.

Научная новизна полученных результатов.

1. Впервые с использованием теории информации, теории автоматического управления и регулирования и теории массообмена, получена математическая модель функционирования обобщенной структуры автоматизированного технологического комплекса по производству комбикормов в АПК, которая учитывает диссипативные характеристики технических средств автоматики и зерновик потоков как сыпучих сред.

2. Впервые выполненное формирование обобщенного векторного критерия качества функционирования АТК, который отличается от известных критериев тем, что он дополнительно учитывает стадии прогнозирования стратегии экономического развития хозяйства с определением потребности в необходимых объемах, номенклатуре, источниках приобретения и маршрутах доставки комбикормов и исходных компонентов, выбора или синтеза оптимальной функциональной структуры МКУ, составления и реализации исполнительного рецепта, что обеспечивает необходимые качественные и энергетические показатели работы электротехнологических комплексов.

3. Усовершенствованная методика проектирования поточных технологических линий производства комбикормов, которая отличается от известного модульного метода, использованием объектно-ориентированной декомпозиции ТП и сетей Петри, которые повышают эффективность как использования информационных ресурсов, так и самого процесса проектирования.

4. Получило дальнейшее развитие теоретическое обоснование оптимизации фактической производительности поточной технологической линии производства комбикормов в функции влажности, размолоспособности и энергоемкости компонентов меню комбикорма, который обеспечивает получение продукции в соответствии с требованиями базисных кондиций.

5. Усовершенствованная теория формализации функционирования электротехнических комплексов на базе МКА, которая отличается от существующих тем, что она, даже при наличии теоретически неустойчивых некоторых контуров исходной линеаризованной системы, позволяет определить параметры технической устойчивости автоматизированного объекта без синтеза компенсирующих звеньев.

6. Получила дальнейшее развитие разработка комплекса интегрированных математических моделей описания объектов кормопроизводства, которые учитывают особенности гибкого производства, системного инжиниринга, поддержки решений и сквозных алгоритмов управления.

Практическое значение полученных результатов заключается в повышении эффективности функционирования автоматизированных МКУ за счет своевременного сбора, накопления, хранения, регистрации, обновления, анализа, быстрой и качественной обработки и передачи информации, необ

ходимой для обоснованного принятия решений по эффективному управлению АТК производства комбикормов в АПК в целях обеспечения его оптимального энергосберегающего режима работы и получения продукции требуемого качества.

Разработанный комплекс технических средств, а также проектно-техническая документация системы управления электротехническим комплексом производства комбикормов в АПК внедрены и прошли испытания в комбикормовом цехе №2 ТОО "Агропромышленная компания" (Запорожская обл., г. Мелитополь), результаты НДР по Программе 1 ТГАТУ, направление 1.7.1 "АСУТП малогабаритных комбикормовых установок" переданы для внедрения на Симферопольский ремонтно-механический завод, а также на предприятие-изготовитель МКУ - ОАО "Уманьферммаш", с целью использования их при разработке новых образцов МКУ и систем управления ими, что подтверждается соответствующими актами.

Личный вклад автора. Новые научные результаты диссертации получены автором лично. В научных работах, написанных в соавторстве, личный вклад соискателя состоит в следующем: в работах [51, 57, 76, 80, 302, 82] автору принадлежит анализ электротехнических комплексов производства комбикормов в АПК как объекта управления; в работах [65, 52] автором предложена математическая модель функционирования обобщенной структуры автоматизированного технического комплекса; в работах [132, 133, 58, 270, 64, 70, 74] автором выполнен синтез и условия реализации обобщенного векторного критерия качества функционирования АТК, в работах [54, 71] автор предложил пути усовершенствования методики модульного метода проектирования поточных технологических линий производства комбикормов; в работах [11, 53, 79, 83, 85, 195, 301] выполнен анализ качества функционирования автоматизированного технологического комплекса; в работах [73, 77, 84] автором предложен состав и разработка интегрированных математических моделей описания объектов кормоприготовления; в работах [59, 62, 78, 81, 193, 194] автору принадлежит разработка методики лабораторных и производственных испытаний системы управления электротехническим комплексом производства комбикормов в АПК, а также составление рекомендаций по производству и использованию.

Апробация результатов диссертации. Основные результаты исследований, содержащихся в диссертации, заслушаны и обсуждены на международных научно-технических семинарах, симпозиумах и конференциях: Международная научно-практическая конференция "Моделирование процессов и технологического оборудования в сельском хозяйстве" (Мелитополь, МИМСХ, 1994 г.), Международная научно-практическая конференция "Экологические аспекты внесения удобрений и обработки почвы" (г. Варшава, Институт строительства, механизации и электрификации в сельском хозяйстве, 1996 г.), Научный симпозиум "Проблемы эксплуатации почвообрабатывающих машин" (г. Варшава, Варшавская политехника, 1997 г.), Научно-техническая конференция

профессорско-преподавательского состава и аспирантов (г. Москва, РАУ, 1997 г.), Научно-техническая конференция профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов (г. Мелитополь, ТГАТА, 1996 - 2007, гг.), Международная научно-техническая конференция “Земледельческая механика на рубеже столетий” (г. Мелитополь, ТГАТА, 2001г.), Международная научно-техническая конференция “Микропроцес сорные системы в земледелии “ (г. Варшава, Варшавская политехника, 1997 г.), Международная научно-практическая конференция «Проблемы энергоснабжения и энергосбережения в АПК Украины» (г. Харьков, ХНТУСХ, 2006 - 2011 гг.), Международная научно-техническая конференция “Проблемы современной электротехники” (г. Киев, Институт электродинамики, ПСЭ-2000, ПСЭ-2004, ПСЭ-2008, ПСЭ-2010), Всеукраинская научно-практическая конференция «Современное состояние и перспективы производства зерна в условиях инновационного развития аграрного рынка Украины» (г. Днепропетровск. Институт зернового хозяйства УААН Украины, 2008 г.), Международная научно-техническая конференция памяти П.М. Василенко (г., Киев, НАУ, 2007 г., г. Львов, ЛНАУ, 2008 г., г. Днепропетровск, ДГАУ, 2009 г), Международная научно-техническая конференция «Системный анализ и информационные технологии» (г. Киев Национальный технический университет Украины «КПИ», 2008 - 2011 г.г.), Научно-техническая конференция «Информатика и компьютерные технологии» (г. Донецк, ДНТУ, 2009 г.), Международная научно-техническая конференция "Управление, автоматизация и окружающая среда" (г. Севастополь, Севастопольский национальный технический университет, 2011 г.), Научно-техническая конференция профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов (г. Мелитополь, ТГАТУ, 2008 - 2012, г.г.)

Публикации. Результаты диссертационной работы опубликованы в 45 научных трудах, из которых статей - 33 (в специализированных изданиях – 31), из них самостоятельно – 10, материалы международных научно-практических конференций – 9, патентов Украины – 3, авторских свидетельств Украины– 1.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, шести разделов, общих выводов, списка использованных источников из 315 наименований, в том числе 20 иностранных, и 6 приложений. Диссертация изложена на 343 страницах основного текста, содержит 80 рисунков и 31 таблицу.

РАЗДЕЛ 1

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР И ОБОСНОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ПРОИЗВОДСТВА КОМБИКОРМОВ В УСЛОВИЯХ РЕФОРМИРОВАННЫХ ХОЗЯЙСТВ АПК

1.1 Общая характеристика технологий и средств производства комбикормов в АПК

Основой увеличения производства животноводческой продукции и повышения ее качества является прочная кормовая база. Укрепление кормовой базы, повышение полноценности кормления животных, уменьшение затрат кормов на единицу продукции— решающие условия дальнейшего развития животноводства [146. 147, 154, 163, 173].

Корма – это органические и неорганические (минеральные) вещества, служащие для кормления сельскохозяйственных животных. Понятие «корма» охватывают отдельные продукты растительного, животного, микробиологического и минерального происхождения, а также комбикорма, кормовые смеси и смеси минеральных веществ [126]. По химическим и физическим свойствам корма подразделяют на грубые, сочные и концентрированные.

К грубым кормам относят сено, сенаж, солому, мякину, стержни кукурузных початков, древесные корма и др. Эти корма с низким содержанием энергии и протеина и высоким – клетчатки. Сочные корма – это в основном силос и кормовые корнеплоды, используемые для кормления крупного рогатого скота, свиней и других животных.

К концентрированным кормам относят зерно зерновых и зернобобовых культур и корма промышленного производства, такие как жмыхи и шроты, отруби, рыбную и мясокостную муку, кормовые дрожжи, сухое обезжиренное молоко, сухой свекловичный жом и др. Эти виды кормов

применяют для кормления всех сельскохозяйственных животных и служат источниками энергии и протеина, отличаются хорошей поедаемостью и высокой перевариваемостью.

Потребности животных в питательных, минеральных и биологически активных веществах, как правило, не соответствует содержанию этих веществ в отдельных кормах. В связи с этим могут быть не исчерпаны как генетические возможности животного по продуктивности, и не полностью использованы питательные вещества корма. Установлено, что наилучшее использование питательных веществ достигается при скармливании животным не отдельных кормов, а смесей, так как кормовая ценность смеси, как правило, выше кормовой ценности каждого из составляющих его компонентов [29, 279].

При правильном подборе компонентов кормовой смеси, недостающее количество питательных веществ в одном корме дополняется повышенным содержанием в другом, в результате чего можно полностью перекрыть потребность животного в питательных веществах, в зависимости от его вида, возраста и продуктивности.

Наиболее рациональная форма применения концентрированных кормов в животноводстве - это комбикорма. Они представляют собой сложную однородную смесь соответствующим образом обработанных компонентов, подобранных по научно обоснованным рецептам, что обеспечивает полноценное кормление животных и наиболее эффективное использование питательных веществ в рационе [126, 279].

Компоненты – это отдельные кормовые средства, смеси кормов, а так же минеральных и биологических добавок, применяемых при производстве комбикормов. Комбикорма готовят для сельскохозяйственных животных всех видов с учетом их пола, возраста, продуктивности и физиологического состояния. Биологическая полноценность комбикормов достигается сбалансированностью их по содержанию питательных веществ на основе норм потребностей животных соответствующей группы в энергии, протеине, аминокислотах, витаминах, макро- и микроэлементах и других биологически активных веществах. Питательную ценность комбикормов выражают в кормовых единицах, в показателях обменной энергии, сырого жира, сырой клетчатки, минеральных веществ.

Комбикорма, предназначенные для сельскохозяйственных животных любого вида и возрастной группы, по своему качеству и питательности должны соответствовать требованиям государственных стандартов, а по содержанию витаминов – определенным нормам [126, 279].

В зависимости от назначения различают полнорационные комбикорма, комбикорма – концентраты, комбикормовые смеси, балансирующие, кормовые добавки (белково-витаминные, минеральные, премиксы) и заменители цельного молока [126].

Полнорационные комбикорма должны полностью удовлетворять потребности животных определенных групп в питательных и биологически активных веществах без добавления в рацион каких либо других кормов, обеспечивать высокую продуктивность и низкие затраты питательных веществ на единицу продукции. Полнорационные корма должны обладать приятным запахом, хорошим вкусом и благоприятно влиять на пищеварение и состояние здоровья животного..

Комбикорма – концентраты предназначены для скармливания животным в дополнение к грубым и сочным кормам и восполнения недостатка питательных веществ в основной части рациона. Содержание энергии, протеина, аминокислот, жира, витаминов, минеральных и других биологических веществ в комбикормах – концентратов для летнего кормления КРС.

Кормовые смеси готовятся для более рационального использования зерна, выделяемого хозяйствами на кормовые цели. Кормовые смеси вырабатываются из компонентов, для которых, как правило, не установлены жесткие требования по показателям качества, т.к. их готовят в основном для взрослого поголовья животных. При производстве кормовых смесей широко используют травяную муку и сечку, отходы садоводства, зерновые отходы, побочные продукты пищевой промышленности, а также различные добавки из местных сырьевых ресурсов.

В современных условиях считается бесспорным, что по сравнению со скармливанием обычной зерновой смеси 1 т. полноценного комбикорма позволяет получить дополнительно 250-300 кг. молока, 30-40 кг. мяса или 800-900 шт. яиц.

Балансирующие добавки используют в качестве дополнителей к концентрированным или другим кормам для повышения эффективности основного рациона. Для балансирования комбикормов в них вводят различные добавки животного (сухое обезжиренное молоко, сыворотка, мясокостная и рыбная мука и др.) и минерального (мел, соль, известняки, ракушечная крупа, травртины и др.) происхождения. Нормы ввода балансирующих добавок строго регламентированы [126, 130, 167].

Основа рациона животных и птицы – комбикорма, от качества и себестоимости которых во многом зависит рентабельность отрасли. Еще недавно в нашей стране основную массу комбикормов производили на больших государственных и межхозяйственных комбикормовых заводах, только незначительную их часть – непосредственно в хозяйствах. Зернофураж поставляли на заводы, измельчали, обогащали белкововитаминноминеральными добавками, а затем в составе комбикорма перевозили назад в хозяйство. При этом зерно покупали у них по одной цене, а комбикорм реализовали им уже в два–три раза дороже. В условиях энергетического кризиса и роста цен на традиционные виды топлива, часть транспортных затрат в стоимости скармливаемого комбикорма резко

возросла. Важным условием для получения полноценного комбикорма является не только процесс точного дозирования и равномерного смешивания компонентов, но и сохранение полученной однородности комбикорма при дальнейших операциях с ним. В ряде случаев при доставке готового комбикорма к месту потребления однородность смеси, полученная при смешивании, в значительной степени снижается, что ухудшает качество и питательную ценность корма. Необходимо принимать все меры для получения высокой однородности комбикорма при смешивании, не допускать самосортирования его, а также прочих нарушений однородности.

Также важно заметить, что относительно современной концепции развития сельского хозяйства наблюдается тенденция производства сельскохозяйственной продукции на малых кооперативных фермах, арендных, подсобных, семейных и других хозяйствах. Для полноценного кормления скотины на таких фермах необходимо иметь сбалансированный по питательности комбикорм. Приготовление полноценных комбикормов и кормосмесей непосредственно на фермах из зерна собственного производства и закупленных примесей (БВД, премиксов) дает возможность значительно снизить себестоимость продукции, получать комбикорм необходимого состава, в необходимом количестве и в любое время. Качество таких комбикормов лучше, они в 1,5–2 раза дешевле заводских [87, 90, 191, 213].

Комбикормовые цеха производительностью 4,0 т/ч используют на свинокомплексах на 12 тыс. гол., а 8 т/ч – на 24 тыс. гол., крупных птицефабриках, а также как межхозяйственные комбикормовые предприятия. Агрегаты производительностью 0,5 и 1,0...2,0 т/ч предназначены непосредственно для ферм [245, 250, 263, 273, 275, 276]. Белковые добавки, лечебные корма и премиксы вводят в комбикорма до 25 % по массе в виде смесей (БВД).

При потребности в комбикормах до 1,0 т/сут. фермеру, как правило, невыгодно использовать комбикормовую установку. Поэтому необходимы мобильные агрегаты производительностью 1,0...2,0 т/ч. с помощью которых можно обслуживать фермы по вызову. Привод таких агрегатов – как от электродвигателя, так и от ВОМ трактора или автомобиля [292].

Комбикормовые агрегаты, выпускаемые за рубежом можно разделить на три основных группы:

- стационарные комбикормовые агрегаты с приводом от электродвигателя;
- мобильные прицепные (к трактору);
- самоходные малогабаритные на шасси автомобиля.

В хозяйствах Западной Европы наиболее распространена схема установки стационарных комбикормовых агрегатов, с приводом от электродвигателя, на наземных складах, где хранится зернофураж [210, 294].

Агрегаты второй группы используют, когда некоторые виды зернофуража хранятся в разных хранилищах. К ним по очереди подъезжает агрегат, загружает необходимую дозу зерна, измельчает и изготавливает

комбикорм. Эта форма организации характерна для фермерских хозяйств Америки. Мобильные комбикормовые агрегаты на шасси автомобилей используют в случаях, когда хозяйство имеет зернофураж, но не имеет соответствующего оборудования и считает нецелесообразно везти зернофураж на большой комбикормовый завод. Такой агрегат по очереди объезжает хозяйства и на месте производит комбикорм.

1.2. Формулирование технико-экономических требований, предъявляемых к методам и средствам автоматизации электротехнологических комплексов на базе малогабаритных комбикормовых установок

В общем случае предприятия по приготовлению комбикормов для животноводства в практике Украины и большинства зарубежных стран включают в себя [84, 126, 178, 183, 184]:

- общегосударственные комбикормовые заводы;
- межхозяйственные комбикормовые заводы и цехи;
- внутрихозяйственные участки на базе малогабаритных комбикормовых установок (МКУ).

Указанные предприятия характеризуются широким спектром технико-организационных и экономико-управленческих особенностей [174, 187, 188] (рис. 1.1).

Вид кормов				
Рассыпные	Гранулированные	Экструдированные	Лечебные	БВД
Типоразмерный ряд комбикормовых установок. Производительность, т/ч				
0,5; 1,0–2,0 ; 4,0–8,0	4,0 и 8,0	5,0 и 1,0	0,5	0,5; 1, 0–2,0

Исполнение	
Стационарные агрегаты	Мобильные агрегаты: 1,2 т/ч–от эл. двигателя, 2,0 т/ч–от ВОМ трактора

Рис. 1.1. Структура системы машин по производству комбикормов.

Основные характеристики комбикормовых предприятий по типам и уровням организации, видам обработки продукции, меню и ассортименту продукции приведены на рис. 1.2.

Таковыми МКУ являются серийные [63] : УМК–Ф-2, АКМ-1, АKN-1М «Ниагара» (Украина), К-Н-5, К-Н-5-1 (Беларусь), АWF (Германия), КА- 4, ОКЦ-4, ОКЦ-8 (Россия), Мишко, ІМБЕР (Польша), МХ-170, I-Star (США), в т .ч. МКУ Финляндии, Чехии и др., а также Литвы, Италии, Швейцарии, тех.-

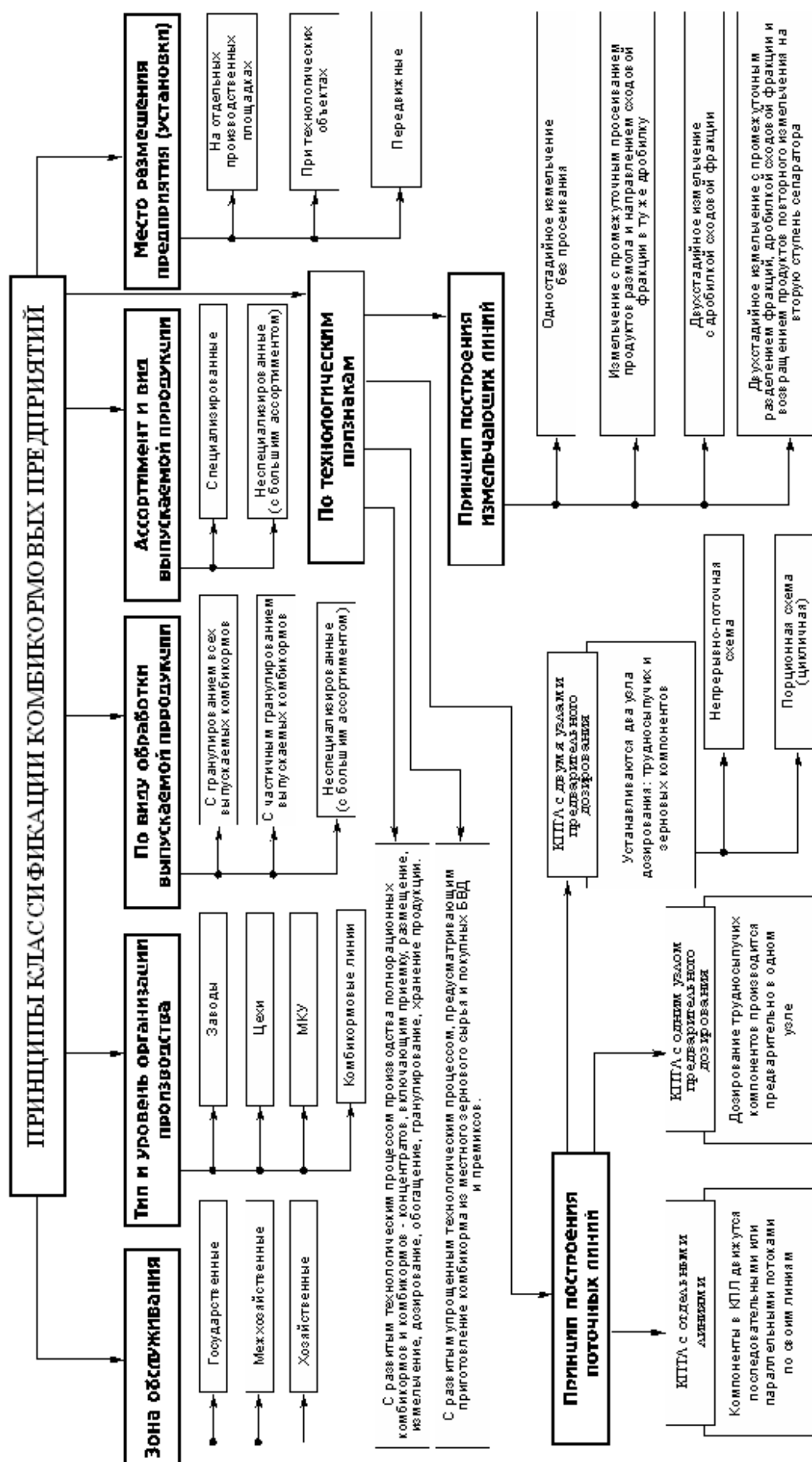


Рис. 1.2. Принципы организации производства комбикормов.

нологические особенности и технические характеристики которых приведены в табл. А.1 приложения А.

В общем случае перечисленные МКУ имеют общее конструктивное воплощение: наддозаторные бункеры, шнековые питатели, дробилки, магнитные очистки, распределительные и разгрузочные механизмы, смонтированные на передвижных шасси. Такие МКУ обеспечивают: прием сырья, объемное дозирование, совокупное (или раздельное) измельчение, смешивание компонентов, транспортировку готового продукта, выгрузку, а в некоторых случаях, - и раздачу кормов. Некоторые из них оборудуются системами автоматического управления (приложение А).

Малогабаритный кормоприготовительный агрегат, основу которого составляют малогабаритные комбикормовые установки (МКУ), как системотехнический комплекс, основные характеристики которого приведены в приложении А, рис. А1-А10 и табл. А1-А3, обладает рядом процессуальных системных характеристик.

1) Энерготехнологическая общесистемная эффективность МКУ как СТК в значительной степени зависит также и от эффективности динамического функционирования, динамические элементы которой приведены на рис. 1.3. Такая схема структуры функционирования МКУ как СТК с теоретической точки зрения значительно упрощает применение различных математических средств.

2) Важнейшей характеристикой динамики функционирования системы (рис. 1.3) является ПИР (показатель полноты использования материально-технических ресурсов) [1, 7, 102]. Такой показатель может быть определен на основе процессов кругооборота веществ, участвующих в технологическом процессе и процессах его обеспечивающих (рис. 1.4) и представлен в виде математической зависимости следующего вида

$$, \quad (1.1)$$

где E_i - соответственно количество затрачиваемой энергии и коэффициент ее использования в i -той фазе процесса;

t_i - расчетная и фактическая продолжительность i -той фазы процесса.

Указанный коэффициент с учетом использования ВЭР и отходов в соответствии с [102, 103] может быть представлен в форме соотношения

(1.2)

где $\Sigma V_{\text{ЭР}}$ - общий объем использования ВЭР и отходов;

α_i - доля ВЭР и бросовых материалов за цикл технологического процесса;

β_i - доля использования ВЭР и бросовых материалов в исходном состоянии m_i ;

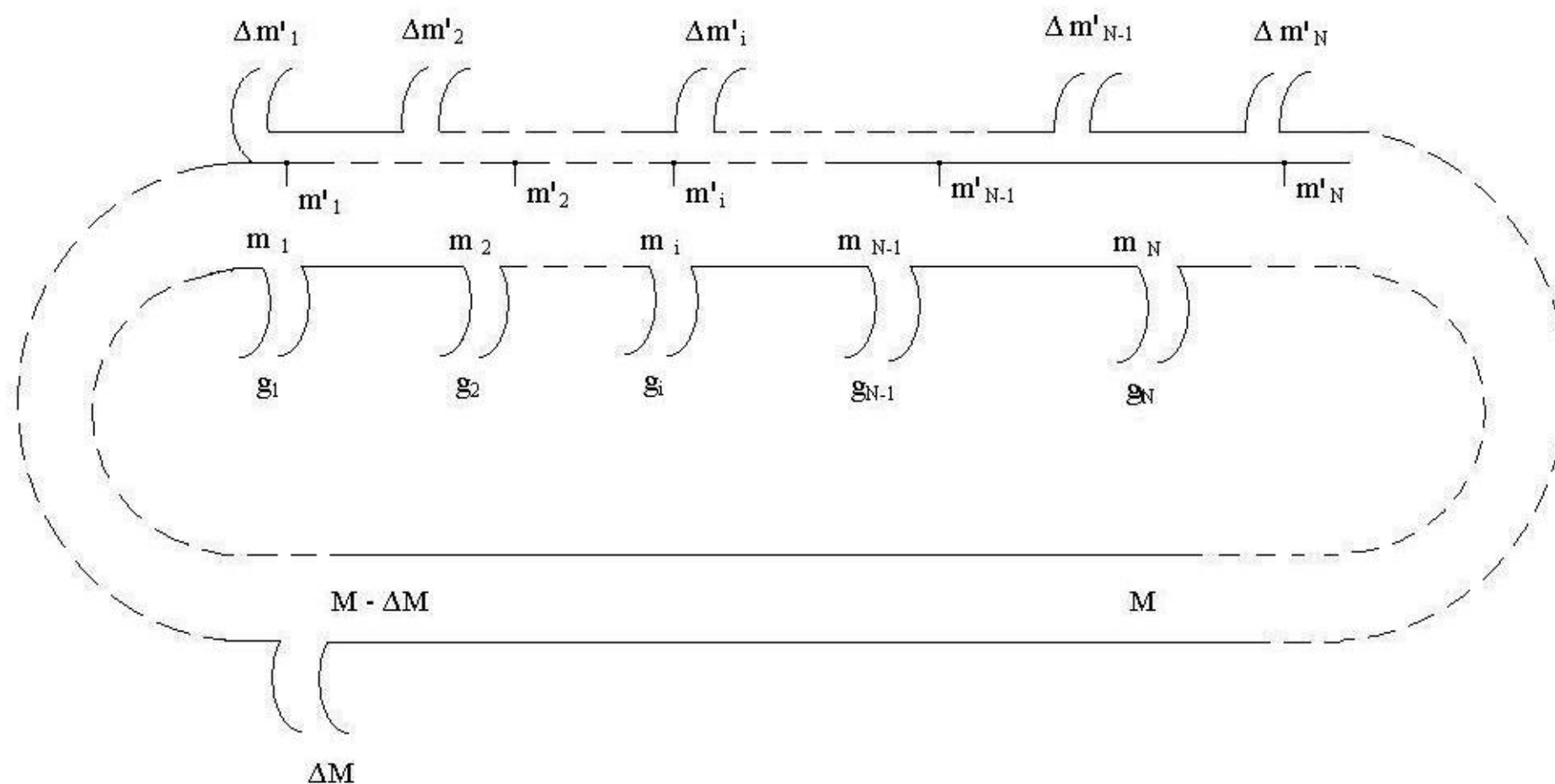
T^* и T – расчетное и фактическое время работы системы;

η - среднее (по фазам) значение коэффициента использования энергии.

3) Основная особенность этапа коррекции параметров СТК состоит в том, что при модернизации и улучшении параметров системы доля использования ВЭР, бросовых материалов должна возрастать, чем при замене старой системы на новую, а время между этими циклами сокращается, тогда в этом случае величина η будет определяться по выражению:



Рис.1.3. Общесистемная технологическая и энергоэкономическая эффективность МКУ как СТК. Схема структурная.



m_i, m'_{li} - количество материала i -ой фазы процесса из исходного объема и вновь наступившего; g_i - неиспользованные ресурсы в i -ой фазе процесса; $\Delta m'_{li}$ - количество вещества, поступающего в i -ой фазе процесса; ΔM - бросовые и не-возвратные потери материальных и энергоресурсов.

Рис. 1.4 Траектории движения материальных и энергоресурсов. Схема функциональная.

(1.3)

где все обозначения соответствуют обозначениям в (1.2), при этом $t_{\text{расч}}$ и $t_{\text{факт}}$ - соответственно расчетные и фактические временные промежутки работы системы до $j+1$ -го цикла ее модернизации;

4) Целесообразность проведения таких работ с точки зрения улучшения использования материальных и энергоресурсов определяется по неравенству

(1.4)

где $\Delta t_{\text{ПР}}$ и $\Delta t_{\text{ПР}^*}$ - соответственно ПИР при k -ой и $(k+1)$ -й коррекции параметров ;

$\Delta t_{\text{ПР}^*}$ - регламентированное значение приращения (дифференциации) ПИР, определяемые нормативными документами по энергосбережению [108, 134, 142, 159, 168, 182, 239, 264].

Процесс производства комбикормов представляет собой относительно сложную многомерную систему с множеством возмущающих воздействий как со стороны технологического и электросилового оборудования, вследствие флуктуации питающего напряжения, износа рабочих органов измельчающих механизмов и пр., так и со стороны потоков исходных компонентов и готовой продукции, как сыпучих сред, природой которых обусловлено возрастание случайной погрешности величин показателей качества комбикормов на 10-15 % при работе объекта в нестабилизированном режиме [3]. Это в равной мере можно отнести как к промышленным общегосударственным и межхозяйственным комбикормовым заводам, так и к линиям, построенным на базе малогабаритных комбикормовых установок (МКУ) и предназначенным для приготовления комбикормов в условиях хозяйств.

1.3 Современный уровень разработок по автоматизации процессов производства комбикормов в АПК

Известно [3, 4, 89, 186, 220, 238, 241], что современные государственные и ряд межхозяйственных комбикормовых заводов по уровню производства являются высокотехнологичными комплексами, автоматизация которых выполнена преимущественно на уровне компьютерных технологий. В процессе развития эти предприятия прошли следующие уровни организации управления:

- комплексная автоматизация;
- полная автоматизация на уровне систем автоматического регулирования (САР) и управления (САУ);
- дистанционное автоматическое управление (ДАУ);
- система дистанционного автоматического управления (СДАУ);
- автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП);
- интегрированные автоматизированные системы управления (ИАСУ).

Комплексная автоматизация предполагает механизацию и электрификацию всех технологических операций и автоматизацию некоторых из них. Данный режим предусматривает обязательное участие в процессе управления операторов, в функции которых также входит согласование работы отдельных машин и технологических линий.

Режим полной автоматизации на уровне САР и САУ предусматривает работу объекта в автоматическом режиме без участия оператора. Однако техническое обеспечение таких систем выполнено на обычных регуляторах, усилителях и преобразователях автоматики, для которых свойственны значительные дрейфы характеристик ввиду флуктуаций напряжения, старения элементов и т.д., а, учитывая, что таких элементов в системе насчитывается несколько сотен, а то и тысяч, то обеспечить требуемую точность и надежность функционирования таких систем практически невозможно.

Дальнейшее расширение и усложнение комбикормового производства привело к созданию систем на уровне ДАУ [3]. В этом случае осуществляется централизованное дистанционное автоматизированное управление производством с общего пульта. В системах ДАУ решения по управлению в основном принимает оператор (диспетчер). Последующее развитие ДАУ привело к оснащению диспетчерского пульта оператора ЭВМ, с помощью которой были автоматизированы некоторые функции расчета, а также хранения и переработки информации. Такие системы получили классификацию СДАУ, которые, в сущности, продолжали выполнять функции ДАУ. Появление таких систем [3, 34, 171, 221] стало возможным вследствие того, что после зарождения рыночных отношений, Украине, как и другим странам СНГ, стал доступен рынок современных информационных технологий с их технической базой - ЭВМ. Это позволило достаточно быстро отраслевым НИИ и появившимся частным фирмам переориентироваться на новую технику. Относительная дешевизна и надежность новых технических средств, их эстетичность, и, главное, на первых этапах – возможность финансирования работ из централизованных источников, позволило внедрять системы в производство [21, 127, 143, 157, 174, 298, 306, 308, 309, 312 - 315]. Но, так как перечень их функций практически оставался прежним, а сокращение численности штатного персонала после ввода таких систем в эксплуатацию не производилось, то, естественно, новые системы выполняли в основном декоративную, а не экономическую роль. А основным “достижением” такой “компьютеризации” было дублирование шита с мнемосхемами на экранах мониторов ЭВМ. Это продлило экстенсивный путь развития автоматизации со всеми отрицательными его последствиями.

Однако, при дальнейшем значительном повышении требований к параметрам технологических процессов комбикормовых предприятий, когда необходимые показатели точности управления неизмеримо возросли, возникли предпосылки разработки систем на уровне цифровых технологий, т.е. создания автоматизированных комплексов (АТК) на уровне АСУТП [2, 3, 12, 27, 88, 104].

Развитая структура управления таких систем позволила обеспечить на государственных комбикормовых заводах эффективное управление следующими основными и вспомогательными операциями [3, 126]:

- приемка, хранение исходного сырья и отпуск готовой продукции;
- организация транспортно-маршрутных операций;
- дозирование, измельчение и смешивание компонентов;
- согласование функционирования автоматизированного электротехнологического комплекса.

Наряду с функциями АСУТП на современных комбикормовых предприятиях также развивались функции автоматизированных систем управления производством (АСУП), решающих задачи компьютерной автоматизации процессов организации производства (кадры, снабжение, сбыт и т.д.). Такие системы, включающие примерно в равных долях функции АСУТП и АСУП классифицируются как ИАСУ, на уровне которых функционируют многие современные государственные предприятия отрасли [3].

Вместе с тем такие предприятия реализуют выпуск продукции по так называемым стандартным рецептам, предусматривающим использование до 90 % зерновых компонентов [3, 126, 162, 165], что делает стоимость таких комбикормов довольно высокой. А если учесть также значительные транспортные расходы на доставку покупных комбикормов с заводов – производителей в хозяйства, то для последних такие корма приобретать становится явно невыгодно. Одним из путей удешевления комбикормов является снижение содержания в них дорогостоящих зерновых компонентом. По этому пути пошли производители многих стран [278], что показано в табл.1.1. При этом уровень белкового сырья, определяющего главным образом уровень продуктивности животных и птицы в наших комбикормах 11 %, США - 15 %, Германии - 17 % [278].

Таблица 1.1-

Использование зерна в комбикормах

Страна	Объем производства комбикормов, млн.т				Использование зерна в комбикормах	
	всего	для	для	для	%	Млн.
Франция	21,4	4,00	6,44	8,41	38,2	7,59
Германия	20,1	8,04	6,28	4,08	27,7	5,4
Нидерланды	16,8	4,20	7,65	3,50	17,4	2,8
Испания	14,8	3,14	5,85	4,35	44,5	5,7
Италия	12,0	3,72	2,54	4,39	45,2	5,5 3,
Великобритания	12,0	4,53	2,50	3,92	32,7	85
Дания	5,8	1,57	3,43	0,64	29,3	1,77
Бельгия	5,6,	1,11	1,04	1,34	15,4	0.86
Португалия	4,0	1,01	1,49	1,27 0,	28,3 26,	1,12
Ирландия	3,3	1,84	0,64	45	6	0,79

Однако, имеющийся устойчивый рынок сбыта продукции государственных комбикормовых заводов в виде крупных промышленных животноводческих и птицеводческих комплексов, делает неэффективными мероприятия по замене зерновых ингредиентов на менее дорогостоящие, что, в свою очередь, приводит к тому, что приобретение таких комбикормов для небольших фермерских и частных сельскохозяйственных предприятий и агрофирм становится практически недоступным.

Поэтому, когда после реформирования сельскохозяйственного сектора, в результате чего закупать корма на государственных или межхозяйственных комбикормовых заводах с последующим их транспортированием стало экономически невыгодным, возникла и

получила дальнейшее развитие сама идея производства комбикормов в условиях хозяйств. При этом, в качестве исходных компонентов комбикормов, наряду с традиционными зерновыми ингредиентами, в хозяйствах нашла применение местная сырьевая база в виде жмыхов, шротов и т.п., что значительно снизило себестоимость продукции без существенного снижения ее качества [114, 119-121]. Для использования в таких технологических линиях, промышленностью многих стран выпускается довольно широкий спектр малогабаритных комбикормовых установок, как выпускаемых серийно, так и экспериментальных, основные из которых представлены в табл. 1.2 [63, 225, 226].

Таблица 1.2-

Техническая характеристика малогабаритных комбикормовых установок

Оборудование	Общие показатели				
	Страна-производитель	Производительность, т/ч	Установленная мощность, кВт	Масса, кг	Число обслуж. перс.
Серийные МКУ					
1.УМК-Ф-2	Украина	3 – 5	20,0	3800	1
2.АКМ-1		1,0	25,0	2200	1
3.АКН-1М		1,0	17,2	1 500	2
4.К–Н–5	Беларусь	2–5	до 50	-	1
5.К–Н–5–1	Беларусь	2–5	до 50	-	1
6.АWF-4		0,15 - 0,2	3,0	70	1
7.БМКА-1-01		0,6–0,8	13,2		1
8.КА-4 (Сиб. НИИЖ)	Россия)	4	38	4690	1
9.ОКЦ-4	Россия)	4 - 4.8	210,0	42200	4
10.ОКЦ-8(	Россия)	8 - 9,3	350,0	83600	5
11."Ниагара"		1,4	27,1	1 080	1
12.Мишко	Польша	0,6	-	-	1
13.«Сурол»)					
14.ИБМЕР	(Польша)	0,8	-	-	1
15.Рако	(Германия)			-	
16.МХ–170 («Гейл»)	США	40 л/с	–	-	1
17.AFM993Q («Бухофф»)	Германия	5–8	–	-	1
18.NK-5	Финляндия	5	197,5	-	-
Продолжение таблицы 1.2					
19.I-Star.	США	6	21,9	2000	1

20.Agrcoos-Centrum	Чехия)	0,85	9	2000	1
Экспериментальные МКУ					
21.КМЗ-069	Россия	0,7	7,5	850	2
22.КМЗ-1,0	Россия	1,3	11	1200	2
23.КМЗ-2,	Россия	2,2	18,5	1600	3
24.ЛПК-2	Беларусь	3	29	3000	1
25.Elger	Венгрия)	3	44,5	-	1
26.Buhler-MIAG	Швейцария-Германия	7	-	-	-
27.Компакт		4			1
28.Фермер	Россия	1	20		1
29.ККУ-1(2,3)	Литва	0,9	7,5	750	1
30.ККУ-2	Литва	1,3	15	1000	1
31.ККУ-3	Литва	1,8	18,5	3000	1
32.RVOF12	Германия	0.5	7.5	-	1
RVM332	Германия	0.64	10	-	1
RVM442	Германия	0.8	12.5	-	1
33.10/FSD	Италия	1.5	13.6	730	1
C15-1000	Италия	1.8	12.8	700	1
34.МКУ	Украина	6	20	-	1
35.ЦК-4	Беларусь	8	90	10000	1
36.Веда	Украина	3	-	-	-

Как и для промышленных комбикормовых предприятий, технологические процессы на базе МКУ также прошли определенные этапы автоматизации: от автоматического контроля отдельных параметров до автоматизированных систем на уровне компьютерного управления.

К первой группе относятся выпущенные промышленные установки (позиции 1-6 табл. 1.2), широко эксплуатируемые в настоящее время, системы управления которыми во многом схожи и в большинстве своем охватывают лишь вспомогательные и некоторые основные операции, а именно:

- верхний и нижний уровни исходных компонентов и готовой продукции;
- подача исходных компонентов;
- ток нагрузки двигателя привода дробилки;
- лабораторное определение влажности и засоренности исходных компонентов и готовой продукции.

В этих линиях применено объемное дозирование компонентов, а опыт производства комбикормов с применением объемных дозаторов (барабанные, тарельчатые, шнековые и др.) показывает [113, 131], что допустимая погрешность зависит от процентного содержания вводимого компонента, а именно:

- менее 1 % компонента - погрешность не более ± 30 %;
- от 1 % до 10 % компонента - погрешность не более ± 20 %;

- более 10 % компонента - погрешность не более $\pm 10\%$.

При таких погрешностях даже теоретически невозможно получить сбалансированный комбикорм. К тому же фактическая погрешность будет гораздо больше, так как находится в полной зависимости от переменной величины насыпной массы компонента и нестабильной работы питающих (наддозаторных) бункеров. Кроме того, при прекращении истечения сырья из-за возможного сводообразования, объемные дозаторы работают вхолостую, не перемещая компонент, и тогда погрешность увеличивается до 100 % производительности. Таким образом, в процессе производства, используя объемные дозаторы, даже при довольно четкой работе системы автоматизации, не представляется возможности получить комбикорм в заданных по рецепту пропорциях. Также недостатком данной группы МКУ является, как правило, неудовлетворительное качество смешивания компонентов, что приводит к недостаточной однородности получаемого комбикорма.

Для следующей группы МКУ (позиции 7-12 табл.1.2) применено весовое дозирование ингредиентов. При этом каждый компонент предварительно измельчается и подается (с использованием принципа весового дозирования) в общий смеситель, где смесь смешивается, как правило, механическим путем и получается порция готового комбикорма. Недостатком этого класса установок является последовательный ввод компонентов и порционность приготовления комбикорма. Этот недостаток частично устранен в МКУ БМКА-1-01, имеющей две рабочие секции смешивания, при работе одной из которых осуществляется загрузка второй.

В результате дальнейшего совершенствования систем управления комбикормовыми линиями на базе МКУ, был предложен целый ряд разработок на уровне АСУ ТП (позиции 15, 16, 18, 31, 34, 36 табл.1.2).

Использование средств вычислительной техники в этих системах позволило выполнять в автоматическом режиме следующие функции:

- оперативное управление и контроль технологического процесса в соответствии с оптимальной программой, в том числе операций по подготовке сырья, дозированию и смешиванию;
- оперативное управление транспортно-технологическими маршрутами по оптимальным схемам,
- оптимальная подача продукции к емкостям для сохранения и реализации с запоминанием мест и времени хранения и выдачи;
- непрерывный автоматический контроль работы технологического и транспортного оборудования, регистрация причин аварийных остановок и длительности простоев,
- оперативный учет и регистрация всего сырья и готовой продукции по видам, качеству и сроком поступления, а также учет передачи сырья.

Однако функционирование таких установок осуществляется, в основном, в режиме советчика, требующем непосредственного участия оператора в процессе формирования и реализации управляющих воздействий [2, 196-202]. Кроме этого, данный класс установок не предусматривает контроль целого ряда параметров, таких как: влажность и засоренность исходных компонентов, степень однородности и уровень зараженности получаемого комбикорма. При неудовлетворительных последних двух показателях, в состав комбикормовой линии необходимо дополнительно включать блоки смешивания и обеззараживания. Такими свойствами обладает обобщенная (универсальная) автоматизированная МКУ, синтез и исследование которой рассмотрены в разделе 4. Данная линия синтезирована с помощью специальной компьютерной программы и

реализует гибкую структуру, включающую контроль качественных параметров, как исходных компонентов, так и готовой продукции.

Таким образом, проведенный анализ показал, что если автоматизация технологических процессов на государственных комбикормовых предприятиях находится на достаточно высоком уровне, обеспечивающем получение качественной продукции, то существующие линии, построенные на базе МКУ, требуют, с учетом условий их функционирования, совершенствования, как состава технологических блоков, так и расширения функций систем управления.

В принципе, сама идея производства комбикормов в условиях хозяйств, возникла и получила дальнейшее развитие после реформирования сельскохозяйственного сектора, в результате чего закупать корма на государственных или межхозяйственных комбикормовых заводах с последующим их транспортированием стало экономически невыгодно. Кроме того, в качестве исходных компонентов комбикормов, наряду с традиционными зерновыми ингредиентами, в хозяйствах нашла применение местная сырьевая база в виде жмыхов, шротов и т.п., что значительно снизило себестоимость продукции без существенного снижения ее качества.

Практика эксплуатации комбикормовых линий всех уровней показывает, что получение качественной продукции возможно лишь посредством автоматизации как основных, так и вспомогательных технологических операций [61, 139-141, 212, 221, 231, 232, 236, 237, 246]. Следует отметить, что число выпускаемых промышленных малогабаритных установок весьма значительно и насчитывает несколько десятков. Системы же автоматизации технологических линий на базе МКУ во многом схожи и в большинстве своем охватывают лишь вспомогательные и некоторые основные операции, перечень некоторых из которых для различных агрегатов приведен в табл.1.3.

Таблица 1.3 -

Параметры автоматического контроля для существующих МКУ

Параметр автоматического контроля	Тип МКУ
1.Верхний и нижний уровни исходных компонентов и готовой продукции.	УМК–Ф–2, К–Н–5, К–Н–5–1, КА–4, ОКЦ–4, ОКЦ–8, АФМ 993 Q («Бушхофф» Германия), Мишко («Супрол» Польша), ИБМЕР (Польша)
2.Ток нагрузки двигателя привода дробилки	УМК–Ф–2, К–Н–5, К–Н–5–1, КА–4, ОКЦ–4, ОКЦ–8, АФМ 993 Q («Бушхофф» Германия), Мишко («Супрол» Польша), ИБМЕР (Польша)
3.Степень измельчения комбикорма.	ОЦК–4, ОЦК–8,
4.Однородность комбикорма.	-

5. Влажность и засоренность исходных компонентов и готовой продукции.	В лабораторных условиях перед приготовлением.
6. Подача исходных компонентов.	УМК-Ф-2, К-Н-5, К-Н-5-1, КА-4, АФМ 993 Q («Бушхофф» Германия), Мишко («Супрол» Польша), ІБМЕР (Польша)

1.4. Объективные предпосылки совершенствования методов и средств автоматизации электротехнологических комплексов на базе МКУ

При решении важнейшей проблемы современного этапа развития рыночной экономики Украины и др. развивающихся стран – резкого повышения энерго-экономической эффективности технологий промышленности и агропромышленного комплекса – основным фактором их успешного разрешения являются вопросы принятия оптимальных решений в сфере широкого круга задач энерго- и ресурсосбережения. Указанные задачи являются дальнейшим развитием методов и рекомендаций по комплексу оптимальных решений по поиску оптимальных решений при проектировании и разработке технологических комплексов, в т.ч. и в животноводстве.

В данном случае рассматриваются идентичные задачи оптимизации отдельных простых процессов (феноменологической кинетики элементов меню, кинетики простых реакций, макроскопической кинетики и диффузионной динамики выравнивания концентраций по объему соответствующего компонента, гидродинамики однофазных потоков и процессов массопереноса в неньютоновских смесях и суспензиях) и их комбинаций как простые задачи локальной оптимизации с целью установления условий функционирования между энерготехнологическими процессами кормоприготовления и их энергоэкономической эффективностью. В данном случае существенными вопросами являются информационные предпосылки процесса оптимизации, зачастую определяющих целесообразность проведения оптимизации по тому или иному способу, где при обобщенных условиях в наибольшей или наименьшей степени удовлетворяются оптимизационные цели при разработке энерго-экономической задачи по математической модели данной экстремальной задачи.

Однако субкорректное осуществление перехода от действительности к расчетной модели должно удовлетворять ряду системологических условий, в т.ч. адекватности отображения наиболее существенных черт моделируемых процессов, разрешимости экстремальной задачи, обеспечения модели необходимой исходной информацией, степени ее полноты и достоверности и т.д. В следствии с перечисленными факторами относятся, по существу, к принципам постановки и формализации задач оптимального планирования, однако они системно-концептуально дополняются конкретными энерго-

экономическими «детальями»: структурой учитываемых затрат и эффектов, способами сопоставления однородных и неоднородных характеристик, практически пригодными и эффективными методами поиска оптимума.

Системо-методологическое содержание вычислительных процедур отыскания оптимальных решений в указанных локальных задачах экстраполяции и последующей оптимизации вариантов эксплуатационных издержек, динамики изменения загрузки энерготехнологического оборудования и пр. базируется на основе программно-целевых структурах законов управления, рекомендуемых компьютерным комплексом лицу, принимающему решение.

Методы использования рекомендаций системного компьютерного комплекса (СКК) зависят от характера «технологии» получения полезного эффекта, квалификации и компетентности персонала, состояния спроса на продукт системы, внешних условий, режимов функционирования и т. п., что включает:

- а) методы предельных режимов, когда использование СКК осуществляется с привлечением всех возможных ресурсов до полного их исчерпания;
- б) методы условленного резерва, при котором часть возможностей СКК резервируется на случай появления непредвиденных обстоятельств;
- в) методы гарантированного эффекта, при котором объем «резервных мощностей» устанавливается с учетом самых неблагоприятных условий получения полезного эффекта;
- г) методы постоянного, периодического и эпизодического применения;
- е) методы автономности в зависимости от уровня участия персонала в создании полезного эффекта (автоматизированные).

Для реализации указанных системо- и схмотехческих положений выбора наивыгоднейших режимов работы СКК следует руководствоваться следующими принципами постановки и решения оптимизационных задач:

- а) при планировании конкретной локальной задачи необходимо учитывать не только непосредственные затраты и получаемые результаты в пределах рассматриваемой системы, но и всю совокупность эффектов и потерь в не ее, которые возникают там вследствие принимаемого решения;
- б) учета ограниченности в каждый момент времени всех видов воспроизводимых и не воспроизводимых ресурсов, т.е. проблема наиболее эффективного их использования и поиска оптимальных решений при этом;
- в) возможности и целесообразности формализованного описания процессов в управления с использованием математических моделей оптимизации в форме экстремальных задач;
- г) определения сформулированной цели процесса оптимизации и скалярного характера критерия оптимальности (т.е. его единственности) в каждом экстремальном случае с учетом возможности поиска решения, удовлетворяющего в наибольшей степени каждую из целей;

д) выполнение условий реализации критерия оптимальности в локальных задачах в форме достижения максимума энерго-экономического эффекта (на уровне технологической установки), а если рассматривается уровень хозяйства или отрасли АПК, то следует критерий оптимальности принимать в форме минимума суммарных хозяйственных затрат;

е) установления иерархичности взаимосвязей в реальном процессе функционирования технологического комплекса или энерготехнологической отрасли (например, кормоприготовления) животноводства АПК, при этом должно выполняться требование унификации алгоритмической реализуемости системы моделей при моделировании отдельных блоков и элементов иерархической структуры отражения механизма, регулирующего основные и вспомогательные вертикальные и горизонтальные связи, в т.ч. систем распределения общих ресурсов между блоками и установления оценок объемов этих ресурсов;

и) системной реализуемости процессов оптимального функционирования каждого элемента и каждого блока иерархической структуры, где при выборе решений в сложных рыночных системах следует исходить из условий наивыгоднейших режимов энерго-и ресурсосбережения, т.е. синтез энерго-экономических систем, функционирующих оптимальным образом, должен производиться из предварительно оптимизированных элементов и блоков, эффективность использования которых не выше, чем это возможно в условиях нормирования энерго- и ресурсопотребления первичных особо ценных не возобновляемых энергоресурсов (электроэнергия, природный газ, нефтепродукты и др.) (в этом случае процедура согласования локальных и глобальных оптимумов в рассматриваемой системной технологии кормоприготовления является, как правило, итерационной);

к) разрешимости анализа процессов в динамике, т.е. учета разносторонних последствий фактора времени (тенденций падения оценок ресурсов, изменений количественных характеристик первичных ингридиентов, изменения цен на них, роста объемов потребления, темпов технического прогресса в области механотроники и управляющей техники и затрат на них и пр.);

л) анализа и синтеза параметров процесса выбора наивыгоднейших решений как поиска оптимального управления в предстоящий период времени, т.к. оптимизировать уже принятые и выполненные в прошлом решения не возможно, а представляется возможным воздействовать лишь на те затраты и эффекты, величина которых зависит от принимаемого решения;

м) разработки параметров системной реализуемости всей имеющейся полезной информации для поиска оптимальных решений (затраты на получение и использование которой не больше эффекта от ее применения), где информационные условия, по которым производится оптимизация, влияют на выбор типа и структуры расчетной энергоэкономической модели, методы поиска экстремума и интерпретацию оптимума (в случае при расчетах на

перспективу) необходимо учитывать возможные случайные события и воздействия;

н) непрерывности коррекции параметров алгоритмической реализуемости процессов оптимального управления, т.е. многократного уточнения с течением времени законов и моделей функционирования на основе уточненной информации.

При решении локальных задач оптимизации процессов энерго- и ресурсосбережения согласно методологии последовательной оптимизации процессов управления [8, 9], следует рассматриваемый объект или комплекс объектов выделить из общей схемы (системы) рассматриваемой отрасли, лишая тем самым анализируемую систему множества прямых связей с другими объектами и системами. В то же время учет этих связей в условиях рыночной экономики обязателен, т.к. в зависимости от принимаемого решения по каналам обратных связей, как правило, существенно изменяются технико-экономические и экономико-социальные характеристики и условия функционирования смежных объектов и систем. В данном случае из определенного множества возможных в локальной системе (задаче решений) следует отобразить (провести дифференцированный выбор) наилучшее (в смысле экономико-технической целесообразности), выгоднее и для агропромышленного комплекса, т.е. не следует выходить за пределы рассматриваемой «большой» системы, однако исходная информация, по которой производится оптимизация, должна соответствовать условию оптимального функционирования АПК. В этом случае понятие «исходной информации» следует трактовать достаточно в широких пределах, включая в нее не только цены, по которым определяются величины затрат и прибылей, не только нормативы расхода различных ресурсов, в т.ч. энергетических, но и способы оценки результатов деятельности рассматриваемого комплекса объектов, определения объемов выделяемых ему ресурсов и пр.

Оптимальные решения в технико-экономических задачах в современных условиях хозяйствования проводятся на основе формализованных математических выражений, характерных для нее связи. Совокупность всех этих математических соотношений совместно с энерго-экономической характеристикой входящих в них величин составляет технико-энерго-экономическую модель решаемой задачи.

Корректно поставленная задача и предназначенная для ее практического решения модель должна удовлетворять двум следующим условиям:

а) адекватность моделируемому процессу, т.е. необходимость отражения в модели наиболее существенных черт анализируемого явления (объекта, системы) [10, 15, 23, 24, 204, 205];

б) разрешимость модели, т.е. при некотором отсутствии в описывающей ее системе математических, технических, энергетических, организационных и экономических условий, наличие достаточно эффективных

вычислительных алгоритмов для поиска решения.

В случае сложности или недостаточной изученности моделируемого процесса разрабатывается несколько взаимосвязанных моделей, анализ по которым служит базой для принятия решения.

Математические аспекты моделей оптимизации определяются стратегией разрешения конкретной прикладной задачи, где применительно к ряду объектов (n_i -комплексов технологического назначения) и соответствующих неотрицательных коэффициентов прямых затрат a_{ij} , показывающих, сколько единиц i -го эффекта (ресурса) расходуется для производства одной единицы j -го продукта [67]:. Требуется определить такие значения $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$, при которых эффект составит соответственно $\Xi_1, \Xi_2, \dots, \Xi_n$ единиц (Q_i – энергетические потоки, используемые при производстве; Ξ_i – энерго-экономический эффект).

Модель рассматриваемой задачи будет иметь вид [67]:

(1.5)

На искомые значения переменных $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$ наложены согласно (1.5) ограничения и условия неотрицательности типа неравенств. Система (1.5) преобразуется к виду:

.3

(1.6)

или в матричной форме

(1.7)

где элементы матрицы $[A]$ равны:

EMBED Equation.3

(1.8)

Модель (1.6), в общем случае, показывает, что при единичной интенсивности использования каждого i -го из них расходуется g_{ij} единиц j -го

ресурса и получается эффект в размере c_i единиц. В этом случае требуется при заданных ограничениях g_j на размеры каждого из m -ых видов используемых ресурсов установить, какие технологические способы и с какой интенсивностью следует использовать, чтобы суммарный эффект был максимален.

Задача формализуется следующим образом:

(1.9)

при ограничениях:

(1.10)

Набор значений $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$, удовлетворяющий системе (1.10) является допустимым решением задачи, а выражение (1.9), позволяющее проводить сравнительную оценку различным решениям – целевой функцией задачи. Из теории линейного программирования [15, 41, 42] известно, что наряду с задачей (1.9) – (1.10) существует другая задача, двойственная ей:

(1.11)

при ограничениях:

(1.12)

Связь между условиями и решениями прямой и обратной (двойственной) задач устанавливается известными двумя теоремами двойственности [47, 94], где вытекающие из второй теоремы двойственности соотношения представляются в виде условий дополняющей не жесткости: для каждого j -го ресурса ($j=1, 2, \dots, m$), которому соответствует j -е ограничение типа неравенства в задачах (1.9) – (1.10) и переменная Δ_j в задачах (1.11) – (1.12) вида

(1.13)

Модели (1.14) – (1.18) принадлежат к классу линейных статических, но на практике реальными являются случаи, когда при единичной интенсивности использования j -го способа за отрезок времени a_{ij} единиц i -го

продукта потребляется, а b_{ij} – производится, т.е. требуется установить, какие способы и с какой интенсивностью должны использоваться для того, чтобы темп использования был наибольшим (здесь должна реализоваться нелинейная динамическая модель Неймана [38, 40]), где следует найти значение данного предельно возможного темпа.

На реальные процессы развития системы существенное влияние оказывают начальные условия и др. Виды ограничений, поэтому динамические модели, особенно нелинейные, являются более сложными. Если используется дискретное время $t=0, 1, \dots, T$ (T – общий период времени) (единичный отрезок времени: мин, час, и т.д.), то желательно использовать модели А.Л. Лурье [109, 117].

Состояние процесса при каждом значении t задается $m+n$ числами $Q_1t, Q_2t, \dots, Q_mt, Q_{m+1,t}, \dots, Q_{m+n,t}$ – координатами вектора, при этом первые m координат будут характеризовать количество разных ресурсов m – видов, а последние – n видов потребляемых в t – ом периоде времени.

Для нашего случая такая модель будет иметь вид:

$$(1.14)$$

где $\mathbf{Q}_t$ – вектор, объединяющий последние n координат вектора $\mathbf{Q}_t$ а $F(\mathbf{Q}_t)$ – соответствующая целевая функция. Векторы $\mathbf{Q}_t$ не являются независимыми – их последовательность определяется параметрами технологической карты и меню комбикорма (они удовлетворяют условиям реализуемости – реализуется переход от одного периода времени и одного меню к другому).

Допустимые значения $\mathbf{Q}_t$ зависят от производственных условий (ресурсов) в предыдущем периоде и имеющихся в t – м периоде технологических способов их использования, откуда следует

$\mathbf{Q}_t \in \mathbf{Q}_t$ – множество способов, $\mathbf{Q}_t$ – вектор, объединяющий первые m координат $\mathbf{Q}_t$. Общесистемное использование СТК кормоприготовления показано на рис. 1.5.

В данном случае возможные виды динамических экстремальных моделей будут отличаться формой критерия оптимальности, перечнем используемых ресурсов и степенью их агрегирования, ограничениями возможностей использования ресурсов. В процессах массопередачи наиболее целесообразными являются модели равновесия, обладающие гомеостатическими свойствами. Анализ и синтез таких моделей производится с помощью итеративных алгоритмов теории игр, где стремление «каждого игрока» (стремление улучшить соответствующий энергоресурс) увеличить свой индивидуальный выигрыш приводит к движению всей системы к положению равновесия [256].

В общем случае модели равновесия полезной при локальной оптимизации и с математической точки зрения совпадения точки равновесия системы с точкой оптимума являются эквивалентными игре задачи математического программирования, которые используются Нами при анализе динамике и синтезе законов регулирования координат технологического процесса кормоприготовления в форме фазовых портретов (характеристик динамики процесса с учетом явно нелинейных параметров соответствующего контура .

SHAPE * MERGEFORMAT

Рис. 1.5.Общесистемное использование СТК кормоприготовления

Выводы по разделу 1.

1. Выявлена тенденция, приведена общая характеристика технологий и средств производства комбикормов непосредственно в хозяйствах АПК с использованием местной сырьевой базы и покупных микродобавок и премиксов.

2. Обоснованы перспективность и необходимость комплексных исследований с целью повышения энергоэффективности технологии производства комбикормов в АПК на основе теоретических обобщений в области систем управления процессами энерго- и ресурсосбережения с учетом прогнозирования стратегии экономического развития хозяйства.

3. Одним из важнейших путей повышения качества комбикормов, производимых в условиях хозяйств, является совершенствование систем управления электротехнологическими комплексами на базе малогабаритных комбикормовых установок.

4. Сформулированы технико-экономические требования, предъявляемые электротехнологическим комплексам по производству комбикормов в АПК, приведены объективные предпосылки совершенствования систем управления ими.

РАЗДЕЛ 2

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА КОМБИКОРМОВ В АПК КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

Системо- и схмотехнические эффекты и процессы высококачественного энергоэкономического динамического функционирования комплекса кормоприготовления, как энерготехнологического комплекса специализированного назначения и

применения, на современном этапе развития науки в области энерготехнического управления на основе компьютерных логистических и структурно-алгоритмических методов, законов и моделей управления линейными, линеаризованными и явнонелинейными объектами базируются на градиентных алгоритмах оптимизации в неевклидовой метрике [9, 22, 39]. Важной системной и структурной особенностью таких алгоритмов регулирования является использование вычислительной схемы Холесского [36, 38, 118] для решения в режиме реального времени линеаризованных и квазилинеаризованных (операторных по Лапласу) систем алгебраизованных уравнений, необходимой при расчете вектора скорости вариации переменных, что позволяет существенно упростить машинную реализацию законов управления технологическими процессами кормоприготовления в режиме реального времени. Системо- и схемотехнические эффекты энерго- и ресурсосбережения (в терминах и обозначениях по ДСТУ2420-94) в настоящее время.

В работе обосновываются и вычисляются количественные характеристики энерго-экономического динамического функционирования комплексов кормоприготовления в соответствии с основными требованиями организационно-правовых и нормативных документов, в т.ч. ISO13600-97, ДСТУ3682-97, ДСТУ3051-95 (ГОСТ30166-95).

В соответствии с указанными и др. нормативно-регуляторными документами по реализации программ энергосбережения в Украине [123, 124, 218, 219] рассматриваются вопросы анализа и последующего синтеза моделей преобразования энергопотоков в процессы управления массо- и теплопереноса при производстве комбикормов.

2.1. Разработка комплекса математических моделей управления технологическим процессом производства комбикормов

В соответствии с рекомендациями [185, 209, 228] управление указанными объектами наиболее эффективно, с точки зрения простоты программной и аппаратурной реализации, на основе проекционно-градиентного метода оптимизации в неевклидовой метрике.

В данном случае разрешение указанной задачи – задачи оптимального управления, в основном дискретными линейными объектами – проводится на основе применения методов математического программирования [145, 148, 177, 179]. При таком подходе разностные уравнения динамики объекта являются ограничениями-равенствами задачи математического программирования, число которых пропорционально сумме чисел структурных составляющих и тактов управления. Наиболее простым в алгоритмическом отношении для указанного случая является проекционно-градиентный метод, т.к. он позволяет эффективно учитывать двусторонние ограничения на переменные. Учет ограничений проводится с помощью специально выбираемой неевклидовой метрики, зависящей от расстояний изображающей до гиперплоскостей, соответствующих упомянутым

двусторонним ограничениям.

В рассматриваемом случае – случае синтеза структуры и алгоритмической реализации энергосберегающей системы управления процессами кормоприготовления (рисунки 1.8 и 1.10) – функциональная структура гиперплоскостей пространства переменных (рисунок 2.1) определяет пространство переменных (выходных величин объекта и его управляющих воздействий), а расчет вектора сдвига (вектора скорости изменения переменных) проводится с помощью метода ортогонализации градиентов ограничений равенств согласно процедуре Грамма-Шмидта [155, 164]. Указанная методика позволяет учитывать специфику структуры матрицы коэффициентов ограничений-равенств, за которые принимаются линеаризированные дифференциальные уравнения объекта в форме операторных по Лапласу передаточных функций.

Учитывая то обстоятельство, что практическая реализация кормоприготовительного комплекса в форме малогабаритной кормоприготовительной установки, может рассматриваться как объект, сводящийся к Марковскому типу, Нами ниже будут проводиться основные вычислительные операции в пространстве, размерность которого существенно меньше, чем пространство анализируемой модели, показанной на рис. 2.1. Для этих целей (целей существенного снижения размерности пространства переменных управления) используется комбинированная процедура ортогонализации векторов, являющаяся вариантом указанной процедуры Холецкого решения систем линейных уравнений с симметричной матрицей коэффициентов [151, 153]. Для разрешения такой задачи структура системы (рис. 2.1) представляется в форме дифференцированных моделей-подсистем, значительно упрощающих постановку задачи и принципа ее решения:

- 1) модель сквозного цикла гибкого производства;
- 2) моделирование системного инжиниринга;
- 3) моделирование сквозных алгоритмов управления;
- 4) структура библиотеки алгоритмов;
- 5) структура подсистемы поддержки решений;

Разрешению поставленной задачи способствует современная тенденция компьютеризации и гибкой автоматизации сельскохозяйственного производства при реализации интенсивных методов хозяйствования в рыночных условиях, при которых последовательно повышается организационная и технологическая гибкость процессов кормоприготовления



Рис 2.1. Функциональная структура гиперповерхностей ортогонализации градиентов ограничений – равенств кормоприготовительного комплекса

2.1.1. Разработка модели сквозного цикла гибкого производства

Включает в себя несколько основных этапов и соответствующим им подсистем: исследования, проектирование, конструирование, технической и технологической подготовки производства, изготовления, контроля, возможного складирования и распределения продукции.

Некоторые факторы системного характера, определяемые состоянием отечественной науки и техники, затрудняют решение вопросов реализации гибкого производства: большинство существующих систем являются опытно-экспериментальными; серийно выпускаются ограниченное количество фрагментов систем; неполная унификация изготавливаемого оборудования и недостаточно адаптивные к условиям Украины зарубежные комплекты; относительно большое количество комплектующих компонентов в аппаратурном исполнении, что затрудняет физическую интеграцию системы; недостаточная структурная гибкость интерфейса в программном математическом обеспечении; недостаточная функциональная полнота характеристик оборудования и аппаратуры управления; недостаточно высокая интегральная надёжность функционирования системы в условиях производства.

Главными направлениями разработок и опытно-экспериментальных разработок должны быть: разработка методов анализа и синтеза интегрированных систем обработки данных и информации различных уровней иерархии, создание интегрированных систем управления, обработки информации и поддержки решений, переход к системам автоматизированного инжиниринга, применение в управлении методов искусственного интеллекта адаптации и оптимизации.

Анализ аналогичных направлений в зарубежной практике свидетельствует о том, что создание сквозного цикла гибкого производства связана с новой постановкой задачи в сфере управления такими сложными системами производства и должно быть уделено внимание к проблеме перехода на новый уровень технического интеллекта управления [265, 295].

Комплекс задач и целей современной ICAM – системы технического интеллекта (Integrated Computer – Aided Manufacturing) гибкого производства, которая может быть адаптивной к условиям рыночной экономики Украины, показано в табл. 2.1.

Таблица 2.1-

Системные цели и задачи программ развития технического интеллекта энергоэффективного управления

Задачи оперативного приоритета локального уровня	Задачи системного приоритета	Цели задач приоритета

1) Системные исследования: - моделей и структуры систем и критериев; - методологии систем проектирования - системных интерфейсов ; - общей системной мониторинговой структуры 2) Разработка: - базы данных; - системы планирования производства - 3) Автоматизация технического проектирования 4) Практическая реализация разрабатываемых систем управления технологическими процессами 5) Применение алгоритмов и моделей адаптивного управления	1) Обоснование системного инжиниринга 2) Развитие систем управления производством 3) Построение систем интерфейсов САД/САМ 4) Создание новых и новейших систем управления и регулирования координат технологических процессов и производства 5) Разработка и использование на практике методов и новых моделей экстраполяции, идентификации и адаптивного управления - процессов обучения систем - управление от промышленных контроллеров диагностики и системного	1) Разработка метода анализа и синтеза интегрированных систем обработки информации 2) Создание: - интегрированных систем управления - систем поддержки решений 3) Переход к системе автоматизированного инжиниринга 4) Разработка системы модульного (блочного) проектирования и исследования сопутствующих процессов 5) Использование существующих моделей и законов искусственного интеллекта и разработка новых интеллектуальных систем оптимизации координат технологических процессов и производства
---	--	--

	обслуживания	
--	--------------	--

Реализация технического интеллекта в управлении циклами гибкого производства в настоящее время направлена на создание новых структур сквозного программного обеспечения и совершенствование аппаратных компонентов на основе высокопроизводительных ЭВМ.

2.1.2 Моделирование системного инжиниринга

При разработке высокоэффективных энерго-экономических систем технологии и систем управления необходима реализация автоматизированных подсистем проектирования, планирования, подготовки производства, как правило, на основе ЭВМ [164, 172, 240, 243, 244]. В человеко-машинных системах (в традиционном производстве) указанные функции существуют практически автономно, а их согласование осуществляет человек, как ЛПР, в соответствии с принятыми организационными процедурами (рис. 2.2).

Указанные процедуры сопровождаются процессами компьютерного инжиниринга, модель которого показана на рис. 2.3.

Лицо, принимающее решение (ЛПР), на основе информации об информационном анализе, допустимости коррекции задания и предпочтений решает вопросы реализуемости на основании математической модели, описывающей указанные процессы.

В данном случае формальное представление модели описывается кортежем $\langle J, E, T, Q, F \rangle$: E – вектор производительности рабочих этапов; j – номер рабочего этапа или операции; $EMBED$ Equation.3 – евклидово пространство размерности J ; E – вектор потоков требований (заявок) на выполнение продукции; i – номер этапа (операции); I – евклидово пространство размерности I ; F – производительность комплекса (производства); Q – совокупные энергетические ресурсы для реализации производительности производства; T – расписание функционирования производства. Вектор Q соответствует определенному технологическому решению при затратах Q (в т.ч. при их стоимости); F – вектор-функция; E – вектору соответствует определенному плановому решению при производительности F ; F – вектор-функция: $F(E, T, Q)$.

С плановым P и технологическим T решениями связано однозначно определенное множество расписаний R . Подсистема планирования имеет описание вида $R = \{R \in \Phi \mid \exists P, T \text{ такие, что } R \text{ является расписанием для } P \text{ и } T\}$; Φ – множество функций $R(P, T)$, где решается задача нахождения

по всем парам , : Ø. Здесь указанные задачи фактически являются задачами составления расписания, оптимального относительно некоторого критерия, что определяет взаимосвязь между подсистемами планирования и технологической подготовки.

В рассматриваемом случае в качестве технологических возмущений принимаются: усовершенствование и модернизация технологии оборудования, плановых заданий по объему, номенклатуре, срокам выполнения меню продукции и т.п., в т.ч. параметры энергоэкономической эффективности.



Рис. 2.2. Функциональная структура системной подготовки производства.

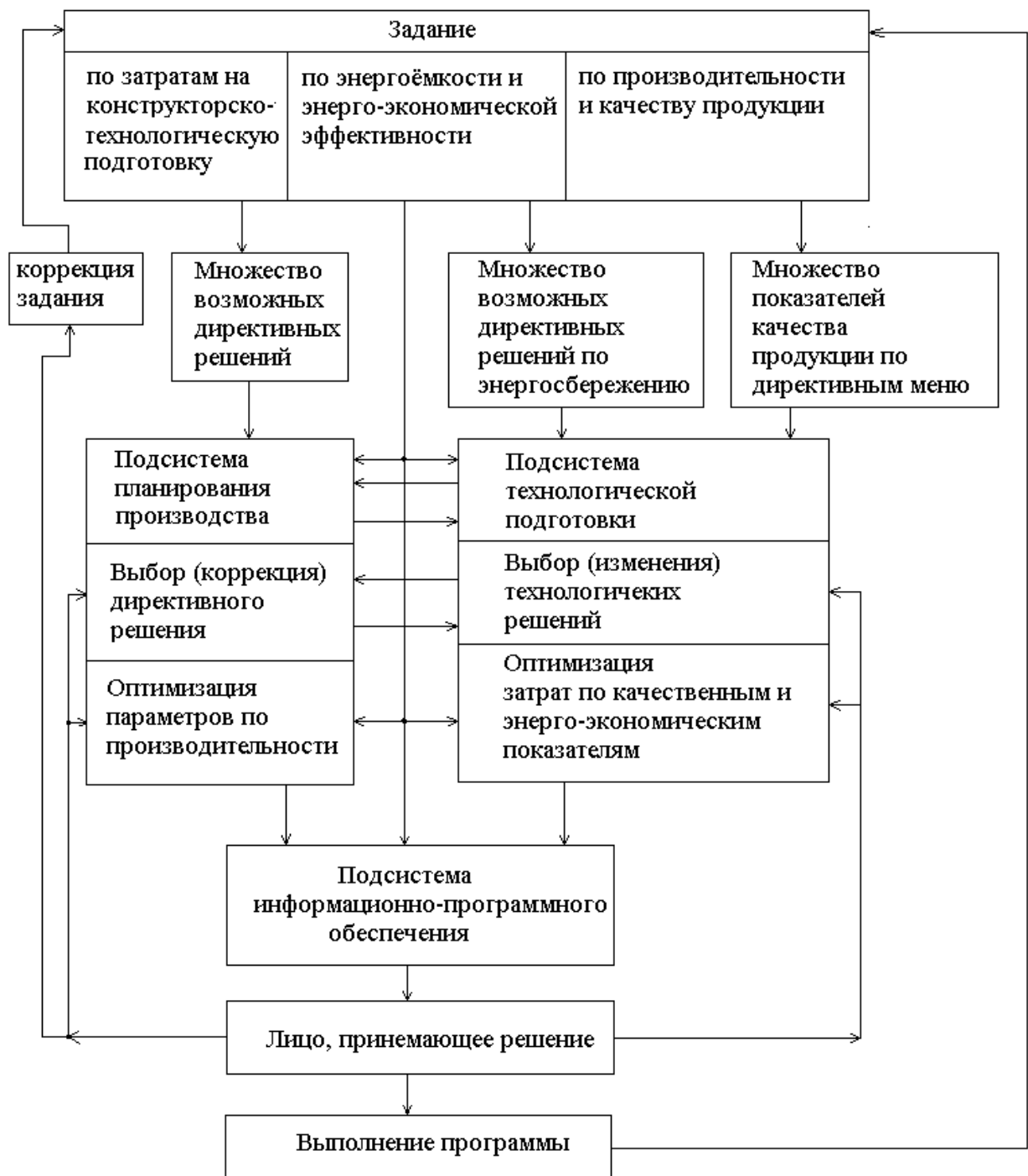


Рис. 2.3. Структура модели реализации функций инжиниринга.

2.1.3 Моделирование сквозных алгоритмов управления

Информация, полученная в системах проектирования, подготовки производства и планирования позволяет организовать непосредственное управление производственной системой. Однако, как правило, на первом этапе использования этих данных имеются разрозненные наборы алгоритмов управления отдельными комплексами (подсистемами). Сформировать сквозное алгоритмическое обеспечение, не прибегая к моделированию, можно лишь путем длительных и дорогостоящих экспериментов, обычно приводящих к

существенным переделкам аппаратуры и коррекции методов управления. Эффективным средством построения сквозного алгоритмического обеспечения является системное моделирование, позволяющее решать задачу в поливариантной постановке с учетом вариативных возможностей и внешних (возмущающих) условий на функционирование производственной системы. На основе рекомендаций [176, 282, 285, 303] такая модель должна включать в себя: библиотеку алгоритмов управления, модель вариации внешних условий, генераторы вариантов управления, аналитические или имитационные модели для формирования пространства оценочных функций, модели оценки вариантов управления.

Структура такой модели анализа и синтеза подсистемы сквозных алгоритмов управления показана на рис. 2.4. Функциональная структура (рис. 2.4) имеет иерархическую организацию и реализуется на основе декомпозиции сквозного управления на уровни: индивидуального управления, группового управления, управления заданиями (табл. 2.2). Индивидуальное управление рассматривается на локальном уровне, где в библиотеке имеются алгоритмы управления движением машинами, агрегатами и комплексами и временными последовательностями их работы.

Групповое управление обеспечивает связное функционирование локальных подсистем, при этом библиотеки алгоритмов соответствуют наборам стратегий координации работы однородной или разнородной техники в составе производственных комплексов.

Системы поддержки решений определяются как человеко-машинные системы. Проблема принятия решений в формальном виде характеризуется



Рис. 2.4. Функциональная структура анализа и синтеза моделей сквозных алгоритмов управления.

наличием множества альтернативных решений и множества критериев, по которым ЛПР оценивают варианты решения. Задача принятия решения заключается в выборе подмножества наилучших в некотором смысле решений либо в упорядочении вариантов решений. Системы поддержки решений определяются как человеко-машинные системы. Проблема принятия решений в формальном виде характеризуется наличием множества альтернативных решений и множества критериев, по которым ЛПР оценивают варианты решения. Задача принятия решения заключается в выборе подмножества наилучших в некотором смысле решений либо в упорядочении вариантов решений.

Таблица 2.2 –

Иерархическая структура организации системной модели управления производством

Иерархические уровни управления	Состав модели и структура производства		

	Библиотека алгоритмов группового управления	Генераторы вариантов управления	Уровни структуры производства
Управление заданиями	Библиотека алгоритмов управления заданиями	Планы, маршруты, технологические процессы	Технологический комплекс, цех, производство
Групповое управление	Библиотека алгоритмов группового управления	Стратегии управления, переключения программ, координация	Линии подготовки, загрузки, технологические линии
Индивидуальное управление	Библиотека алгоритмов индивидуального управления	Траектории движения материальных и энергетических потоков, временные последовательности технологических операций выполнения меню продукции	

Такие системы различаются видами используемой модели принятия решений, а также составом сервисного математического обеспечения (рис. 2.5), которое содержит: блоки управления моделью, управления данными и управления диалогом с ЛПП.

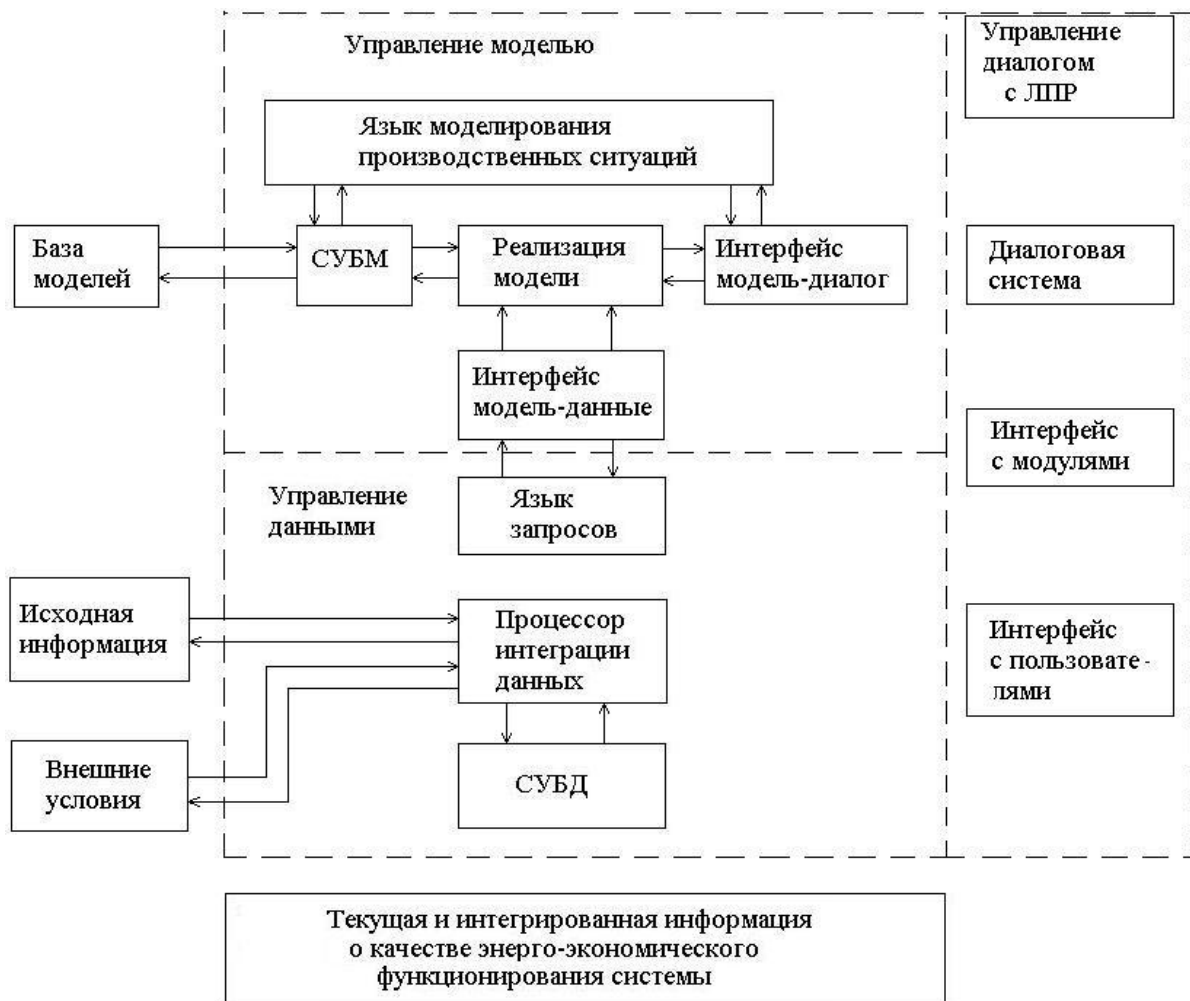


Рис. 2.5. Функциональная структура системы поддержки принятия решений.

Данные в системе поддержки решений хранятся в форме исходной информации об альтернативных способах решения прикладных задач, таблиц «критерии - альтернативы», таблиц «методы решения – прикладные задачи» и составляют основу реляционной базы данных.

Последовательность этапов при обращении пользователя к системе реализуются по следующей схеме: 1) выбор прикладной задачи решений; 2) выбор метода принятия решений; 3) выбор подмножества рассматриваемых альтернатив; 4) выбор подмножества критериев; 5) запрос данных; 6) запуск алгоритма принятия решений в соответствии с назначенным методом.

Этапы 1,3,4 осуществляются ЛПР, этап 2 осуществляется ЛПР или системой управления базой моделей (прикладная задача может решаться одним или несколькими методами). Этап 5 реализуется в блоке управления данными с использованием языка запросов, процессора общей картины и системой управления базой данных. Этап 6 осуществляется в блоке управления моделью модулем «Реализация модели». Архитектуру системы дополняют локальные базы данных по промежуточным и конечным текущим данным (альтернативы критерии), а также база моделей.

2.1.4 Синтез структуры библиотеки алгоритмов

Библиотеки алгоритмов размещаются в базе данных подсистемы моделирования и включают три библиотеки: индивидуального, группового и управления заданиями (табл. 2.3), управления заданиями.

Библиотека алгоритмов индивидуального управления агрегатами включает алгоритмы построения программных траекторий, алгоритмы стабилизации программных траекторий.

Библиотека алгоритмов группового управления комплексами и транспортной системой включают различные стратегии выполнения требований качества компонентов меню, алгоритмы планирования траекторий и алгоритмы формирования стратегий переключения алгоритмов (изменения меню).

Библиотека алгоритмов управления заданиями включает алгоритмы оперативного планирования и управления. Выбор алгоритмов управления заданиями из библиотек и их анализ осуществляется в системе поддержки решений, где проводится выбор необходимого комплекса алгоритмов решения задачи.

Таблица 2.3 –

Структура библиотеки системного инжинирингово синтеза и планирования алгоритмов управления

Уровни управления	Состав библиотеки алгоритмов и методология решения задач энергоэффективного управления						
	Обратные задачи кинематики	Синтез программной траектории	Законы стабилизации программной траектории	Законы стратегии уклонения	Планирование траекторий	Стратегия переключения траекторий	Алгоритмы планирования и управления
Индивидуальное управление подсистемами	Линеаризованные методы: - декомпозиция, - независимая декомпозиция, - по приращениям, - последовательное приближение	Интерполяционный полином. Сплайн-функции	Оптимальная по параметрам экстраполяция и стабилизация программной траектории	-	Глобальное планирование: оптимизационные и поисковые методы. Локальное планирование: моделирование силовой подсистемы и тестовый метод	-	-

Продолжение таблицы 2.3

Системное управление	-	-	-	Полная блокировка области пересечения траекторий неэффективности. Приоритетная блокировка областей пересечения траекторий. Отсутствие блокировки областей пересечения траекторий	Глобальное планирование: оптимизационные и поисковые методы; методы пространства состояний. Локальное планирование траекторий динамики функционирования подсистемы: иерархическое управление, моделирование и тестовый метод	Эквивалентные переключения траекторий управления. Толерантные переключения траекторий контроля качества меню и энергоэффективности	-
Управление заданиями	-	-	-	-	-	-	Составление расписания. Управление запасами.

2.1.5 Разработка структуры подсистемы поддержки решений

Система обеспечивает выбор комплекса алгоритмов решения задач индивидуального и группового управления из соответствующих библиотек и формирует сквозной алгоритм управления. В начале диалога оператор (ЛПР) сообщает различные сведения о задаче: тип, число комплексов и вспомогательных агрегатов, последовательность технологических операций для конкурентного меню, критерии ограничения для решения оптимизационных задач.

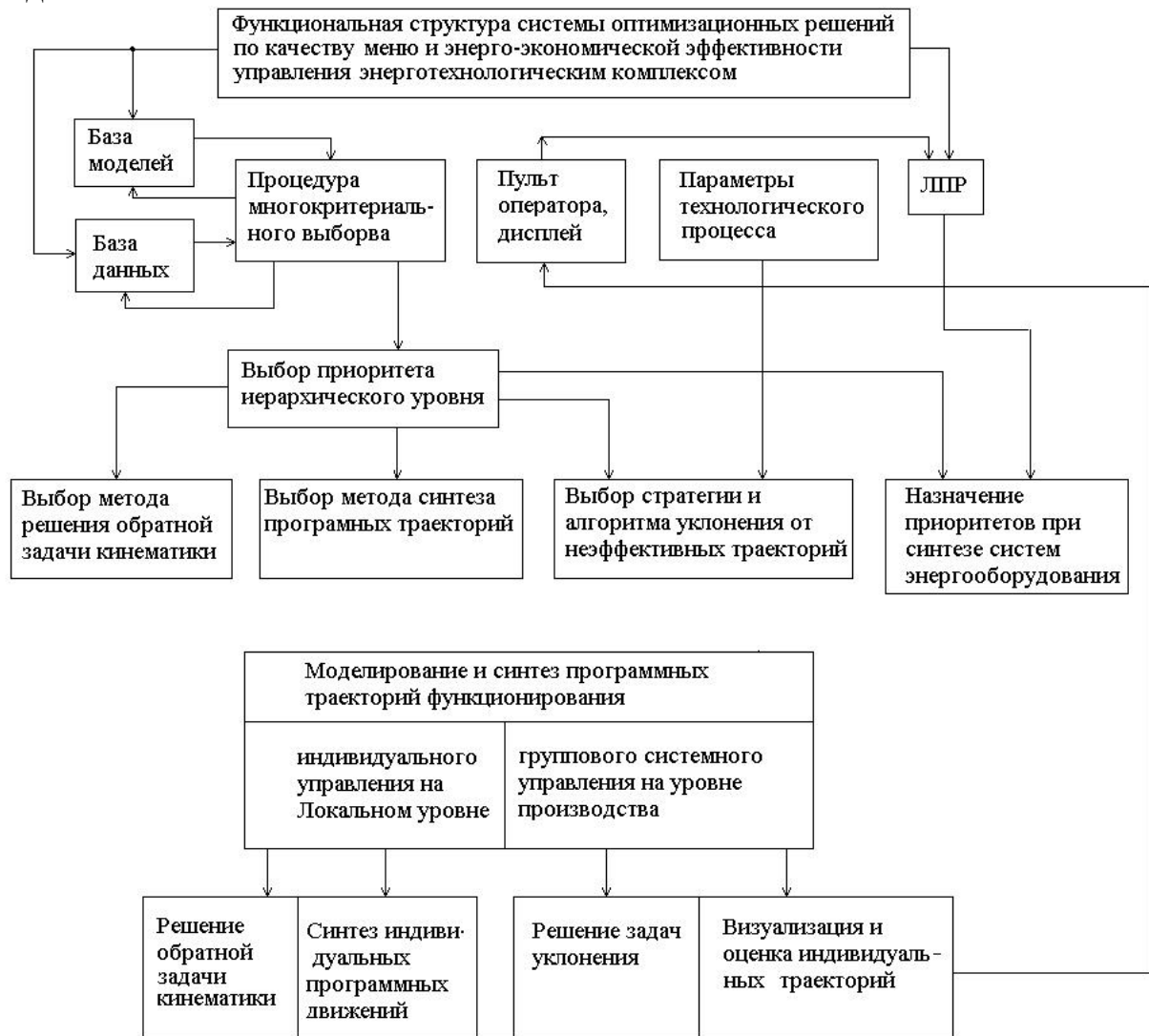


Рис. 2.6. Структура выбора алгоритмов энергоэффективного управления.

Результаты моделирования предъявляются ЛПР в виде значений полученных показателей технологического процесса, а также в виде комплексных оценок качества управления.

С процесса выбора и моделирования сквозного алгоритма управления технологическим процессом показано на рис. 2.6. Сквозной алгоритм управления включает в себя:

- 1) стратегию исключения некачественного функционирования системы при прогнозируемых возмущениях;
- 2) алгоритм решения обратной задачи кинематики;
- 3) алгоритм построения программной траектории на основе обратной задачи кинематики.

Решение задач при моделировании осуществляется в указанной последовательности. Исходной информацией для их решения служат назначенные ЛПР приоритеты работы комплексов и желаемые траектории транспортных средств.

2.2 Разработка интегрированных математических моделей описания объекта

1) Для рассматриваемого объекта (рис. 2.1) обобщенная модель дискретного типа будет иметь вид

EMBED Equation.3

(2.1)

- где
- матрица параметров объекта;
 - матрица параметров управления;
 - вектор управляемых координат;
 - вектор управляющих координат (величин);
 - оператор сдвига;
 - число тактов управления,

при этом для дальнейшего анализа принято, что размерность вектора управляющих воздействий равна размерности вектора регулируемых величин. На указанные величины накладываются двусторонние ограничения

EMBED Equation.3

(2.2)

где ставится задача нахождения такой последовательности управляющих воздействий, которая доставляет минимум некоторому критерию качества функционирования системы (в рассматриваемом случае это интегральный критерий энергоэффективности)

(2.3)

при заданном векторе начальных условий объекта. При соответствующих обозначениях [15, 46, 92] данная задача записывается в виде эквивалентной задачи математического программирования: найти

EMBED Equation.3

(2.4)

где

EMBED Equation.3

(2.5)

(2.6)

EMBED Equation.3

(2.7)

т.е. сложность алгоритма расчета параметров оптимального управления объектом (2.1) определяется функциональной сложностью решения задачи математического программирования (2.4 – 2.7).

В данном случае искомый вектор определяется с помощью рекуррентной процедуры [109, 116, 180]

:

EMBED Equation.3

(

2.8)

где Δt – шаг процедуры; k – номер итерации, а смысл и размерность введенных вектора переменных $\mathbf{x}_k$ и вектора сдвига $\mathbf{d}_k$ обусловлены формой задачи (2.4 – 2.7). Вектор сдвига является общим решением неопределенной системы линеаризованных алгебраических уравнений:

EMBED Equation.3

(2.9)

(2.10)

где $\mathbf{J}$ – якобиан ограничений-равенств;

$\mathbf{g}$ – вектор градиента оптимизируемой функции,

при этом α – шаг. Данный вектор принят равным взвешенной сумме двух векторов – стабилизирующего вектора и вектора ортогональной проекции градиента минимизируемой функции

(2.11)

где параметр α выбирается так, чтобы обеспечить устойчивое движение к допустимой области при одновременном достижении точки экстремума и эти векторы должны удовлетворять условиям:

(2.12)

(2.13)

Векторы $\mathbf{d}_k$ – соответствующие решения уравнения (2.9) в неевклидовой метрике, определяемой диагональной матрицей $[R]$, при чем величины элементов этой матрицы зависят от положения изображающей точки относительно двусторонних ограничений:

(2.14)

Разности векторов сдвига в принятой неевклидовой и евклидовой метриках являются коэффициентами притяжения ограничений-неравенств, равные разности множителей Лагранжа ограничений, соответствующих нижней и верхней границ допустимого изменения переменных [153, 170]:

$$(2.15)$$

$$(2.16)$$

Возможность такого простого вычисления указанных величин является принципиальной особенностью рассматриваемого метода, которая позволяет эффективно учитывать активность ограничений неравенств при движении к экстремуму оптимизируемой функции.

2) Следует отметить некоторые особенности алгоритма расчета вектора сдвига. В данном случае стабилизирующая и проективная составляющие вектора сдвига в неевклидовой метрике задаются в форме

$$; \quad ; \quad , \quad (2.17)$$

т.к. функции исходных градиентов ограничений-равенств линейные. Необходимые значения множителей Лагранжа – весовых коэффициентов указанных выше градиентов являются решениями систем уравнений с симметричной матрицей коэффициентов, но с различными правыми частями:

$$(2.18)$$

Решение (2.18) в соответствии с [153, 222] проводится на основе преобразования их в системы уравнений с верхней треугольной матрицей коэффициентов

$$(2.19)$$

Элементы матрицы коэффициентов этих уравнений вычисляются с помощью процедуры:

$$(2.20)$$

$$.3$$

$$(2.21)$$

$$.3$$

$$(2.22)$$

а их правые части вычисляются с помощью процедуры

$$(2.23)$$

где при определении стабилизирующего вектора, а величина

- вектора проекции градиента. Координатные составляющие

искомого вектора решения, обозначенного далее как $\mathbf{y}$, вычисляются начиная с последней по нумерации составляющей при помощи процедуры:

$$(2.24)$$

$$(2.25)$$

Отличие процедур (2.20) и (2.24) заключается [277, 283, 284] в

формальном отсутствии величин $\mathbf{G}$ - коэффициентов ортогонализации Грамма-Шмидта, что позволяет уменьшить число вычислительных операций и не вводить новых переменных, хотя количество вычислений несколько увеличивается.

3) Учет структуры ограничений-равенств как уравнений динамики управляемого процесса. В данном случае главная вычислительная часть рассматриваемого алгоритма оптимизации-решения системы уравнений (2.20), которое надо проводить на каждой итерации рекуррентной процедуры (2.10). Для реализации этого решения необходимо сформулировать матрицу коэффициентов уравнений (2.18) – матрицу Грамма векторов коэффициентов исходной недоопределенной системы уравнений (2.9), обусловленной уравнениями объекта (2.1). Учет структуры ограничений сводится к исключению из алгоритма преобразований, связанных с указанными элементами. Из рассматриваемой матрицы достаточно выделить только ненулевые элементы и в этом случае требуемая матрица коэффициентов представляется в виде функционально и структурно идентичных блоков размерности $n \times n$, число которых должно быть равно числу тактов управления T , где каждый блок содержит две матрицы

$$\mathbf{G}_j, \mathbf{H}_j \quad (2.26)$$

где матрица $\mathbf{G}_j$ - матрица Грама, т.е. скалярных произведений векторов коэффициентов уравнения объекта, сформированная для одного такта управления. С учетом принятой неевклидовой метрики, а также уравнения:

$$(2.27)$$

$$(2.28)$$

Матрица $\mathbf{G}_j$ - матрица скалярных произведений векторов коэффициентов уравнения объекта (2.1), записанного для j -го такта, и векторов коэффициентов этого же уравнения, записанного для $(j+1)$ -го такта

$$(2.29)$$

Здесь на каждом блоке преобразуется по алгоритму (2.20), а правые части уравнений (2.18) – по алгоритму вида (2.23), после чего с помощью уравнений (2.24) вычисляются множители Лагранжа ограничений-равенств, а с помощью выражений (2.17) и (2.13) – искомые векторы сдвига для всех переменных. Данный подход позволяет решить задачу расчета оптимального управления динамическими дискретными объектами при значительном числе тактов управления, что является обычно ограничивающим условием с вычислительной точки зрения. В качестве существенного достоинства данного алгоритма следует отметить, что для окончательного формирования вектора сдвига используется исходная разреженная матрица коэффициентов, т.е. не используется процедура замены в процессе алгоритмических преобразований нулевых элементов на ненулевые, характерная для известных методов оптимизации, при этом значительно уменьшается количество итераций для получения решения по алгоритму проекционно-градиентного метода оптимизации, описываемого выражениями (2.8)-(2.15), что способствует упрощению алгоритмического и программного обеспечения задач оптимального оперативного управления динамическими объектами.

2.3. Общетеоретические аспекты математического описания процессов тепломассопереноса

При построении систем управления массопереносом, в т.ч. теплофизикотехническими процессами, при системных предположениях, позволяющих использовать аппарат функций Грина, наиболее эффективной является методика описания подобных процессов в виде интегро-разностных уравнений.

Нами, посредством замены определенного интеграла конечной суммой, разрабатывается приближенная аппроксимационная модель в виде системы линейных разностных уравнений.

Такой методологический подход использует для описания объекта (технологического процесса) управления теорию систем с сосредоточенными параметрами [3, 53]. Ниже энергетические процессы при известных допущениях описываются системой обыкновенных линеаризованных и нелинеаризованных дифференциальных уравнений, системной основой построения которых учитываются процессы распределения энергетических, в т.ч. теплотехнических в силу различных теплопроводностей, потоков различной физической природы.

Рассматриваемые потоки в первом приближении представляются в форме приближенной цилиндрической модели с радиусами R_1 и R_2 . На основании такого аналитического подхода строится соответствующая математическая модель для целей синтеза закона управления.

1) Математическое обобщенное уравнение процесса. При движении такого потока компонент меню комбикорма, как указанного физического тела, в нем создается энергетическое нестационарное скалярное (при указанных допущениях) поле, которое в соответствии с [54] описывается однородным дифференциальным уравнением следующего вида

(2.30)

где Φ – энергетический параметр, зависящий от пространственной координаты x и времени t ; α – коэффициент

температуропроводности; λ – коэффициент теплопроводности, ρ – удельная плотность материала, c – удельная теплоемкость.

В данном случае краевые условия принимаются в виде линеаризованных уравнений:

1)

2)

3)

4) (2.31)

где q_0 – плотность энергетического потока; α_1 – коэффициенты обмена внутреннего потока q_1 и внешнего q_2 .

2) В системе (2.31) принята непрерывная и ограниченная функция $\Phi(x, t)$, описывающая распределение энергии по пространственной координаты в момент времени t (условие Коши). В граничных условиях (2 и 3) уравнения (2.31) использован закон Ньютона-Рихмана, описывающий процесс энергообмена между поверхностями.

В дальнейшем принимается, что управление процессами массопередачи компонент меню комбикорма производится с помощью управляющего микроконтроллера, поэтому процесс управления будет дискретным, т.е. управляющие воздействия изменяются только в моменты времени nT (T – длительность временной дискретности такта управления, n – его порядковый номер).

В этом случае

(2.32)

Также предполагается, что

(2.33)

3) Целью проводимых исследований является получение математической модели процесса переноса в виде разностных уравнений, связывающих значения энергетического поля в момент времени t , т.е.

$\Phi(x, t)$, значения управляющего воздействия на интервале времени Δt

и значения параметров поля в момент времени t . В

этом случае решается краевая задача (2.30), (2.31) при $\Phi(x, 0) = \Phi_0(x)$;

EMBED Equation.3

4) При введении относительных координат вида

(2.34)

будем иметь уравнение (2.30) и краевые условия(2.31) в преобразованной форме:

(2.35)

1)

2)

3)

(2.36)

где

Используя общее решение [8, 47] задачи (2.30), (2.31), для рассматриваемого случая будем иметь:

(2.37)

где

- импульсная переходная функция (функция Грина),

которая в данном случае зависит только от разности т.е.

характеризует стационарный блок; - стандартизирующая функция.

5) Согласно [38, 47] для рассматриваемой задачи имеем:

(2.38)

(2.39)

где

- положительные корни

уравнения вида

расположенные в порядке возрастания;
37].

- функции Бесселя [8, 23,

При подстановке выражения из (2.39) в (2.37) будем иметь

(2.40)

где член равен:

(2.41)

6) Решение полученного интегроразностного уравнения (2.40) с вычислительной точки зрения вызывает значительные трудности при их использовании конкретных задач управления, поэтому целесообразно на его основе построить приближенную аппроксимационную модель в виде конечной системы разностных уравнений при принятом условии, что рассматриваемый процесс является системой с сосредоточенными параметрами.

При замене интеграла (2.40) конечной суммой будем иметь

(2.42)

где - узлы интерполирования (интерполяции – точки дискретизации по пространственной координате r); - коэффициенты, зависящие от вида применяемой для приближенного вычисления определенного интеграла математического выражения; - число дискрет, на которые разбивается отрезок .

7) Значения дискрет энергетического потока в узлах интерполяции согласно (2.40)-(2.42) вычисляются по соотношению, определяемого по (2.38), (2.39) в соответствии с [43]

(2.43)

При обозначении тогда (2.43) будет иметь вид:

(2.44)

Соотношение (2.44) является системой разностных уравнений, связывающих значения энергетического поля в точках дискретизации по пространственной координате $\{r\}$ в моменты времени $t=nT$ и $t=(n+1)T$ с учетом дискретного управления q_n .

8) В векторно-матричном виде (2.44) записывается в следующем виде

(2.45)

где координаты равны .

**i -го вида сырья в смеси; X_i -
количество вводимого сырья
в измельченную смесь, %.**

(2.34) имеем:

(2.46)

(2.47)

й случай

2, т.е. взяты два узла

онирования системы

учитывая имеющуюся устойчивую тенденцию перехода реформированного сельскохозяйственного сектора АПК на производство комбикормов в условиях хозяйств по исполнительным рецептам с широким использованием местной сырьевой базы и покупных добавок и премиксов, промышленностью многих стран налажен выпуск малогабаритных комбикормовых агрегатов производительностью 2-5 т/ч. Но большинство этих агрегатов, как из-за несовершенства технологических схем, так и недостаточный уровень автоматизации, не позволяют получать комбикорма необходимого ассортимента и качества. Поэтому является целесообразным синтез специальных критериев управления такими технологическими процессами, причем следует учитывать как все подготовительные стадии, так и режимы работы электрооборудования при реализации процесса.

Как показали последние исследования в области разработки оптимальных систем управления поточными технологическими линиями [26, 31, 32, 112, 128, 175, 207, 211, 251, 252, 255, 257, 272, 280], для производства комбикормов, в качестве критериев приняты показатели отдельных стадий подготовки и реализации процесса, таких как: оптимизация состава рецептов комбикормов, выбор типа малогабаритной комбикормовой установки (МКУ), оценка некоторых качественных показателей комбикормов и ингредиентов и т.д. Но в приведенных работах отсутствующий комплексный подход к оптимизации показателей и режимов всего процесса в целом, методика построения чего и рассматривается в данной работе.

В частности здесь имеет место реализация комплексного критериального подхода к обоснованию и анализу связанных между собою критериев всей последовательности операций технологического процесса производства комбикормов в условиях хозяйств и синтез некоторого обобщенного векторного критерия функционирования автоматизированного технологического комплекса.

Таким образом, при отладке производства комбикормов в условиях хозяйств первоочередной задачей является правильный выбор типа малогабаритной комбикормовой установки, характеристика, состав и режимы функционирования технологического и электросилового оборудования которой предусматривали бы не только выполнение стандартного перечня операций производства комбикормов, но и обеспечивали бы получение требуемых объемов качественной продукции при рациональном использовании энергетических ресурсов.

Рис. 2.7. Блок-схема реализации обобщенного критерия оптимизации.

А с учетом того, что в общем случае технологический процесс производства комбикормов представляет собой многомерный объект управления с большим количеством последовательных звеньев при выполнении операций организационного, подготовительного и технологического характера, то в качестве обобщенного критерия его оптимизации, может быть принят некоторый векторный преобразователь информации, принцип формирования и реализации варианта которого показан на рис. 2.7 [60, 63].

Данная схема отражает функциональные взаимосвязи элементов системы на основе допустимых значений компонентов рецептов комбикормов [126, 130], показанных в табл. 2.4. Важнейшим параметром, характеризующим качество комбикормов является содержание зерна [126, 278], показанное в табл. 1.1 (разд. 1).

Таблица 2.4 –
Нумерация рецептов комбикормов

Вид животных и птицы	Границы номеров для определенного вида
Куры	1 – 9
Индейки	10 -19
Утки	20 -29
Гуси	30 -39
Иная птица	40 – 49

Свиньи	50 -59
Крупный рогатый скот	60 – 69
Кони	70 – 79
Овцы	80 – 89
Кроли и нутрии	90 – 99
Меховые звери	100 – 109
Рыбы	110 – 119
Продуцент на лабораторных животных	120 - 129

Вариации содержания компонент меню комбикормов при разработке системы показаны в табл. 2.5.

Таблица 2.5–

Изменение содержания компонент меню комбикорма по определенному рецепту

Вид корма	мин, %	макс, %
добавки	1,0	7,0
кукуруза	0,0	38,0
пшеница	25,0	40,0
ячмень	0,0	0,0
овес	25,0	33,0
рожь	0,0	0,0
сорго	10,0	35,0
просо	0,0	0,0
горох	0,0	10,0
соя	0,0	0,0
люпин	0,0	0,0

Эти факторы определяют системные цели и структурные связи задач реализации, принятие решений и основных оптимизационных функций управления кормопроизводством, рассмотренные в разделе 3 и направлены на выполнение директивных норм качества комбикорма: перевариваемости (табл. 2.6), где значения коэффициентов K_1 , K_2 и K_3 соответственно означают:

K_1 - влажности (табл. 2.7); K_2 - размолоспособности (табл. 2.8); K_3 - энергоёмкости (табл. 2.9) [63].

Таблица 2.6–

Коэффициент перевариваемости компонент комбикорма

Корма	Органически е вещества	Сырой протеин	Сырой жир	Сырая клетчатка	Безазотисты е вещества
Ячмень	86	72	80	30	93
Овес	72	80	79	26	77
	61	74	50	48	60

Сено люцерны					
Сено луговое	63	61	40	60	68
Солома овсяная	48	30	40	55	47
Картофель	80	45	0	0	85

Таблица 2.7 –
Коэффициент влажности компонент меню комбикорма

Вид культуры	Аппроксимирующие уравнения	
	$M < 13\%$	$M > 13\%$
ячмень	$K3 = 2,3 - 0,1M$	$K3 = 1,825 - 0,0625M$
пшеница	$K3 = 1,8775 - 0,0675M$	$K3 = 2,2675 - 0,975M$
рожь	$K3 = 2,1375 - 0,0875M$	$K3 = 2,5925 - 0,1225M$
овес	$K3 = 2,1375 - 0,0875M$	$K3 = 2,17 - 0,09M$
кукуруза	$K3 = 1,65 - 0,05M$	$K3 = 1,65 - 0,05M$
горох	$K3 = 1,195 - 0,015M$	$K3 = 2,5925 - 0,1225M$

Таблица 2.8 –
Коэффициент размолоспособности компонент меню комбикорма

Вид культуры	K1	Вид культуры	K1
ячмень	1,0	овес	0,7
пшеница	1,3	кукуруза	1,5
рожь	1,4	горох	1,5

Таблица 2.9 –
Коэффициент энергоемкости компонент меню комбикорма

Вид культуры	Аппроксимирующие уравнения
ячмень	$K2 = 0,3326 \exp(0.367d)$
пшеница	$K2 = 0.2625 \exp(0.4458d)$
рожь	$K2 = 0.2625 \exp(0.4458d)$
овес	$K2 = 0.1896 \exp(0.5543d)$
кукуруза	$K2 = 0.5857 \exp(0.1783d)$
горох	$K2 = 0.518 \exp(0.2193d)$

На стадии разработки структуры регулирующей подсистемы и оценки ее динамического качества на основе количественных характеристик элементов энерготехнологического комплекса, ниже, в разделе 4, используется методика синтеза обобщенной структуры системы.

Решению этой проблемы должно предшествовать довольно тщательное прогнозирование экономических аспектов развития, как самого хозяйства,

так и ситуации на рынке соответствующей отрасли сельскохозяйственного производства, что на рис. 2.7 отображено блоками 1-3.

Относительно выбора типа базовой МКУ (блок 4), то является очевидным, что для сравнения различных вариантов систем управления, т.е. оптимизации функционирования автоматизированного технологического комплекса (АТК), необходимы весьма определенные количественные критерии. В качестве показателя эффективности АТК производства комбикормов можно использовать вероятность появления какого-то события, или математическое ожидание некоторого параметра, в частности одного из технологических показателей, а именно:

- количество и качество выпускаемой продукции ;
- себестоимость продукции;
- производительность труда;
- удельные затраты сырья и энергии;
- рентабельность и др.

Следовательно, задача выбора оптимального варианта АТК для производства комбикормов может быть формализована. Математическое ожидание значения K некоторого функционала качества АТК (одного из вышеперечисленных показателей) запишем в виде [278]

$$M\{K\} = K_0 \pm M\{\Delta K_0\}, \quad (2.48)$$

где K_0 - функционал качества идеального гипотетического АТК, имеющего нулевую стоимость и не требующего затрат на эксплуатацию;

ΔK_0 - затраты на создание АТК с учетом его реальных условий и результатов функционирования, со знаком перед математическим ожиданием, зависящим от конкретного функционала качества.

Выражение (2.48) может быть использовано для оценки эффективности вариантов технологического объекта (ТО) и системы управления (СУ), а также создания оптимального варианта АСУТП МКУ и АТК в целом, которое обеспечивало бы выполнение условия [278]:

$$M\{\Delta K_0\} \rightarrow \min, \text{ или}$$

$$M\{\Delta K_0\} \rightarrow \max, \quad (2.49)$$

в зависимости от физического содержания параметра K .

В зависимости от полученных результатов, пользователь выбирает МКУ с соответствующими характеристиками и конфигурацией, тем более, что для производства комбикормов в условиях хозяйств, многими странами разработаны и выпускаются разнообразные малогабаритные комбикормовые установки и агрегаты производительностью 2-5 т/ч., представленные в табл. 1.2. такие как: ОКЦ-4, КМЗ-2, Фермер (Россия) УМК-Ф-2, АКМ-1, БМКА-1-01 (Украина), К-Н-5-1 (Беларусь), Мишко «Супрол», ИБМЕР (Польша), AFM 993 Q (Германия), МХ-170 («Гейл» США) и многие другие.

В принципе справедливо утверждать, что процесс производства комбикорма можно разделить на два основных этапа: дозирование компонентов и их смешивание. Точность дозирования определяет правильность соотношения компонентов

соответственно избранному рецепту. Процесс же смешивания происходит по мере измельчения в дробилке и транспортирования в шнеках, которые представлены в виде модели поагрегатного смешивания, показанной на рис. 2.8 [278].

Рис. 2.8. Модель поагрегатного смешивания компонентов комбикормов.

Уравнения, которые описывает процесс смешивания для любого из агрегатов, которые входят в ПТЛ имеет вид [278]

$$, \quad (2.50)$$

где V - объем зоны смешивания; v - скорость потока, который поступает в зону смешивания; ρ_1, ρ_2 - однородность материала соответственно на входе и выходе зоны смешивания.

С учетом того, что основным параметром, который характеризует процесс смешивания, есть однородность смеси, то автоматический контроль данного параметра в потоке прямым или косвенным (через плотность) средством разрешит принимать решение о включении в структуру технологической линии дополнительных смесителей с целью достижения необходимого качества комбикорма.

Необходимость введения в состав комбикормовой линии операции обеззараживания вызвана тем, что из-за наличия естественных вредителей, болезней растений, неправильного длительного хранения зерновых компонентов, зараженность комбикормов часто бывает завышенной и их скармливание приводит к заболеванию животных [181].

В случае синтезированной УМКУ предлагается объединение этих двух технологических операций, применив установку СВЧ-обеззараживания комбикорма в так называемом псевдоожиженном слое [51, 57, 158]. Суть метода псевдоожижения состоит в том, что если через слой комбикорма на править восходящий поток оживающего агента, например, воздуха, то это слой расширяется и наступает такой режим, при котором частицы переходят в взвешенное состояние, при котором комбикорм приобретает свойства жидкости и, под действием гидростатического давления, становится текучим. При дальнейшем повышении давления агента наступает барботаж воздушных пузырей и возникает "кипение", то есть интенсивное перемешивание частиц комбикорма. Кроме того, если воздух направить в прослойку комбикорма под углом 15-30°, то это позволит наряду с псевдоожижением материала, также перемещать его по опорной плоскости, то есть транспортировать.

Таким образом, предложенная обобщенная структура МКУ, которая включает практически все преимущества существующих малогабаритных агрегатов и свободна от большинства их недостатков, дает возможность проанализировать качественные показатели систем автоматизации данного класса машин. При постановке конкретной задачи (блок б) на производство комбикорма определенного вида и объема, считают, что входной величиной данного блока преобразования является общий исходный параметр системы -

надой молока F , который зависит от выбора оптимального состава и качества кормов, а именно - процентного содержания компонентов (x_1 - x_n) сбалансированности по всем составным питательности ($q_{орг}$, $q_{сп}$ $q_{сж}$ $q_{ск}$ $q_{бв}$), а именно: органическим веществам, сырому протеину, сырому жиру и т.д. Поэтому, учитывая относительную сложность постановки и решение задачи оптимизации исполнительных рецептов комбикормов, реализацию данного алгоритма целесообразно выполнять с применением специальных методов математического моделирования, одним из наиболее распространенным из которых есть симплекс-метод.

В результате реализации компьютерной программы составлен оптимальный план в виде соответствующей итоговой симплекс-таблицы. Такой подбор ингредиентов действительно удовлетворяет зоотехническим требованиям относительно питательности комбикорма, причем количество каждого ингредиента взят с учетом его наличия, а стоимость комбикорма при этом есть минимальна.

Таким образом, компьютерная оптимизация исполнительных рецептов комбикормов разрешит:

- обеспечивать бесперебойный ритм работы линии приготовления комбикормов;
- вырабатывать комбикорма с учетом фактических показателей питательности и стоимости сырья и готовой продукции;
- предупреждать перерасхода одних видов сырья и образования излишков других.

Следующим этапом реализации обобщенного критерия (рис. 1, блок 8) является расчет фактической производительности технологической линии производства комбикормов при реализации избранного рецепта. Для этого используются соответствующие математические модели [60, 63], которые отображают как количественный состав ингредиентов, которые входят в принятый для реализации рецепт, так и их физико-механические характеристики, которые учитываются соответствующими коэффициентами (блок 3). Здесь, как уже было указано, через Q обозначена паспортная

производительность дробилки, x_i - количество компонента, который вводится в смесь, а коэффициенты K_{1i} , K_{2i} , K_{3i} отображают соответственно параметры размоиспособности, энергоемкости и влажности i -го вида сырья в смеси и находятся по приведенным выше моделям. Определив расчетную производительность линии, а также зная необходимый объем комбикорма, можно вычислить энергетические показатели оптимизируемого процесса. Затем, соответственно принятому к выполнению рецепту комбикорма, осуществляется дозирование ингредиентов (блок 12) посредством настройки соответствующих дозаторов (блок 5).

Рецепторная часть системы отображенная блоком 13, где с помощью соответствующих измерительных преобразователей контролируются основные параметры, которые определяют качественные показатели технологического процесса. Следует отметить, что в результате контроля уровня

зараженности комбикорма на выходе из дробилки (при превышении значения этого показателя), включается (как вариант) система СВЧ-обеззараживания, которая конструктивно входит в состав смесителя

Режим энергосбережения технологического процесса обеспечивает соответствующий критерий, который базируется на использовании метода удельных затрат, а также на определении и автоматическом поддержании материального баланса между входом и выходом дробилки, что исключает дополнительные затраты энергии на создание и кольцевое перемещение избыточного количества зернового материала в дробильной камере.

Таким образом, приведенные в работе критерии функционирования автоматизированного технологического комплекса из производства комбикормов в условиях хозяйств позволяют оптимизировать все стадии технологического процесса как с учетом требований к запланированной и фактической производительности животных, так и с пошаговым анализом всех подготовительных и основных этапов его реализации.

Выводы по разделу 2.

1. Формализована модель системного инжиниринга с определением заданий по затратам на конструкторско-технологическую подготовку и по производительности и качеству продукции, а также подсистем планирования производства, технологической подготовки и информационно-программного обеспечения.
2. Получены интегрированные математические модели описания объекта на основе структуры поддержки решений, цикла гибкого производства, библиотеки алгоритмов и сквозных алгоритмов управления.
3. Обоснован выбор обобщенного векторного критерия качества функционирования АТК, учитывающего стадии прогнозирования стратегии экономического развития хозяйства, выбора или синтеза оптимальной функциональной структуры МКУ, составления и реализации исполнительного рецепта, что обеспечивает требуемые качественные и энергетические показатели работы электротехнических комплексов по производству комбикормов в АПК.

РАЗДЕЛ 3

РАЗРАБОТКА МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ СОЗДАНИЯ АТК ПРОИЗВОДСТВА КОМБИКОРМОВ В АПК

3.1 Разработка общих математических методов синтеза параметров адаптивной системы управления кормоприготовлением

Исходя из основных системометодологических положений [75], сущности системного подхода к оптимизации управленческих функций и операций следует системно учитывать факторы функционального взаимодействия технологических, экономических и организационных процессов и мероприятий по обеспечению и производству продукции на основе принятых критериев эффективности.

Основной системной особенностью каждой подсистемы и системы является наличие количественных и качественных показателей и параметров, не являющихся суммой качеств составляющих ее элементов, где элементы

обладают системо - и схематической самостоятельностью.

Познавательные-конструктивные принципы системного подхода к решению оптимизационных задач управления сводятся:

а) к фиксации недостаточности эффективности ранее принятых решений и технических образований для постановки и расширения новых задач;

б) к построению новых структурных образований при задании структурных и топологических характеристик на основе законов и моделей, способствующих формированию конструктивных методологических подходов к решению новых задач повышения эффективности производства. В данном случае выявляется широкий круг специфических задач управляющей системы – организационной структуры управления, взаимодействия между подсистемами и элементами, выбора оптимальных режимов функционирования объекта управления и оптимизации управления системой, учета влияния внешней среды на систему в целом и т.п. Такими задачами на современном этапе развития науки и практики разработки создания сложных автоматизированных и компьютеризированных систем управления кормопроизводством являются:

а) макропроектирование (внешнее проектирование), в процессе которого решаются функционально-структурные вопросы системы в целом;

б) микропроектирование (внутреннее проектирование), связанное с разработкой структуры подсистемы и элементов.

Первым этапом процесса формулирования иерархии целей, которое представляется в виде дерева целей, проводится системное обоснование целей и структурных задач, решений и основных оптимизационных функций управления технологией и производством (табл. 3.1).

Таблица 3.1 –

Системные цели и структурные связи задач, решений и основных оптимизационных функций управления

Системные задачи управления локальными комплексами и производством	Оптимизационные решения	Основные функции оптимального управления
1) Обоснование развития и размещения производства, темпов наращивания объемов продукции на текущий и перспективный периоды	Основные системные положения социально-экономического и научно-технического развития хозяйства и производства на основе системных положений по энерго-эффективности использования ресурсов	Планирование технологических процессов, оптимизационных решений и законов управления
2) Формирование производственных подразделений, управленческих структур, разработка	Разработка и реализация современных научно-обоснованных структур технологических процессов и производственных подразделений	Системная организация структурных единиц производства и

функционально-структурных взаимосвязей между ними	и управления, разработка направленных графов взаимосвязей между ними и логических задач управления	логического управления на верхнем уровне производства
3) Обеспечение логистического взаимодействия структурных технологических процессов и подразделений производства в части маневрирования ресурсами, обеспечение системотехнического единства и структурной согласованности управленческих функций и управленческих структур различной иерархической подчиненности	Разработка логистических маршрутных карт, технологических меню компонент и законов логического управления энергетическими потоками и кормовыми ресурсами, разработка и реализация координационных планов структурного обеспечения производства	Реализация оптимизируемых параметров управления и регулирования координат технологических машин и комплексов и системных связей вспомогательных производств
4) Обеспечение системно- и схемотехнической устойчивости и стабильности динамического функционирования и развития производства и отрасли животноводства как системного комплекса АПК Украины	Разработка технологических норм и нормативных документов, рекомендаций по экстраполяции существующего опыта зарубежных фирм и системных направлений по оптимизации технологии производства	Системное регулирование процессов и алгоритмов управления производством на основе организационно-правовой базы энергетического обеспечения отрасли производства
5) Системные задачи институционального и организационного обеспечения моральной и экономической заинтересованности в эффективной работе производства и стимулирование результатов труда	Разработка и реализация информационной поддержки и сопровождения программ и механизмов стимулирования и разработки финансовых и налоговых льгот на уровне производства и отрасли: в том числе премий, награждений и т.п.	Разработка и реализация стимулирующих факторов и организационно-правовых мероприятий

6) Количественная и качественная оценка и учет эффективных результатов функционирования подразделений и производства в целом	Контроль реализации решений по энергоэффективному развитию производства, качественным и количественным показателям	Оперативный контроль и разработки перспективных решений
--	--	---

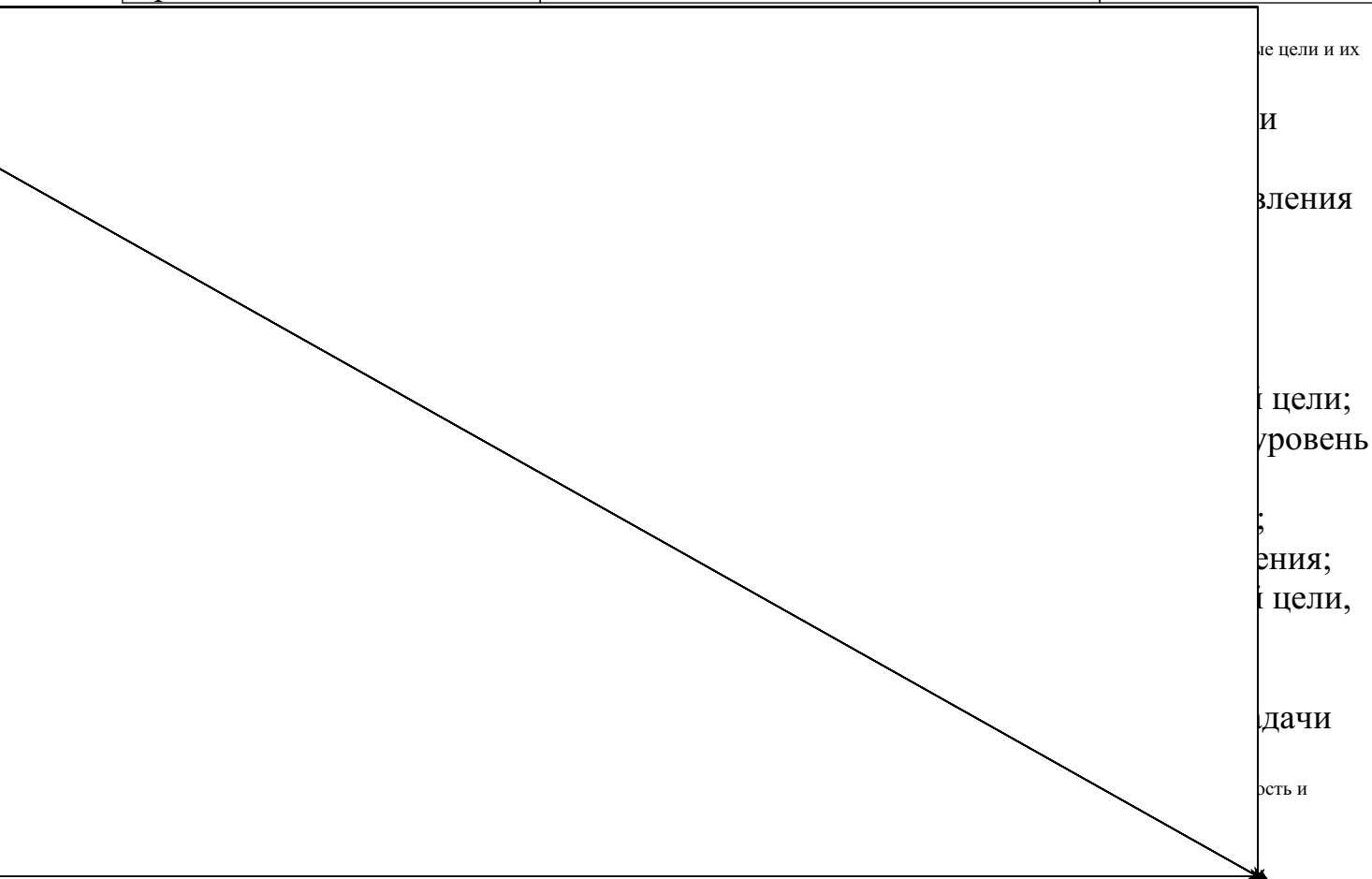


Рис. 3.1. Дерево целей предприятия кормоприготовления

На рисунке 3.1:

Ц - генеральная цель предприятия по производству комбикормов, призванного удовлетворять потребности хозяйства в комбикормах;

1 – производственная цель: выпуск продукции кормопроизводства в соответствии с заказами в установленные сроки;

2 – научно-техническая цель: использовать достижения современной компьютерной техники управления в производство в рыночных условиях;

3 – социальная цель: планомерное интенсивное и пропорциональное развитие коллектива хозяйств АПК;

4 – экономическая цель: обеспечить максимальную эффективность производства;

5 – цель развития: пропорциональное и эффективное развитие животноводческого потенциала хозяйства.

Производственная цель конкретизируется подцелями локального уровня:

1.1обеспечение рациональной организации производственного процесса при экономии материальных, энергетических и финансовых ресурсов;

1.2Организация необходимого потенциала эксплуатационного обслуживания;

1.3обеспечение высокого качества продукции;

1.4совершенствование управления производством;

1.5обеспечение выполнения экологических требований.

Подцель 1.1 конкретизируется на более детальные:

1.1.1 организация научно-технической и материально-технической поддержки производства;

1.1.2 выполнение нормативных технологических документов по реализации высоких энерго-экономических показателей протекания технологических процессов кормоприготовления;

1.1.3 обеспечение оптимальной и энергоэффективной загрузки технологических машин и агрегатов;

1.1.4 организация эффективной маркетинговой и дилерской деятельности ;

1.1.5 выявление и использование производственных, энергетических и финансовых ресурсов производства и др. подцели (факторы).

Подцели 1.1.6 – 1.1.8 относятся, в числе прочих, к институционально - и организационно - правовым условиям построения моделей и алгоритмов оптимизации реального производства в рыночных условиях хозяйствования животноводческого производства по реализации энергоэффективного управления, в том числе и использования институционально - и организационно-правового потенциала исполнительного коллектива.

Должны быть учтены также системные задачи управления оптимизированными технологическими процессами и производством: принятие решений по оптимальному распределению ресурсов, выбор оптимальных запросов, разработка решений по вопросам модернизации и замены оборудования, согласования алгоритмов работы технологических переделов (процессов), принятие решений в процессах поиска, задачи массового обслуживания, выбор оптимальных логических маршрутов, задание и построение оптимизационных задач и структур, принятие решений в конфликтных ситуациях, задачи прогнозирования и перспективного планирования (рис. 3.2).



Рис. 3.2. Системная модель принятия решения

Модели принятия решений (рис.3.2) на базе законов динамического функционирования системы управления движением энергетических потоков компонент меню ниже рассматриваются как интегративные факторы системологического подхода при решении поставленной задачи с определенными условиями корректности.

Математическая модель движения энергетических потоков как обратная задача кинематики, в соответствии с [55], должна рассматриваться как некорректно поставленная задача, где на первом этапе ниже приводимого анализа учитываются линейаризованные соотношения между переменными (координатами) процесса, которые отражают интерпретацию реальных физических процессов. Указанные модели (рис. 3.1, 3.2) разрешаются на основе задач решения операторных уравнений первого рода, минимизации функционалов, суммирование рядов Фурье, параметров аналитичности суммы степенного ряда общего решения уравнения Бесселя для нецелого индекса с приближенно заданными коэффициентами, дифференцирования неточно заданных функций, задач линейной алгебры в постановке преобразований Лапласа к решению линейаризованных уравнений в конечных разностях с постоянными коэффициентами. Согласно методологии разрешения упомянутых системных некорректностей алгоритмы обработки информации в математическом (машинном) эксперименте отражают факторы неустойчивости некорректных задач, приводящих к практической неединственности решения в рамках заданной (практической) точности и необходимости формализации принципов отбора приближенных решений среди множества возможных решений, что приводит к использованию метода регуляризирующего алгоритма как способа приближенного решения некорректно поставленной задачи.

Такие алгоритмы должны обладать устойчивостью по отношению к ошибкам входных данных и допускать программную реализацию на управляющих ЭВМ (программируемых микроконтроллерах).

Показанное на рис. 3.1 дерево целей при дальнейшем анализе принимается за вырожденный граф энергетических параметров процессов кормоприготовления. Данная система является автоматизированной системой обработки экспериментальных (производственных) данных, поэтому должен быть проведен анализ задачи на предмет обладания задачей свойствами практической неединственности, характеризующих возможность классического метода наименьших квадратов (МНК). Идея построения устойчивого приближенного решения некорректно поставленных задач основывается на использовании дополнительной априорной информации об искомом решении. В рассматриваемом случае указанная информация о гладкости решения искомых функций, обладающих свойствами монотонности или выпуклости, что позволяет решать некорректно поставленные задачи.

Условия корректности постановки математической задачи разрешается Нами на основе постулата Адамара применительно к операторному уравнению вида

$$(3.1)$$

где A , B - операторы (векторы) переменных и управления соответственно.

Задача (3.1) будет корректной (приведенной к корректному виду) или корректно поставленной в случае выполнения условий:

- а) уравнение (3.1) разрешимо для любого B единственным образом;
- б) решение уравнения (3.1) устойчиво относительно возмущения правой

части уравнения, т.е. оператор A (обратная матрица) (определенный на всем H) является непрерывным. В рассматриваемом случае оператор A - неконечномерное пространство (ограниченное число переменных системы, примененных к анализу процессов и синтезу законов управления), поэтому оператор A определен не на всем пространстве H и кроме того, он не является непрерывным, то есть нарушаются оба условия корректности (управление от микро ЭВМ является дискретным), а поэтому задача минимизации функционалов является некорректной.

В данном случае применяется методика разрешения подобных задач на основе модифицированного регуляризирующего алгоритма [67], где квазирешение уравнения (3.1) применительно к условиям оптимизации энерго-экономических параметров преобразования энергетических потоков приводится применительно к уравнению, описывающему энерго-эффективность системы в форме схематических факторов и показателей энерго-экономической эффективности процессов динамического функционирования энергосберегающих систем технологии и оборудования: а) топливно-энергетический, возобновляемый, не возобновляемый, вторичный энергоресурс; б) эксэргия; в) первичная, преобразованная, подведенная, собственная энергия; г) потери энергии и эксэргии; д) энергоносители; е) энергетический и эксэргетический баланс; и) аккумуляирование энергии; к) энергосберегающие технологии и оборудование; л) теоретический,

технологически - доступный, экономически целесообразный потенциал энергосбережения; м) энергетический и эксэргетический КПД; н) коэффициент использования энергии; о) требуемые затраты ПЭР и нормы затрат топлива и энергии; п) энергоемкость продукции и отраслевого комплекса; р) рациональное использование ПЭР; с) системная, возможная системная, фактическая, прямая, непрямая, структурная экономия ПЭР, экономия органического топлива; т) экологический (по ДСТУ 2275-93) и экономический эффект энергосбережения.

В рассматриваемом случае вводим элемент α , минимизирующий на M невязку $r(\alpha)$ будет являться квазирешением уравнения (3.1):

.3

(3.2)

Реализация решения (3.2) для некорректной задачи проводится для рассматриваемого случая, когда из множества указанных параметров выделяется (фиксируется) некая группа параметров, вариации которых в соответствии с [116] являются монотонными и выпуклыми, где общая схема построения регуляризирующего алгоритма базируется на основе сглаживающего функционала линеаризованной (без учета элемента

) системы следующего вида:

где параметр α определенным образом согласовывается с погрешностью задания входной информации, то есть следует положить $\alpha = \alpha(h)$ и в этом случае при $h \rightarrow 0$, если решение x^* единственно. В противном случае последовательность экстремалей x_n сходится в L_2 к решению с минимальной нормой.

Если в (3.1) α задан с ошибкой, т.е. вместо α^* известно семейство таких аппроксимирующих операторов α_n , что

(3.3)

где α_n может быть принято как $\alpha_n = \alpha + \delta_n$, характеризуемый вектором δ_n . Тогда за приближенное решение может быть взят элемент α_n , на котором достигается минимум функционала

(3.4)

если параметр α в функциональном отношении математически согласован с погрешностью задания информации h , то есть модель (3.4) решения некорректной задачи (3.1) пригодна для решения линейных задач. Используя

указанное обстоятельство как конструкцию компактного вложения [118] представляется возможным перенести эту методику на случай явнонелинейной задачи.

Ниже рассматривается алгоритм разрешения задачи (3.1) при условии, что априорная информация не обладает свойством достаточности для выделения компактного множества корректности (не учитываются физиобиологические параметры технологического процесса, являющегося директивным) где U - множество векторов управления, тогда Z - множество ограничений (директивных факторов энерго-экономического характера) при учете которых проводится построение модели сглаживающего функционала. Множество DZ является таким, что или DZ , а параметры $[A]$, λ - линейные ограниченные из Z в U , при этом

В этом случае следует ввести сглаживающий функционал и уравнение (3.4) примет вид:

$$J(\lambda) = \min_{\lambda \in Z} \{ J(\lambda) \}, \quad (3.5)$$

где λ - параметр регуляции. Для (3.5) рассматривается экстремальная задача

$$J(\lambda) = \min_{\lambda \in Z} \{ J(\lambda) \}, \quad (3.6)$$

для которой

$$J(\lambda) = \min_{\lambda \in Z} \{ J(\lambda) \}, \quad (3.7)$$

Если λ^* - внутренняя точка (или DZ), то (3.7) примет вид или

$$J(\lambda) = \min_{\lambda \in Z} \{ J(\lambda) \}, \quad (3.8)$$

т.е. вместо минимизации функционала достаточно решить уравнение Эйлера (3.8). Данное обстоятельство позволяет проводить построение регуляризирующего алгоритма на основе экстремальной задачи (3.7) для функционала при условии построения такой функции, что

при $\lambda \rightarrow 0$, то есть при условии согласования параметра регуляризации с погрешностью задания исходной информации.

Мера несовместности (3.1) с приближенными данными на Z будет определяться как

$$J(\lambda) = \min_{\lambda \in Z} \{ J(\lambda) \}, \quad (3.9)$$

Для определения меры несовместности в соответствии с рекомендациями [88] в рассмотрение вводится обобщенная невязка

$$J(\lambda) = \min_{\lambda \in Z} \{ J(\lambda) \}, \quad (3.10)$$

условием реализации которой является условие . Поэтому условием решения (3.10) с учетом (3.9) будет:

, или при имеем:

$$, \quad (3.11)$$

т.е. - экстремаль функционала $M_0[Z]$ при $\alpha = 0$ (- квазирешение задачи (3.1) с приближенными данными), удовлетворяющая неравенству $\| \quad \|$,

а величина - последовательность, минимизирующая функционал на $\{D\}$, то есть функция монотонно не возрастает по показателю α и ограничена сверху , поэтому

$$\lim \quad , \quad (3.12)$$

где предел является экстремалью функционала $M_0[Z]$ с минимальной нормой.

При величина и (3.9) примет вид:

$$, \quad (3.13)$$

откуда , а значит

$$\text{EMBED Equation.3} \quad , \quad (3.14)$$

т.е., если - экстремаль функционала $M_0[Z]$, то , здесь устанавливается факт, что решение этой задачи существует и единственно.

Если $\quad = \quad$ - (- нормальное квазирешение уравнения), то имеем

$$: \quad (3.15)$$

при $\eta \quad 0$.

Анализ (3.9) при условии выполнения (3.15) показывает, что:

а) доказана оптимальность по порядку обобщенного принципа невязки на ограниченном диапазоне изменения параметров системы (3.1), являющемся образом шара рефлексивного пространства при вполне непрерывном отображении (потоке информации);

б) предложенный подход к решению линейных задач с приближенно заданным оператором удовлетворяет факту обобщения МНК Лежандра и Гаусса на неустойчивый относительно возмущений оператор конструктивных параметров (матрицы системы линейных алгебраических уравнений);

в) устойчивые методы решения с приближенно заданным оператором являются развитием метода (принципа) невязки выбора параметра регуляризации.

8) В реальных задачах (3.1) возникает вопрос разрешения эквивалентности обобщенного принципа и обобщенного метода невязки, то есть разрешению экстремальной задачи с ограничениями, где необходимо найти:

.3

(3.16)

При λ - решение (3.16) отображает
функцию вида:

(3.17)

При использовании метода обобщенного принципа невязки
решение будет определяться единственным образом, причем
, вида:

(3.18)

Если вместо функционала Φ принять к анализу функционал

(3.19)

где λ - коэффициент Лагранжа, то для любого λ экстремаль
функционала Φ и функционал Φ (3.19) будет определять седловую
точку и в этом случае по теореме Куна-Таккера [109] точка λ будет
являться решением задачи

Найти λ (3.20)

т.е. решение задачи (3.1) существует и единственно в силу замкнутости и
выпуклости рассматриваемого множества параметров.

При анализе реальных систем (табл. 3.1) следует учитывать факторы направленного на улучшение качества
кормоприготовления и показателей продуктивности животноводства в условиях нехватки качественного сена и пастбищных кормов.

Ниже рассматриваются вопросы разработки структуры
высококачественных законов управления на основе моделей (3.1) – (3.5), (3.
17) – (3.20).

Выше отмечено, что уровень развития аналитических методов
теоретико-математического обоснования структуры математических моделей
, законов управления и регулирования координат энерготехнологического
оборудования, систем энергоэкономического управления технологическими
процессами и производством, построения иерархических систем
автоматизации на основе регулирующей и управляющей вычислительной
техники характеризуется математическими методами принятия решений, т.е.
принятия или не принятия некоторой основной гипотезы при наличии
конкурирующей гипотезы с учетом функции потерь.

Новыми научными результатами в этой области являются модели и
законы математического принятия решений в области синтеза параметров

микропроцессорной адаптивной системы управления координатами энерго технологического оборудования комбикормового производства [85], где для решения задачи отыскания минимального риска на множестве возможных исходов (решение задачи отыскания условного экстремума) принимается методология построения (синтеза) закона управления процессом на основе оптимальной по энергосбережению эталонной модели экстремального управления энергопреобразованием с микропроцессорной системой управления.

В настоящей работе на основе методологии математической теории принятия решений решается задача отыскание оптимума функционала энерго-экономической эффективности динамического функционирования агрегата кормоприготовления в детерминированной форме на основе оптимальной по энергосбережению эталонной модели.

За математическую базу аналитических исследований принимается математический аппарат квадратичных форм, скалярного произведения векторов, частных производных, градиента, производной по направлению, линейной зависимости векторов и др. Выше отмечено, что для целей управления и регулирования координат технологических процессов и оборудования кормоприготовления и др. процессов в животноводстве широко используется вычислительная техника только для целей программно-логического управления. Перспективным классом адаптивных беспоисковых (аналитических) систем являются автоколебательные самонастраивающиеся системы. целью использования такой система является поддержание заданной амплитуды автоколебаний основного контура при значительном изменении параметров объекта. В этом направлении должны использоваться интегрированные системы, объединяющие все уровни иерархии управления производством на основе технологий математизированного компьютерного обеспечения SOFTLOGIC, SCADA, MES, HPM и др.

Структурно-алгоритмическая схема рассматриваемой системы, детализированная к условиям рассматриваемой задачи, приведенная на рис. 3.3, отражает динамические свойства СНС, как робастной по отношению к возмущениям. Через $W_1(p)$ на этой схеме обозначена ОПФ исполнительного устройства регулятора, включая исполнительный электродвигатель; $W_2(p)$ - ОПФ объекта управления, на который воздействует помеха $f(t)$. На вход контура самонастройки поступает сигнал ошибки основного контура $X_1(t)$.

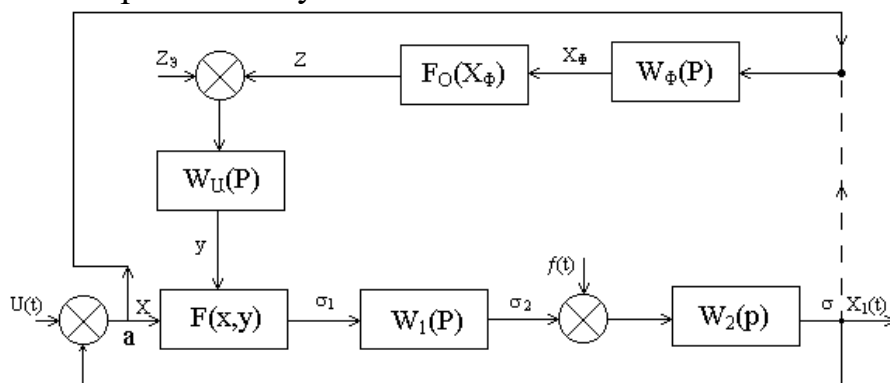


Рис.3.3. Автоколебательная СНС. Схема структурно-алгоритмическая.

Уравнения, описывающие основной контур системы, имеют вид:

$$(3.21)$$

Полученная система уравнений (3.21) приводится к одному нелинейному относительно координаты "х" уравнению

$$(3.22)$$

Положим, что

$$(3.23)$$

В этом случае система уравнений, описывающая рассматриваемую СНС примет вид:

$$(3.24)$$

Динамика автоколебательной СНС, находящейся под воздействием сигналов $u(t)$ и $f(t)$, определяется спектральными характеристиками этих сигналов, параметрами основного контура и контура самонастройки.

Рассмотрим случай, когда сигналы $u(t)$ и $f(t)$ представляют собой медленно меняющиеся воздействия. В этом случае, кроме колебательной, переходный процесс содержит значительную апериодическую составляющую, т.е. решение нелинейной системы уравнений необходимо искать в виде

$$(3.25)$$

где x^0 - медленно меняющаяся составляющая, а $x^* = A \cdot \sin(\Omega \cdot t)$.

Определим вначале влияние воздействий $u(t)$ и $f(t)$ на основной контур, считая, что контур самонастройки отключен, т.е. значение варьируемого параметра постоянно ($y = \text{const}$). Разделим первое уравнение системы уравнений (3.24) на два отдельных уравнения: для медленно меняющейся составляющей x^0 и гармонической составляющей x^* . Получим:

$$(3.26)$$

$$(3.27)$$

где коэффициенты гармонической линеаризации F_0 , q (основной), q' (дополнительной) вычисляются по следующим выражениям [169]:

$$(3.28)$$

Из приведенных формул следует, что коэффициенты F_0 , q , q' являются функциями в общем случае четырех величин

$$(3.29)$$

Учитывая формулу (3.38), в рассматриваемом случае имеем:

$$(3.30)$$

$$(3.31)$$

Положив, что управляющее воздействие $u(t)$ изменяется с постоянной скоростью, т.е.

а помеха $f(t)$, действующая на ТОУ (технологический объект управления), имеет постоянную величину

$$(3.32)$$

в этом случае уравнение для медленно меняющейся составляющей примет вид

$$(3.33)$$

Учитывая выражение (3.30), получим

$$(3.34)$$

Уравнение (3.27) можно представить в виде

.

Подставляя в данное уравнение $p=j\cdot\Omega$ и приравнявая нулю вещественные и мнимые части, получим, что частота не зависит от величины смещения x^0 .

Для величины коэффициента q получим следующее соотношение

$$. \quad (3.35)$$

С другой стороны, величина q определяется формулой (3.35). Приравнявая правые части формул (3.31) и (3.35), получим еще одно соотношение, связывающее амплитуду колебаний A со смещением x^0 :

$$(3.36)$$

Учитывая, что

$$(3.37)$$

из соотношений (3.34) и (3.36) имеем:

$$(3.38)$$

$$, \quad (3.39)$$

$$. \quad (3.40)$$

Таким образом, при отсутствии контура самонастройки, амплитуда автоколебаний с увеличением интенсивности внешних воздействий уменьшается. При достижении значения

$$, \quad (3.41)$$

происходит срыв автоколебаний.

Рассмотрим теперь работу системы, если контур самонастройки включен. На вход контура самонастройки поступает сигнал

$$, \quad (3.42)$$

где x^0 и A - определяются соотношениями (3.34) и (3.39).

Положим вначале, что медленно меняющаяся составляющая не проходит через фильтр, находящийся на входе контура самонастройки. Будем рассматривать установившийся режим работы СНС. Тогда основной контур СНС может быть описан функцией

$$, \quad (3.43)$$

определяемой формулами (3.39) и (3.40). При рассмотрении огибающей колебаний A нетрудно видеть, что структурная схема СНС видоизменяется и основной контур при этом выступает уже как "объект регулирования" по

отношение к контуру самонастройки.

Проведем линеаризацию контура самонастройки по постоянной составляющей. В этом случае получим следующую систему уравнений:

$$(3.44)$$

Из формул (3.39) и (3.40) следует, что функция , характеризующая зависимость амплитуды автоколебаний от варьируемого параметра "у" и характеристик С и С₁, как внешних воздействий, обладает следующим свойством (при С₁=0) [155]

$$(3.45)$$

Аналогичное соотношение справедливо и по отношению к величине С₁. Из приведенного соотношения и втором формулы (3.44) следует, что в установившемся режиме контур самонастройки восстановит заданное значение амплитуды автоколебаний А_{зад}, за счет изменения величины "у".

3.2. Динамическая оценка точности отработки сигналов управления

Выше указано (3.28), что параметры системы представляются в виде рядов Фурье, откуда представляется возможным провести оценку динамической точности системы в режиме реального времени (при условии управления режимом работы кормоприготовительного агрегата). Параметры системы (3.28), в соответствии с [155], вычислялись в предположении кратности рядов Фурье, откуда динамическая оценка, качества системы для 2 π-периодической функции f(x,y) (в общем случае) согласно теореме Фату [155] функция f(x,y) принадлежит классу L(R), где R:[-π,π;-π,π]; коэффициенты такого разложения по Фату равны:

$$.3 \quad ;$$

$$.3 \quad ;$$

$$.3 \quad ;$$

$$.3 \quad .(3.46)$$

В данном случае получены ряды вида:

$$\begin{aligned}
 & \quad \quad \quad \cdot 3 \quad \quad \quad ; \\
 & \quad \quad \quad \cdot 3 \quad \quad \quad ; \quad \quad \quad \cdot 3 \\
 & \quad \quad \quad ; \quad \quad \quad (3.47) \\
 & \quad \quad \quad \cdot 3 \quad \quad \quad , \\
 & \quad \quad \quad \text{где} \quad \cdot 3 \quad \quad \quad ; \quad \quad \quad \cdot 3 \quad \quad \quad \text{при } m, n > 0; \lambda_{mn} = 1 \\
 & \quad \quad \quad \text{при } m, n = 1;
 \end{aligned}$$

определяют динамику системы, откуда следуют равномерные оценки точности по Чезари (как интегралы Фурье-Лебега) [148] по переменным x, y :

$$\begin{aligned}
 1) \quad & \quad \quad \quad \cdot 3 \\
 & \quad \quad \quad ; \\
 2) \quad & \quad \quad \quad \cdot 3
 \end{aligned}$$

$$\cdot 3 \quad \quad \quad ;$$

3) .3

;

4) .3

.3

Изложенная методика синтеза микропроцессорной адаптивной системы кормоприготовления с эталонной моделью позволяет эффективно определить структуру управляющего средства, закон регулирования, определить качество динамического функционирования системы, определить структуру системы динамической (в режиме реального времени) коррекции закона регулирования координат энерготехнологического комбикормового агрегата.

3.3. Разработка метода синтеза многокритериальной системы прямого цифрового регулирования параметров электротехнологических комплексов на базе МКУ

Современный этап развития систем электрификации и автоматизации технологических процессов, в том числе и систем энергоэкономического управления в промышленности Украины и в агропромышленном комплексе, в частности, характеризуется резким увеличением объемов научных исследований в области повышения энергоэффективности систем энергопреобразования первичных и вторичных энергоресурсов в технологические виды энергии для производства конечной продукции - продуктов питания человека и животных. Базой таких исследований является Энергетическая программа Украины, а именно - ряд основополагающих нормативно-правовых документов в области энергообеспечения, в т.ч. ISO

13600:97, ДСТУ 3682-98, ГОСТ 30166-95 и др. На основе этих документов в Запорожском регионе реализуется «Комплексна програма енергозбереження Запорізької області» от 19.02.97 №82, в результате выполнения которой предусмотрено резкое повышение продуктивности животноводства.

Первоочередными этапами реализации этих задач являются задачи широкого внедрения высокоавтоматизированных технологических комплексов при управлении их координат на основе управляющей вычислительной техники.

Реализация задач энергосбережения в числе энерготехнологических в области энергоэффективного использования первичных и вторичных энергоресурсов может быть осуществлена только на базе инженерно-технических и энерго-экономических мероприятий по выравниванию нагрузок сетевых трансформаторов и трансформаторов преобразовательной техники, производственных механизмов и комплексов, оптимизации режимов нагружения приводных электродвигателей в соответствии с мощностью приводимых агрегатов, широкого внедрения регулируемых электроприводов, внедрения приборов и средств контроля и регулирования координат технологического оборудования и, в частности, в области кормоприготовления.

Эффективность использования микропроцессорных систем автоматизации обосновывается по двум основным критериям [150]: по результатам изменения технико-экономических характеристик элементной базы (уменьшение габаритов, массы, потребляемой энергии, стоимости изготовления); по возможностям принципиального обновления технологии информационной обработки (образования параллельных вычислительных процессов, пространственное и информационное или функциональное распределение структуры системы, повышения живучести и надежности). Такой подход к обработке информации обеспечивает возможное создание принципиально новых АСУТП, отличающихся значительной структурной и функциональной гибкостью (распределенно-централизованные системы группового управления большим числом единиц технологического оборудования). Ныне широкое распространение получили ЭВМ, не требующие привлечения специалистов для своей установки и эксплуатации. Особенно в этом отношении перспективны ЭВМ, рассчитанные на конкретного пользователя, которому не обязательны специальные знания по математическому программированию и электронике. Сравнение и выбор МП-средств осложняются еще и тем, что недостаточно оценивать качество МП по каким-либо одним показателям.

Общую совокупность показателей можно разделить на группы:

1) Функциональные показатели: быстродействие (время выполнения стандартизированных команд); универсальность (оцениваемая по составу и количеству команд); производительность в передаче и представлении данных (ограничения разрядности МП и числа корпусных выводов БИС); объем адресуемой памяти (предельный возможный объем одно временно обрабатываемой информации);

2) Структурные показатели: реализуемость вычислений (определяемая по числу внутренних регистров и способу их адресации, типу арифметико-логического устройства, организации шин и магистралей; гибкость информационного обмена (характеристики устройств управления вводом-выводом); модульность элементной базы (определяющая структурное и архитектурное разнообразие МП-систем);

3) Показатели программного обеспечения: гибкость и технологичность программирования (использования микропрограммирования и перепрограммируемой памяти); возможность организации параллельной работы и мультипрограммного режима (глубина прерываний и логика интерфейса); трудоемкость программирования (наличие трансляторов или программ-компиляторов для языков программирования высокого уровня); простота отладки программ и контроля функционирования МП-системы (наличие резидентных приданных средств и кроссассемблеров);

4) Конструктивно-технологические и экономические показатели: тип используемой технологии БИС, определяющий уровень интеграции ИМС и их функциональных характеристик; габариты и масса; потребляемая мощность; количество отличающихся уровней напряжения источников питания; тактовая частота синхронизации; диапазоны эксплуатационных условий; стоимость.

Разработки по автоматизации программирования сейчас ведутся в нескольких направлениях: применение структурно-модульного программирования; использование резидентных средств формирования и трансляции программ; создание встроенных операторно-логических и технологических средств программирования.

Ниже рассмотрены вопросы моделирования технологического процесса измельчения зерна. Модель может быть использована как "модель-наблюдатель" при выработке стратегии управления и как идентификатор на этапе разработки целевой функции, а также определения фактического критерия оптимальности при изменении программы работы дробилки. Эта модель служит основанием для разработки систем разностных уравнений, служащих базой для программирования алгоритмов функционирования МП-АСУ СХТП.

Аналоговая Р-модель системы автоматического прямого цифрового регулирования параметров технологического процесса дробления зерна разработана на основании современных тенденций развития теории и практики автоматического управления и регулирования, также современной элементной базы АСУТП [148]. Р-модуль представлен на рис. 3.4 в виде структурно-алгоритмической схемы.

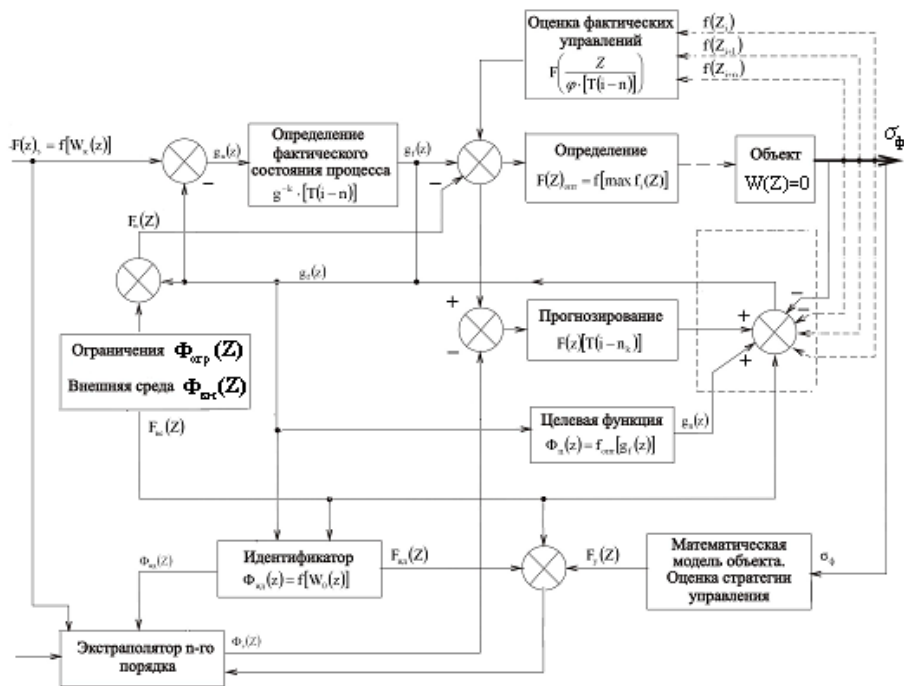


Рис. 3.4 Структурно-алгоритмическая схема прямого цифрового регулирования.

Элементы структурно-алгоритмической схемы представлены в виде минимально-фазовых звеньев, а различного рода оптимизаторы представлены статическими характеристиками. В связи с тем, что возможности МП-управления позволяют вести режим мультиуправления (по обособленным каналам с использованием мультимикропрограмм), то анализ динамики и разработки алгоритмов динамического функционирования МП в режиме цифрового регулятора представляется возможным вести по методу суперпозиции отдельных каналов (рис. 3.4). Математические выражения нагрузочных диаграмм в различных режимах работы дробилки приведены в табл. 3.2.

Вычислительное устройство, которое обрабатывает последовательность импульсов (чисел), поступающую в дискретные моменты времени на его вход, преобразует в выходную последовательность чисел (импульсов) по

Динамические показатели		
Дифференциальные уравнения движения		
$M_{ст}$	В общем виде	Приведенные к виду
$M_{ст} = f(t)$	-	$\frac{d\omega}{dt} = \frac{\pm f(\omega) - F_1(t)}{J} = \varphi(\omega, t)$
$M_{ст} = F_2(\omega)$	-	$\frac{d\omega}{dt} = \frac{\pm f(\omega) - F_2(\omega)}{J} = \varphi(\omega)$
$M_{ст} = F_3(\alpha)$	-	$\frac{d\omega}{dt} = \frac{\pm f(\omega) - F_3(\alpha)}{J} = \varphi(\omega, t)$
$M_{ст} = F_3(\omega, t) \quad j_1 = (\alpha) = J \frac{d\omega}{dt} + \frac{\omega}{2} \cdot \frac{dy}{dt}$	$M_{ст} \pm M_A =$	$\frac{d\omega}{dt} = \frac{2 \cdot [\pm \varphi(\omega) - F_3(\omega) - \omega^2 \cdot \varphi_1(\alpha)]}{2 \cdot \omega \cdot \varphi_1(\alpha)} = \varphi(\omega, \alpha)$
$M_{ст} = F_4(\omega, \alpha)$	-	$\frac{d\omega}{dt} = \frac{2 \cdot [\pm f(\omega) - F_4(\alpha, \omega) - \omega^2 \cdot \varphi_1(\alpha)]}{2 \cdot \omega \cdot \varphi_2(t)} = \varphi(\omega, \alpha)$

правилу - будет выполнять роль цифровых рекурсивных и нерекурсивных фильтров (регуляторов). Применяя известные соотношения для аналитического выражения регулятора определенного контура [117] принимаем к анализу передаточные функции (рис.3.4): контура регулирования качества дробления зерна; контура регулирования скорости дробилки; контура оптимизации нагрузки приводного электродвигателя дробилки. Структурно-алгоритмическая Z-схема системы прямого цифрового микропроцессорного регулирования процесса дробления зерна приведена на рис. 3.4, разработанная на основе структурно-алгоритмической схемы АСУ процессом дробления. Расчет параметров микропроцессорной АСУ процессом дробления зерна произведен применительно к параметрам силового электрооборудования серийного комплекта А1-ДДП-1, технические характеристики которого следующие: Номинальное напряжение переменного тока частотой 50 Гц, U - 380 В; Потребляемая мощность силовой цепи, кВт - 40.

Для вычисления передаточной функции .3 общего вида (3.48) из общей структурно-алгоритмической Z -схемы (рис. 3.4) выделим контур регулирования качества выходного продукта $a_{пр}(z)$ представленный на рис. 3.5 (в разомкнутом виде).

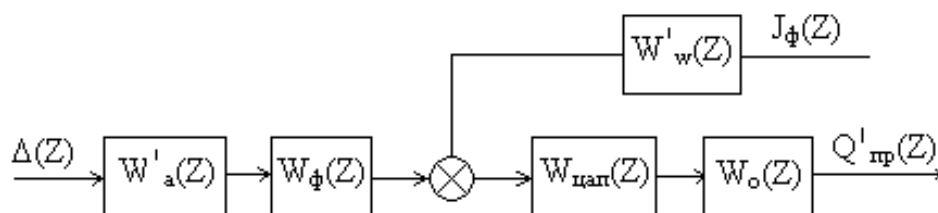


Рис. 3.5- Структурно-алгоритмическая схема контура регулирования качества выходного продукта в разомкнутом виде.

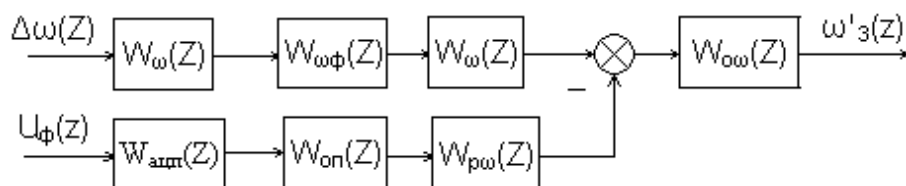


Рис. 3.6- Структурно-алгоритмическая схема контура регулирования скорости в разомкнутом виде.

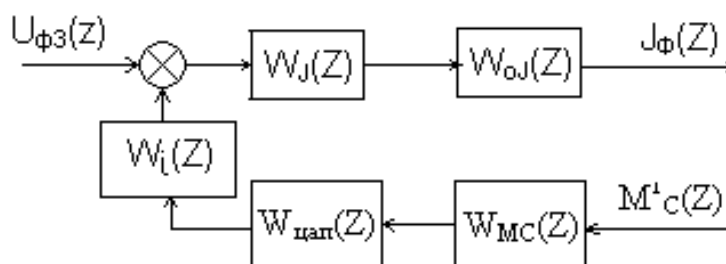


Рис. 3.7 - Структурно-алгоритмическая схема контура нагрузки двигателя в разомкнутом виде.

.3

(3.48)

В соответствии с рис. 3.6 и передаточная функция (3.48) принимает вид:

.3

, (3.49)

Аналогично, контуры регулирования скорости дробилки и нагрузки приводного электродвигателя приведены на рис. 3.6 и 3.7 соответственно.

Передаточные функции регуляторов скорости $W_{\omega}(z)$ и $W_J(z)$ имеют соответственно вид:

.3

(3.50)

,

.3

, (3.51)

Значения коэффициентов передаточных функций (3.49 – 3.51) приведены ниже:

.3

;

.3

;

.3

;

.3

.3 ;

.3

;

.3

.3

.3

EMBED Equation.3

(3.52)

Для конструктивных параметров системы принято: $T_n = 0,01$ с; $T_\omega = 0,367$ с; $T_{\varepsilon\omega} = 1,063$ с; $T_3 = 0,83$ с; $T_\varepsilon = 0,028$ с; $T_{m3} = 0,26$ с; $T_{p3} = 0,694$ с; $T_a = 1,76$ с; $T_m = 0,093$ с; $T_{m3p} = 0,073$ с; $T_{\varepsilon\omega} = 0,432$ с; $T_n = 2,71$ с; $K_E = 2,56$; $K_{cy} = 8,16$; $K_m = 0,096$; $K'_Q = 5,06$; $K_I = 0,018$; $K_3 = 0,043$; $K_{mc} = 0,117$; $K_n = 2,73$; $K_k = 1,06$; $K_{p3} = 3,13$; $K_{m3} = 10,24$; $K_{\omega\phi} = 41,36$; $K_{\varepsilon\omega} = 0,027$; $K_\varepsilon = 3,28$; $K_\omega = 0,021$; $K_n = 22,36$; $K_i = 52,62$; $K = 0,194$.

Для вышеперечисленных значений конструктивных параметров МП-системы прямого цифрового регулирования, а также учитывая рекомендации, изложенные в [12] по выбору величины периода дискретности для аналого-цифровых АСУ численные значения настроенных параметров передаточных функций (3.103) - (3.105) при $T_c = 0,01$ с равны: $a_0 = 7,67$; $a_1 = -37,03$; $a_2 = 26,82$; $b_0 = -605,17$; $b_1 = -1,43$; $b_2 = 23,06$; $b_3 = 50,08$; $c_0 = 28,31$; $c_1 = 1,29$; $c_2 = 0,156$; $d_0 = 0,0167$; $d_1 = 521,23$; $d_2 = -183,32$; $d_3 = 0,134$; $m_0 = 2,332$; $m_1 = 1,42$; $m_2 = 0,0187$; $m_3 = -519,23$; $n_1 = 52,63$; $n_2 = -1,54$; $n_3 = -0,174$; $n_4 = -0,0458$.

Полученные параметры коэффициентов системы (3.106) проверяются на функциональную гибкость наблюдаемости, идентифицируемости, управляемости, адаптируемости. Важнейшими из указанных факторов системотехнического качества динамического функционирования системы (3.51) является адаптируемость и идентифицируемость. Данные системные факторы обосновываются на базе предельной теоремы для функционалов

вида , которые являются аддитивными для целочисленных значений коэффициентов, как целочисленных случайных величин, к которым применимо преобразование Дуранона [148]. В данном случае рассматриваются точки на комплексной плоскости, т.е. корни уравнения (3.50) $0=S_0<S_1<...<S_z=1$ и дважды непрерывно дифференцируемая функция, ограниченная вместе с производными до 4-го порядка, где выполняется

соотношение:

.3

(3.53)

где s_j – корни уравнения (3.50); M – символ взятия математического ожидания. При предельном значении $W_j(z)=k(x)$ имеем:

.3

, (3.54)

где – интегралы Лежандра 1-го и 2-го рода.

Выполняя операцию относительно (3.54) в соответствии со значениями , будем иметь:

EMBED

Equation.3

.3

.3

.3

$$(3.55) \quad \dots$$

где x, y, z – координаты системы в прямоугольной системе координат;

- вспомогательные функции в виде функций первого порядка $y = k \cdot x + z$.

Система (3.55), при ее использовании в программном обеспечении микроконтроллера в режиме реального времени, обеспечивает оперативный (динамический) контроль качества динамического функционирования системы прямого цифрового регулирования параметров технологических процессов производства комбикормов в условиях животноводческих ферм или хозяйств. Таким образом, для реализации цифровых регуляторов необходимо производить операции численного интегрирования выражений (3.49 – 3.51). В этой связи выбор алгоритма численного интегрирования разностных дифференциальных уравнение влияет на качество прогнозирования и коррекции параметров текущей ошибки системы цифрового регулирования. В этом случае оптимальной структурой реализации алгоритмов (3.49-3.51) цифровыми регуляторами, выполненными на основе микроконтроллера, являются оптимальные структуры с точки зрения минимального числа обращений к ПЗУ контроллера. Этим требованиям удовлетворяют интеграторы Тастина (Т-интеграторы) с Z-передаточной функцией

(3.56)

где λ, γ - соответственно коэффициенты амплитуды и фазы.

3.4 Исследование динамической устойчивости, управляемости, наблюдаемости координат энерготехнического комплекса производства комбикормов на базе МКУ

При исследовании структурно – логического функционирования электротехнической структуры кормоприготовительного агрегата (после обоснования параметров структурно – алгоритмической схемы (рис. 3.4) и коэффициентов (3.51) - (3.56) следует провести оценку алгоритмического качества.

Системного оценивания, идентификации, управляемости и адаптируемости целесообразно провести исследование принципиальных возможностей осуществления указанных факторов системы – и схемотехнического качества рассматриваемой системы, а также возможности осуществления процессов коррекции таких характеристик в процессе директивных и стохастических вариаций параметров системы. Данные системно– и схемотехнические возможности в значительной части (степени) выявляются при изучении свойств системы, определяющих наблюдаемость и адаптируемость. Поскольку основной целью исследования этих свойств является выявления принципиальных возможностей управления, они обычно определяются в идеализированных условиях (в смысле отсутствия внутренних и внешних стохастических шумов и вариации в определенных диапазонах внешних детерминированных возмущений и конструктивных параметров системы).

Основу понятия наблюдаемости составляют процессы измерений координат и описание их свойств в функции времени, а также возможности косвенного определения других величин и использования априорной

информации («восстановления» величин).

Идентифицируемость в абстрактно – теоретическом смысле (по крайней мере, параметрической) понимается как частный случай наблюдаемости, однако на практике параметрическая идентифицируемость реализует системные возможности синтеза параметров математической модели системы или процесса по результатам измерений определенных выходных величин в течение некоторого (определяющего наиболее характерные факторы и характеристики) интервала времени. При изучении идентифицируемости, так же как и наблюдаемости, целесообразно, по крайней мере на первом этапе, рассматривать идеальные условия, когда шумы отсутствуют, а идентифицируемые параметры постоянны. Управляемость связана с условиями перехода системы посредством управления из одного состояния в другое. Такому понятию придается либо структурно – качественный, либо количественный смысл. В классическом смысле принимается к рассмотрению те или иные характеристики переходных процессов при простейших типовых управляющих воздействиях для систем, содержащих большое количество замкнутых контуров регулирования без регуляторов. В «больших» системах можно изучать управляемость каждого уровня иерархии управления (эшелона, страты) в функциях структуры, состава органов управления, значений параметров, рода энергии и др. факторов системы управления или регулирования.

К понятиям адаптируемости (достижимости) некоторой точке в пространстве состояний (фазового портрета) системы (линейной или нелинейной), частными случаями которого являются понятиями управляемости наблюдаемости, относятся факторы системного качества регулятора для заданного нестационарного динамического объекта, управляемого с помощью адаптивного регулятора

Система считается управляемой, если существуют управления, обеспечивающие движение по заданным траекториям при условиях $x(t_0)=x_3(t_0)$, $x(t_1)=x_3(t_1)$. Указанные системные особенности управляемости рассматриваются при различных условиях, накладываемых на законы управления.

Основные виды управляемости и виды ограничений накладываются определенные требования к характеру переходного процесса. Характер движения следующий: вариант а) никаких ограничений на вектор управления и (t) не накладываются (управление и (t) принадлежит открытой области пространства управлений R_r); вариант б) управление ограничивается, оно должно принадлежать замкнутой области пространства R_r ; вариант в) управление все время (за исключением счетного множества моментов времени) имеет предельное значение, т.е. находится на границе замкнутой области пространства R_r ; вариант г) управление не ограничено по величине, но носит импульсный характер (типа векторной функции δ -функции), переход системы осуществляется, в идеальном случае, практически безинерционно. Основные виды переходов системы и ограничений приведены в табл. 3.3, где варианты обозначены цифровыми индексами (1-4).

Вид перехода	Ограничение на управление и номер подварианта				
	Номер варианта	Нет ограничений	Ограничено $ u' < u_{\max}$	Принимаемые дискретные значения $U_i = \pm U_{i \max}$	Импульсный характер
		1	2	3	4
1) из произвольной точки пространства R в произвольную точку R_i	1	1.1	1.2	1.3	1.4
2) из произвольной точки замкнутого пространства (области) размерности « n » в произвольную точку этой области	2	2.1	2.2	2.3	2.4
3) из произвольной точки области размерности « n » пространства R_n в произвольную точку этого пространства	3	3.1	3.2	3.3	3.4
4) Из заданной области размерности $m < n$ пространства R_n в заданную область размерности « n »	4	4.1	4.2	4.3	4.4
5) Из произвольной точки x пространства состояний R_n в	5	5.1	5.2	5.3	5.4

любую точку малой окрестности $ x-x_0 < \Sigma$ этой точки					
6) Из произвольной заданной области подпространства $R_m(m < n)$ в произвольную точку другой заданной области этого подпространства	6	6.1	6.2	6.3	6.4
7) Из заданной точки пространства состояний R_n в другую заданную точку по заданной программной траектории	7	7.1	7.2	7.3	7.4

Примечание: вариант 1- никаких ограничений на характер движения, кроме конечности времени перехода t_1-t_0 не накладывается; вариант 2 - это случай существования ограничений типа неравенств в пространстве состояний; вариант 3 – управление должно обеспечивать переход из любой точки пространства состояний напрямую, переходящую через начало координат; вариант 4 – управление должно обеспечить перевод системы из любой точки области меньшей размерности в любую точку полноразмерной области; вариант 5 – управляемость в малом, где порядок малости окрестности может быть связан со временем перехода; вариант 6 – по отношению к случаю варианта 1 это случай неполной управляемости; вариант 7 – задается множеством программных траекторий $X_3(t)$ перехода из одной точки $X_3(t_0)$ в другую $X_3(t_1)$.

Указанные в табл. 3.3 число видов линейных и нелинейных систем оцениваются достаточными и необходимыми критериями, а в некоторых случаях приходится использовать специальные критерии, полученные Нами, на базе которых проводится анализ и синтез параметров динамической неустойчивости, нестабилизируемости и др. характеристики которых применительно к условиям установки МКУ рассматриваются ниже.

Для оценки условий динамической устойчивости (стабилизируемости), наблюдаемости, управляемости рассматривается система (рис. 3.4) как

консервативная (на границе устойчивости), для чего в соответствии с [23] она представляется в следующем виде

$$0; \quad (3.57)$$

где $\dots$ - функции коэффициентов системы, численные значения которых отражены в уравнениях (3.51) – (3.55).

Системе (3.57) соответствует система характеристических уравнений вида:

$$(3.58)$$

где корни этой системы имеют значения:

$$\dots \quad (3.59)$$

Исключая один параметр с учетом (3.59) системе (3.57) будет соответствовать система уравнений, как обобщенное характеристическое уравнение:

$$(3.60)$$

$$(3.61)$$

$$(3.62)$$

EMBED Equation.3

(3.63)

где A, B, y_1, y_2 – определяются начальными условиями

параметры $\dots$ вычисляются из соотношений:

$$(3.64)$$

Функции $\dots$ являются результатом сложения колебаний системы с одинаковой частотой и различными фазами и амплитудами, т.к.:

EMBED

Equation.3 (3.65)

поэтому уравнение (3.62) и (3.63) приводятся к виду:

$$(3.66)$$

$$(3.67)$$

(3.68)

(3.69)

(3.70)

Фазы вычисляются исходя из условий: применительно к значениям параметров МКУ (3.51) – (3.55) величины

откуда величины $M(t)$, $N(t)$ равны:

(3.71)

Для оценки параметров управляемости и наблюдаемости системы принимаем уравнение [23]

(3.72)

Для контура обратной связи в (3.72) принимается $UOC(t)=(\quad)$. При исследовании управляемости проводится оценка свойств матрицы $[K]$:

(3.73)

т.е. чтобы ранг матрицы (3.73) был равен 2:

(3.74)

Для рассматриваемого случая матрица $[K]$ имеет вид: , т.е. условие (3.74) эквивалентно условию $\det [K]=0$ или это условие соответствует условию управляемости исходной системы (3.72). Уравнение

(3.75)

определяет в плоскости прямую линию.

9) В критерии управляемости (3.75) определяющим является вектор

. В случае исследования наблюдаемости вектор определяющий фактор принимает вид:

(3.76)

(3.77)

или данное соотношение определяет условие:

(3.78)

Уравнение вида

(3.79)

определяет зависимость ограничения областей; - прямая в плоскости

Для исследования данного фактора для МКУ с различными параметрами, зависимости между ними выражается системой уравнений вида:

(3.80)

В реальной системе необходимо учитывать демпфирование. В этом случае система уравнений (3.57) принимает вид:

(3.81)

которому соответствует характеристическое уравнение

(3.82)

Критерий собственной динамической устойчивости имеет вид

(3.83)

где z_1, z_2 – коэффициенты демпфирующих элементов.

В случае равенства собственных частот уравнение (3.83) примет вид

(3.84)

Анализ (3.84) показывает, что области устойчивости имеют аналогичный вид для всех значений параметров, входящих в значение коэффициента усиления.

Выводы по разделу 3.

1. Исходя из основных методологических положений системного подхода к оптимизации управленческих функций и операций, учтены факторы функционального взаимодействия технологических, экономических и организационных процессов и мероприятий по обеспечению и производству продукции на основе принятых критериев эффективности

2. На основе указанных факторов построено и реализовано дерево целей, определяющее конечные и промежуточные цели и их соподчиненность. Генеральная цель предприятия - удовлетворение потребности хозяйства в комбикормах. Вспомогательные цели: производственная (производство продукции в соответствии с заказами в установленные сроки), научно-техническая (использование достижений современной компьютерной техники управления в производстве в рыночных условиях), социальная (плановое интенсивное и пропорциональное развитие коллектива хозяйств АПК), экономическая (обеспечить максимальную эффективность производства) и развития (учет перспектив развития хозяйства).

3. Разработана аналоговая Р-модель системы автоматического прямого цифрового регулирования параметров технологического процесса дробления зерна, которая при ее использовании в программном обеспечении микроконтроллера в режиме реального времени, обеспечивает оперативный (динамический) контроль качества динамического функционирования системы прямого цифрового регулирования параметров технологических процессов производства комбикормов в условиях хозяйств.

РАЗДЕЛ 4

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

4.1 Разработка концепции синтеза архитектуры АТК

Малогабаритная комбикормовая установка (МКУ) представляется как системотехнический объект, образованный из функционально разнотипных систем, структурно взаимоувязанных иерархической подчиненностью и функционально объединенных для достижения заданных целей при определенных условиях, что отвечает определению “сложная иерархическая система”. Иерархическая структура МКУ представима в виде многоуровневой организационной иерархической системы, имеющей свойства:

- состоит из множественных чисел, точно выделенных и распределенных за уровнями подсистем;
- имеет функции, четко распределенные между уровнями и подсистемами одного уровня, исходя из формирования, выбора и принятия решений в определенной зоне действия;
- обеспечивает прямую и обратную связь с контурами управления между подсистемами разных уровней, а между подсистемами одного уровня – прямую и обратную связь подсистемы.

Важнейшая особенность рассмотренного объекта заключается в том, что многие процедуры синтеза и анализа иерархической структуры системно являются неформализованными, а их реализация носит субъективный характер. Эта особенность касается в первую очередь общей структуры иерархии. Такие процедуры, как выбор количества уровней в иерархии, выделение элементов на каждом уровне, выбор описания элементов каждого уровня, выбор аппарата описания взаимосвязей в иерархической структуре логично зависит от организации процесса и лица принятия решений (ЛПР).

На современном этапе основным является принцип модульного построения технологических производств [98]. Данный принцип позволяет научно-обоснованно подойти к определению количества уровней иерархической структуры и ее элементов. Подобный анализ строится на основе следующих системных положений:

- за количество уровней иерархической структуры принимается количество технологических этапов, на которых необходимо накапливать и

хранить, временно или длительно, компоненты комбикорма или готовый комбикорм;

- связь между уровнями структуры определяет рецептурное дозирование компонентов или готовой комбикормовой смеси;

- модульные элементы иерархической структуры одного уровня принимаются по технологическим операциям, которые имеют место в МКУ (очистка, загрузка, дробление, смешивание и др.).

В работе предложены рекомендации проведения синтеза схем технологических линий (ТЛ) и построения алгоритма управления ими [54, 64]. На рис. 4.1 показана структура математической модели процедуры обработки информации с учетом режимов работы и требований к технологическим процессам. Задача решается в четыре этапа: определение задач и уровней автоматизации технологических процессов; синтез и анализ с формализацией режимов работы; построение алгоритма управления и его оптимизация; построение схемы конструктивной реализации.

На первом этапе определяем перечень параметров, которые нуждаются в контроле, регистрации или регуляции. К реализации принимаются параметры, эффект от использования которых значительно превышает их эксплуатационные расходы.

Рис. 4.1. Структура математической модели процесса кормоприготовления как матрицы математических зависимостей каналов преобразования информации

Следующий этап состоит из синтеза и анализа ТЛ с формализацией режимов работы [67, 68]. При этом целесообразно составить несколько видов схем, с целью синтеза обобщенной функциональной схемы.

Возможные схемы приготовления компонентов кормов показаны на рис. 4.2.

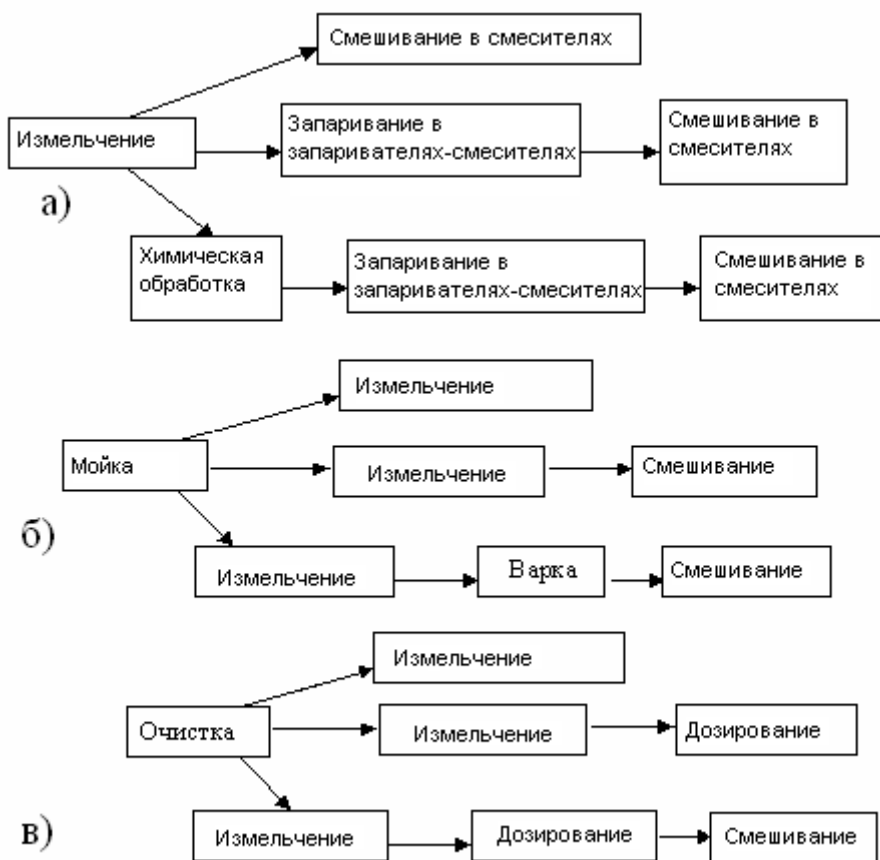


Рис. 4.2. Схема ТЛ компонентов кормов: грубые корма (а), корнеплоды (б), концентрированные корма (в).

Для синтеза функциональной структуры линии приготовления комбикормов при определенном ассортименте рецептов комбикормов необходимо следовать требованиям рецепта, который содержит максимальное количество технологических элементов.

При сопоставлении одного рецепта из множественного числа (ассортимента), содержащего множественное число компонентов, которые готовятся к скармливанию множественным числом элементов технологической линии, то при проектировании МКУ для нескольких рецептов комбикормов будет иметь место общее множественное число, что содержит объединение всех множественных чисел [70]:

$$MKUpP1P2 \cup \dots \cup Pn,; \quad (4.1)$$

$$MKUkK1K2 \cup \dots \cup Km,; \quad (4.2)$$

$$MKU \cup T_1 \cup T_2 \cup \dots \cup T_k, \quad (4.3)$$

Очевидно, что для проектирования СУ наибольшее значение имеет множественное число оборудования (4.3).

Моделирование процесса сочетания множественных чисел технологических элементов описывается с помощью методов динамического программирования. На сегодняшний день существует комплекс объектно-ориентированных методов проектирования (ООП) и моделирования (ОМ) технологических систем и процессов. Данный подход позволяет динамически изменять свойства компонентов без вмешательства в программный код [77, 78].

Технологические операции являются классами. Конкретное технологическое оборудование – объектами класса. Средства для реализации технологии – элементы класса. Параметры, которые характеризуют оборудование с разной глубиной детализации – свойства класса.

Существенным преимуществом ООП является возможность создавать классы с постепенным расширением базы знаний по конкретным классам, что позволяет экономить время на проектирование и усовершенствование программных комплексов.

Исходя из выше сказанного и полученных множественных чисел (4.1)-(4.3), для реализации синтеза технологической линии приготовления комбикормов на МКУ необходимо по определенным перечням возможных рецептов разработать обобщенную технологическую схему. Это позволит, при наличии обобщенных схем известных МКУ, определить возможность реализации конкретной новой продукции на действующих технологических линиях.

Одним из методов синтеза ТЛ МКУ является метод использования сетей Петри [299]. При использовании сетей Петри необходимо принять следующие положения: ТМ – узлы, технологическая связь между ТМ – дуги, наличие и количество модулей – соответствующее наличие и количество узлов.

Структура модели синтеза ТЛ МКУ показана на рис. 4.3. Данная схема имеет многоуровневую структуру, в которой: n – количество рецептов комбикорма; m – перечень необходимых или доступных компонентов для приготовления соответствующих рецептов; k – перечень ТМ, которые необходимы для реализации отдельной ТЛ для переработки компонента. По данной структурной схеме можно выполнить обратную задачу: какие рецепты можно изготавливать на известной ТЛ по определенным перечням ТМ [65].

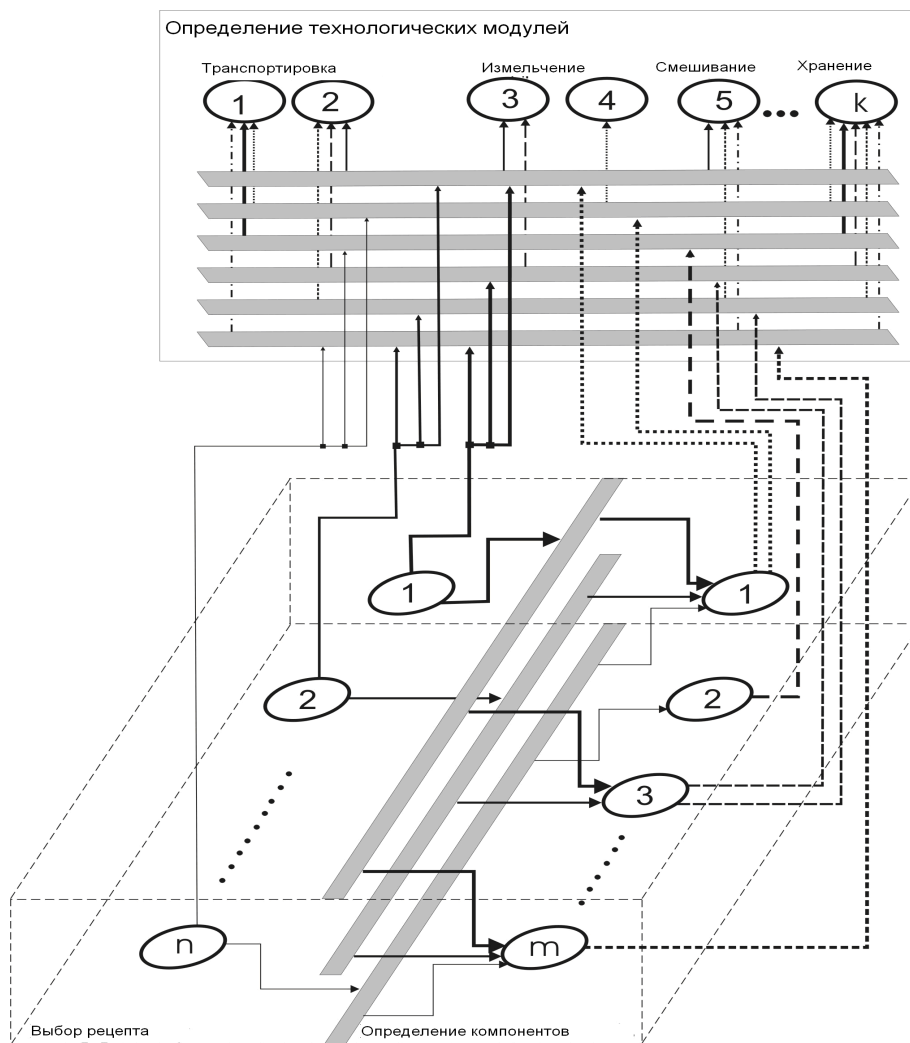


Рис. 4.3 - Структурная модель синтеза ТЛ МКУ.

На основе синтезированной ТЛ генерируется проектирование алгоритма работы. Синтезированную или известную ТЛ для приготовления комбикормов условно следует представить в виде технологических этапов: загрузка компонентов, приготовления комбикорма, хранения и выгрузки готовой продукции.

Моделирование выше отмеченных технологических этапов с помощью сетей Петри дает широкие возможности [65]. Рассмотрим пример ТЛ, которая состоит из трех бункеров, транспортеров, дробилки смесителя и бункера готовой продукции (рис. 4.4), где приняты следующие обозначения: Б1.1, Б2.1, Б3.1 и Б1.2, Б2.2, Б3.2 соответственно пустых и полных бункеров; s – семафор, содержит маркер при заполнении бункеров. При наличии маркера в секторе S с одинаковой вероятностью, если не имеется дополнительных условий (соответствующий бункер полон), что задается дугой возражения, определенного приоритета, возбуждается один из переходов А, С или Е, если соответствующий бункер Б1.1, Б2.1 или Б3.1 пустой. Выполняется загрузка пустого бункера – маркер переходит к соответствующему узлу Б1.2, Б2.2 или Б3.2. Возбуждается переход, который отвечает заполненному бункеру (В, D, F). Маркер переходит к семафору S – выполняется поиск пустого бункера, если такой отсутствует, то узел S находится в “режиме ожидания”. При наличии пустого бункера соответствующий переход (В, D или F) перестает быть

возбужденным. Маркер по дуге возражения переходит к соответствующему узлу (Б1.1, Б2.1 или Б3.1) и передается к переходу А, С или Е, которые возбуждаются, поскольку семафор S тоже содержит маркер. Таким образом выполняется динамический контроль наличия компонентов в бункерах.

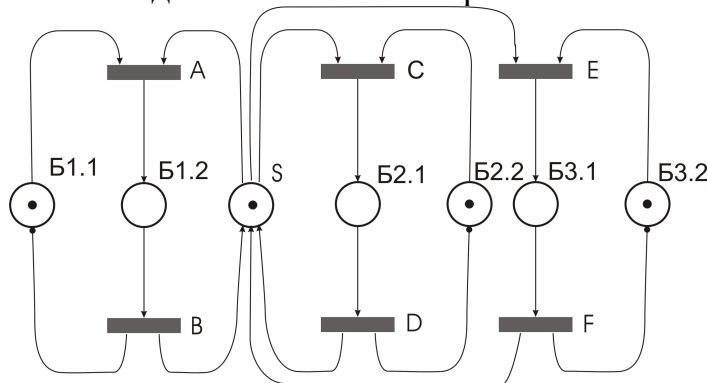


Рис. 4.4. Структурная модель загрузки бункеров.

Реализация доступа к ресурсу с учетом его количества реализуется по алгоритму изменения состояния сети Петри, то есть перемещения маркеров, вызванные действиями переходов, в случае срабатывания которых маркеры изымаются из одних узлов и располагаются в другие. В системах моделирования с каждой дугой можно связать не только определенный взвешивающий коэффициент (вес), а и любую функцию, которая определяется как выражение дуги. Если учесть эти особенности, то можно установить взвешивающий коэффициент (B) дуги и после его установления прибавить маркер, что способствует срабатыванию перехода. На рис. 4.5 показана структурная модель перехода во время возбуждения (а) и после него (б). Переход будет срабатывать постоянно при подаче маркеру $\bullet$, пока $A > B$.

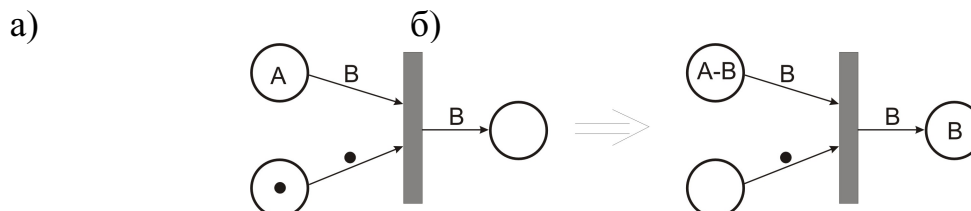


Рис. 4.5. Структурная модель дозированного использования компонентов.

Модель приготовления комбикорма будет иметь следующий вид (рис.4.6)

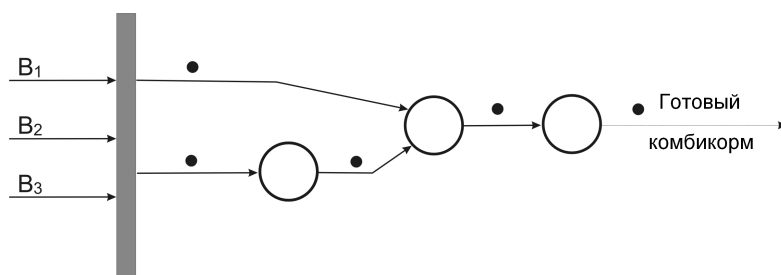


Рис. 4.6. Структурная модель приготовления комбикорма.

При объединении моделей ТЛ можно получить модель, построенную с помощью расширенных сетей Петри, работы ТЛ МКУ, которая использует в своей основе три компонента, которые сохраняются в трех бункерах [71] (рис. 4.7).

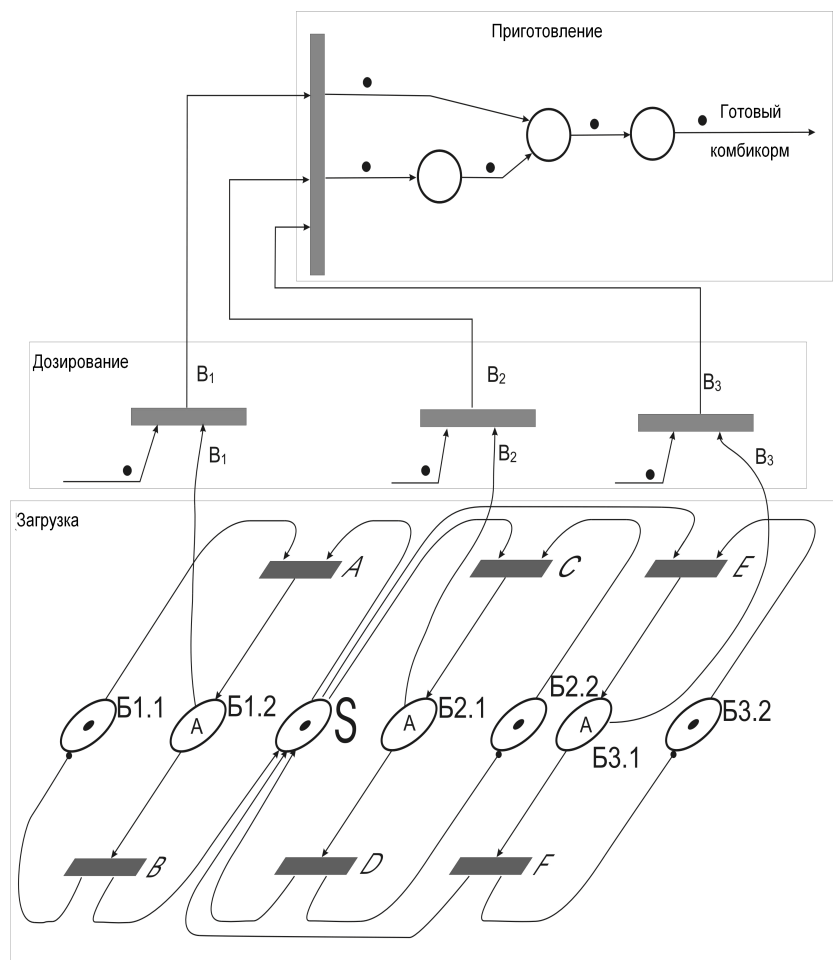


Рис. 4.7. Общая структурная модель ТЛ приготовления комбикорма.

Исходя из основных положений системного анализа, ставятся в соответствие каждому дугам и узлам ТМ классы, сформированные с помощью объектно-ориентированных операций.

Во второй этап входит составление алгоритма управления, который должен быть составленным для всех возможных режимов работы ТЛ [79, 80]. Вероятные режимы работы представляются в виде графа состояний (рис. 4.8). Технологическая линия может находиться в одном из состояний: стоп (С), пуск (П), нормальная работа (Р) в одном из двух режимов, авария (А). Переходы из одного состояния в другое возможны только в направлении, которое указано стрелками. ПУ генерирует сигналы, под действием которых объект управления переходит из одного состояния в другой. Некоторые из них, например сигнал “”, подается оператором. Сигнал перехода из аварийного состояния в состояние “С”, как правило, выполняется автоматически.

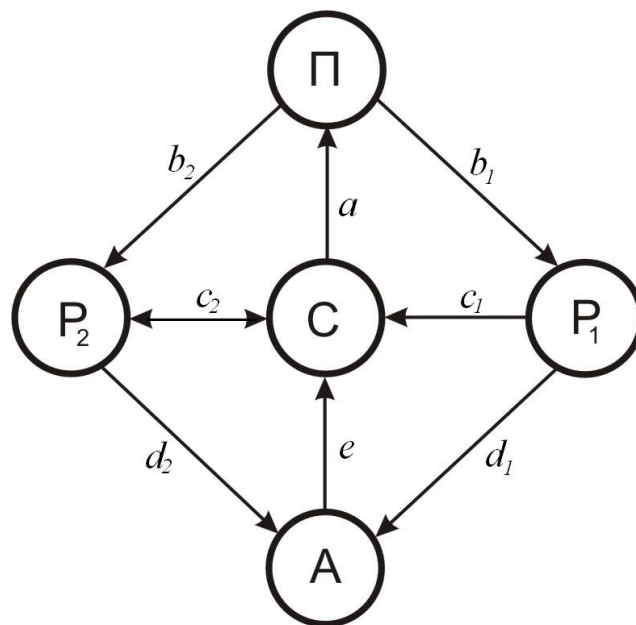


Рис. 4.8. Граф вероятных режимов работы МКУ.

Таблицу состояний МКУ (табл. 4.1), которая отображает вероятные соединения параметров в разных режимах работы и предоставляет реализацию правил для соответствующей реакции ПУ. В табл. 4.1 приведена запись состояния ТЛ для режима “работа” (знаки “0” и “1” отвечают наличию или отсутствию отклонения параметров за допустимые границы). В нее следует включить все состояния системы, которые приведены на рис. 4.8. Другие комбинации состояний параметров контроля и (или) регулирования не рассматриваются, они считаются невозможными.

Таблица 4.1 –
Вероятное состояние МКУ и выбор управляющего воздействия ПУ

№	Состояние параметров реагирования					Функциональное влияние ПУ
	X1	X2	X3	...	Xp	
1	1	1	1	...	0	У1
2	0	1	1	...	0	У2
3	1	0	1	...	0	У3
d	0	0	0	...	1	yd

Переходим к построению алгоритма и его оптимизации [81]. Для того, чтобы получить первичный алгоритм, необходимо из табл. 4.1 выписать из каждой строки состояние параметров контроля, регулирования и управляющих влияний, используя символы булевой алгебры:

$$;$$
(4.4)

$$,$$
(4.5)

121	Хранение и отпуск	Смешивание и обеззараживание	Измельчение
-----	----------------------	---------------------------------	-------------

где Σ - логическая операция дизъюнкции, $\&$ – конъюнкции; m – количество состояний, которые отвечают одному управляющему влиянию.

Выражение (4.4) представляет собой математическую модель процесса управления объектом, которая определяет порядок включения и выключения звеньев ТЛ при разных комбинациях сигналов.

При реализации этапа конструирования схемы построения, необходимо полученную модель оптимизировать по известным методам преобразования логических функций. При использовании релейно-контактной аппаратуры выражение (4.4) следует заменить эквивалентным, которое имеет минимальное количество буквенных обозначений, которое обеспечит наименьшее количество контактов. При использовании бесконтактных логических элементов необходимо получить выражение с наименьшим количеством логических знаков. Если каждому управляющему воздействию отвечают только определенные параметры контроля и регулирования, система управления делится на автономные блоки, которые можно рассматривать независимо друг от друга. Данное утверждение отвечает модулю построения ТЛ, которое подтверждает возможность и необходимость перехода к объектно-ориентированному подходу к процессу проектирования и моделирования ТЛ комбикормовых установок в целом.

На основе предложенного алгоритма синтеза ТЛ МКУ, который проходит в четыре этапа, можно реализовать выбор конкретных технологических машин, используя перечень рецептов комбикормов, которые хозяйство будет использовать, и выбор рецептов, которые необходимы хозяйству для изменения направления своей деятельности. Считаем целесообразным переход к объектно-ориентированному проектированию обобщенной синтезированной системы управления МКУ [56], поскольку благодаря данному инструменту проектная модернизация ТЛ менее всего затратная по времени, позволяет расширить базу знаний по конкретным Т (классам) М без существенного изменения программного кода и оптимизировать процесс моделирования работы ТЛ, как из информации визуализации работы, так и с учетом иерархии структуры МКУ. Кроме того, практическое воплощение указанных мероприятий может быть применено при проектировании комбикормовых заводов большой производительности, при этом следует учитывать следующие факторы, такие как широкий спектр технологических схем и возможностей существующих малогабаритных комбикормовых установок.

Анализ этих схем [53, 55, 233, 235], позволяет сделать вывод об общей последовательности технологических операций, показанных на рис. 4.9.

Рис. 4.9. Типовой состав технологических операций для МКУ.

В общем случае для автоматизации МКУ в каждом конкретном случае должна разрабатываться своя САУ или АСУ, что является довольно дорогим и технически неоправданным мероприятием, поэтому целесообразен синтез некоторой обобщенной модели МКУ, включающей большинство технологических признаков и возможностей существующих установок, с последующим ее анализом как объекта автоматизации и разработкой гибкой компьютерной системы управления.

Такая обобщенная МКУ должна “производить” все виды комбикормов с учетом конъюнктуры сырья и готовой продукции, обеспечивать выпуск комбикормов повышенной кормовой ценности, перерабатывать все виды сырья с учетом использования местной кормовой базы. Технологическая схема должна обладать большой гибкостью и надежностью. Сама установка должна быть достаточно технологичной в изготовлении, удобно транспортируемой и легко монтируемой из серийно выпускаемого оборудования. Решение поставленной задачи возможно с использованием известного принципа модульного построения технологических производств [98, 191, 210]. В качестве модулей выбраны те основные технологические операции (рис. 4.10), которые реализуются на основе малогабаритных комбикормовых установок: очистку и загрузку исходных зерновых компонентов в оперативные бункера, рецептурное дозирование и измельчение ингредиентов, обеззараживание и отпуск готовой продукции и др.

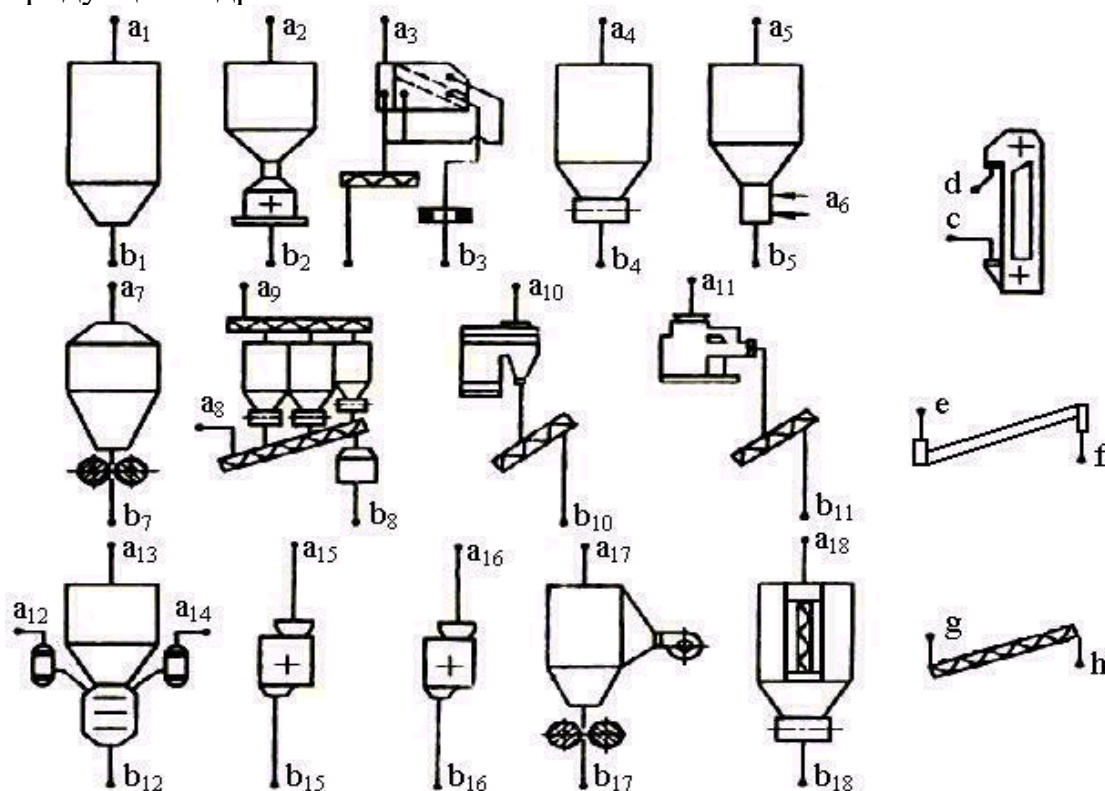


Рис. 4.10. Технологические модули малогабаритных комбикормовых установок:

a1b1 – модуль хранения; a2b2 – модуль измельчения; a3b3 – модуль очистки; a4b4 – модуль однокомпонентного дозирования; a5a6b5 – модуль

Синтез обобщенной МКУ выполняем по специально разработанной компьютерной программе [11] в соответствии с блок-схемой, представленной на рис. 4.11.

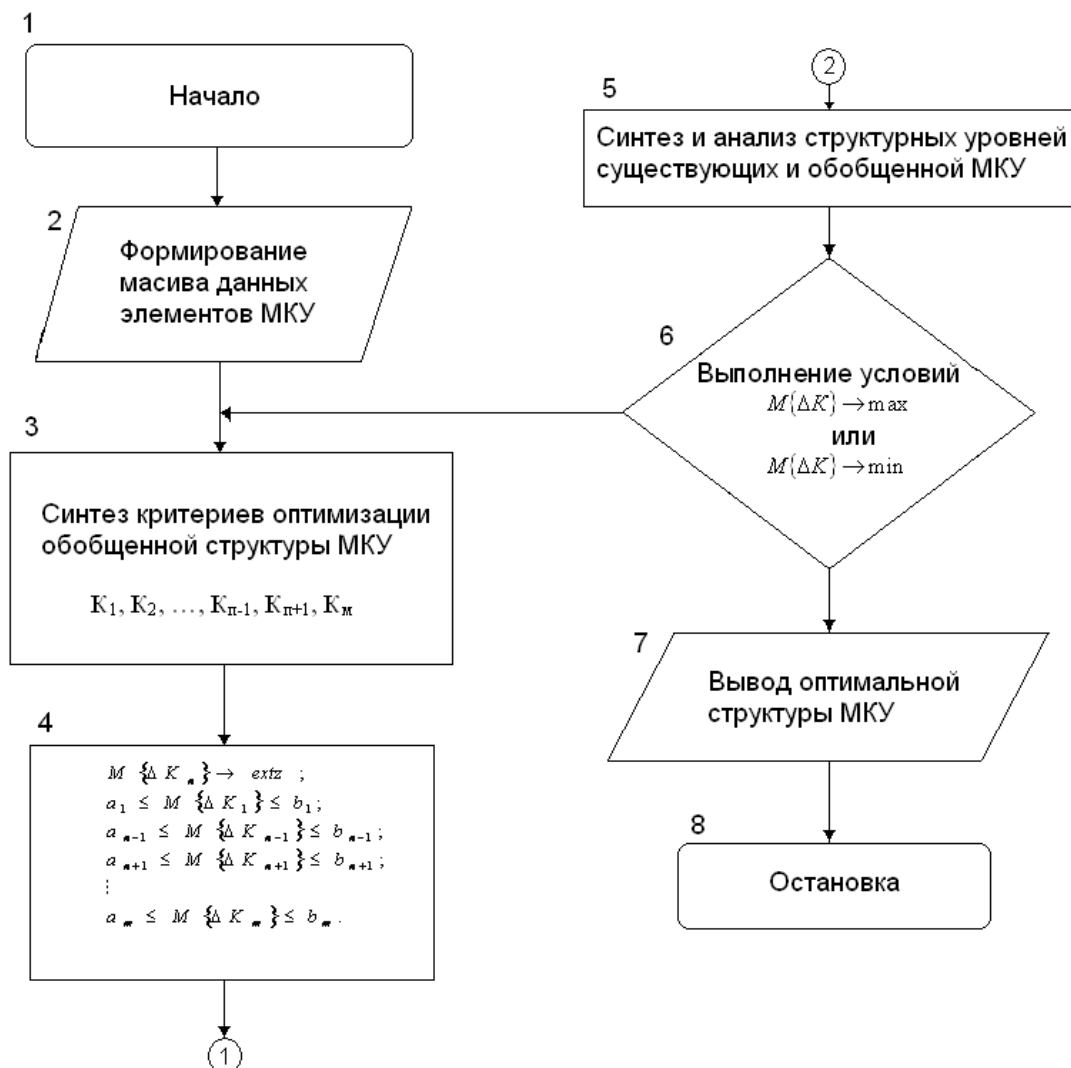


Рис. 4.11. Блок-схема программы синтеза обобщенной (универсальной) структуры МКУ.

Методика функционирования данной программы предполагает формирование базы данных, включающей все известные отечественные и зарубежные МКУ, их назначение, технические возможности и технологические особенности, а также перечень критериев оптимизации синтезируемой обобщенной структуры МКУ, таких как: количество и качество выпускаемой продукции, ее себестоимость, удельный расход сырья и энергии т.д., представленных на рис. 4.11 блоками 3 и 4.

Следовательно, на базе данной программы решается первая часть задачи выбора оптимального варианта технологического объекта управления (ТОУ), с дальнейшей его автоматизацией на уровне АСУТП, на основе чего открывается

Наименование технологии производства комбикорма	Модульная формула технологии
Обобщенная модульная модель малогабаритной комбикормовой установки	$cd - a1b1 - ef - a3b3 - cd - a2b2 - a4b4 - \quad - a8a9b8 - cd - a1b1 - a10b10 - cd$ $\downarrow$ cd

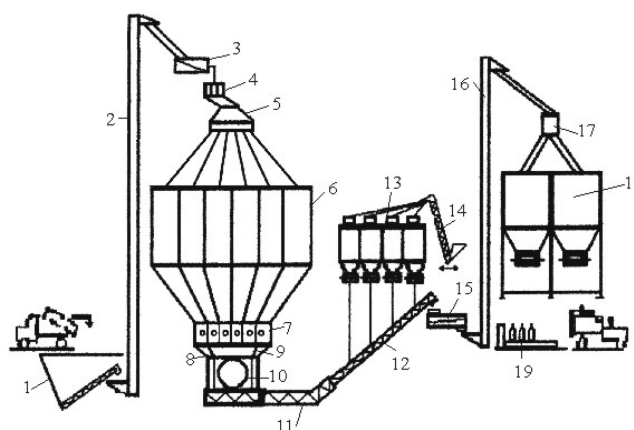


Рис. 4.12. Технологическая схема обобщенной (универсальной) модульной малогабаритной комбикормовой установки:

1 - приемный бункер; 2, 16 - норрии; 3 - сепаратор; 4 - магнитная колонка; 5 - распределитель поворотный; 6, 13, 18 - бункера; 7 - дозаторы; 8 - ультразвуковой модуль; 9 - перекидные заслонки; 10 - дробилка; 11, 12, 14 - шнеки; 15 - смеситель – обеззараживатель; 17 - распределитель; 19 – взвешивающее устройство.

возможность синтеза оптимального автоматизированного технологического комплекса (АТК) по производству комбикормов в условиях АПК [56].

Обобщенная модульная модель и технологическая схема обобщенной (универсальной) МКУ представлены соответственно в табл. 4.3 и рис. 4.12.

Особенностью данной установки является обобщение положительных технологических признаков существующих МКУ. Так, например, очистка исходного сырья и его загрузка в оперативные бункера идентичны установке УМК-Ф-2 с модернизацией узла распределения компонентов и числа бункеров. Дозирование микродобавок адекватно установке К-Н-5-1, а также польским агрегатам «Мишко» и Ибмер, а двухбункерное распределение готовой продукции – агрегату АКМ-1, а также признаки, свойственные установкам известных зарубежных фирм «Крамер», «Бушхофф», «Хмелин», «Химель» и «Рако» (Германия), «Гейл» (США), «Скьолд» (Дания) и др. [63]. Новшеством для агрегатов данного класса, является наличие узла смешивания компонентов комбикормов в псевдооживленном слое с одновременным их обеззараживанием посредством СВЧ-обработки [56].

Математическое описание энергетических процессов было выполнено в разд. 2 (уравнения 2.34 – 2.44) в линеаризованном виде (в случае их представления в форме системы разностных уравнений) и уравнениями (2.45)-(2.49) для двумерного представления координат:).

При подстановке в моменты времени nT значения распределений энергетических потоков (табл. 4.2) будем иметь

$$(4.6)$$

где с учетом выражений (2.43) и (2.48) коэффициенты выражений (2.47)-(2.49) примут вид:

$$(4.7)$$

в результате чего имеем систему двух разностных уравнений для распределения энергетических потоков на поверхности и внутри потока компонент меню комбикорма:

:

$$(4.8)$$

На практике более доступен параметр , поэтому из (4.8) исключается , в результате чего имеем разностное уравнение второго порядка вида:

$$(4.9)$$

Если в (4.9) использовать обозначения

,
тогда из (4.9) получим систему разностных уравнений вида:

$$(4.10)$$

где все значения параметров математической модели (4.9) используют для формирования управления типа обратных связей (результаты оценивания параметров хранятся в памяти управляющей ЭВМ). Отличительным преимуще

ством модели (4.10) является учет параметров системы на двух предыдущих тактах, что позволяет повысить качество управления.

Полученная модель (4.10) является базой разработки двух последующих контуров (технологических процессов), а два объединенных контура в дальнейшем также объединяются в один и т.д., что значительно экономит программные и аппаратные средства компьютерной системы управления. Машинная структура модели (4.10) с учетом (4.9) реализует алгоритмические процессы оптимизации без учета оценки факторов и параметров достижения инвариантности с управлением наблюдения.

С целью анализа полученной обобщенной МКУ составляем ее функциональную схему автоматизации [56, 63], которая представлена на рис. 4.13, где показаны места установки приводных и исполнительных механизмов, измерительных преобразователей, а также система формирования и дистанционной передачи информации.

Функциональная схема автоматизации является основным техническим документом, который определяет структуру и функциональные связи между ТП и средствами контроля и управления [164]. На данной схеме показано технологическое оборудование, места установки измерительных преобразователей, приводных и исполнительных механизмов, а также система преобразования и дистанционной передачи информации.

Расшифровка условных буквенных обозначений функциональной схемы приведена в табл. 4.4 [56, 63].

Щит управления МКУ изображен на схеме в виде прямоугольников, в первом из которых "Приборы местные", обозначены средства управления, расположенные вне щитов, начинку которых помещают в прямоугольник "Пульт (щит) управления". А так как управление процессом выполняется на уровне компьютерных технологий, то этот блок обозначают как "Пульт оператора", в котором выделены секторы "Щит контроля и управления" и "ЭВМ".

При изображении на функциональной схеме автоматизации линий связи применен адресный метод, причем нумерация линий на входе в пульты управления принята в возрастающем порядке.

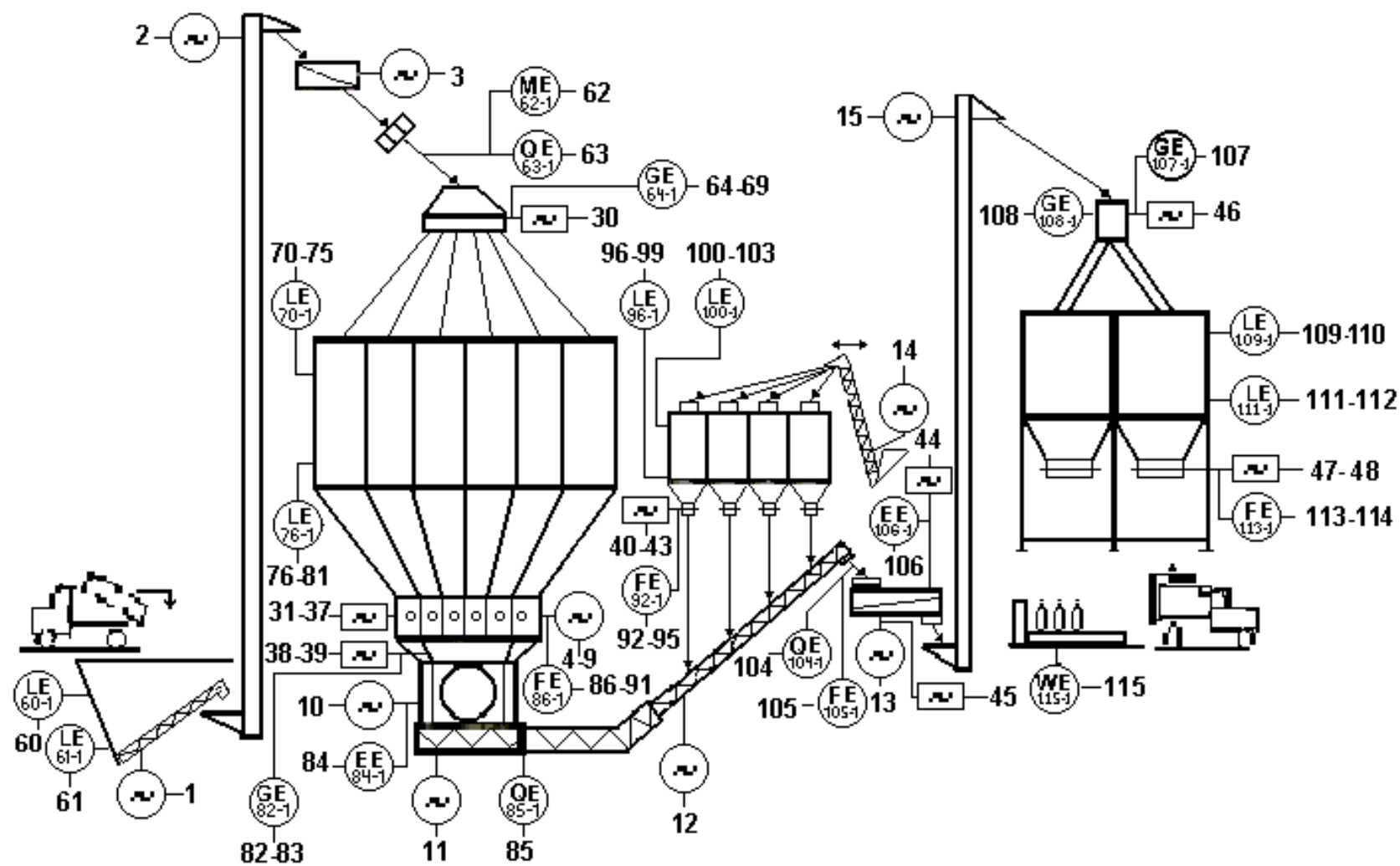


Рис. 4.13 – Система автоматизации ОМКУ. Схема функциональная.

Таблица 4.4 -

Расшифровка буквенных обозначений

Номер адреса	Значение букв
1-15	N - управления приводными двигателями с помощью магнитного пускателя; S - включение, отключение, переключение.
30 - 48	H - ручное воздействие; C - регулирование, управление.
60,61, 70,81, 96-103, 109-112.	L – уровень; E – чувствительный элемент; Y – преобразование (L /E-уровень в электрическую величину); T - дистанционная передача; S – отключение; K - пульт управления и т.д. H.(L) –верхний (нижний) уровень измеряемой величины.
62	M - влажность
63, 85,104	Q – состав, концентрация
64-69, 82, 83,107,108	G – положение, перемещение
84, 106	E – ток нагрузки
86-95, 105, 113, 114	F - расход
115	W - масса

На основании представленной на рис. 4.13 функциональной схемы автоматизации, выбираем параметры контроля и управления АСУТП МКУ, приняв при этом поблочный анализ узлов и агрегатов и сведя полученные результаты в табл. 4.5.

Таблица 4.5-

Параметры контроля и управления АСУТП МКУ

Узел МКУ	Параметры	
	Контроля	Управления

1. Бункера: приемный , оперативные и готовой продукции. 2. Система распределения компонентов по оперативным бункерам.	Верхний и нижний уровни зернового материала. Влажность и засоренность потока исходных зерновых компонентов, положение распределительного патрубка распределителя.	Оключение-включение подачи. Включение привода распределителя, положение рабочего механизма наддробильных дозаторов.
3. Дробилка и узел дозирования компонентов. 4. Узел смешивания и СВЧ-обработки. 5. Блок хранения и отпуска готовой продукции.	Положение перекидных клапанов крайних бункеров, подача зерновых компонентов и микродобавок, крупность размола, ток нагрузки приводного двигателя. Подача и зараженность комбикорма, напряженность СВЧ-поля Положение перекидного клапана распределителя, количество отпущенной продукции.	Включение привода перекидных клапанов крайних бункеров, регулирование величины подачи компонентов, включение ультразвукового модуля. Привод заслонки вентилятора, регулятор мощности СВЧ-излучателя. Привод перекидного клапана распределителя, включение-отключение выгрузного механизма.

4.2. Синтез структурно-алгоритмических моделей комбинированной инвариантной системы управления кормоприготовлением

1) Разработка и анализ структурных схем автоматизации существующих МКУ.

Для анализа МКУ как объекта автоматизации, разработана структурно-алгоритмическая схема [63], которая, например, для одной из наиболее распространенных установок - УМК-Ф-2 имеет вид (рис. 4.14):

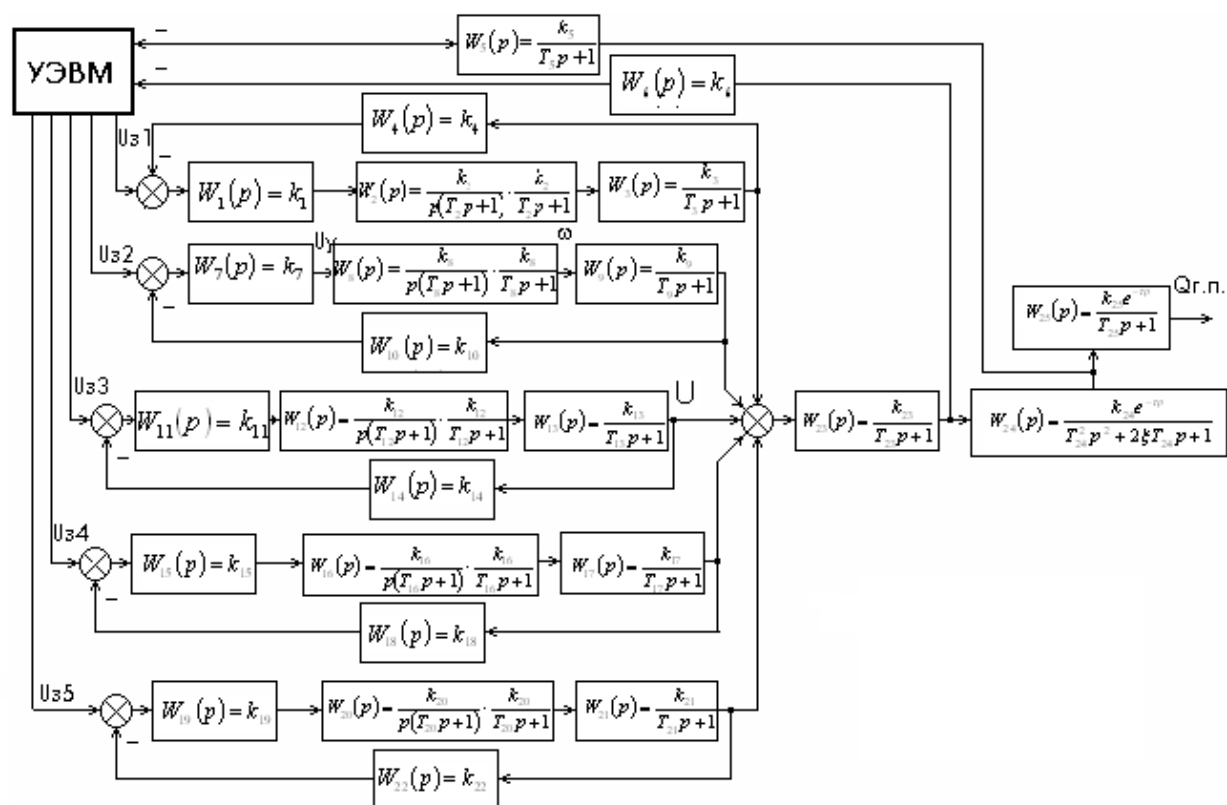


Рис. 4.14 – Структурно-алгоритмическая схема автоматизации установки УМК-Ф-2

Данная схема является основой для оценки статических и динамических свойств, как системы в целом, так и отдельных ее звеньев [118]. Здесь звенья с передаточными функциями $W_1(p) - W_3(p)$, $W_7(p) - W_9(p)$, $W_{11}(p) - W_{13}(p)$, $W_{15}(p) - W_{17}(p)$, $W_{19}(p) - W_{21}(p)$ отражают каналы дозирования в дробильную камеру установки четырех исходных зерновых компонентов и биовитаминных добавок (БВД) с контролем величины подачи соответствующими расходомерами, описываемыми звеньями $W_4(p)$, $W_{10}(p)$, $W_{14}(p)$, $W_{18}(p)$, $W_{22}(p)$ и включенными каждый в свой контур отрицательной обратной связи. Затем, звеньями $W_{23}(p) - W_{25}(p)$ аппроксимирована работа дробильной камеры и транспортное запаздывание, обусловленное перемещением комбикорма в бункер готовой продукции. При этом звеньями с передаточными функциями $W_5(p)$ и $W_6(p)$ обозначены измерительные преобразователи соответственно качества продукции и тока нагрузки приводного двигателя дробилки.

Тогда, обозначив через $W_{1э}(p)$ передаточную функцию блока дозирования, запишем:

(4.11)

Обобщенные выражения для контуров контроля тока нагрузки двигателя дробилки, определения в потоке крупности размола и количества готовой продукции будут иметь соответственно вид:

.3

(4.12)

(2) (4.13)

После определения значений коэффициентов передачи и постоянных времени каждого из звеньев и подстановкой их в (4.11- (4.13), можно получить передаточную функцию замкнутой системы, которая в общем виде запишется как отношение полиномов:

(4.14)

где $n > m$.

Знаменатель передаточной функции (4.14), приравненный к нулю, является характеристическим уравнением замкнутой системы, что определяет параметры устойчивости и качества функционирования автоматизированной малогабаритной установки.

В соответствии с рис. 4.14, информация с измерительных преобразователей контуров регулирования подается в управляющую ЭВМ, обозначенную на схеме блоком УЭВМ, где, после соответствующих расчетов [60], определяется оптимальная расчетная (фактическая) производительность комбикормового агрегата, под которой понимают максимально возможную производительность при соответствии параметров качества получаемой продукции заданным требованиям.

2) Структурно-алгоритмическая схема малогабаритной установки К-Н-5-1 показана на рис. 4.15.

Контурами $W1(p) - W4(p)$, $W5(p) - W8(p)$ и $W9(p) - W12(p)$ отражена дозированная подача соответственно зерновых компонентов и премиксов,

звеньями $W_{13}(p) - W_{17}(p)$ отражены процессы измельчения, транспортировки и смешивания этих компонентов, а контуры, $W_{18}(p) - W_{21}(p)$, $W_{22}(p) - W_{25}(p)$ и $W_{26}(p) - W_{29}(p)$ описывают процесс дозирования соответственно травяной муки, смеси микродобавок и БВД, а звенья $W_{31}(p) - W_{32}(p)$ – транспортирование и смешивание ингредиентов, т.е. процесс окончательного приготовления комбикорма.

3) Применяя положения теории автоматического управления о структурных преобразованиях, обозначив через $W_{1э}(p)$ передаточную функцию

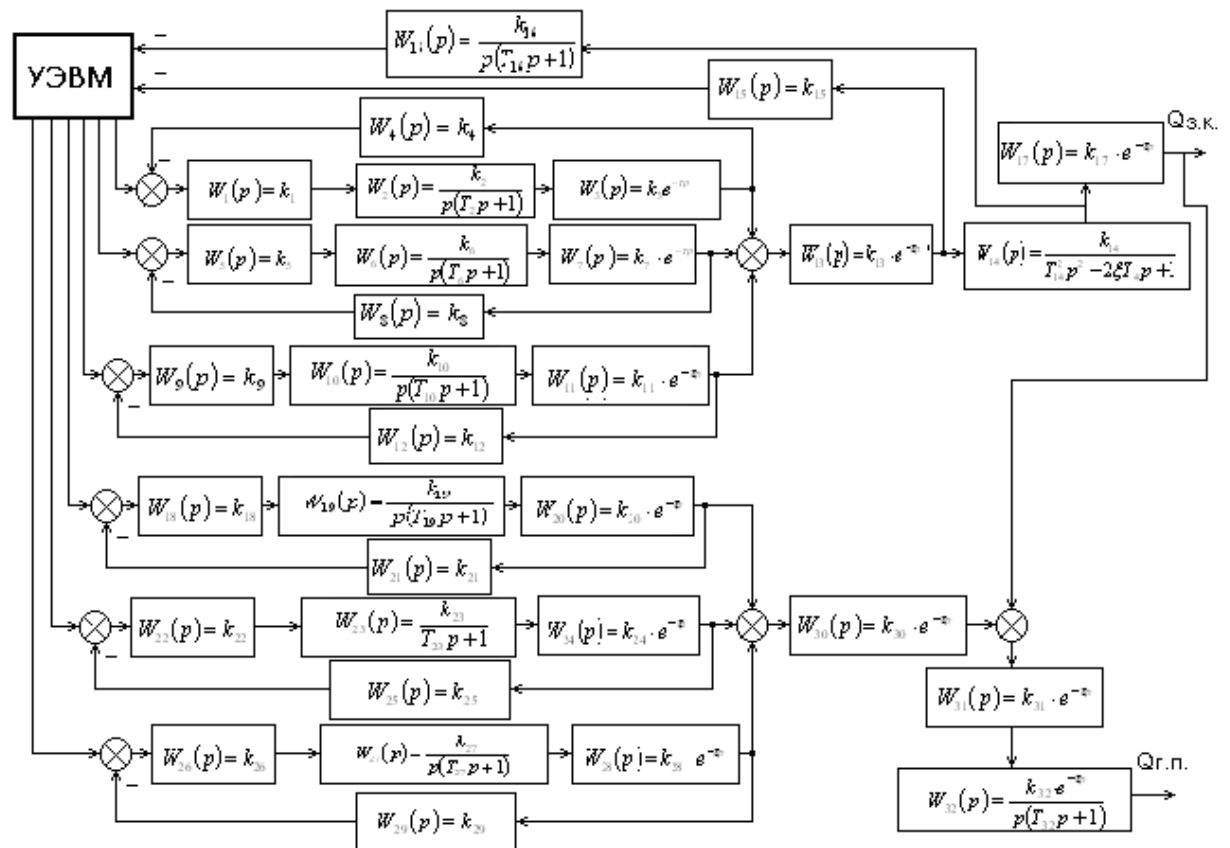


Рис. 4.15. Структурно-алгоритмическая схема автоматизации установки К-Н-5-1

блока дозирования и транспортировки зерновых компонентов и премиксов, получим

.3

.3

.3

(4.15)

Передаточные функции по каналам контроля загрузки двигателя дробилки и крупности размола частиц комбикорма примут вид соответственно

$$(4.16) \quad \dots \quad .3 \quad ;$$

$$(4.17) \quad \dots \quad .3 \quad .$$

Аналогично для процесса дозирования и транспортировки компонентов после дробилки, обозначив данный контур через $W_2(p)$, запишем

.3

.3

.3

(4.18)

В результате сравнительного анализа параметров функционирования рассмотренных МКУ [56], были получены соответствующие показатели, отражающие имеющиеся взаимные достоинства и недостатки малогабаритных комбикормовых установок УМК-Ф-2 и К-Н-5-1.

Вместе с тем следует отметить частный характер полученных результатов, относящихся к конкретным фиксированным структурам МКУ и не отображающих общие статические и динамические характеристики всего множества имеющихся видов такого класса установок. Следовательно, как уже отмечалось выше, имеет смысл разработки и анализа некоторой обобщенной (универсальной) структуры МКУ, объединяющей присущие существующим комбикормовым установкам достоинства и, по возможности, свободной от свойственных им недостатков.

Проанализировав синтезированную обобщенную МКУ (рис. 4.13) как объект автоматизации [56], были получены контролируемые и регулируемые параметры, на основании чего разработана структурно-алгоритмическая схема, представленная на рис. 4.16. Данная схема отражает структуру комплекса технических средств системы автоматизации обобщенной МКУ, дает

возможность судить о статических и динамических свойствах как отдельных ее элементов, представленных соответствующими операторными дифференциальными уравнениями в виде передаточных функций, так и системы в целом.

Блок дозирования зерновых компонентов (рис. 4.16) аппроксимируется по числу бункеров звеньями соответственно: $W_1(p) - W_4(p)$, $W_5(p) - W_8(p)$, $W_9(p) - W_{12}(p)$, $W_{13}(p) - W_{16}(p)$, $W_{17}(p) - W_{20}(p)$, $W_{21}(p) - W_{24}(p)$. Работа дробилки описана звеном $W_{26}(p)$, с контролем загрузки приводного двигателя $W_{25}(p)$ посредством применения трансформатора тока $W_{27}(p)$. На выходе из дробилки контроль расхода и степени измельчения зерновой фракции реализуется соответственно расходомером $W_{29}(p)$ и дисперсализатором $W_{28}(p)$.

Контур управления дозированной подачей микродобавок отражены передаточными функциями $W_{30}(p) - W_{33}(p)$, $W_{34}(p) - W_{37}(p)$, $W_{38}(p) - W_{41}(p)$, $W_{42}(p) - W_{45}(p)$. На выходе из сборного шнека осуществляется контроль суммарного расхода смеси устройством $W_{46}(p)$, ее однородности и обсемененности – комбинированным измерительным преобразователем $W_{47}(p)$, на основании чего принимается решение о необходимости дополнительного смешивания и обеззараживания материала включением в состав технологической линии (как варианта) пневмосепаратора-транспортера $W_{56}(p)$, работающего на принципе псевдоожижения с одновременной СВЧ-обработкой комбикорма [57]. При этом контур управления подачей оживающего воздуха аппроксимирован звеньями $W_{48}(p) - W_{51}(p)$, а регулирование уровня СВЧ-обработки – звеньями $W_{52}(p) - W_{55}(p)$. Звенья $W_{57}(p) - W_{60}(p)$ отражают загрузку комбикорма в бункера готовой продукции и учет ее отпуска. С использованием правил преобразования структурных схем автоматики, а также базируясь на основных положениях теории автоматического регулирования в части математического описания статических и динамических свойств систем, получены передаточные функции каналов управления и промежуточных эквивалентных контуров.

По току загрузки

$$, \quad (4.19)$$

где $W_{э1}$ - эквивалентный контур блока дозирования зерновых компонентов.

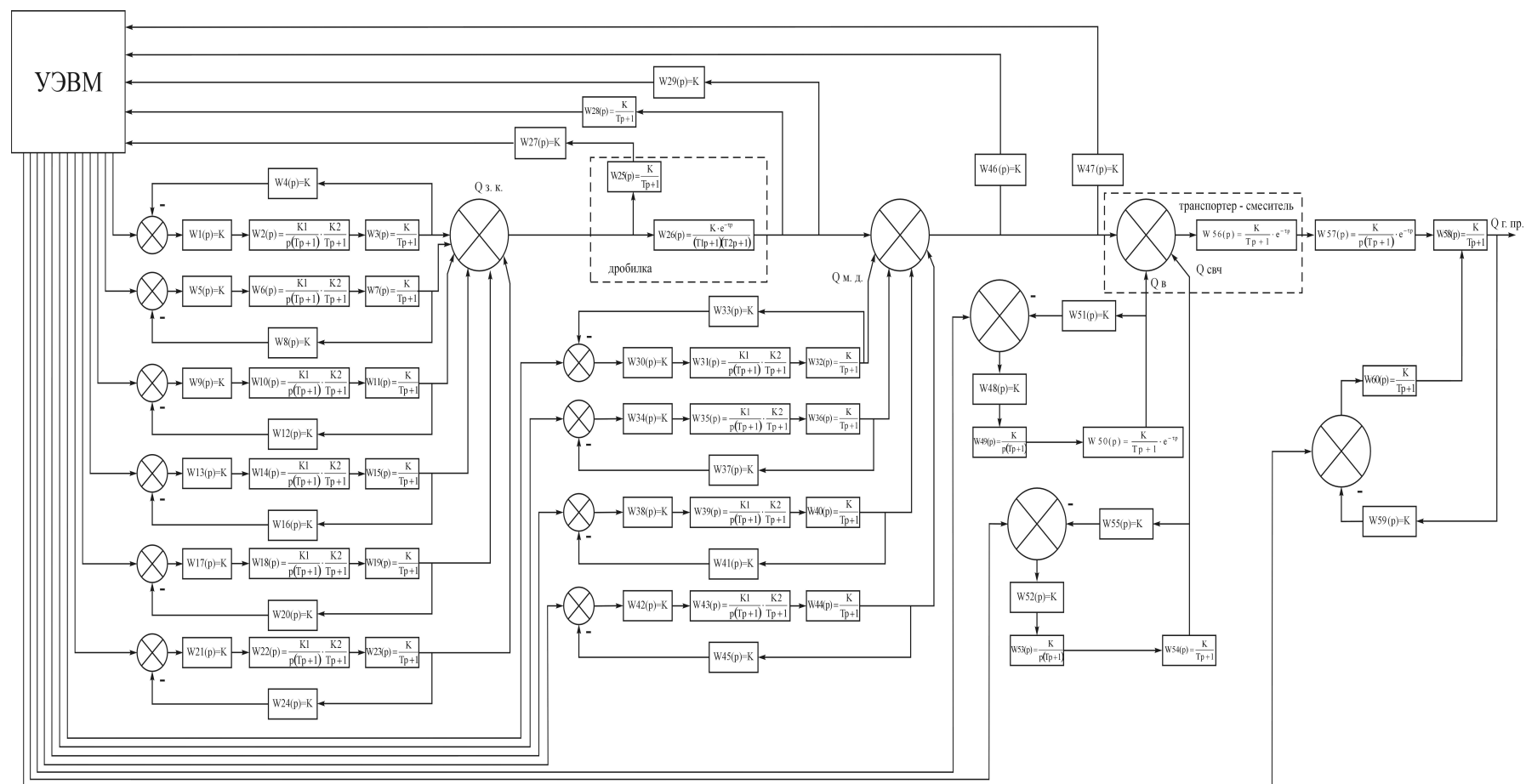


Рис. 4.16 . Структурно-алгоритмическая схема обобщенной МКУ.

(4.20)

По крупности размола

(4.21)

По расходу зерновой фракции

(4.22)

По подаче комбикорма в смеситель

(4.23)

где $W_{э2}$ - эквивалентный контур блока дозирования микродобавок.

(4.24)

По обсемененности и однородности смеси

(4.25)

Общая после смешивания и СВЧ-обработки

(4.26)

где $W_{э3}$ - эквивалентный расчетный контур блока дозирования микродобавок.

(4.27)

Общая

(4.28)

где $W_{э4}$ - эквивалентный расчетный контур блока дозирования микродобавок.

(4.29)

Определение параметров передаточных функций звеньев структурно-алгоритмической схемы выполняем в координатах “выход - вход” с учетом конструктивных особенностей МКУ, статических и динамических свойств массопотоков компонентов и готовой продукции, а также характеристик технических средств автоматизации (приложение В, табл. В.1).

После подстановки в (4.19) – (4.29) численных значений параметров соответствующих звеньев из табл. В1, получаем передаточные функции указанных выше каналов управления в виде отношений полиномов (14), где интегральные свойства превалируют над дифференциальными, т.е. в целом система (14) являясь астатической, сохраняет инерционные свойства () (в системе управления реализуется закон, не позволяющий компенсировать запаздывание), откуда в численном виде передаточные функции основных и промежуточных контуров имеют вид:

а) эквивалентного контура блока дозирования зерновых компонентов

; (4.30)

б) эквивалентного контура блока дозирования микродобавок.

; (4.31)

в) эквивалентных расчетных контуров

; (4.32)

г) ; (4.33)
 д) току нагрузки

е) крупности размола ; (4.34)

и) расходу зерновой фракции ; (4.35)

к) подаче комбикорма в смеситель ; (4.36)

л) обсемененности ; (4.37)

м) общая после СВЧ-смесителя ; (4.38)

(4.39)

Полученные передаточные функции ниже используются для исследования качественных параметров функционирования автоматизированного технологического комплекса по производству комбикормов.

4.3 Исследование и оценка технической устойчивости разрабатываемого АТК

Для определения параметров качества функционирования АТК необходимо вычислить корни полиномов полученных выше передаточных функций. Вычисления проводим в среде Mathcad [20, 56, 92] с использованием в качестве исходных уравнений полиномы передаточных функций основных контуров регулирования.

1) Определение корней полиномов

а) по крупности; Числитель. Коэффициенты: (240.48; -4.01; 3.206)Т,

Корни: ; (4.40)

Знаменатель. Коэффициенты: (325.584; 20.624; 56.15; 54.472; 13.724; 1.047; 0.17; 0.0017; 0.0000005)Т. Корни имеют численные значения:

$$\begin{pmatrix} -3.297 \times 10^3 \\ -97.27 \\ -2.999 - 1.19i \\ -2.999 + 1.19i \\ -0.556 - 8.5i \\ -0.556 + 8.5i \\ 0.724 - 1.471i \\ 0.724 + 1.471i \end{pmatrix}$$

(4.41)

б) по току; Числитель. Коэффициенты: (10.02; 32.064; 54.308; 36.673; 20.42; 0.00011)Т

(4.42)

Знаменатель. Коэффициенты: (0.256; 1.312; 3.728; 6.05; 6.457; 3.824; 1.813; 0.158; 0.00000468; $2.43 \cdot 10^{-10}$)T

(4.43)

в) по подаче комбикорма в смеситель; Числитель, Коэффициенты: (107.3; -7.148; 1.42)T, значения корней равны:

(4.44)

Знаменатель, Коэффициенты: (6.869; 19.32; 54.707; 86.036; 75.01; 30.941; 9.583; 1.81; 0.147; 0.018; 0.000175; $1.025 \cdot 10^{-6}$; $1.5 \cdot 10^{-11}$)T, значения корней:

	0
0	$-6.816 \cdot 10^4$
1	$-81.559-97.867i$
2	$-81.559+97.867i$
3	-3.414
4	$-0.774+0.506i$
5	$-0.774-0.506i$
6	$-0.727+2.904i$
7	$-0.727-2.904i$
8	$-0.626-8.455i$
9	$-0.626+8.455i$
10	$-0.057+0.466i$
11	$-0.057-0.466i$

(4.45)

Учитывая, что условием устойчивости при использовании корневого метода являются отрицательные вещественные части комплексно-сопряженных корней либо отрицательные действительные корни, можно сделать вывод об устойчивости контуров регулирования по току и общего по подаче комбикорма в смеситель и о теоретической неустойчивости контура регулирования по крупности.

2) Определение диагональных миноров

С помощью среды Mathcad определяются условия устойчивости по алгебраическому критерию Гурвица [92, 118, 153] по значениям миноров соответствующих определителей, используя те же полиномы, что и для предыдущего корневого метода.

б) По контуру подачи комбикорма в смеситель:

$$\Delta = \begin{pmatrix} 1.025 \cdot 10^{-6} & 0.018 & 1.81 & 30.941 & 86.036 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1.5 \cdot 10^{-11} & 0.000175 & 0.147 & 9.583 & 75.01 & 54.707 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.025 \cdot 10^{-6} & 0.018 & 1.81 & 30.941 & 86.036 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.5 \cdot 10^{-11} & 0.000175 & 0.147 & 9.583 & 75.01 & 54.707 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.025 \cdot 10^{-6} & 0.018 & 1.81 & 30.941 & 86.036 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.5 \cdot 10^{-11} & 0.000175 & 0.147 & 9.583 & 75.01 & 54.707 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.025 \cdot 10^{-6} & 0.018 & 1.81 & 30.941 & 86.036 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.5 \cdot 10^{-11} & 0.000175 & 0.147 & 9.583 & 75.01 & 54.707 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.025 \cdot 10^{-6} & 0.018 & 1.81 & 30.941 & 86.036 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.5 \cdot 10^{-11} & 0.000175 & 0.147 & 9.583 & 75.01 & 54.707 \end{pmatrix} \quad (4.46)$$

где $\Delta 0 \cdot 10^{-11} > 0$; $\Delta 1 \cdot 10^{-6} > 0$; $\Delta 2 \cdot 10^{-12} > 0$; $\Delta 3 \cdot 10^{-13} > 0$; $\Delta 4 \cdot 10^{-13} > 0$; $\Delta 5 \cdot 10^{-13} > 0$; $\Delta 6 \cdot 10^{-13} > 0$; $\Delta 7 \cdot 10^{-11} > 0$; $\Delta 8 \cdot 10^{-10} > 0$; $\Delta 9 \cdot 10^{-8} > 0$; $\Delta 10 \cdot 10^{-6} > 0$; $\Delta 11 \cdot 10^{-5} > 0$; $\Delta 12 \cdot 10^{-4} > 0$,

т. е. система устойчива.

в) По контуру тока:

$$\Delta = \begin{pmatrix} 0.00000468 & 1.813 & 6.454 & 3.728 & 0.256 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2.43 \cdot 10^{-9} & 0.158 & 3.824 & 6.05 & 1.312 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.00000468 & 1.813 & 6.454 & 3.728 & 0.256 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2.43 \cdot 10^{-9} & 0.158 & 3.824 & 6.05 & 1.312 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.00000468 & 1.813 & 6.454 & 3.728 & 0.256 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2.43 \cdot 10^{-9} & 0.158 & 3.824 & 6.05 & 1.312 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.00000468 & 1.813 & 6.454 & 3.728 & 0.256 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2.43 \cdot 10^{-9} & 0.158 & 3.824 & 6.05 & 1.312 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.00000468 & 1.813 & 6.454 & 3.728 & 0.256 \end{pmatrix} \quad \begin{matrix} (4.47) \\ (4.47) \end{matrix}$$

где $\Delta 0 \cdot 10^{-9} > 0$; $\Delta 1 \Delta 2 \cdot 10^{-7} > 0$; $\Delta 3 \cdot 10^{-6} > 0$; $\Delta 4 \cdot 10^{-6} > 0$; $\Delta 5 \cdot 10^{-5} > 0$; $\Delta 6 \cdot 10^{-5} > 0$; $\Delta 7 \cdot 10^{-5} > 0$; $\Delta 8 \cdot 10^{-5} > 0$; $\Delta 9 \cdot 10^{-5} > 0$,

т.е. система устойчива

г) По контуру крупности

$$\Delta = \begin{pmatrix} 0.0017 & 1.047 & 54.472 & 20.624 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.00000005 & 0.17 & 13.724 & 56.15 & 325.584 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.0017 & 1.047 & 54.472 & 20.624 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.00000005 & 0.17 & 13.724 & 56.15 & 325.584 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0017 & 1.047 & 54.472 & 20.624 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.00000005 & 0.17 & 13.724 & 56.15 & 325.584 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.0017 & 1.047 & 54.472 & 20.624 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.00000005 & 0.17 & 13.724 & 56.15 & 325.584 \end{pmatrix} \quad \begin{matrix} (4.48) \\ (4.94) \end{matrix}$$

где $\Delta 0 \Delta 1 \Delta 2 \cdot 10^{-4} > 0$; $\Delta 3 \cdot 10^{-4} > 0$; $\Delta 4 \cdot 10^{-4} > 0$; $\Delta 5 \cdot 10^{-2} > 0$; $\Delta 6 \Delta 7 \Delta 8 \cdot 10^{-5} < 0$,

т.е система теоретически неустойчива [152].

С целью последующего анализа системы целесообразно построить объединенные логарифмические характеристики АЧХ и ФЧХ контуров регулирования в виде диаграммы Боде [297], которая позволяет определить “техническую устойчивость” объекта управления, даже при теоретической неустойчивости, определенной классическими алгебраическими критериями. В нашем случае, из компьютерного расчета матриц, полученных на основании характеристических уравнений передаточных функций вида следует, что неустойчивым является контур управления по крупности размола. Характеристики контуров управления на диаграмме Боде строятся по асимптотическим выражениям логарифмических амплитудных и фазовых характеристик, точки излома которых определяются логарифмом частот соединения, для получения которых необходимо наличие корней соответствующих полиномов, которые были определены выше, при этом передаточные функции контуров представляются в виде отношения дробно-рациональных функций

$$(4.49)$$

где K - коэффициент передачи контура, который определяется через

приведение к единице свободных членов полиномов, то есть

значения корней соответственно числителя и знаменателя полиномов передаточных функций.

Записав уравнение (4.62) в частотном виде и выражая их модули в децибелах, ($20 \lg W(j)$), получаем выражения для построения диаграммы Боде.

в) по контуру тока:

$$W_1(p) = \dots \quad .3 \quad .3 \quad = 0,0255; \lg K_1 = -1,59; 20 \lg K_1 = -31,87. \quad .3$$

$$(4.50)$$

где $K_1 = \dots = 0,0255; \lg K_1 = -1,59; 20 \lg K_1 = -31,87.$

$$A_1 = -31,87 - 20 \lg \dots - 40 \lg \dots - 40 \lg \dots - 20 \lg \dots - 40 \lg \dots - 40 \lg \dots \quad (4.51)$$

По контуру крупности:

$$W_{кр}(p) = K_{кр} \times \dots, (4.52)$$

где $K_{кр} = \dots$;
 $Lg K_{кр} = 0,132$; $20lg K_{кр} = 2,64$.

$$A_{кр} = 2,64 + 40lg \dots - 20lg \dots - 20lg \dots - 40lg \dots - 40lg \dots + 40lg \dots (4.53)$$

По контуру подачи в смеситель:

$$W_{общ.досм.}(P) = \dots, (4.54)$$

$$\begin{aligned} & \text{где } K_{общ.1.} \dots lg K_{общ.1.общ.1} \dots \\ & A_{общ.до см.} lg \dots - 20lg \dots - 40lg \dots \\ & \dots - 20lg \dots - 40lg \dots - 40lg \dots - 40lg \dots \end{aligned} (4.55)$$

Диаграмма Боде показана на рис. 4.17. При этом для частот

сопряжения наклон ЛАХ соответствует $\dots$, а изменение фазы, которая откладывается в градусах $\dots$ где n - коэффициент, который зависит от вида корней полиномов.

Из рис. 4.17 следует, что контуры управления по току и общий, которые характеризует поток комбикорма к подаче в смеситель, является абсолютно устойчивым, так как их АЧХ расположены ниже значение 0 дБ, а для теоретически неустойчивого контура управления по степени размола, с увеличением частоты наблюдается опережающее пересечение ЛАЧХ уровня 0 дБ относительно пересечения ЛФЧХ уровня -180 град., что свидетельствует

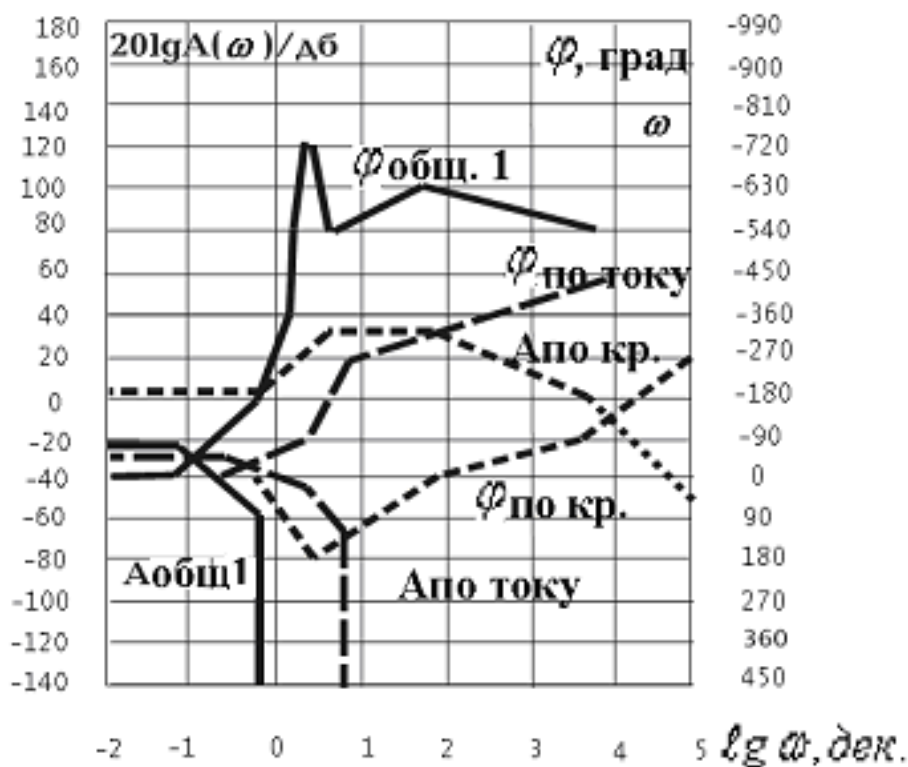


Рис. 4.17. Диаграмма Боде.

технической устойчивости данного контура с запасом по амплитуде около 20 дБ, а по фазе – приблизительно 90 град. Это можно объяснить дополнительным демпфированием системы за счет практически плавного изменения регулирующих влияний со стороны исполнительных механизмов, которые в чисто теоретических расчетах принято считать скачкообразными.

Таким образом, можно сделать вывод об экстремальном характере управления процессом приготовления комбикормов на МКУ, который нуждается в постоянной коррекции уставок локальных регуляторов, что не свойственно традиционным САУ, а требует организации иерархической структуры с использованием средств вычислительной техники.

Проведенный анализ показывает адекватность качества теоретических процессов процессам практики кормоприготовления (при принятых выше условиях линейности представления моделей динамических звеньев системы (подсистемы)) и показывает системную научную состоятельность теоретических предпосылок при структурном обосновании параметров управляемости, наблюдаемости, стабилизируемости.

В результате выполненных в Приложении В расчетов показателей качества функционирования системы автоматизации МКУ, получены следующие результаты:

Параметры качества регулирования:

Время регулирования $t_{\text{рег.}} = 12$ с.

Время достижения первого максимума $t_{\text{макс.1}}=3$ с.

Время достижения второго максимума $t_{\text{макс.2}}=5$ с.

Декремент затухания $= 0,7$.

Значения указанных параметров находятся в пределах, допустимых для данного класса систем [22].

4.4 Исследование и оценка показателей качества функционирования технологического процесса кормоприготовления

Известно, что реальный технологический процесс должен быть исследован с учетом имеющихся в нем нелинейностей [85, 152, 169, 228].

На рис. 4.18 показана структурно-функциональная схема подсистемы коррекции параметров инвариантности в дискретных нелинейных системах оценивания с управлением наблюдаемостью.

На указанном рис. 4.18 величина u – аддитивная смесь задающего воздействия u_0 и возмущения w ; y – управляемый процесс; z – невязка (рассогласование) наблюдения; $\hat{y}$ – оценка процесса y ; u_c – управляющее воздействие. По условиям работы управляемый процесс должен быть ограничен, т.е.

(4.56)

Для оценивания необходимо проводить управление процессом y , в противном случае наблюдаемый процесс исчезает и оценивание становится невозможным. Задача управления осложняется наличием в измерительном устройстве линейной непрерывной части (ЛНЧ). Поскольку алгоритмы оценивания и управления предполагается реализовывать на ЭВМ [92, 93, 95], то система (рис. 4.18), по существу, является системой оценивания с управлением наблюдаемостью.

Как постановку задачи считаем условие, что входное воздействие на дискретную систему имеет вид

(4.57)

где u_0 – детерминированная составляющая задающего воздействия

w – его центрированная случайная составляющая; $\hat{y}$ – центрированная возмущающая составляющая.

Пусть u_0 и w имеют нормальные распределения [169] и

$\hat{y}$ и z – центрированные случайные процессы; M – оператор математического ожидания.

При значениях

, (4.58)

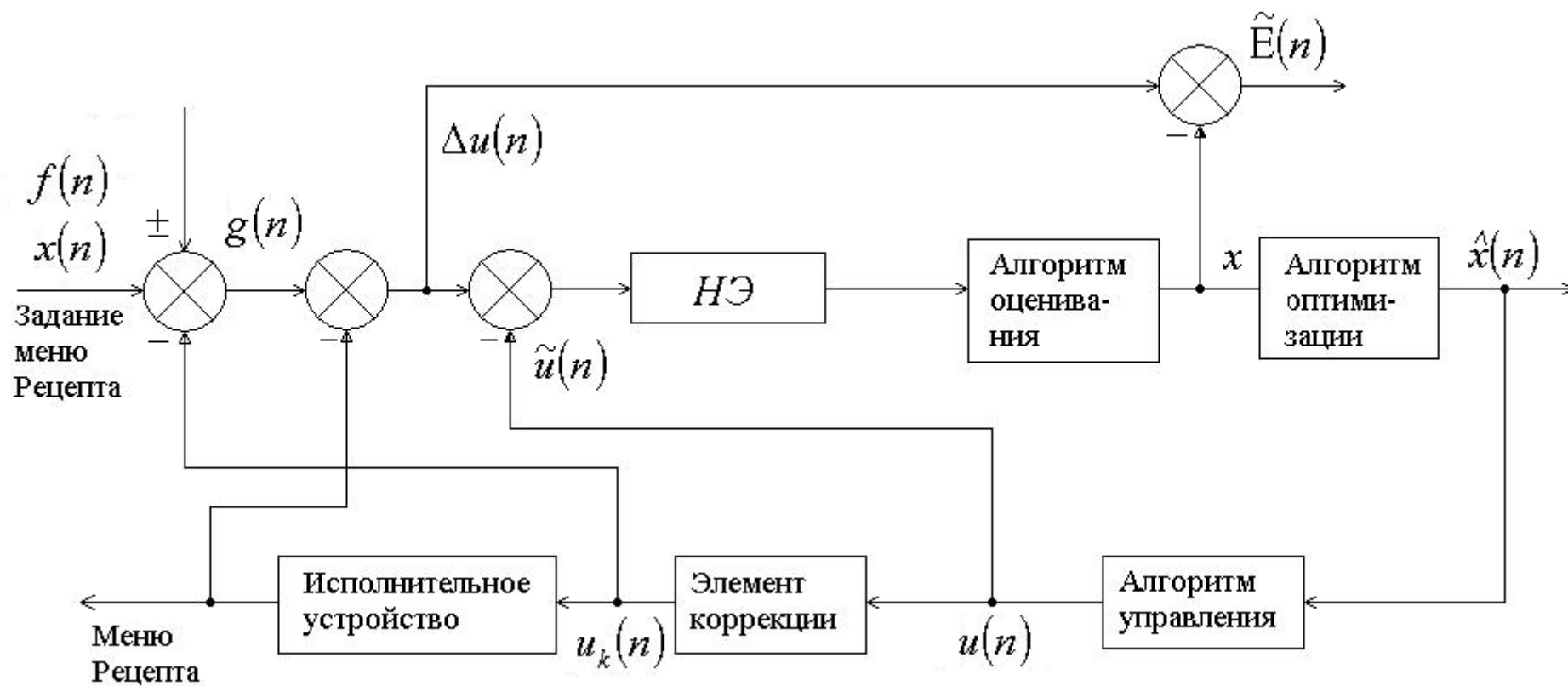


Рис. 4.18. Структурно-функциональная схема подсистемы коррекции параметров инвариантности в дискретных системах оценивания с управлением наблюдаемостью.

канал наблюдения будет описываться выражением

$$(4.59)$$

где K_l – коэффициент стохастической линеаризации нелинейного элемента;

- временной оператор, характеризующий инерционную часть канала наблюдения (исполнительное устройство на рис. 4.18), при этом предполагается также, что инерционная часть описывается дискретной передаточной функцией

$$(4.60)$$

где $M(Z)$, $N(Z)$ – полиномы от Z – оператора [169].

Для реализации воздействия на управляемый процесс, необходимо иметь о нем информацию. В этом случае управление в момент nT можно записать в виде

$$(4.61)$$

Информацию о можно получить по оценкам, которые формируются на основе наблюдения, поэтому уравнение в момент времени nT можно записать в виде

$$(4.62)$$

Алгоритм управления должен быть представлен в форме преобразования числовой последовательности в последовательность, что при переходе к Z – преобразованию по Лапласу

$$(4.63)$$

где функция, определяется, например, по алгоритму Z – преобразования Боксера-Тэллера и др. [169, 185]. В дискретных системах оценивания с управлением наблюдением оценка в момент времени nT является следствием причины ее порождающей, т.е. управления в момент nT . В этом случае при формировании управления в момент времени

не представляется возможным использовать оценку в этот же момент времени, т.к. в противном случае следствие будет порождать причину, которая вызвала данное следствие.

Исходя из этого на должно быть наложено ограничение.

$$(4.64)$$

где def – оператор дефекта функции, равный разности нулей и полюсов в точке $Z^{-1}=0$. Если находить оценку $x(n)$, удовлетворяющую какому либо критерию качества без учета (4.56) и (4.60), то это будет задача оптимальной дискретной фильтрации [22, 66, 72, 308].

В данном случае система должна быть адаптивной, поэтому построение системы с управлением наблюдаемостью желательно проводить по алгоритму, исключающему зависимость ошибки оценивания управления от изменения (вариации) $x(n)$ или от детерминированной составляющей $m_x(n)$

).

Выполнение этих требований при малых значениях приводит к реализации предельных возможностей рассматриваемой системы управления наблюдаемостью.

Определение условий достижения инвариантности по каналам управления и оценивания в замкнутых системах управления наблюдаемостью проводится по функциональной схеме (рис. 4.15). При введении невязки оценивания

(4.65)

и производная Z – преобразования (4.88) и (4.94) и деля их левые и правые части на $g(Z)$, получим:

(4.66)

где G_1 – передаточные функции по ошибкам управления и оценивания соответственно; G_2 – передаточные функции замкнутых каналов управления и оценивания.

Из структурно-функциональной схемы (рис. 4.18) следует, что связь по входному воздействию (по каналу управления) $g(n)$ не влияет на характеристическое уравнение канала оценивания от точки приложения $g(n)$ до выхода $y(n)$. Оно остается равным характеристическому уравнению замкнутой системы управления наблюдением (от $g(n)$ до $y(n)$), поэтому можно считать, что характеристические уравнения каналов оценивания (от $g(n)$ до $y(n)$) и управления (от $g(n)$ до $u(n)$) одинаковы.

В связи с этим передаточные функции по невязкам управления $e(n)$ и оценивания $e_1(n)$ записываются в виде:

(4.67)

(4.68)

где P_1 – полиномы соответствующих степеней Z , коэффициенты которых зависят от дискретного времени nT и параметра нелинейного элемента КЛ. Полином P_1 не должен иметь дефекта, т.е. полюсов в точке $Z=1$, иначе корни Z будут за кругом единичного радиуса. То же самое относится к полиномам P_2 и P_3 , т.к. в противном случае невязки управления $e(n)$ и оценивания $e_1(n)$ будут появляться раньше входного воздействия $g(n)$ (т.е. следствие опережает причину, его вызывающую). Поэтому

Из (4.68) имеем

(4.69)

а из (4.67) следует

(4.70)

При подстановке (4.70) в (4.69) получим

(4.71)

При приравнении правых частей (4.65) и (4.71) после Z – преобразования имеем:

(4.72)

При подстановке в (4.72) выражений для $g(Z)$ из (4.70) имеем аналитическое выражение для оценки

(4.73)

В нашем случае управление строится на основе выражения (4.63), для чего следует при определении полинома выразить передаточные функции и через полиномы и , полином в соответствии с (4.67) и (4.68) и передаточную функцию на основе (4.63) представляется в виде Тогда система (4.66) примет вид:

(4.74)

После решения (4.74) будем иметь:

(4.75)

Для окончательного суждения об инвариантности следует выразить ошибку оценивания через полиномы , , . Из определения невязки оценивания следует, что , поэтому В то же время невязка оценивания включает в себя динамическую ошибку за счет неотработки детерминированной составляющей m_x , случайные составляющие и , вызванные и соответственно. Выражение для оценки примет вид или окончательно:

(4.76)

Если об инвариантности по каналу управления представляется судить вполне определенно, т.к. по (4.59) в этом случае ошибка управления при также будет стремиться к нулю, то с инвариантностью по каналу оценивания следует соблюдать дополнительные условия. Например, при

ошибки также нулевые, а ошибка от возмущения – максимальная, поэтому здесь необходимо провести рассуждение о критерии оптимальности, который должен представлять собой определенную функцию потерь, с тем чтобы минимизировать его, а затем определить коэффициенты полиномов.

Условие инвариантности по каналу управления будет выполнено при, но как это следует из (4.73), при этом процедура оценивания становится невозможной. Достижение инвариантности по каналу оценивания () связано с изменением полинома (выражение (4.75)) и поэтому ограничено условиями устойчивости.

Ниже рассматривается возможность реализации инвариантности в рассматриваемом классе дискретных комбинированных систем оценивания.

Динамика процессов инвариантности двухканальной комбинированной системы управляемости наблюдением. Как выше отмечено, для того чтобы исключить коэффициент Кл из характеристического полинома $C(Z)$ будем задавать, откуда, как это следует из выражения (4.73) для оценки, учет Кл будет сводиться к делению невязки на Кл.

Ниже для упрощения переменные Кл, n в полиномах A, B, C опускаются. Для достижения инвариантности по каналу управления необходимо полином числителя $A_k(Z)$ передаточной функции по ошибке управления представить в виде:

(4.77)

где полином связи по входному воздействию комбинированной системы. Тогда, согласно (4.75), характеристический полином замкнутой комбинированной системы управляемости наблюдением примет вид:

(4.78)

Для сохранения условий динамической устойчивости необходимо обеспечить или

(4.79)

При подстановке (4.77) в (4.79), после преобразований, получаем

Очевидно, что условие сохранения устойчивости не изменяется, если

$$(4.80)$$

По каналу управления условие инвариантности примет вид:

$$(4.81)$$

откуда Поскольку в полиноме $A(Z)$ присутствует свободное от слагаемое, а в числителе оператор в силу условия (4.64) – в отрицательной степени, то при , определяемом выражением (4.60), будет содержать слагаемое с положительной степенью , что приводит к физической не реализуемости условий инвариантности по каналу управления в классе двухканальных комбинированных систем управления наблюдением.

Системотехническая модель и параметры трехканальной комбинированной дискретной системы управления процессами наблюдения. Из анализа моделей (4.80) следует, что для достижения инвариантности по каналу управления необходимо в правой части уравнения, определяющей полином $A_k(Z)$, иметь (как минимум) три слагаемых. Тогда

$$(4.82)$$

и с помощью происходит компенсация свободного члена (слагаемого) в полиноме $A(Z)$. Непосредственное влияние на ошибку управления оказывает канал $u(n)$, которое в отличие от выражения (4.63) запишется как

$$(4.83)$$

поэтому система (4.74) примет вид:

$$(4.84)$$

откуда следует

$$(4.85)$$

В данном случае следует определить вид полинома $B_k(Z)$ из условия при условии, что , откуда имеем

EMBED Equation.3

$$(4.86)$$

и при подстановке (4.82) в (4.86) после преобразований получаем

Выражения (4.82) и (4.87) являются исходными для реализации условий инвариантности по каналам управления и оценивания соответственно.

Системотехническая машинная реализация разработанных алгоритмов управления наблюдением в рассматриваемых двух- и трёхконтурных инвариантных системах (4.80) и (4.83) приводится к виду (4.10) в соответствии с исходной структурой (рис. 4.18). В общем случае рассматривается процесс вида (4.86), где принимается (V – скорость изменения задающего воздействия), T – период квантования сигнала задания, т.е. имеем линейно нарастающий сигнал задания по каналу управления, откуда следует, что исполнительное устройство (рис. 4.18) является интегрирующим звеном, дискретная (z - вида) передаточная

функция которого , а коэффициент линеаризации нелинейного элемента равен .

Ниже рассматриваются элементы динамики комбинированной системы управления технологическими процессами кормоприготовления, реализующей инвариантные системные параметры с управлением наблюдаемости.

Рассматривается задача понижения размерности вектора оцениваемых параметров дискретной системы (рис. 4.18) по временным характеристикам (временным разрядам). Для этих целей должны быть в структурно-алгоритмической схеме (рис. 4.18) учтены реальные параметры системы, отражающие качественные картины протекания в простейших нелинейных структурах .

Проведенный выше анализ системы методами линейной теории на основе принципа суперпозиции значительно упростил системную постановку задач исследования и позволил получить наглядные аналитические решения.

Однако в реальной практике аналитического и машинного исследования не учтены нелинейные характеристики и параметры системы, в т.ч. физические параметры (коэффициенты передачи и постоянные времени) не могут принимать произвольные большие значения из-за ограничений энергии или мощности источников питания, наличия механических ограничений, зон насыщения и др. эффектов, ограничивающих сигналы. В то же время, нелинейные системы управления вследствие их более простой структуры или их использования с целью реализации определенного вида оптимальных алгоритмов управления. Наиболее распространенными методами исследования являются методы линеаризации, в т. ч. гармонической и вероятностной, которые применимы для рассматриваемых нами задач управления процессами кормоприготовления.

С целью анализа информации об нелинейной обобщенной МКУ разрабатывается структурно-алгоритмическая схема, где отражаются

параметры установки, приводных и исполнительных механизмов, измерительных преобразователей, а также системы формирования и дистанционной передачи информации. Такая структурно-алгоритмическая схема строится на основе функциональной схемы установки (рис. 4.13) и линеаризованной структурно-алгоритмической схемы (рис. 4.16).

Нелинейные значения передаточных коэффициентов k_{in} вычисляются на основе метода гармонической линеаризации нелинейности для двумерного непрерывного преобразования Лапласа (табл. В.2), а условные обозначения варианта соотношения для соответствующей передаточной функции и номер функции приведены в табл. В.3.

Соответствующие значения и соотношение параметров и дифференциальных выражений, а также теоретический характер траекторий на фазовой плоскости и качественная характеристика режима также показаны в табл. В.3.

Основными видами нелинейных характеристик, отраженных в табл. В. 4 являются кососимметрические характеристики, описывающие процессы передачи сигналов в функции временного запаздывания, что приводит к искажению вида выходного сигнала, обусловленного частотой входного сигнала. Указанными характеристиками обладают релейные гистерезисные и им подобные элементы, в которых ширина зоны неоднозначности (как мера задержки сигнала) увеличивается с ростом частоты входного сигнала. В этом случае представляется возможным проводить анализ нелинейных систем в пространстве состояний.

Ниже рассматривается методика синтеза моделей декомпозиции задачи идентификации как из методов геометрического анализа в пространстве состояний, на основании которой реализуется возможность получения предварительной информации, значительно упрощающей последующее исследование динамического качества реального процесса.

Рассматриваемая задача понижения размерности вектора оцениваемых параметров дискретной (управляемой от ЭВМ) электромеханической системы кормоприготовительного агрегата по временным характеристикам. Для реализации этой задачи используется способ декомпозиции, основанный на клеточном представлении исходных матриц, который позволяет проводить оценку динамического качества системы на основе итерационного способа оценивания параметров выделенной (принятой к анализу) подсистемы.

1) Рассматриваемая система приближенно оценивается с позиций диакоптики, которая позволяет судить о качестве системы по комплексу характеристик ее подсистем, где каждая из подсистем представима следующей математической моделью:

где M_n, B_n, C_n – () - матрицы соответственно инерционных квазиупругих характерных коэффициентов, описывающих свойства демпфирования рассматриваемой подсистемы;

- вектор обобщенных координат;

- вектор управляющих, в т.ч. внешних, воздействий.

2) Основной трудностью аналитического описания, возникающей при решении задачи оценивания некоторого вектора параметров по

экспериментальным значениям , , , на интервале времени $(0, T)$, является высокая размерность данной задачи (например, размерности матриц миноров (4.46) – (4.48)). Для преодоления этого затруднения следует применить метод понижения размерности задачи идентификации [23, 38], одним из достаточно универсальных является метод, основанный на клеточном представлении исходных матриц [153], позволяющий выделить подсистему меньшей размерности. Одновременно с этим существенно снижается и размерность задачи идентификации.

3) В системе (4.88) выделяется некоторая подсистема с размерностью () матриц $[M], [B], [C]$ (ниже с целью упрощения символы матриц [153] и вектора опускаются), откуда описание во временной области принимает вид:

$$(4.89)$$

где первая буква в индексах k_n, l_l, l_m, m_n в обозначениях блоков матриц M, B, C указывает на число строк, вторая – на число столбцов.

В соответствии с указанными обозначениями вектор обобщенных координат $q(t)$, а также управляющих (возмущающих) воздействий $u(t)$ также представляются в клеточном виде:

$$(4.90)$$

$$(4.91)$$

или с учетом принятых обозначений, подсистема () описывается уравнением вида:

$$(4.92)$$

где

EMBED Equation.3 -
операторы дифференцирования;

- вектор идентифицируемых параметров;

M_{II} , B_{II} , C_{II} – квадратные матрицы - размерности;

.3 ; .3

; .3 - прямоугольные
матрицы размерности , составленные из соответствующих блоков;

.3 - вектор
кинематических координат.

Если матрица $[M]$ диагональная, то описание упрощается т.к.

Отсюда следует, что размерность вектора определяемых коэффициентов для выделенной подсистемы значительно ниже размерности исходной системы, благодаря тому, что часть неопределенных (неизвестных) параметров остается за пределами выделяемой подсистемы, а выделяемая система в этом случае имеет одну степень свободы.

4) На основании вышеизложенного решение задачи оценивания проводится следующим образом.

а) Алгоритм чувствительности для оценки параметров идентификации подсистемы по временным характеристикам строится на основе функционала , выражающего собой СКО выходов модели от экспериментальных данных

$$, \quad (4.93)$$

где - вектор выходов модели выделяемой подсистемы,
описываемой уравнением (4.121) с начальными условиями , ,
- весовые коэффициенты матрицы;

t_0 – временной сдвиг от начала реализаций зарегистрированных процессов, определяемый временем протекания переходных процессов в системе;

индекс (v) – порядок производной по времени.

Для оценивания параметров системы путем минимизации функционала (4.93) используется метод чувствительности [38], для чего составляется итерационная процедура

$$, \quad (4.94)$$

где k – номер итерации;

- вектор приращений оцениваемых параметров;

- скалярный множитель, определяющий величину шага в выбранном направлении.

Начальное приближение предполагается заданным.

б) При разложении в ряд Тейлора в окрестности и ограничиваясь линейными членами разложения имеем:

$$, \quad (4.95)$$

$$- \quad (4.96)$$

- матрица функций чувствительности по оцениваемым параметрам.

5) Чувствительность выделенной подсистемы оценивается на основе задачи получения функций чувствительности, входящих в систему (4.96).

После дифференцирования уравнения (4.92) по идентифицируемым коэффициентам имеем обобщенно векторно-матричное уравнение для нахождения вектора функций чувствительности:

$$, \quad (4.97)$$

которое решается совместно с уравнением (4.92) модели выделенной подсистемы. В этом случае размерность решаемых уравнений для нахождения функций чувствительности (4.97) существенно ниже размерности уравнений для исходной задачи.

При достаточно большом T и t_0 , равном эффективной длительности переходных процессов в подсистеме, ненулевыми начальными условиями можно пренебречь. В противном случае (при $t_0 = 0$ и "коротком" T) в вектор оцениваемых параметров наряду с коэффициентами (параметрами) системы,

могут включаться уточняемые начальные условия как для вектора реакций модели , так и для вектора кинематических координат , входящего в выражение модели подсистемы.

а) На основании изложенного задача получения функций чувствительности по начальным условиям задача (4.92) преобразуется по Лапласу:

$$, (4.98)$$

где , - преобразования Лапласа () соответственно векторов , ,
 , - векторы начальных значений.

б) Функции чувствительности по начальным условиям движения подсистемы обозначим как

$$(4.99)$$

Дифференцируя (4.98) по , получаем:

$$(4.100)$$

Уравнению в изображениях (4.100) для функций соответствует следующее уравнение в оригиналах:

$$(4.101)$$

при начальных условиях:

$$(4.102)$$

Аналогично вычисляются функции чувствительности :

$$(4.103)$$

(4.104)

в) В рассматриваемом случае должны быть учтены функции чувствительности по начальным условиям

(4.105)

После дифференцирования уравнения (4.98) в изображениях по имеем:

(4.106)

Введем обозначения

(4.107)

г) С учетом (4.107) уравнение (4.106) представляется в виде:

(4.108)

После обратного преобразования Лапласа (переходя к оригиналам) получаем

(4.109)

д) Функции чувствительности вычисляются аналогичным образом из уравнения:

EMBED Equation.3

(4.110)

(4.111)

е) При условии, что матрица чувствительности (4.96) по определяемым параметрам определена, функционал (4.93) с учетом (4.95) записывается в виде:

(4.112)

(4.113)

и) Далее задача сводится к нахождению $\hat{\theta}$ путем минимизации функционала (4.112) на каждой итерации с помощью наиболее простого метода покоординатного спуска.

б) Оценка начального приближения проводится на основе итерационной процедуры по уточняемым параметрам, для чего необходима предварительная оценка параметров системы и начальных условий. Нами разработан алгоритмический способ оценивания, основанный на минимизации обобщенной ошибки уравнения (4.92) для выделенной подсистемы. С этой целью в (4.92) вместо точных векторов

подставляем их оценки, откуда получим:

(4.114)

где $\mathbf{e}$ - вектор невязки, обусловленный неточностью измерений.

а) Для предварительного оценивания вектора $\mathbf{p}$ подсистемы составляется функционал

(4.115)

и невязка (4.114) представляется в виде разложения:

(4.116)

(4.117)

(4.118)

матрица функций чувствительности по параметрам .

б) При подстановке (4.116) в (4.115) имеем:

(4.119)

(4.120)

(4.121)

(4.122)

Минимум функционала (4.119) дает решение алгебраических уравнений .

в) Следует отметить, что для решения задачи оценивания приведенным способом предполагалось наличие информации об определенных координатах: ускорениях, скоростях, величинах перемещений рабочего органа и кинематических координатах выделенной подсистемы. Если измеряются только векторы ускорения, то для получения недостающей информации о скоростях и перемещениях достаточно воспользоваться методом эквивалентного преобразования уравнения (4.92) линейным оператором. Информация о начальных значениях скоростей, перемещений обобщенных и кинематических координат для подсистемы в первом приближении может быть получена при непосредственном измерении соответствующих компонент в момент времени .

В качестве основного вывода о возможности реализации алгоритма снижения размерности следует отметить, что для снижения размерности задачи идентификации системы (4.88) при наличии нелинейных зависимостей по временным характеристикам достаточно эффективным способом является способ выделения подсистемы с удовлетворительной размерностью путем клеточного представления матриц исходной системы, а для решения задачи применяется алгебраический способ и метод теории чувствительности. Математическая модель задачи структурной адаптации строится с учетом

следующих факторов: - множество возможных моделей системы управления; ТСП - общее время структурной адаптации системы управления производством; T_0 - предельное время структурной адаптации (вводится как параметр механизма структурной адаптации); N – общее число итераций; - набор параметров механизма структурной адаптации; - множество информационных наборов механизма структурной адаптации после проведения k -ой итерации:

, (4.123)

где WS – оператор конструирования модели .

7) При практическом решении задачи структурной адаптации необходимо стремиться к уменьшению времени адаптации. В этом случае механизм структурной адаптации описывается соотношениями вида:

, (4.124)

где - предельно допустимый уровень степени адекватности модели (вводится в рассмотрение как параметр механизма структурной адаптации); N – число проделанных к моменту проверки условий модели итераций.

Итеративный процесс записывается в виде:

, (4.125)

где - модель системы управления, полученная на $(k+1)$ шаге, $k=1,2, \dots$; WS – оператор реализации функции механизма структурной адаптации; - набор параметров механизма структурной адаптации.

Множество информационных наборов механизма структурной адаптации определяется уравнением:

, (4.126)

где - набор ранее созданных моделей; EMBED Equation.3
- набор ранее созданных программных модулей; набор элементов моделей; - набор информационных структур; - набор алгебраических алгоритмов; - граф возможных модульных связей; - набор документации.

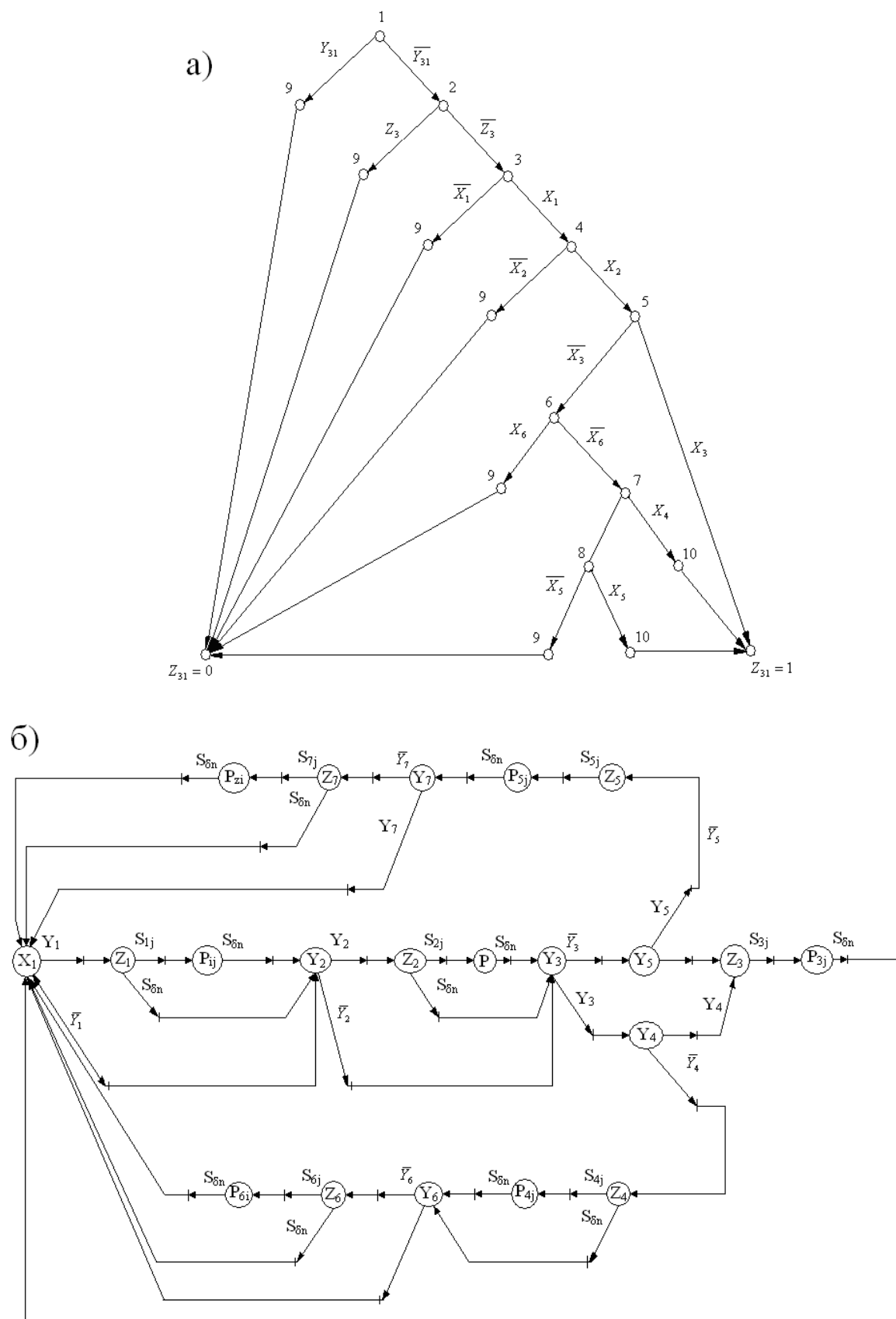


Рис. 4.19. Ориентированный ациклический граф и сеть Петри.
 Практическая реализация задачи структурной адаптации как
 реализация механизма структурной адаптации (4.124) с учетом итеративного
 процесса (4.125) и модели информационной структуры системы

а) Критерии оптимизации:

(4.127)

б) система ограничений:

(4.128)

в) обеспечение работы ТС:

(4.129)

где выражения 1, 2 отображают соответственно: затраты на модернизацию и развитие производства, 3- прибыль, 4- чистую прибыль после оплаты налогов, 5- общую прибыль от комплекса.

г) обеспечение заданной величины	месячного плана
продукции выпуска	

(4.130)

д) нижняя и верхняя границы декадного выпуска продукции

(4.131)

е) логическое определение глобального критерия

(4.132)

и) задача дискретной оптимизации

(4.133)

Итеративная схема процесса структурной адаптации показана на рис. 4.20.

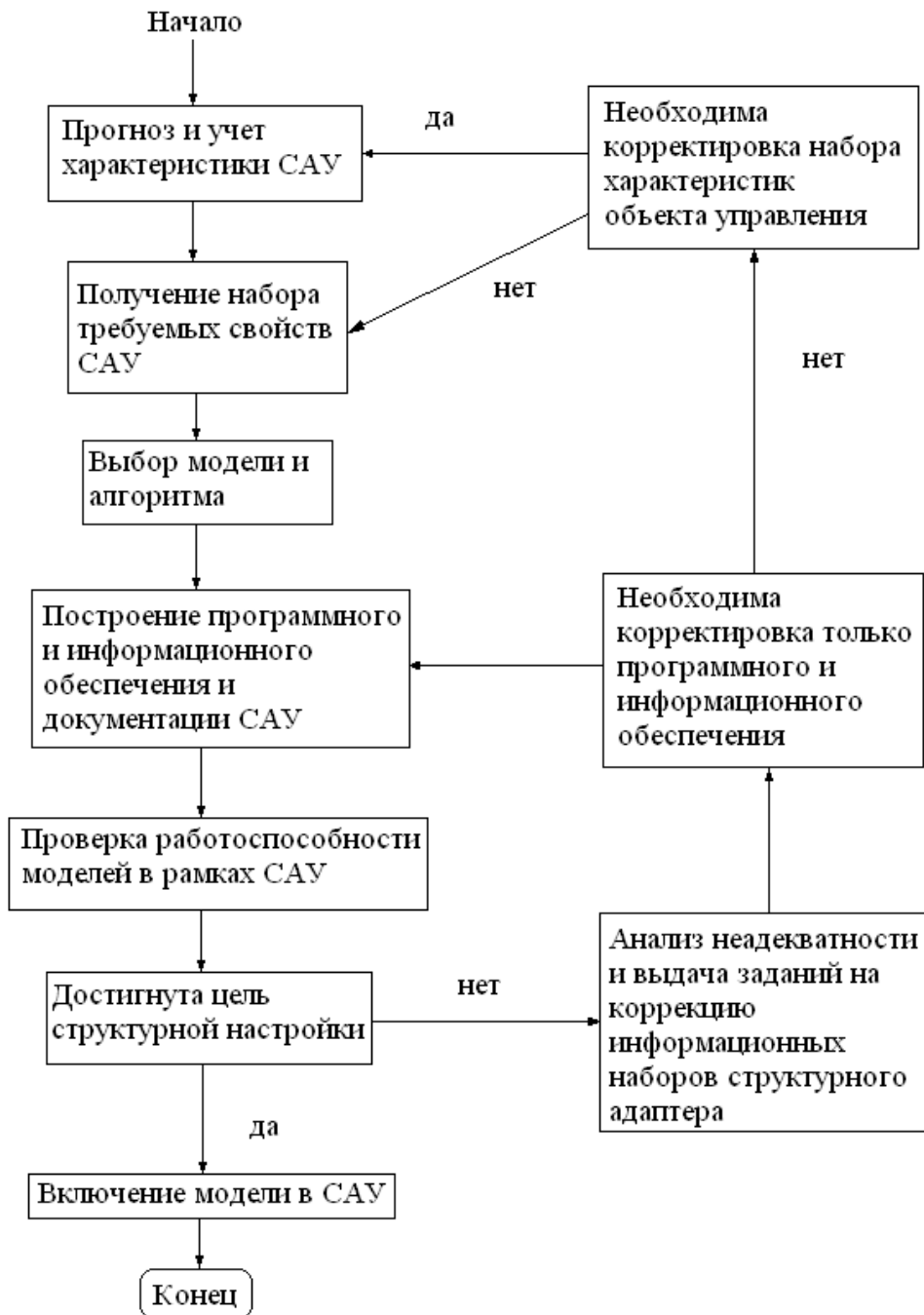


Рис. 4.20. Схема итеративных процессов структурной адаптации.

На основании анализа и учета прошлого состояния объекта управления устанавливается степень неадекватности функционирующей в текущий момент времени модели системы управления.

На основании имеющегося набора характеристик объекта управления определяется набор требуемых свойств, которым должна удовлетворять модель системы управления и в результате выполнения которых происходит

процесс выбора модели. Функциональная структура механизма структурной адаптации приведена на рис. 4.21.

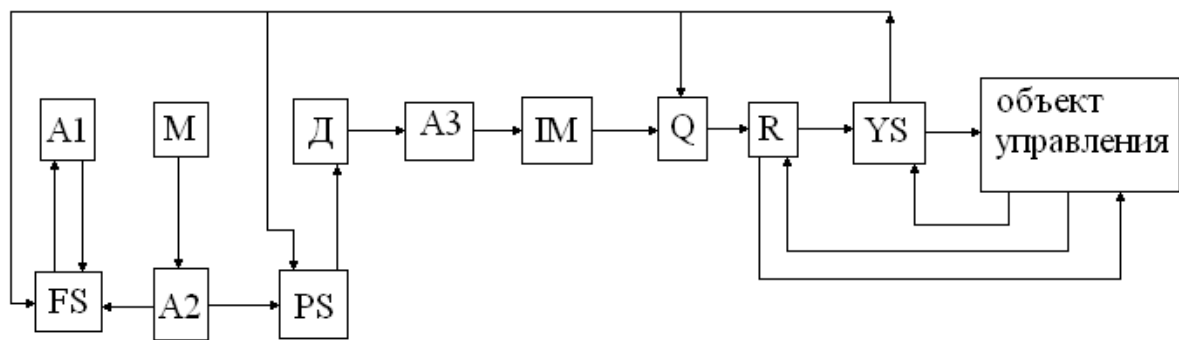


Рис. 4.21. Функциональная схема механизма структурной адаптации.

Работа блока R осуществляется по общей схеме механизма работы структурной адаптации управления. В работе блоков неформального анализа существенную роль играет ЛПР, на котором лежит ответственность за окончательно принимаемое решение. В блоке A1 проводится анализ полученного набора свойств модели и проектной документации на конструируемую модель системы управления. В блоке A2 проводится анализ общей схемы конструируемой модели выбранного набора элементов модели, набора уже созданного ПО. В блоке A3 проводится анализ сформированного ПО и ИО согласно комплексу эксплуатационной документации. При наличии в информационных наборах механизма структурной адаптации ранее созданных моделей, элементов моделей и модулей ПО, полностью обладающих требуемыми свойствами блоки A1, A2, A3 соответственно не включаются в работу механизма структурной адаптации. В блоке Q проводится оценка выполнения критерия структурной настройки.

На основании обобщенной структуры (рис. 4.16) в применении к управлению подсистем дозированной подачи зерновых компонентов

, микродобавок, режимов выходной координаты системы и соответствующих передаточных функций нелинейных элементов (табл. В.2, В.4) проведено машинное моделирование данной системы [69], результаты которого приведены на рис. (4.22 - 4.27).

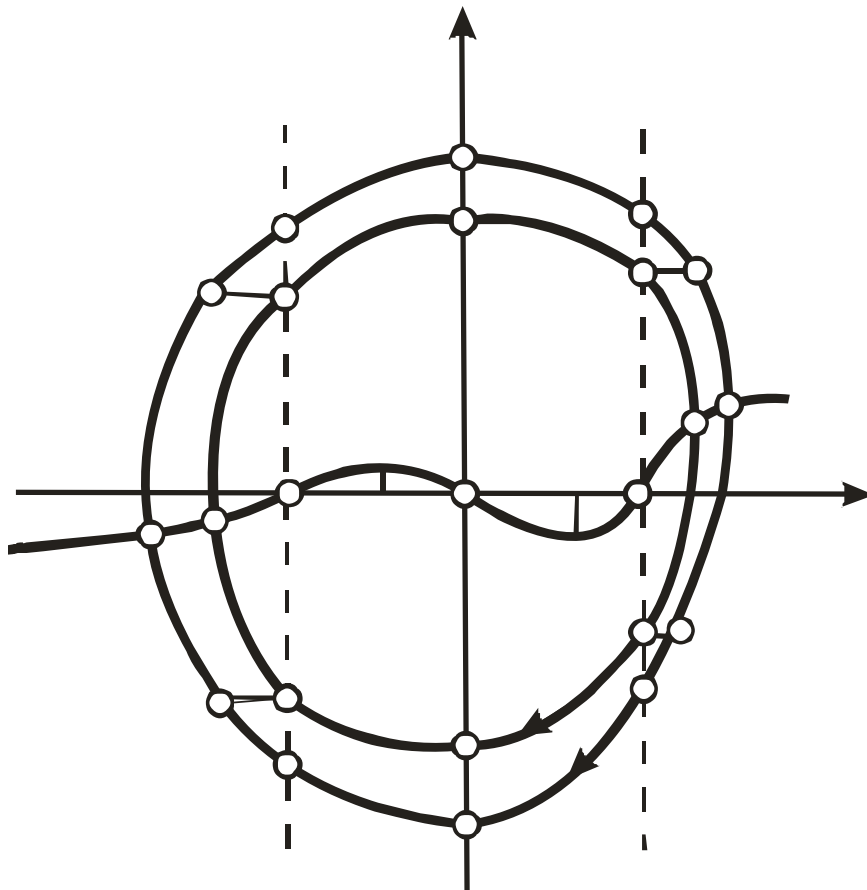


Рис. 4.22. Фазовый портрет выходной координаты подсистемы дозирования зерновых компонентов.

Фазовые траектории (рис. 4.23) показывают, что такой режим является оптимальным и в точках траектории имеет эквивалентное управление, связывающее координаты x , v

.3

(4.134)

где для дуг, лежащих внутри вертикали, характеристическое уравнение

(4.135)

где каждый из 4-х интегралов в R отрицателен (система устойчива).

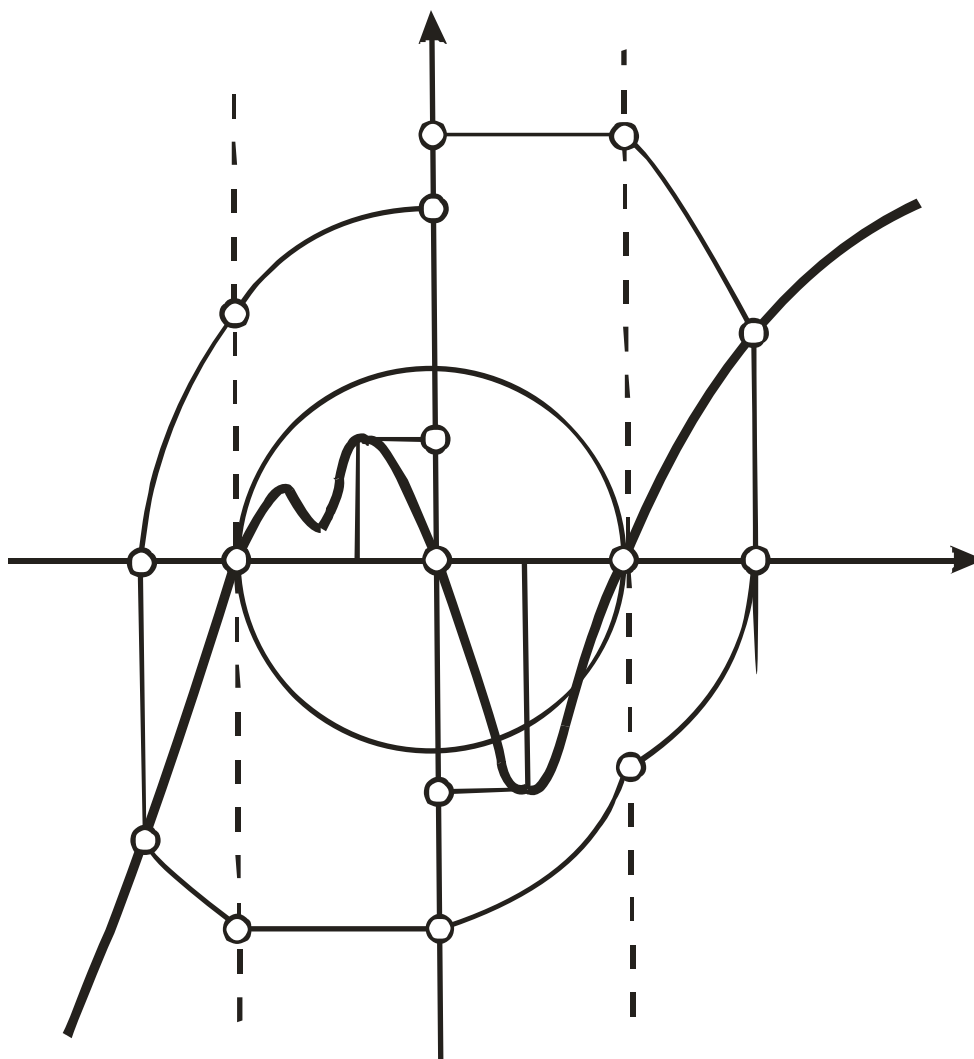


Рис. 4.23. Фазовый портрет выходной координаты подсистемы дозирования микродобавок.

На рис. 4.23 показан фазовый портрет, согласно которому поле регулирования имеет вид

(4.136)

откуда следует, что цикл является предельным, при этом

при т.е. для построения внешней границы должно соблюдаться условие постоянства параметров замкнутого контура.

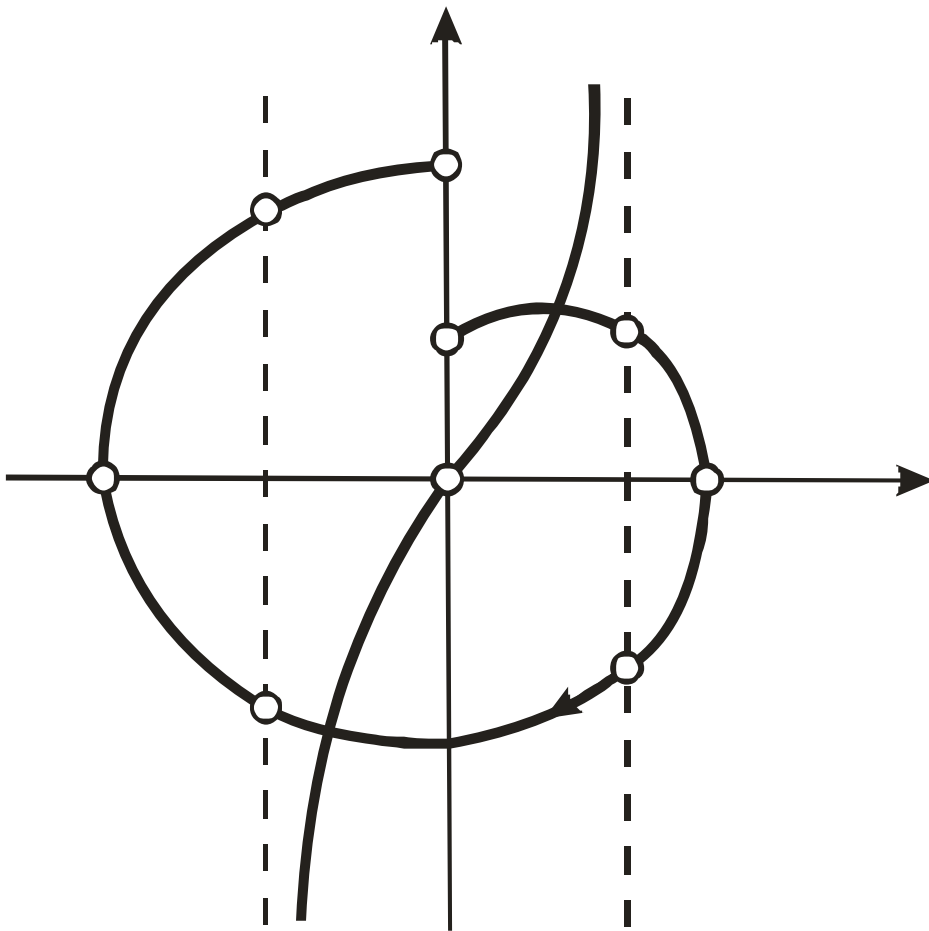


Рис. 4.24. Фазовый портрет выходной координаты подсистемы контроля крупности размола.

Фазовые траектории (рис. 4.24) характеризует устойчивый цикл, но в кольцевой области между двумя устойчивыми циклами, находится неустойчивый цикл, что характеризует предельные значения параметров подсистемы. Однако техническую устойчивость данному контуру придает выполнение условия, в соответствии с которым касательная к кольцевой траектории фазового портрета в точке пересечения ею оси X , проходит под прямым углом к этой оси.

На рис. (4.25) - (4.27) показаны фазовые портреты подсистем измельчения, контроля по току и выходной координаты.

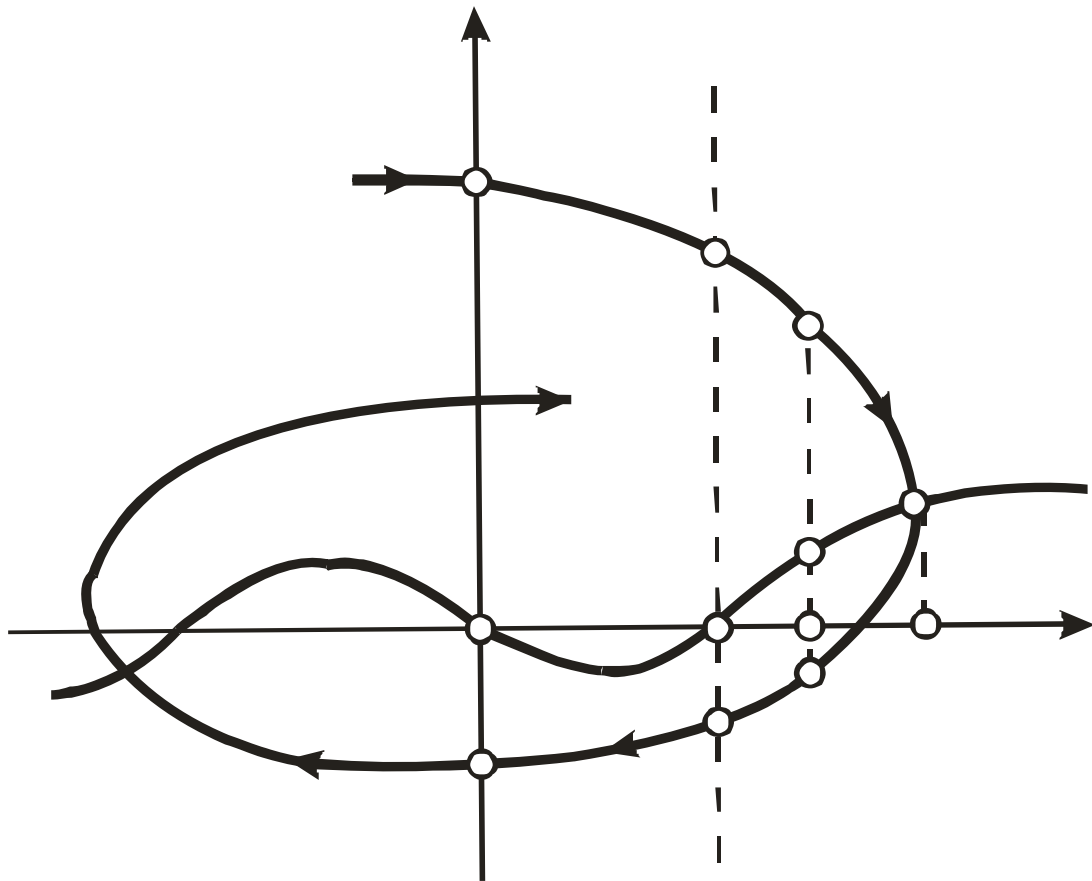


Рис. 4.25 Фазовый портрет подсистемы измельчения зерновых компонентов.

Динамика системы (рис. 4.25) характеризуется фазовой картиной, симметричной относительно начала координат, что характерно для движения сыпучих материалов, т.е. должно выполняться условие

$$(4.137)$$

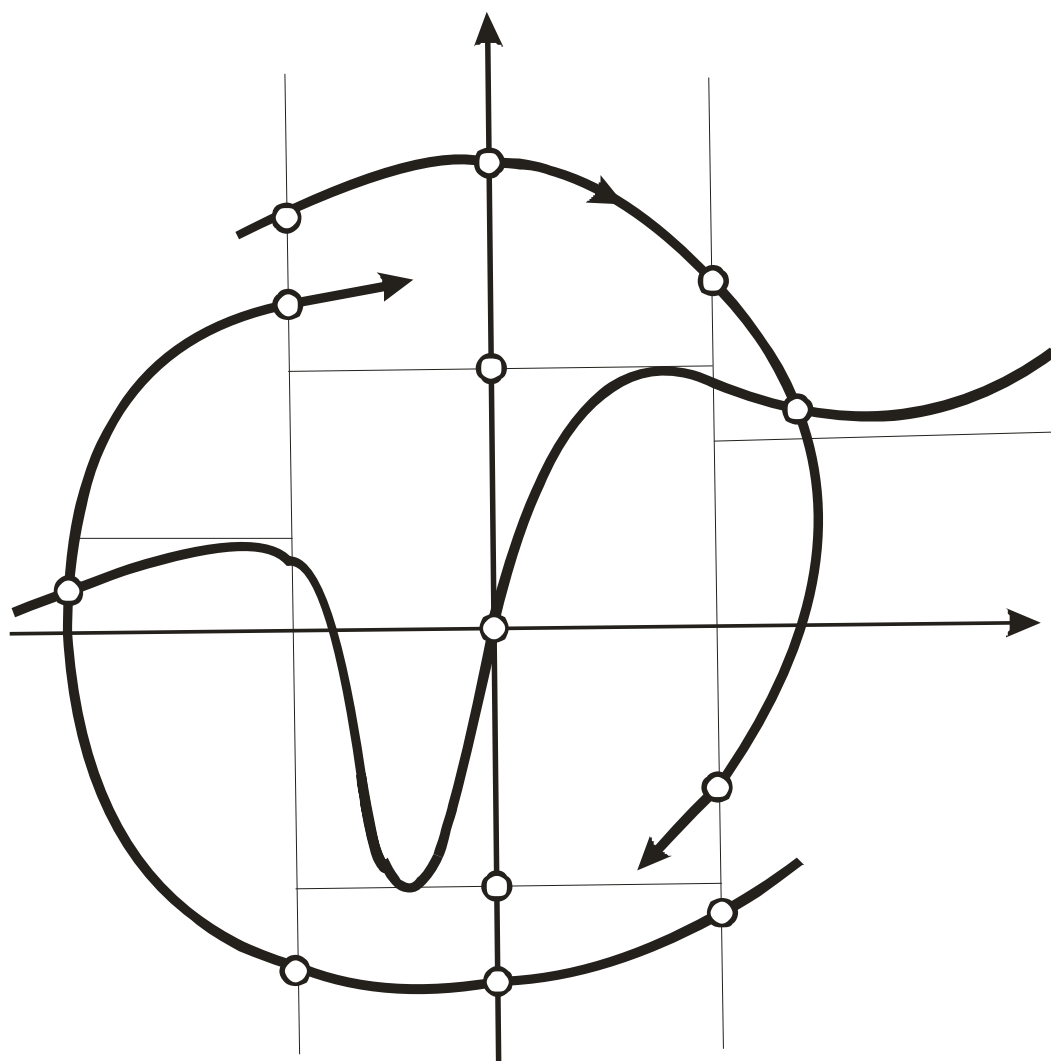


Рис. 4.26. Фазовый портрет подсистемы контроля по току нагрузки.

Фазовый портрет (рис. 4.26) характеризует допустимые области вариации параметров

(4.138)

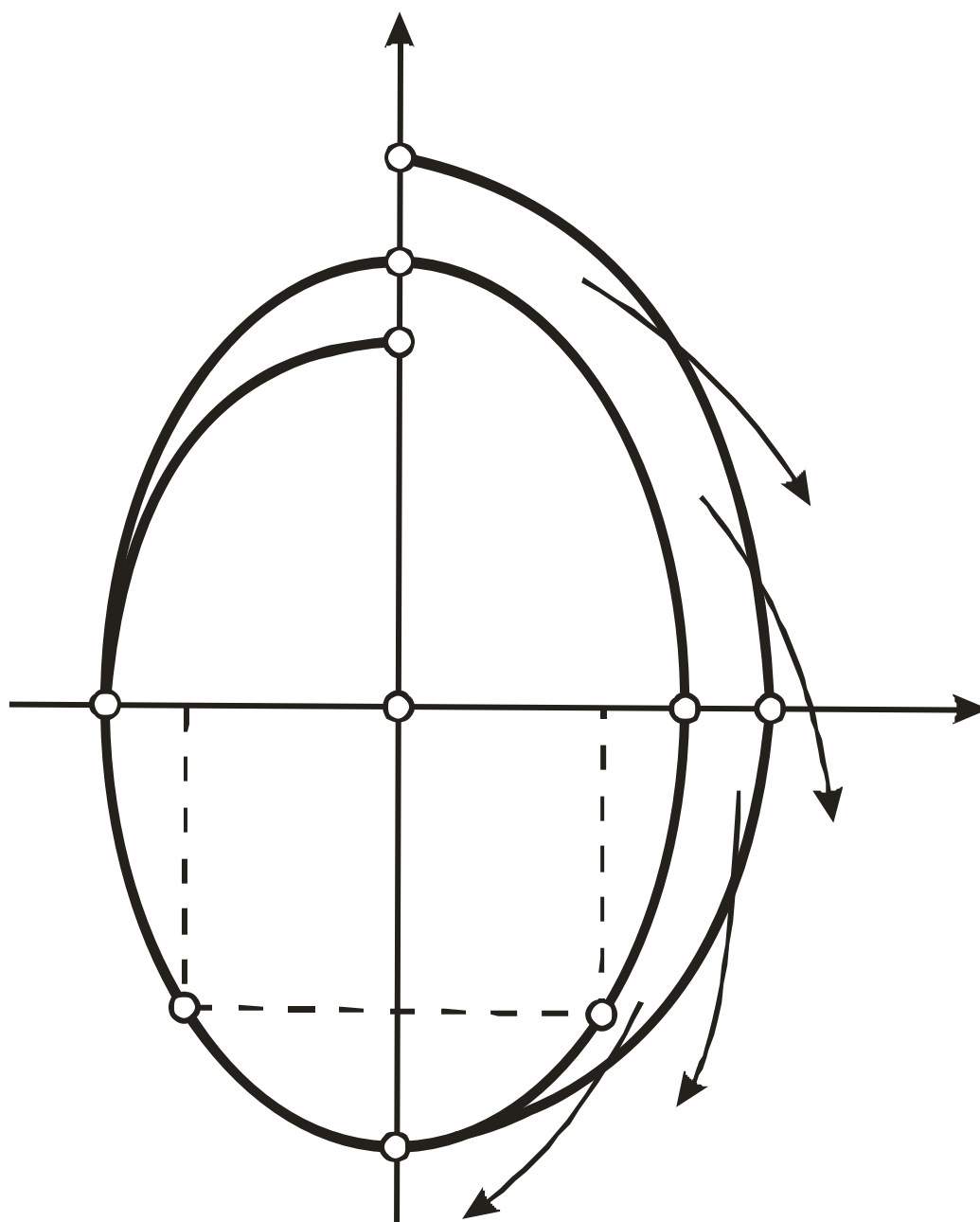


Рис. 4.27. Фазовый портрет выходной координаты системы.

Системные характеристики выходной координаты системы представляют собой континуум замкнутых траекторий (рис. 4.27), пределом движений которых является условие

$$(4.139)$$

т.е. характер движения массы является устойчивым, волновым с преобладанием амплитуды поперечной волны по отношению к длине волны продольной.

Проведенный анализ динамического качества системы управления электротехническим комплексом показывает, что разработанные алгоритмы и модели с алгоритмической и математической точек зрения являются функционально высокоэффективными и имеют научную состоятельность и

логику – структурную реализуемость.

Выводы по разделу 4.

1. Выполнено проектирование обобщенной линеаризированной структуры автоматизированного комплекса, теоретические исследования которого позволили определить параметры контроля и регулирования системы, а также показатели качества функционирования.
2. Частотный анализ системы путем построения диаграммы Боде показал техническую устойчивость теоретически неустойчивого контура управления по крупности измельчения, что позволило не вводить дополнительные корректирующие звенья.
3. Выполнено исследование и оценка показателей качества функционирования реального технологического процесса кормоприготовления с учетом нелинейностей посредством декомпозиция задачи идентификации технологического процесса и анализа динамики пространственно-временных параметров движения компонентов комбикорма.

РАЗДЕЛ 5

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АТК ПРОИЗВОДСТВА КОМБИКОРМОВ НА БАЗЕ МКУ

5.1 Разработка методики экспериментальных исследований АТК

Методикой экспериментальных исследований предусмотрено использование автоматизированного комплекса в составе [76]:

- 1 - компьютер,
- 2 - АЦП WAD-AIK-BUS,
- 3 - плата сопряжения Velleman VM110 с промежуточным реле 4 JZC-20F в комплекте с измерительными преобразователями, приводными и исполнительными механизмами.

Выходной информацией системы является формирование и реализация управляющих воздействий (платы соответственно: цифровых (Velleman

VM110) и аналоговых (WAD-AIK-BUS) сигналов).

Исследования предполагается направить на сравнение качественных параметров комбикормов, полученных для различных режимов функционирования линии, а именно:

- нестабилизированного;
- стабилизированного;

Для указанных режимов были выполнены измерения однородности смешивания комбикорма, в объеме двух выборок по 20 измерений в каждой.

Для данных выборок с использованием среды Excel находим средние значения, дисперсии и стандарты.

Для исследования вариантов работы данного объекта применяем современный метод экспресс-анализа случайных процессов [105], что разрешает определять соответствующие параметры систем по сравнительно малым выборкам. Условием применения данной методики является независимость измерений для каждой выборки и стационарность процесса.

Гипотезу о независимости измерений для стабилизированного режима проверяем по критерию серий [105] .

Стационарность процесса определяется по критерию Вилкоксона.

делаем вывод о подтверждении гипотезы стационарности процесса.

Для определения коэффициента эффективности функционирования системы целесообразно использовать энтропийный анализ [242]. Поэтому, учитывая, что контролируемый параметр (степень однородности комбикорма) является случайной функцией времени, то его энтропия, которая в теории информации есть мерой неопределенности состояния системы [242], запишется в виде

$$S_x = -\sum_{i=1}^n p_i \lg p_i, \quad (5.1)$$

где S_x - среднеквадратичное отклонение.

Подстановкой в (5.1) численных значений стандартов S_x получим соответственно для стабилизированного и нестабилизированного режимов $H(x)_н$ и $H(x)_с$.

А любое изменение степени неопределенности, значение которого выражается энтропией, обуславливается соответствующим изменением количества информации, определяемой как разность значений энтропии [242]

$$\Delta H = H(x)_н - H(x)_с, \quad (5.2)$$

где $H(x)_н$ и $H(x)_с$ энтропия соответствующих режимов.

В идеальном случае можно было бы принять $H(x)_с = 0$, что возможно лишь теоретически, а количество информации в этом случае соответственно (5.2) равняется энтропии для нестабилизированного режима

Тем не менее, на практике, в частности для нашего случая, $H(x)_с \neq 0$, т. к. имеют место некомпенсированные возмущения, вызванные свойствами

комбикорма как сыпучей среды, которая в совокупности характеризуется энтропией $H(x)_T$,

Итак, максимальное количество информации, что можно получить об исследуемом процессе выражается следующим образом

$$(5.3)$$

На основании выражений (5.1) и (5.2) определяем коэффициент технической эффективности системы управления

$$(5.4)$$

Полученный результат должен согласовываться с допустимыми границами для данного класса систем [162].

5.2 Обоснование состава и системная интеграция комплекса технических средств АТК

В соответствии с разработанной в разделе 4 (рис. 4.16) функциональной схемой автоматизации ОМКУ и определенным на ее основании перечнем параметров контроля и управления, приводим описание состава и функционирования соответствующих технических средств автоматизации (ТСА), обеспечивающих получение и реализацию информации, необходимой для реализации автоматического режима работы АТК. К основным ТСА относятся следующие устройства.

Автоматическое устройство контроля качества смешивания кормовых материалов.

Устройство [278] содержит (рис. 5.1) генератор высокочастотных сигналов, соединенный с изолированным от корпуса смесителя излучающим электродом, который представляет собой металлическое кольцо, закрепленное в центре смесителя на его валу.

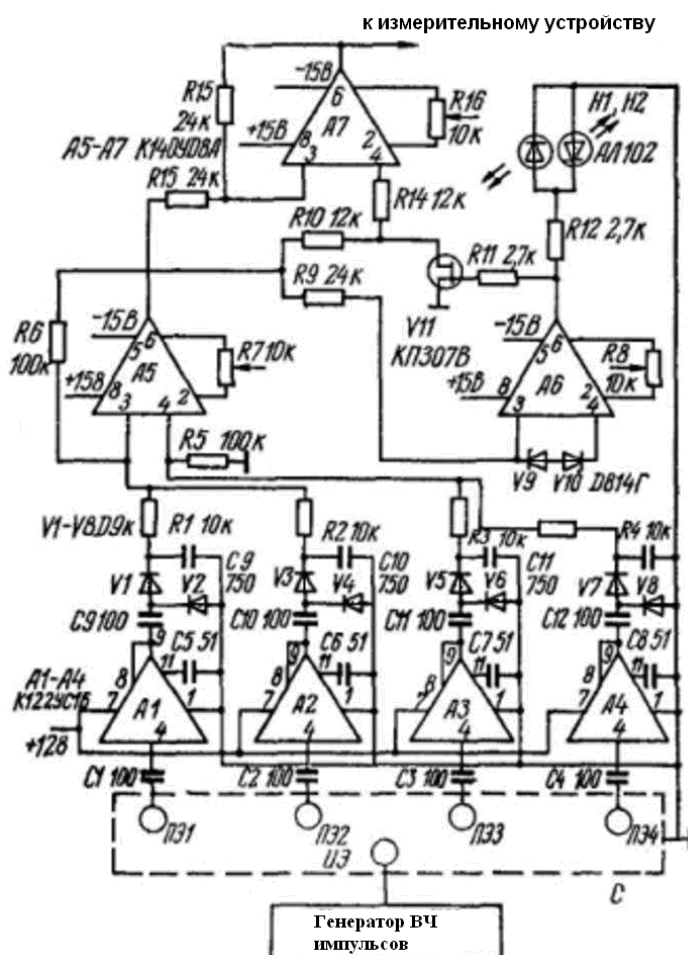


Рис. 5.1. Автоматическое устройство контроля качества смешивания кормовых материалов.

На корпусе смесителя в одной плоскости с излучающим электродом в зоне, свободной от лопастей, устанавливаются четыре приемных электрода (ПЭ). Приемные электроды подключены к усилителям переменного тока (А1 - А4) и сравнивающему устройству А5. При равенстве входных сигналов происходит автоматическое отключение смесителя. Для визуального контроля процесса введены два светодиода: красный - низкое качество смешивания, зеленый - высокое. При разнообразных соотношениях входных сигналов на выходе сравнивающего устройства может формироваться напряжение положительной или отрицательной полярности. Для ликвидации этого недостатка в схему введен преобразователь полярности на операционных усилителях (А6, А7).

Устройство работает следующим образом. Высокочастотный сигнал с генератора поступает на излучающий электрод и проходит через кормовой материал, который смешивается, в четырех направлениях в одной плоскости к приемным электродам. Сигналы усиливаются и вводятся в сравнивающее устройство. Если однородность смеси низкая, то сигналы отличаются по величине, и на выходе сравнивающего устройства появляется напряжение. В случае, если напряжение имеет отрицательную полярность, она превратится в положительную, которая включает красный светодиод. Если достигнуто высокое качество смешивания, то входные сигналы равны, и на выходе

сравнивающего устройства устанавливается нуль. В этом случае формируется управляющее влияние на отключение приводного двигателя, зеленый светодиод загорается, а красный гаснет.

Применение устройства смешивания обеспечивает повышение однородности при изготовлении кормосмесей и соответствие с зоотехническими требованиями, однородность кормосмесей на выходе смесителя должна составлять 0,9...0,95. При существующих средствах контроля это значение не более 0,5...0,6. Для взятия пробы и определения значения однородности по известному способу нужно 15...20 минут. При использовании рассмотренного устройства контроль однородности осуществляется автоматически и не требует вмешательства обслуживающего персонала. При скармливании животным кормосмесей с таким высоким значением однородности улучшается усвоение питательных веществ на 15...20 %.

Автоматическое устройство для измерения влажности кормовых материалов.

Данное устройство [278] построено на основе диэлькометрического метода измерения влажности. Для определения параметров устройства было проведено экспериментальное исследование электрофизических характеристик кормовых материалов и смесей в широком диапазоне частот. На основании полученных результатов показано, что наибольшая точность определения влажности достигается на частоте 3 МГц при отстройке от колебаний плотности и температуры материала. Влияние плотности исключается благодаря использованию дополнительной частоты 20 Гц, что позволяет определить плотность с максимальной точностью. При взаимодействии сигналов двух частот влияние плотности полностью исключается, что значительно повышает точность определения влажности. В устройстве используется термокомпенсация.

Принципиальная схема двухчастотного устройства приведена на рис. 5.2.

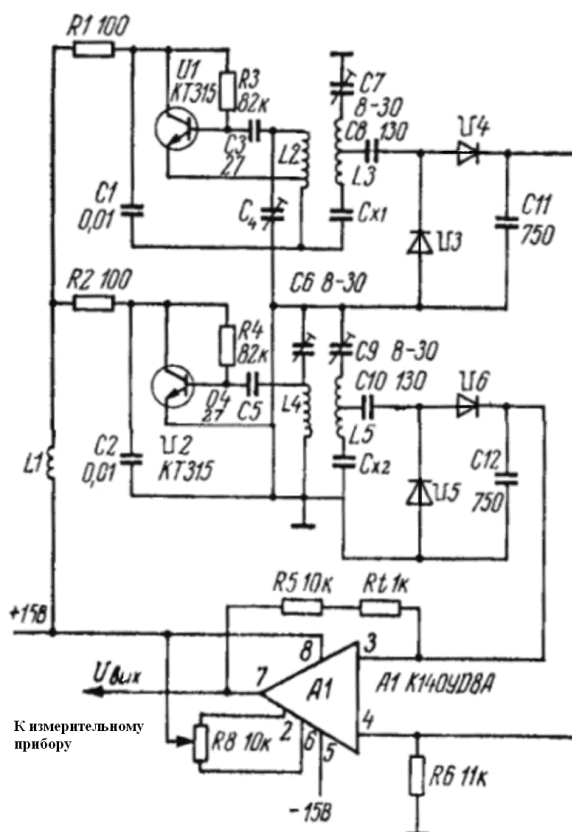
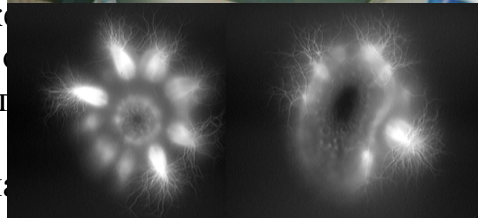
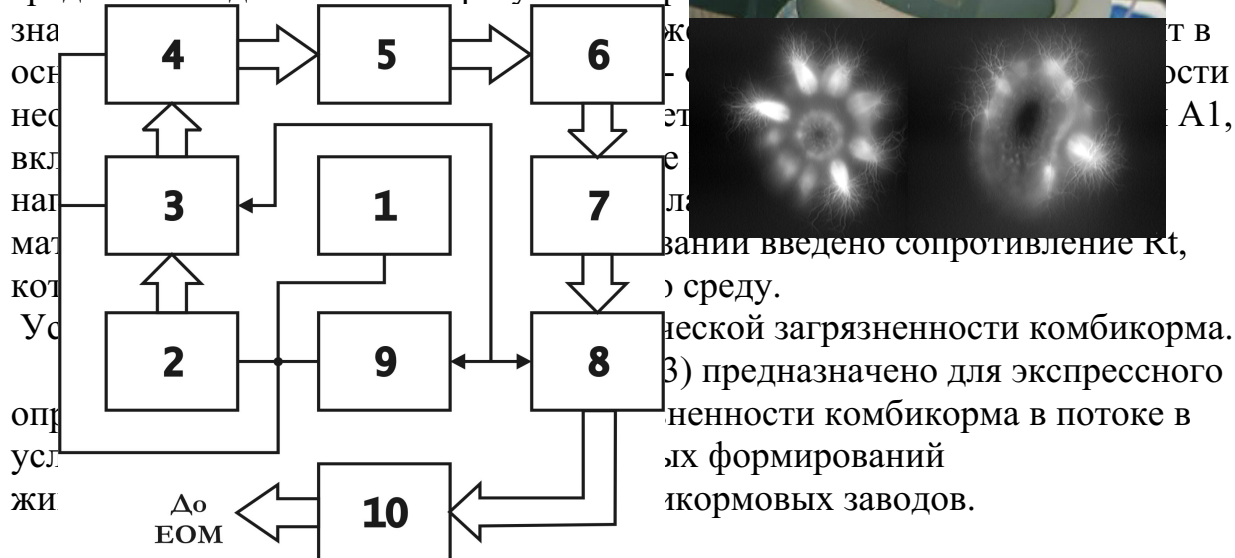


Рис. 5.2. Автоматическое устройство для измерения влажности кормовых материалов.

Высокочастотные генераторы, которые производят синусоидальные сигналы $f_1=3$ МГц и $f_2=20$ МГц, выполнены соответственно на транзисторах V1 и V2. Для измерения использована дифференциальная схема, которая состоит из одной половины L3, C7 и второй половины L5, C9 и CX2. При начальных условиях настраиваются выходные напряжения L3 и L5 отсутствовало напряжение. При измерении измеряемую среду, происходит разбалансировка, в средних выводах L3 и L5 образуется напряжение.



Введение сопротивления R_t в цепь измерения приводит к изменению выходного напряжения. Это напряжение измеряется на выходе A1, который предназначен для экспрессного измерения влажности комбикорма в потоке в различных формах кормовых заводов.

а)

б)

Рис. 5.3. Структурная схема устройства (а), внешний вид и примеры

получаемых изображений (б):

1-блок питания схем управление; 2-интегральный таймер; 3-регулируемый генератор колебаний; 4-пороговый коммутирующий элемент; 5-повышающий резонансный трансформатор; 6-ограничитель величины разрядного тока; 7-контактная система; 8-светоспирное устройство; 9-система синхронизации; 10-блок согласования с ЭВМ.

Теоретические аспекты оптимизации конструктивных параметров и режимов работы данного устройства рассмотрены в диссертационной работе соискателя Гомонца А.П.

Интегральный таймер 2 предназначен для регулирования времени проведения опыта, который влияет на воспроизводимость результатов. Генератор колебаний 3 определяет величину энергии, которая расходуется на создание электрического разряда, а также скорость ее подведения к накапливающему конденсатору. Напряжение на обкладках конденсатора повышается с скоростью, которое определяет напряжение источника питания $U_{ж}$ и RC-постоянная зарядной цепи. Частота разрядных импульсов зависит от напряжения срабатывания порогового элемента Упор., RC-постоянной t напряжения источника питания [62].

Амплитуда высоковольтных импульсов - до 5 кВ; частота прохождения импульсов - 1024 Гц; продолжительность одиночного импульса - 10 мкс; время автоматической экспозиции - 0,5/1, 0/2, 0/32 с.; напряжение питания 220 В; исходный видеосигнал - С/Х 4:2:1; управление работой прибора и передача изображения осуществляется через последовательный порт USB.

Применение данного устройства в комбикормовом производстве позволяет уменьшить затраты на производство комбикорма за счет управления процессом обеззараживания на основе информации о микробиологической загрязненности.

Анализ процессов развития лавинного газового разряда в плоскопараллельном газовом промежутке указывает, что электронная лавина возникает при условии превышения приложенного к данному промежутку внешнего напряжения $U(t)$ потенциала возникновения разряда – U_z . Эта величина, в свою очередь, зависит от параметра Pd , где P – давление газа, d – величина межэлектродного зазора. Известно, что величина Pd для каждого газа коррелирует из соответствующей кривой Пашена [306]. Электронная лавина, которая возникает в любой точке пространства, распространяется по прямой линии к аноду. Это явление сопровождается импульсом тока в разрядном круге и свечением газа.

Фотоприемное устройство 8 представляет собой адаптивный фотоэлектрический преобразователь на базе ПЗЗ (прибор с зарядовой связью). Так как свечение имеет незначительную яркость, а его спектр смещен в ультрафиолетовую область, фотоприемное устройство необходимо выбирать с довольно высокой чувствительностью (не менее чем 0,1 лм).

Система синхронизации 9 предназначена для согласования высоковольтных импульсов, которые вызывают свечение газовой среды сопредельного с поверхностью исследуемого образца, с работой системы развертки адаптивного фотоэлектрического преобразователя. Необходимость в системе синхронизации отпадает, если частота высоковольтных колебаний значительно ниже частоты развертки фотоэлектрического преобразователя.

Для обработки результатов опытов на ЭВМ необходимо согласовать выход с устройствами ввода информации ЭВМ. Эту функцию выполняет блок согласования 10.

Опираясь на принципы получения свечения вокруг объектов (ГРВ) и существующие разработки в области электроники, было разработано устройство для экспресс-анализа, который предусматривает возможность обработки полученных результатов на ЭВМ. Исследование зерновых компонентов и образцов комбикорма свидетельствует о наличии зависимости между микробиологической загрязненностью и параметрами получаемого газоразрядного изображения. На основе изложенных аналитических положений

разработаны методы обработки получаемой информации об исследуемом объекте. Анализ применения данного метода и устройства в комбикормовом производстве позволяет уменьшить затраты на производство комбикорма за счет управления процессом обеззараживания на основе информации о микробиологической загрязненности.

Устройство СВЧ обработки комбикорма в псевдооживленном слое.

Данное устройство [57, 63, 158, 194] предназначено для транспортирования и смешивания комбикорма в псевдооживленном слое, а также обеззараживания его электромагнитным полем сверхвысокой частоты – 2,45 ГГц. Теоретические аспекты оптимизации конструктивных параметров и режимов работы данного устройства рассмотрены в диссертационной работе соискателя Лободы А.И.

Давление воздуха 0,006 МПа, транспортная скорость комбикорма – 0,84 м/с; скорость транспортирования комбикорма при обеззараживании – 0,025 м/с; рабочая частота генератора – 2,45 ГГц, мощность – 2 кВт.

Эффективность обеззараживания комбикорма изменяется от 65 до 90 % при изменении соответственно времени экспозиции СВЧ – энергии с 30 до 100 секунд (при плотности комбикорма 720 кг/м³ и влажности 12%). Снижение общей обсемененности до 2000 мк/г. Снижение энергетических удельных потерь составляет 1,83 Мдж/кг комбикорма.

Используемые в данное время способы борьбы с микроорганизмами [17, 57, 193] в комбикорме не в полной мере удовлетворяют требованиям с-х. производства. Физико-механические методы, например, как воздушно – тепловой, требуют значительных затрат электрической и тепловой энергии, а также ручной работы, радиационные методы экономически оправданы только при обработке больших партий комбикорма и не могут быть использованы в условиях маленьких фермерских хозяйств. При использовании инфракрасного излучения, лазерного и ультрафиолетового облучения наблюдается поверхностный бактерицидный эффект, но при этом затрачиваются большие мощности, увеличивается время обработки, а глубина проникновения электромагнитных волн этого диапазона - небольшая. Наиболее распространенные химические методы борьбы создают опасность заражения комбикорма и окружающей среды ядохимикатами, кроме того, однократная обработка химическими препаратами, как правило, не обеспечивает полное уничтожение вредителей, а приводит к снижению питательной способности комбикорма.

Исследованиями многих ученых, как в нашей стране, так и в ближнем и далеком зарубежье доказанное, что эффективное дополнение к существующим методам борьбы с вредными микроорганизмами есть способ обработки комбикорма ЕМП сантиметрового диапазона, который имеет много преимуществ в сравнении с другими применяемыми методами, а именно: экологическая чистота; избирательность влияния; равномерность действия излучения; чистота нагревания; саморегуляция влияния; тепловая безинерционность.

По результатам расчетов и экспериментальных исследований обеззараживания комбикорма в псевдооживленном слое разработан исследовательский образец СВЧ - устройства для обеззараживания комбикормов в псевдооживленном слое (рис. 5.4), общий вид представлен на

рис. 5.5.

Фундаментом разработки было то, что, с одной стороны, процесс обеззараживания целесообразно проводить в период производства комбикорма, из с другой, определить на уже смонтированной установке оптимальное место для устройства обеззараживания, которое отвечает требованиям безопасности обслуживающего персонала и доступности в обслуживании, с минимальными материальными и трудовыми затратами практически невозможно. По этой причине приходится монтировать самостоятельный агрегат. При такой конструкции для перемещения комбикорма применяются ленточные транспортеры с специальной фторопластовой лентой, входным и исходным шлюзовыми затворами, с использованием электродвигателя для перемещения комбикорма, причем скорость движения должна изменяться в зависимости от зараженности.

С другой стороны, одна из важных требований к качеству изготовления комбикорма - однородность смеси (не менее чем 95%), при этом включенные в их состав добавки (15-25%), в том числе и высококонцентрированные, что содержат сильнодействующие препараты, премиксы, витамины, мочевины и лекарство, должны быть хорошо перемешаны. При этом такой корм гарантирует получение животными всей необходимой кола-кости питательных и стимулирующих элементов, и тогда они не смогут выборочно поедать составные части комбикорма. А в некоторых случаях однородность смеси должна достигать 98%, чего обычными механическими устройствами, которые смешивают, добиться практически невозможно.

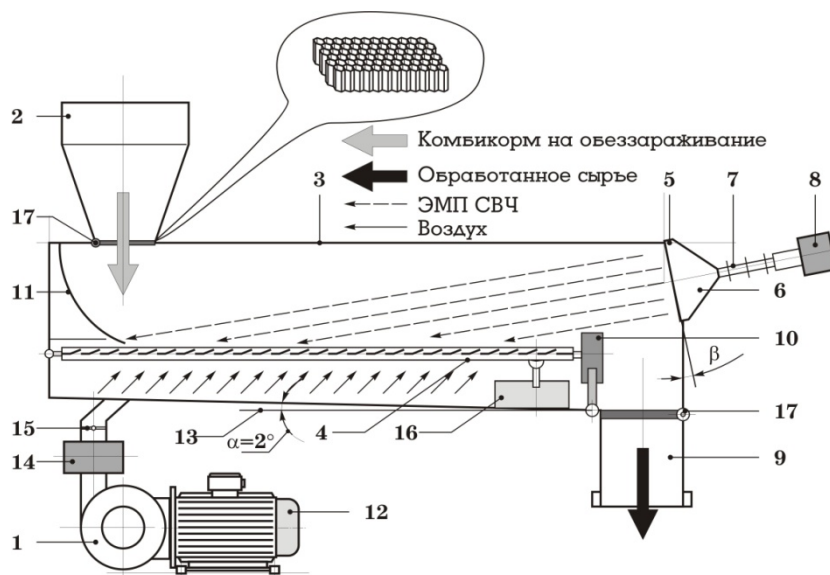


Рис. 5.4. Установка СВЧ обработки комбикорма в псевдоожиженном слое.

Для общего решения этих двух проблем одновременно разработанная установка СВЧ-обеззараживания комбикорма в псевдоожиженном слое.

Исходя из этого, конструкция устройства обеззараживания включает такие элементы (рис. 5.4) :

- аэрожолоб что есть металлическим трубопроводом прямоугольного пересечения, составленным с двух П-образных коробов - верхнего 3 и нижнего 13, между которыми находится жалюзна аэрационная перегородка 4 , которая представляет собой динамическую жалюзийную решетку с направленным выходом потока воздуха в сторону следования биологического объекта;

- СВЧ генератор 8 с волноводом 7 и пирамидальным рупорным излучателем 6;

-приемный 2 и выгрузной 9 бункера;

-вентилятор 1 с ресивером 14, воздушным фильтром 12 и задвижкой 15.

Принцип работы аэрожолоба заключается в следующем. В нижний короб 13 воздух нагнетается - вентилятором 1, через ресивер 14, с регулирующей задвижкой 15. Рабочее давление - до 0,006 Мпа. Воздух предварительно очищается в фильтре 12, с целью предотвращения загрязнения аэрационной перегородки 4. В верхний короб 3, который выполняет функцию рабочей камеры, комбикорм подается через загрузочный патрубок 2. В динамической аэрационной перегородке воздух проходит через жалюзи, изменяет свое направление и выходит под определенным углом мелкими струйками, которые проникают в массу сыпучего материала и ожижают его. Вследствие этого значительно уменьшаются силы внутреннего трения между частицами и прослойка материала приобретает свойства псевдожидкости.

Псевдооживленный, или кипящий слой материала перемещается по аэродинамической перегородке даже при незначительном угле ее наклона (от $\alpha=2^\circ$) под действием струй воздуха.

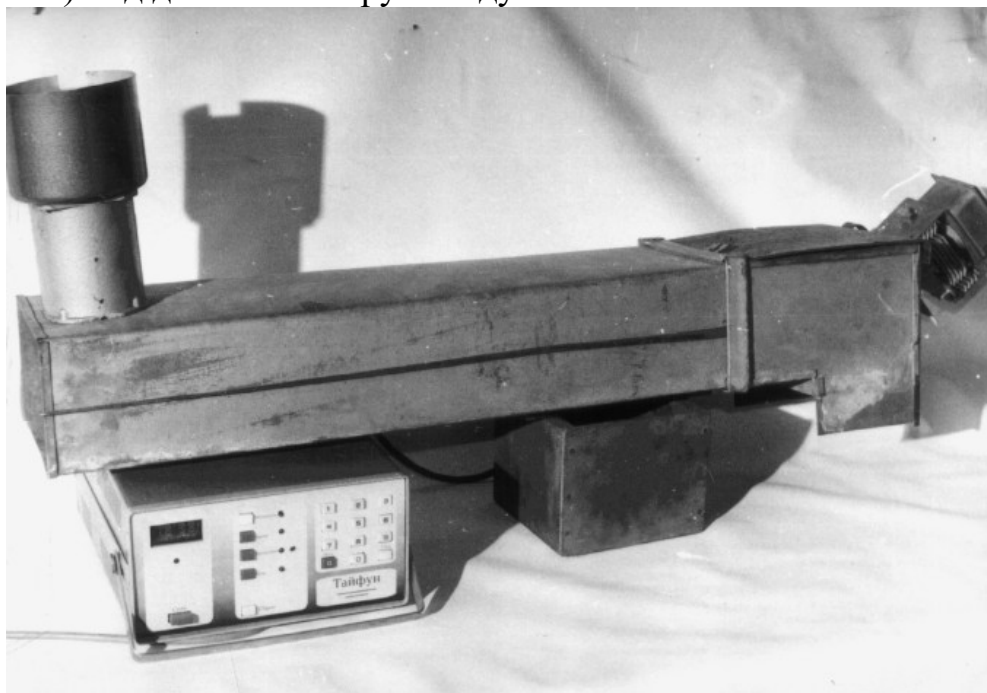


Рис. 5.5. Установка СВЧ обработки комбикорма в псевдооживленном слое.

Производительность аэрожелоба пропорциональна напору воздуха. Геометрические размеры аэрожелоба, углы наклона отверстий аэрационной перегородки и напор воздушного потока согласованы с производительностью комбикормовой установки в целом. Для увеличения производительности и улучшение псевдоожижения установленный вибратор 16 и телескопическая задвижка 10.

На исходной стенке аэрожелоба установлен пирамидальный рупорный излучатель 6, который через волновод 7 соединяется с генератором СВЧ энергии. Угол наклона β° рупорного излучателя рассчитывается из условия максимального увлечение потоком электромагнитных волн псевдоожиженной массы. Перед пирамидальным рупорным излучателем установлен защитный фторопластовый экран. Для защиты генератора и отвода лишней мощности установлен компенсатор погрузки 11, который выполнен из ферроэпоксида. Таким образом, комбикорм, обработанный в псевдоожиженном потоке ЭМП СВЧ, пройдя через камеру, поступает в выгрузной патрубок 9.

По известным методикам выполнен расчет аэрожелоба [51], который сводится к согласованию его параметров с параметрами комбикормовой установки в целом. Геометрические размеры аэрожелоба (длина L и ширина B) выбранные исходя из технологических соображений (с учетом размеров помещения, производительности, волновых качеств и пр.). В результате выполненных расчетов ширина аэрожелоба B должна находиться в границах 100...630 мм, угол наклона аэрожелоба $\alpha = 1,5^\circ$, высота слоя аэрированного материала в зависимости от уклона и оптимальной толщины проникновения волн ЭМП СВЧ h_a

Расчет производительности аэрожелоба, скорости движения комбикорма и гидравлический радиус живого пересечения приведенный на рисунках 3 и 4 при перемещении комбикорма и при обеззараживании с смешиванием с скоростью 0,025 м/с.

Для управления мощностью магнетрона и другими исполнительными механизмами устройства обеззараживания комбикорма был разработан блок управления на базе микроконтроллера, внешний вид которого представлен на рис. 5.6.

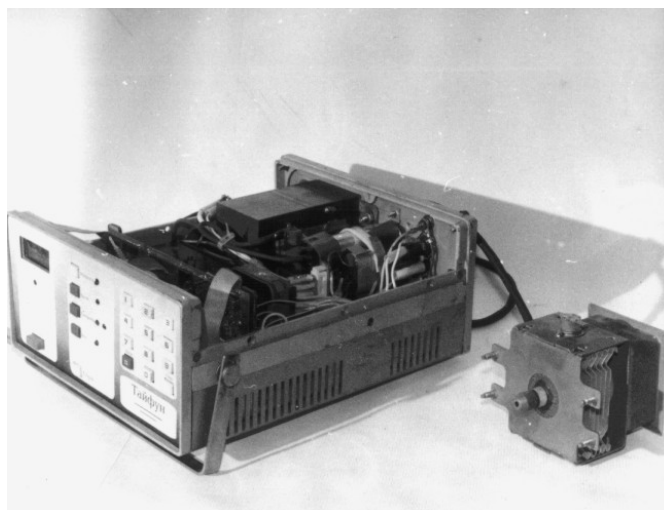


Рис. 5.6 Блок управление устройством СВЧ-обеззараживания комбикорма в β° (верхняя крышка снята).

Подготовка компонентов комбикорма к измельчению

Зерно, с позиции объекта измельчения, является сложным сырьем, которое связано с особенностями его структуры.

Необходимо заметить, что производство комбикормов собственными силами фермерского хозяйства требует от его специалистов четкого понимания тех возможностей, которыми они владеют и номенклатуры рецептов комбикормов.

Составление конкретного рецепта включает в себя три этапа [126]. На первом из них, в соответствии с нормами и стандартами, определяют содержание питательных веществ и структурный состав, в зависимости от вида и возраста животных и специализации хозяйства. На втором этапе анализируют ассортименты сырья, который имеется в хозяйстве может быть использованный в допустимых агротребованиями границах при производстве комбикормов. На третьем этапе сравниваются проект рецепта с соответствующими нормами и стандартами для определения сбалансированности комбикорма по другим показателям.

Многочисленные исследования в области повышения эффективности использования энергии, которую потребляет комбикормовая технологическая линия, а также в составлении рецептов комбикормов, которые удовлетворяют зоотехническим требованиям при минимизации их стоимости. Среди них особого внимания заслуживает предложение учитывать затраты энергии на переработку сырья.

Исходя из основного закона измельчения (5.5) видно, что работа, которая тратится на измельчение имеет две составных: работа, которая идет на преодоление упругих деформаций и на образование новых поверхностей [167]

$$, \quad (5.5)$$

где C_v , C_s – отображают работу соответственно: упругих деформаций и на создание новых поверхностей при измельчении 1 кг зерновых компонентов;

λ - кратность измельчения.

Для примера был рассмотренный оптимизированный по питательным веществам рецепт, стоимость которого составила 31,2 грн, а энергия измельчения при кратности $\lambda=4$ составила 2000 кДж, при $\lambda=3$ - 1470 кДж [3]. Потом по тем же требованиям был составлен рецепт, оптимизированный по энергии измельчения:

- $\lambda=4$: $A_T=1650$ кДж, стоимость составила 34,7 грн;
- $\lambda=3$: $A_T=1212$ кДж, стоимость составила 34,7 грн.

Более детальную информацию можно получить через приведение результатов в системе координат "энергия на измельчение - стоимость" (рис. 5.7), которые построены подбором состава компонентов рецепта, общая масса которых составляет 100 кг и энергетические параметры отвечают тем же условиям. Для построения данных зависимостей использовался Object Pascal с графической оболочкой Delphi 6.

Если изобразить это математически, то можно выразить общее количество вариантов в множествах [9]. Каждому компоненту отвечает множество X_i , которое содержит количественное выражение по смыслу данного элемента, выраженного в максимальных Max_i и минимальных Min_i границах, а именно

$$\{X_i | MIN_i < X_i < MAX_i\}, \text{ при } MIN_i > 0. \quad (5.6)$$

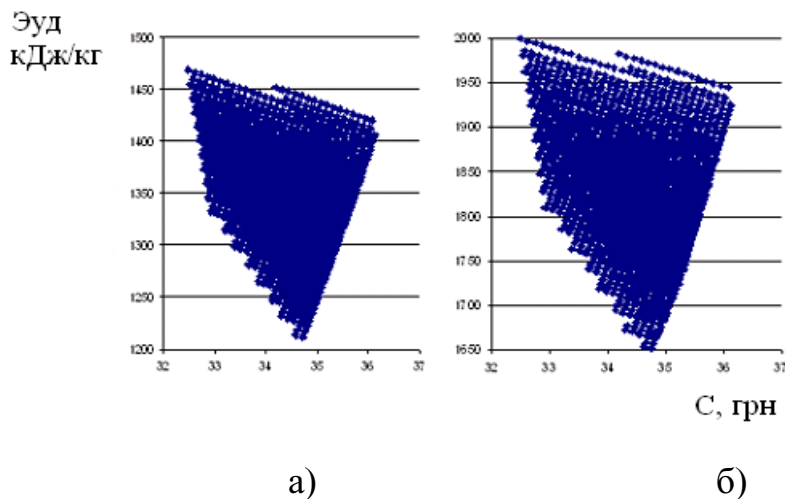


Рис. 5.7. Графическое отображение результатов расчетов возможных рецептов комбикормов, которые удовлетворяют условиям выбора по питательности при кратности измельчения соответственно 3 (а) и 4 (б).

Таким образом, элементы множеств X , будут составлять множество A_k при соответствии критерия P_j :

$$\{A_k \in X_i | \quad \quad \quad \}, \quad (5.7)$$

где c_{ij} - коэффициент, который учитывает содержание вещества j в X_i компоненте.

Общий рецепт будет содержать одинаковые элементы множеств A_k , которые удовлетворяют условиям по энергетическим показателям и формируют множество рецептов S , из которых расчетным путем определялся оптимальный

$$S \in A_1 \cap A_2 \cap \dots \cap A_k.$$

Таким образом, на рис. 5.7 приведенное графическое отображение множества рецептов S , позволяющее оценить затраты на измельчение компонентов и на переработку в целом.

Проанализируем энергоемкость процесса измельчения, которая зависит от структурно-механических свойств и требуемой степени измельчения ингредиентов. Определяющими критериями зерна при этом являются его прочность и твердость. Прочность представляет собой свойство материала противодействовать разрушению под действием приложенных усилий. Эта характеристика определяется затратой энергии на единицу образованной поверхности $P=E/F$. При влажности 14,3-16%, условная граница прочности семенной оболочки составляет 9-13 МПа, для плодовой оболочки 11-18 МПа, прочность эндосперма - 1-3 МПа [167].

Под твердостью тела понимают свойство его внешних пластов оказывать сопротивление местным деформациям. Микротвердость оболочки сухого зерна пшеницы 50...70 мПа, а эндосперма 70-170 мПа. При повышении влажности до 16...17% микротвердость снижается: оболочек до 20-30 Мпа, эндосперма - до 40...70 мПа. При влажности, близкой 25% микротвердость зерна разных культур становится одинаковой [126].

К показателю, который характеризует отношение массы твердых частиц к их объему отнести плотность. Рассмотрим роль плотности компонентов в процессе измельчения.

Значения коэффициентов C_v и C_s , исходя из (5.5), зависят от структурно-механических свойств зерна и определяются экспериментальным путем. Кроме того, данная формула (5.5) отображает нелинейную зависимость затраченной энергии на измельчение сырья от степени измельчения [167].

Функционально уравнение (5,5) можно выразить следующим образом [167]:

$$\dots \quad (5.8)$$

В данном уравнении объединены две теории: поверхностная и объемная. Согласно объемной теории Кирпичева-Кика [167], затраченная работа A_k на измельчение тела прямо пропорциональна объему ΔV его деформированной части. А величина ΔV в свою очередь пропорциональна начальному объему V , т. е. $\Delta V = K_1 \cdot V$. Таким образом [167]:

$$, \quad (5.9)$$

де V - начальный объем тела;
 m - масса, который измельчается;
 ρ – плотность материала;

K_k, K'_k – коэффициенты пропорциональности.

С другой стороны, работу, затраченную на измельчение всей массы определяется через зависимость

$$, \quad (5.10)$$

По формулам 5.9 и 5.10 можно проследить влияние плотности измельчаемого материала

$$. \quad (5.11)$$

В соответствии с поверхностной теорией [167], работа, затрачиваемая на измельчение тела, прямо пропорциональна площади вновь образованной поверхности. Согласно этой теории, энергия, которая тратится на процесс измельчения разделяется по числу раз измельчения. За первый прием она будет составлять [200]:

$$, \quad (5.12)$$

где K_R - коэффициент пропорциональности;
 D - условная длина ребра тела кубической формы;
 M - совокупность тел для измельчения разной крупности.
 За вторым приемом [167]:

$$, \quad 5.13 \quad (9)$$

где D_1 - длина ребра тела кубической формы, которое было измельчено после первого приема;

Работа, затрачиваемая на измельчение всей массы определяется формулой [167]:

$$, \quad (5.14)$$

где d - полученная длина условно кубической измельченной части.
 В свою очередь из формул 5.12 и 5.13, получаем

$$, \quad (5.15)$$

Представив функциональное выражение основного закона измельчения (5.7), с учетом функциональных зависимостей от плотности измельчения материала (5.11) и (5.15), имеем

$$(5.16)$$

Кроме того, можно заметить, что управление положения области с минимальной затратой энергией на измельчение возможно двумя методами: первый метод предполагает изменения конструктивных параметров дробилки, а второй - влияние на твердость и прочность зерна.

С этой целью необходимо снизить работу упругих деформаций A_v путем снижения прочности материала за счет использования поверхностно-активных веществ и уменьшить затрачиваемую работу на образование новых поверхностей A_s или увеличить ее частицу относительно A_v . Но нужно учитывать, что КПД процесса измельчения выражается следующей формулой [167]:

$$(5.17)$$

Корм, как материал растительного происхождения, состоит из двух структурных элементов - скелета, который имеет упругие и пластические свойства, и наполнителя, который обладает вязкостью. Граница прочности самого скелета не зависит от продолжительности действия статической нагрузки, величина вязущего сопротивления наполнителя меняется во времени. При продолжительном действии нагрузки наполнитель почти не поддерживает скелет, вследствие чего прочность тела определялась только прочностью скелета. И, наоборот, при малой продолжительности воздействия, направленного на разрушение, сила поддержки скелету очень большая. Поэтому для разрушения структурированного тела необходимо приложить нагрузку больше той, которой было бы достаточно для разрушения статическими силами. В связи с тем, что разрушение тела выполняется за малый промежуток времени, то пластические деформации не успевают развиваться, то есть имеют место минимальные разрушения с образованием упругих мгновенных деформаций.

Как уже было сказано выше, снизить прочность можно поверхностно-активными веществами и образованием микротрещин за счет собственного трения между частицами компонентов и по внутренней поверхности технологических машин. Однако данная операция не может быть регулируемой с помощью средств автоматизации. Более технологичной и эффективной является предварительная обработка исходных зерновых компонентов ультразвуком для образования на их поверхности микротрещин [200]. Этот метод можно реализовать как на промышленных комплексах, так и в фермерских хозяйствах. Последнее выглядит более перспективным, поскольку имеет меньшую стоимость разработки (в связи с возможностью разработки индивидуальных технологических решений) и большую возможность

относительно внедрения. С учетом изложенного можно заключить, что при производстве комбикормов важной является подготовка исходных зерновых компонентов к измельчению.

Так по данным [193], при экспериментальном измельчении предварительно обработанного ультразвуком зерна ячменя влажностью 14%, удельная энергоемкость процесса была на 25-30% меньшей в сравнении с вариантом переработки зерна молотковой дробилкой без предыдущей обработки. Коэффициент вариации фракционного состава продуктов измельчения при этом снижается на 8-12%.

Нами были проведенные исследования с целью определения влияния ультразвука на продолжительность измельчения и фракционный состав при непосредственном введении УЗ-устройства в зону первого удара молотков дробилки по зерну пшеницы.

Для этого разработанная экспериментальная установка, схема которой представлена на рис. 5.8.

Устройство включает корпус 1, входной 2 и исходный 3 отверстия, распределитель потока 4, генератор ультразвука 5, усилитель колебаний 6 и вогнутые линзы 7.

Рис. 5.8. Схема устройства для ультразвуковой обработки зерна.

Процесс обработки зерна осуществляется следующим образом. Зерно через входное отверстие 2 поступает на распределитель потока 4, направляется на стенки корпуса 1 и попадает под действие ультразвукового поля, создаваемого генератором 5, усилителем колебаний 6 и поля, сфокусированного вогнутыми линзами 7, после чего выходит через исходное отверстие 3. При проведении эксперимента использовалась проба емкостью 1 л (850 г). Продолжительность измельчения определялась как время, за которое ток приводного электродвигателя снижался до величины холостого хода. Экспериментальные данные приведены в табл. 5.1.

В результате того, что линзы фокусируют рассеянную энергию ультразвукового поля на пути потока зерна, его обработка осуществляется сфокусированной энергией ультразвукового поля, которое повышает эффективность его обработки.

Таблица 5.1-

**Экспериментальные данные влияния ультразвука на измельчение зерна при
непосредственном вводе в зону первого удара молотков
дробилки по зерну**

Характеристики пробы	Фракционный состав, %				Продолжительность ность измельчения, с
	2,5	1,5	1	0	
Решето 4 мм					
Контроль	23,9	58,0	17,9	0,2	20
В поле ультразвука (18 кГц)	16,2	59,7	23,4	0,7	15
Решето 2, 5 мм					
Контроль (2, 5 мм)	0,8	55,0	44,0	0,2	29
В поле ультразвука (18 кГц)	0,6	50,9	48,1	0,3	26

5.3 Разработка и верификация программного обеспечения АТК производства комбикормов

Реализация системы (2.34)-(2.49) на основе дискретного алгоритма (4.10) в виде машинного алгоритма (рис. 5.9) при определенных условиях может быть расширен и использован для разработки машинных (дискретных) подсистем (систем) оценивания с управлением процессом наблюдения. Такая подсистема реализуется на основе структурно-алгоритмического синтеза законов (моделей) оценивания и управления, основывающихся на точностных требованиях.

1) В замкнутых и в двухканальных комбинированных дискретных системах оценивания с управлением процессами наблюдения условия инвариантности по каналу управления не выполняются [23, 36], в то же время по каналу оценивания они вполне реализуемы. В трехканальных подобных системах условия инвариантности выполняются по каналам оценивания и управляемости [23, 36]. На практике при решении задачи оценивания состояний динамических систем возникает необходимость одновременного решения задачи управления самим наблюдаемым процессом, который несет информацию о динамической системе для оценивания ее состояния.

С этой целью является целесообразным создание общего алгоритма функционирования АСУТП МКУ в виде соответствующей блок-схемы, которая отражала бы пошаговое формирование и реализацию имеющих место в рассматриваемом автоматизированном технологическом комплексе (АТК) операций в виде оптимизации рецептов комбикормов, измерения и анализа контролируемых параметров, формирования и реализации управляющих воздействий, что в совокупности позволило бы получить качественную продукцию при выполнении условий энергосбережения. На рис.5.10 представлена такая блок - схема, отражающая функционирование обобщенной структуры малогабаритной комбикормовой установки, синтез и подробное описание автоматизации которой приведены в работах [56, 63].

Так блоки 1 и 2 на рис.1 отражают систему приемки, размещения и хранения исходных компонентов, изначально предназначенных в хозяйствах, как для общих целей, так и для приготовления комбикормов. Структура данной

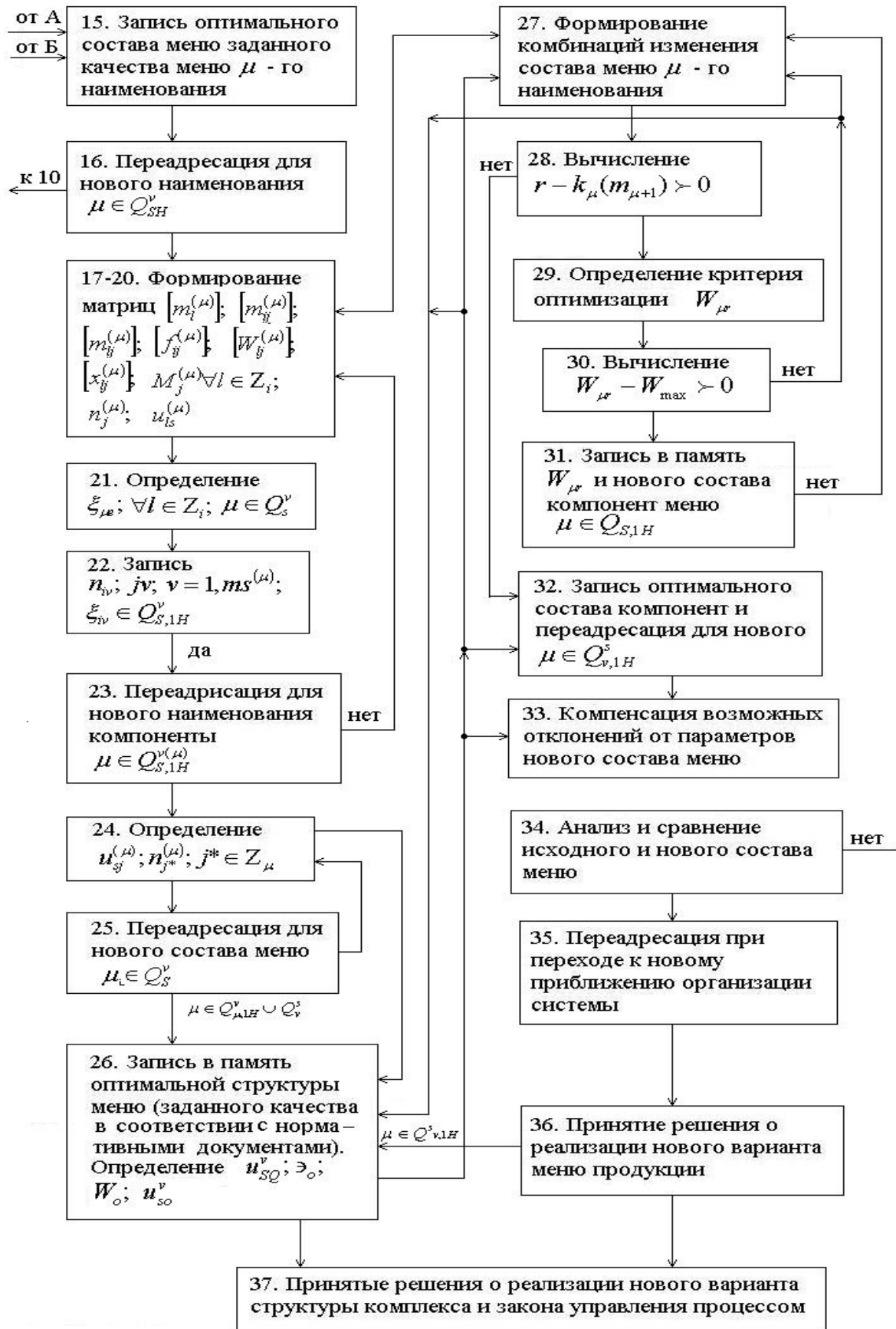


Рис. 5.9. Функциональная схема машинного алгоритма оптимизации параметров системы автоматизации.

системы общеизвестна и по составу операций она адекватна промышленным вариантам [3], а ее особенности зависят от номенклатуры производимых комбикормов, наличия видов исходного сырья, а также характеристики транспортирующего оборудования и складских мощностей.

Блоки 3-6 описывают последовательность расчета оптимального рецепта комбикорма для конкретного потребителя и в заданном количестве. С этой целью использован симплекс-метод [32, 52, 58], базе которого разработана специальная компьютерная программа, характеристика которой изложена в [132]. Смысл ее работы заключается в предварительном определении исходных уравнений и ограничений вида (5.18):

$$; \quad (5.18)$$

А затем, с использованием правил преобразований симплекс-таблиц, получают окончательный вариант таблицы, индексная строка которой не содержит отрицательных элементов, как это показано в [132]. Затем информация о полученном оптимальном варианте рецепта комбикорма выводится в виде сообщения (блок 7), определяется количество необходимых исходных компонентов и производится выбор и расчет цикла заполнения над дозаторных бункеров (блоки 8-15). Блок 16 отражает формирование информации, характеризующей основные показатели исходных компонентов. Эти данные вводятся как оператором, так и с соответствующих измерительных преобразователей и используются для определения так называемой расчетной производительности поточной технологической линии (блок 17), под которой понимают максимально возможную производительность для определенных конкретных условий при получении продукции, качество которой соответствовало бы требованиям

Рис.5.10. Блок-схема алгоритма функционирования обобщенной структуры МКУ.

базисных кондиций комбикормов. Математическая модель решения этой задачи для ПТЛ на базе МКУ представляет собой модернизированную базальную оценку (5.19) [301, 302] вида

$$, \quad (5.19)$$

- где КП – весовой коэффициент, учитывающий затраты энергии на переработку сырья, определяемый соотношением цен сырья и энергии;
- Е – нормирующая адаптивная постоянная, определяемая порядком величин наименьших из значений $A_{k \min}$.
- КН – безразмерный нормирующий коэффициент;
- a_{ik} – содержание К-го компонента в i-м виде сырья, %;
- $A_{k \min}$, $A_{k \max}$ – соответственно минимальное и максимальное допустимое содержание К-го компонента питательности в определенном рецепте комбикорма, %.

Следующим этапом алгоритма является пуск линии и настройка дозаторов на расчетную производительность (блоки 18-20). Блоками 21-23 обозначен процесс контроля и регулирования основных параметров соответственно рецепторной и эффекторной частей системы, отражающих дозирование компонентов, оптимальную загрузку технологического оборудования, а также качественные показатели приготовляемого комбикорма, а именно крупность его частиц и однородность перемешивания компонентов, причем выполнение последнего требования обеспечивается включением в состав ПТЛ смесителя, работающего на принципе псевдоожижения, что рассмотрено в работе [57].

Отдельным блоком выделена операция контроля уровня зараженности готовой продукции, причем в случае невыполнения условия блока сравнения 24, включается система СВЧ-обеззараживания, конструктивно входящая в состав смесителя-псевдоожижителя (блок 25). Математическое описание процесса определения степени зараженности и СВЧ-обработки комбикорма представлено следующей зависимостью (5.20) [57, 158]

$$L_f(L_0; W; \dots; \theta_p; \theta_k; E; \gamma; \tau; c; V), \quad (5.20)$$

- где L_0 – начальное содержание микроорганизмов, тис. клеток в 1 г;
- W – влажность комбикорма, %;

– скорость нагревания, $^{\circ}C/s$;

θ_p и θ_k – начальная и конечная температура нагрева комбикорма, $^{\circ}C$;

γ – стойкость микроорганизмов к воздействию ЭМП СВЧ;

τ – время экспозиции, с;

c – удельная теплоемкость комбикорма, кДж/кг·град;

V – скорость перемещения обрабатываемого комбикорма, м/с.

С помощью соответствующих измерительных преобразователей осуществляется контроль нижнего уровня сырья в наддозаторных бункерах исходных компонентов, причем срабатывание этих устройств предусмотрено с

некоторым предварением, позволяющим системе организовать подачу соответствующего ингредиента (блоки 26, 27), обеспечивая тем самым непрерывную работу технологической линии.

Также представляет интерес компьютерный синтез некоторых параметров контроля, основанный на соотношении величин соответствующих сигналов системы (блоки 28-30). Причем превышение значений данных соотношений указывает на возникновение того или иного аномального режима, к некоторым из которых можно отнести: порыв решет, обрыв соединительных шпонок электродвигателей и др.

Здесь же осуществляется оптимизация энергетических показателей процесса в соответствии со следующей математической моделью (5.21) [274]

$$W = W_3 + W_{зд} + W_{дзу} + W_{др} + W_{рсм} \rightarrow \min, \quad (5.21)$$

где W_3 - количество энергии, затрачиваемое на загрузку компонентов и добавок;
 $W_{зд}$ - количество энергии, на перегрузку добавок из накопительного бункера в наддозаторный;
 $W_{дк}$ - энергия, расходуемая на дозирование компонентов;
 $W_{др}$ - количество энергии на измельчение (дробление) комбикорма;
 $W_{рсм}$ - количество энергии на транспортно-смесительные работы.

Процедуру заполнения бункера готовой продукции или выполнения технологического задания по приготовлению требуемого количества комбикорма отражает блок 31, при положительном выполнении условия которого, происходит отключение ПТЛ и останов системы (блоки 32-34).

На основании представленных математических моделей разработано программное обеспечение АСУТП МКУ различных режимов функционирования АТК. Так описание двухуровневой системы приведено в [70]. А для случая супервизорного режима, который, по мнению ряда авторов [14, 98, 104], наиболее подходит к компьютерным автоматизированным системам данного класса, программное обеспечение заключается в подаче сигналов измерительных преобразователей как в ЭВМ, так и на локальные регуляторы, причем цифровые результаты компьютерных расчетов, преобразуемые в аналоговые посредством АЦП, служат опорными сигналами для соответствующих регуляторов.

Разработанное программное обеспечение включает следующий стандартный перечень документов [27]:

- текст программы;
- описание программы;
- описание применения;
- спецификацию
- руководство программиста;
- руководство оператора;
- формуляр

и позволяет реализовать оптимальный режим работы поточной технологической линии приготовления комбикормов в условиях небольших

хозяйств с использованием местной сырьевой базы.

Качественно разработанное математическое и программное обеспечение для проектирования МКУ позволит создать гибкий алгоритм управления технологическим комплексом и обеспечить универсальность использования оборудования для изготовления комбикормовых смесей большинства видов домашних животных, птиц и промышленных видов рыб, и обнаружить возможные недостатки линии на стадии проектирования. Для этого необходима модель управления одной из известных МКУ, на основе которой можно путем усовершенствований и доработок снизить капитальные расходы на производство, расходы на ремонт и эксплуатацию еще на стадии проектирования.

Разработан внутренний программный интерфейс обмена данными и диалоговый интерфейс пользователя (рис. 5.11). Программа, написанная с помощью оболочки Delphi 6.0 [45, 82], в своей основе имеет элементы структурного и поведенческого программирования. Элементы управления (кнопки, верхнее меню) выполнены с помощью технологии объектной ориентации средствами ObjectPascal.

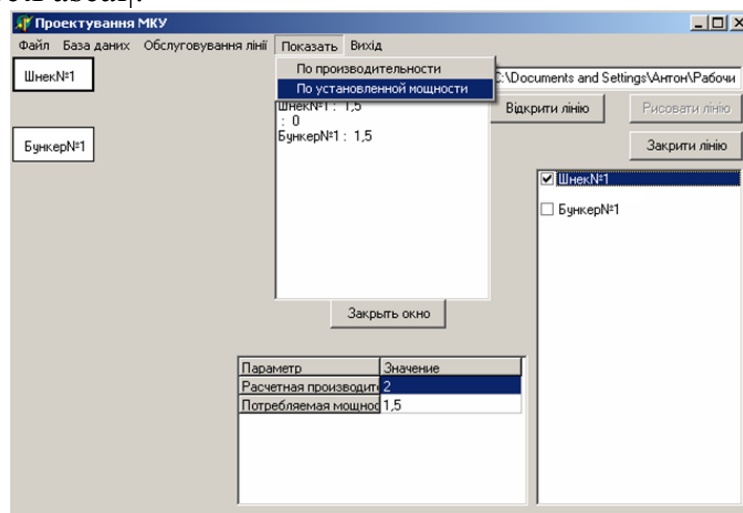


Рис. 5.11. Диалоговое окно программы модульного проектирования МКУ

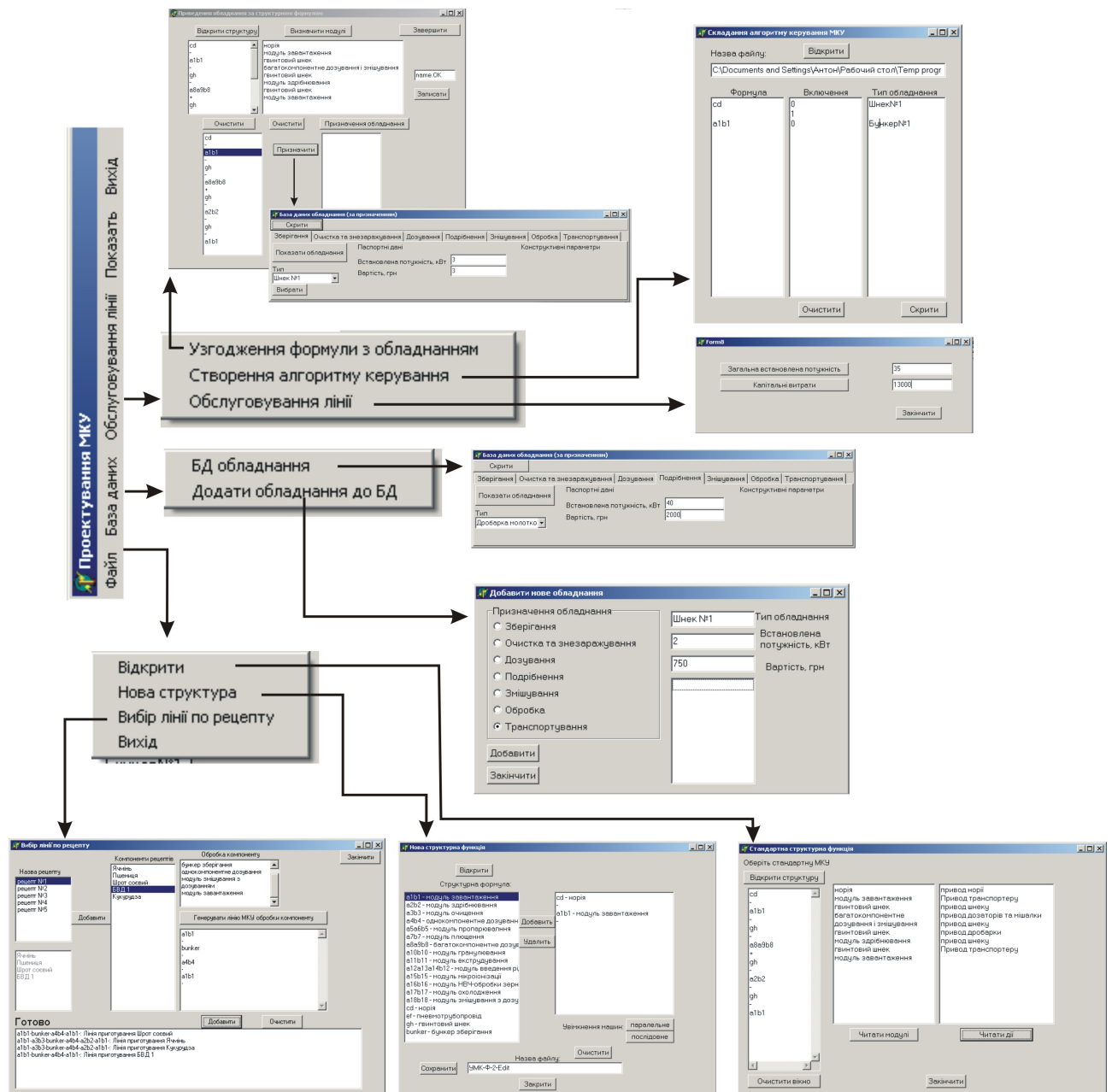


Рис. 5.12. Общая структура программы модульного проектирования МКУ.

Программа для проектирования МКУ имеет сложную структуру. Начальное окно программы (рис. 5.11) имеет доступ к каждому этапу проектирования линии (рис. 5.12), которая требует дополнительной записи или пользователем или компьютером о ранее выполненной работе.

Программа имеет как ряд функциональных преимуществ, так и существенных недостатков, которые будут учтены при последующем развитии данного программного обеспечения. Среди преимуществ можно выделить: простота структуры, что позволяет гарантировать ее работу при минимальной конфигурации ЭВМ. Применив элементы объектно-ориентированного проектирования и инструментов ObjectPascal получим все преимущества модульного моделирования оборудования и гибкий интерфейс доступа к его параметрам через контекстное меню, параллельных и модальных окон.

Определенным недостатком является использование нетипизированных типов переменных для организации баз данных оборудования и технологических линий, что не позволяет получить такую гибкость и скорость обработки информации, как при использовании SQL-технологии организации баз данных.

Транспортная задача.

Современное комбикормовое производство [73, 74] развивается по двум основным направлениям: первое – выработка комбикормов на государственных предприятиях для крупных животноводческих и птицеводческих комплексов и ферм сельскохозяйственных предприятий с последующей продажей и доставкой потребителям; второе – увеличение производства комбикормов на внутрихозяйственных кормоцехах с использованием собственных кормовых ресурсов, покупных БВД и премиксов. В последнее время второе направление получает все большее развитие. Это обусловлено стремлением к более рациональному использованию в хозяйствах сырья собственного производства (зернофураж, травяная мука, шроты и др.), возможностью приготовления требуемой рецептуры комбикормов, соответствующей рационам кормления животных и птицы, существенным снижением затрат на транспортировку и покупку комбикормов. Следовательно, транспортные издержки при использовании покупных кормов стоят во главе угла в принятии решения о принятии хозяйством того или иного варианта. Следует, однако, заметить, что при наличии в хозяйствах нескольких объектов потребления комбикормов, а также расположенных в их регионе нескольких производителей данной продукции, определение оптимальных закупок с учетом транспортирования является задачей довольно сложной, требующей использования специальных математических методов расчета. Эта же проблема имеет место при смешанной системе, предусматривающей использование хозяйствами комбикормов как покупных, так и приготовленных на месте. Одним из наиболее распространенных методов расчета таких систем является транспортная задача [63].

Классическая постановка транспортной задачи состоит в поиске минимума целевой функции [133]

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min, \quad (5.22)$$

при условии, что переменные
ограничений

удовлетворяют системе

$$, \quad (5.23)$$

- где
- тарифы перевозок единицы груза из пункта в ;
 - запасы груза в -ом пункте отправления;
 - потребности в грузе в -ом пункте назначения;
 - количество единиц груза, перевозимого из пункта в пункт .

Для случая, когда количество параметров задачи (5.22)-(5.23) достаточно велико, расчеты становятся довольно громоздкими. Новые возможности компьютерных технологий позволяют значительно упростить процесс получения результата. Так, к примеру, с этой целью в рамках табличного пакета Excel предусмотрена команда Поиск решения. Рассмотрим действие этой команды на конкретном примере снабжения комбикормами хозяйства. Постановка задачи. На четырех близлежащих комбикормовых заводах

ежедневно производятся соответственно 110, 90, 60 и 70 т

комбикормов. В хозяйстве имеется три фермы , ежедневные потребности которых составляют 110, 140 и 80 т. Тарифы перевозок 1 т комбикорма из каждого завода к каждой ферме заданы матрицей

Необходимо составить такой план доставки комбикормов, при котором общая стоимость перевозок окажется минимальной.

Решение. Пусть — количество комбикорма, перевозимое с предприятия на ферму . Составляем математическую модель поставленной задачи.

Необходимо найти такие значения , при которых функция

принимает минимальное значение.

При этом
ограничений:

должны удовлетворять следующей системе

(5.24)

Покажем, как реализуется решение такого рода задач в среде электронных таблиц Excel [149].

Для этого находим допустимое начальное решение задачи, например, методом северо-западного угла.

Заполняем таблицу исходных данных (рис. 5.13).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1		Значения переменных										Тарифы
2	x11	110	1	0	0	0	1	0	0			8
3	x12	0	1	0	0	0	0	1	0			1
4	x13	0	1	0	0	0	0	0	1			9
5	x21	0	0	1	0	0	1	0	0			4
6	x22	90	0	1	0	0	0	1	0			6
7	x23	0	0	1	0	0	0	0	1			2
8	x31	0	0	0	1	0	1	0	0			3
9	x32	50	0	0	1	0	0	1	0			5
10	x33	10	0	0	1	0	0	0	1			8
11	x41	0	0	0	0	1	1	0	0			7
12	x42	0	0	0	0	1	0	1	0			12
13	x43	70	0	0	0	1	0	0	1			9
14			110	90	60	70	110	140	80			
15	F(x)											
16	2380		110	90	60	70	110	140	80			

Рис. 5.13. Подготовленные данные на рабочем листе Excel.

В ячейке B2:B13 вводим начальные значения переменных

. В

ячейки L2:L13 вводим коэффициенты целевой функции

.

В диапазон ячеек C2:I13 вводим коэффициенты при соответствующих неизвестных в системе ограничений (3) задачи.

В ячейки C14:I14 вводим правые части системы ограничений (3). Затем в

ячейку A16 вносим формулу для вычисления значения целевой функции

. Это значение можно определить при помощи встроенной математической функции СУММПРОИЗВ (1-ый массив; 2-ой массив). Первый массив состоит

из значений тарифов

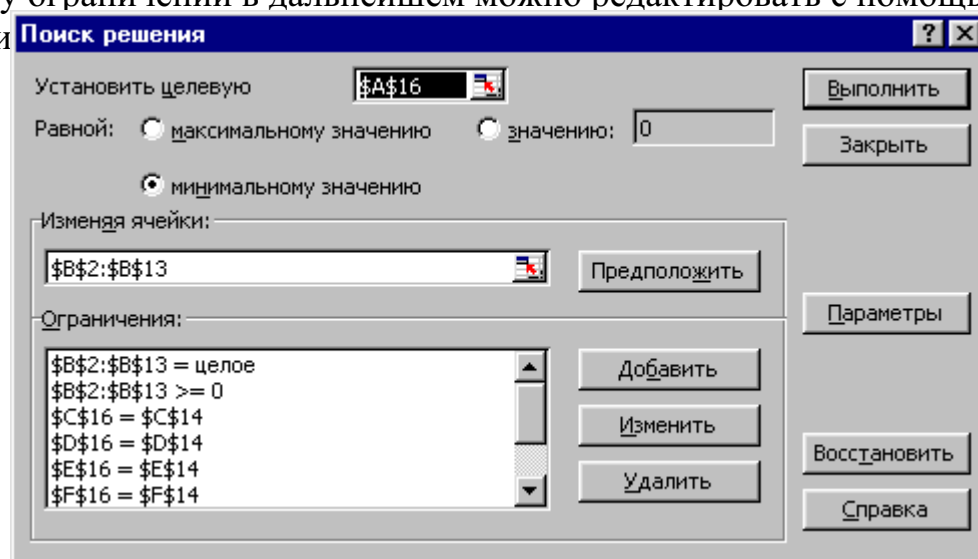
– ячейки L2:L13, второй массив – из

значений переменных

– ячейки B2:B13.

Таким образом, в ячейке A16 получаем формулу =СУММПРОИЗВ (L2:L13; B2:B13). В ячейку C16 вводим формулу =СУММПРОИЗВ(C2: C13; \$B\$2:\$B\$13). Затем копируем эту формулу в ячейки D16:I16.

В меню Сервис выбираем команду Поиск решения. Заполняем поля появившегося диалогового окна: адрес ячейки целевой функции (целевой ячейки), тип оптимизации, адреса ячеек с переменными, ограничения. Для задания системы ограничений используется кнопка Добавить. При ее нажатии появляется окно, в поле которого вводятся ссылки на ячейки и ограничения, накладываемые на переменные в рассматриваемой задаче. Сформированную систему ограничений в дальнейшем можно редактировать с помощью кнопок Измени



ис. 5.14. Диалоговое окно Поиск решения.

После нажатия кнопки Выполнить будет осуществлена процедура Поиск решения, по результатам которой выводится сообщение о найденном решении (рис. 5.15).

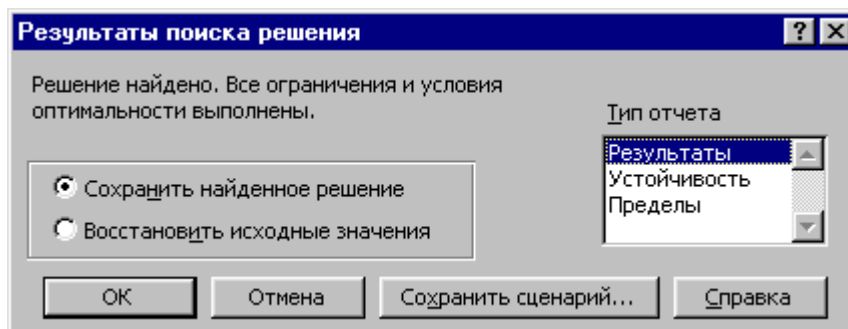


Рис. 5.15. Диалоговое окно Результаты поиска решения.

На рис. 5.16 показано искомое решение поставленной задачи оптимизации.

Рис. 5.16. Результаты вычислений.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1		Значения переменных										Тарифы
2	x11	0	1	0	0	0	1	0	0			8
3	x12	110	1	0	0	0	0	1	0			1
4	x13	0	1	0	0	0	0	0	1			9
5	x21	0	0	1	0	0	1	0	0			4
6	x22	10	0	1	0	0	0	1	0			6
7	x23	80	0	1	0	0	0	0	1			2
8	x31	40	0	0	1	0	1	0	0			3
9	x32	20	0	0	1	0	0	1	0			5
10	x33	0	0	0	1	0	0	0	1			8
11	x41	70	0	0	0	1	1	0	0			7
12	x42	0	0	0	0	1	0	1	0			12
13	x43	0	0	0	0	1	0	0	1			9
14			110	90	60	70	110	140	80			
15	F(x)											
16	1040		110	90	60	70	110	140	80			

Из таблицы, представленной на рис. 5.16 видно, что минимальные затраты на транспортировку комбикормов составили 1040 грн. и они будут

иметь место при $x_{11}=0$, $x_{12}=110$, $x_{13}=0$, $x_{21}=0$, $x_{22}=10$, $x_{23}=80$, $x_{31}=40$, $x_{32}=20$, $x_{33}=0$, $x_{41}=70$, $x_{42}=0$, $x_{43}=0$ и

$x_{11}=0$. Остальные при этом равны нулю.

Следовательно, применение данного метода позволяет оптимизировать транспортные потоки снабжения объектов сельскохозяйственного предприятия комбикормами, обеспечивая при этом минимум затрат.

Составление рецептов комбикормов.

Как уже выше отмечалось, до недавнего времени в Украине производство комбикормов осуществлялось в основном на государственных и межхозяйственных комбикормовых заводах с последующим приобретением необходимого перечня и объемов данной продукции хозяйствами. На этих предприятиях существуют установившиеся жесткие требования к качеству, как исходных компонентов, так и готовой продукции. Уровень производства на этих предприятиях довольно высок, а основные технологические операции, начиная от выбора стандартного рецепта комбикорма до его приготовления и отпуска заказчику, полностью автоматизированы, причем нередко на уровне компьютерных технологий [3]. Также было сказано о том, что из-за нестабильности экономической ситуации, а также необходимости несения значительных затрат на приобретение и транспортных покупок комбикормов, многие, возникшие в результате реформирования сельскохозяйственного сектора небольшие фермерские и частные предприятия, предпочитают готовить необходимые комбикорма на собственных технологических линиях с широким использованием местной сырьевой базы. Работа таких линий основана на применении многочисленных видов малогабаритных комбикормовых

установок, функционирование которых может быть эффективным лишь посредством их автоматизации на уровне АСУТП. Причем, особенностью функционирования таких систем является необходимость составления оптимального состава так называемого исполнительного рецепта комбикорма, который должен состоять из имеющихся в хозяйстве ингредиентов и удовлетворять всем необходимым зоотехническим требованиям [126, 130] по питательности, т.е. содержанию протеина, лизина, клетчатки и т.д.

Вместе с тем, учитывая относительную сложность постановки и решения задачи оптимизации исполнительных рецептов комбикормов, реализацию данного алгоритма целесообразно выполнять с применением специальных методов математического моделирования, одним из наиболее распространенным из которых является симплекс-метод [132].

Так, например, из имеющегося в хозяйстве сырья: пшеницы, овса, ячменя, шрота и биовитаминных добавок (БВД), требуется подобрать такой состав комбикорма, который был бы минимальным по стоимости, и удовлетворял зоотехническим требованиям по показателям питательности, т.е. содержал в расчете на 100 кг кормовых единиц не менее 105, перевариваемого протеина – 16 кг, лизина – 0,82, клетчатки не более 7 кг и жира – 3,2 кг. Задачей оптимизации рецепта является минимизация целевой функции вида

$$F(x) = 0,45 x_1 + 0,35 x_2 + 0,02 x_3 + 0,8 x_4 + 0,05 x_5,$$

где x_i – искомое количество ингредиента (соответственно : пшеницы, овса, ячменя, шрота и БВД в 100 кг комбикорма. Число, стоящее перед каждым неизвестным, показывает стоимость в рублях одного килограмма соответствующего ингредиента.

Целевая функция является главным фактором, определяющим результат расчета, т.е. количество каждого ингредиента в комбикорме. Каждый показатель питательности в задаче записывается в виде уравнения (неравенства), коэффициентами которого являются числа, показывающие количество кормовых единиц, протеина и других питательных веществ в одном килограмме ингредиента, а свободным членом правой части – величину данного показателя в расчетном весе (100 кг) комбикорма. В рассматриваемом примере можно записать:

для кормовых единиц

,

для протеина

,

для лизина

,

для клетчатки

для жира:

Причем допустимые границы ввода каждого вида сырья определяются его наличием и регламентируются зоотехническими требованиями [130] в виде ограничений:

для пшеницы ; для овса ;

ячменя ; для шрота ;

БВД , при

Расчетный вес комбикорма определяется равенством:

Математическая постановка задачи заключается в том, чтобы найти минимальное значение функции

$$F(x) = 0,45 x_1 + 0,35 x_2 + 0,02 x_3 + 0,8 x_4 + 0,05 x_5$$

при условиях:

В соответствии с методикой применения симплекс-метода [52, 132], приводим задачу к каноническому виду:

$$F(x) = 0,45 x_1 + 0,35 x_2 + 0,02 x_3 + 0,8 x_4 + 0,05 x_5 - Mx_{21} - Mx_{22} - Mx_{23} - Mx_{24} - Mx_{25} - Mx_{26} - Mx_{27} - Mx_{28} - Mx_{29} - Mx_{30}$$

Затем строим первую симплекс – таблицу (табл. 5.2).

Выпишем начальное допустимое решение:

$$X_0 = (0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 7; 0; 0; 40; 0; 35; 0; 25; 0; 10; 0; 25; 100; 105; 16; 0,82; 3,2; 25; 25; 10; 3; 12)$$

1. Полученный план X_0 оптимальным не является, так как в строке целевой функции есть отрицательные элементы. Переходим к новому улучшенному плану:
2. Выбираем ведущий столбец по максимальному модулю среди отрицательных элементов строки целевой функции. Переменная, соответствующая этому столбцу вводится в базис.
3. Выбираем ведущую строку. Для этого вычисляем отношения элементов столбца В к соответствующим положительным элементам ведущего столбца. Та переменная, которой соответствует минимальное из этих отношений вводится в базис.

Таблица 5.2 -

Исходная симплекс-таблица

[illegible]

4. Строим новую симплекс - таблицу. Для этого в предыдущей таблице все элементы ведущей строки делим на ведущий элемент, а все остальные элементы пересчитываем по правилу прямоугольника.

Полученный новый план также проверяют на оптимальность.

Переход от одного плана к другому продолжают до тех пор, пока в строке целевой функции не останется ни одного отрицательного элемента.

В нашем случае расчет выполняем по стандартной компьютерной программе в соответствии с блок-схемой, представленной на рис. 5.17.

Рис. 5.17. Блок-схема компьютерной оптимизации рецепта комбикормов.

В нашем случае оптимальный план получен на 13-ом шаге (табл.5.3).

Таблица 5.3-

Итоговая симплекс-таблица

	В	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20
X6	8.58	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	-0.0	0	0.2	0	0	-0.1	0.1	0	0	0

X15	15.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
X8	0.135	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	-0.0	0	0	0	0
X19	10.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	-1	1	0	1	0
X9	0.211	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	-0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X5	22.0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	-1	1	0	0	0
X1	25.0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X12	15.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
X2	25.0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0
X14	10.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
X3	25.0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
X20	3.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	-1	0	0	1	-1	0	0	1
X4	3.0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0
X18	7.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
X10	6.068	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.3	0	0.3	0	0	-0.3	0.3	0	0	0
X7	1.05	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0.2	0	0.2	0	0	-0.2	-0.1	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	24.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4	0	0.3	0	0	0.0	0.8	0	0	0

На основании табл. 5.3 получаем следующие значения параметров:

X .3 (25;25;25;3;22;8,58;1,05;0,135;0,211;6,068;0;15;0;10;15;0;0;7;10;3), откуда видно, что для получения оптимального рецепта комбикорма для принятых исходных условий, необходимо такое соотношение ингредиентов: пшеницы – 25 кг, овса – 25 кг, ячменя – 25 кг, шрота – 3 кг, БВД – 22 кг. При этом минимальная стоимость одной тонны комбикорма составила (в ценах 2005 г.) 240 грн.

Дальнейшим повышением устойчивости решения рецептурной задачи является замена стоимостной целевой функции бальной оценкой, позволяющей с большей достоверностью учитывать фактические достоинства сырья. Также важно учитывать степень перевариваемости компонентов, входящих в полученный оптимальный рецепт комбикорма, что позволит обеспечить в полной мере животных всеми питательными веществами.

Такой подбор ингредиентов действительно удовлетворяет зоотехническим требованиям на необходимый уровень питательности комбикорма, количество каждого ингредиента взято в соответствии с его наличием, а его стоимость при этом минимальная.

В конечном итоге компьютерная оптимизация исполнительных рецептов комбикормов позволяет:

- обеспечивать бесперебойный ритм работы линии производства комбикормов;
- производить комбикорма с учетом фактических показателей питательности и стоимости сырья и готовой продукции;
- предупреждать перерасход одних видов сырья и образование излишков других.

При этом для четкого функционирования объекта, компьютерная база данных должна содержать следующую нормативно-справочную информацию :

- классификатор сырья;
- классификатор продукции;
- классификатор показателей качества сырья и готовой продукции;
- максимальные и минимальные нормы питательности по видам продукции;
- максимальные нормы введения сырья в комбикорм;
- минимальные нормы введения сырья в комбикорм;
- табличные данные питательности сырья;
- цены на сырье;
- ограничение на групповое введение сырья в комбикорма;
- состав групп с ограниченным введением сырья в комбикорма;
- ограничение на ввод добавок и премиксов в комбикорма;
- нормативы прибыли и затраты по переработке продукции.

Управление.

Программное обеспечение должно полностью обеспечить автоматизацию линии приготовления комбикорма, в противном случае внедрение компьютерных технологий будет не целесообразным, особенно в условиях фермерских хозяйств.

Некоторые этапы по практической реализации реализованы в ТДАТУ на кафедре “Автоматизация сельскохозяйственного производства” [58, 195].

Структура программы по управлению МКУ показана на рис. 5.18. Графическая панель индикации состояния МКУ представлена на рис. 5.19.

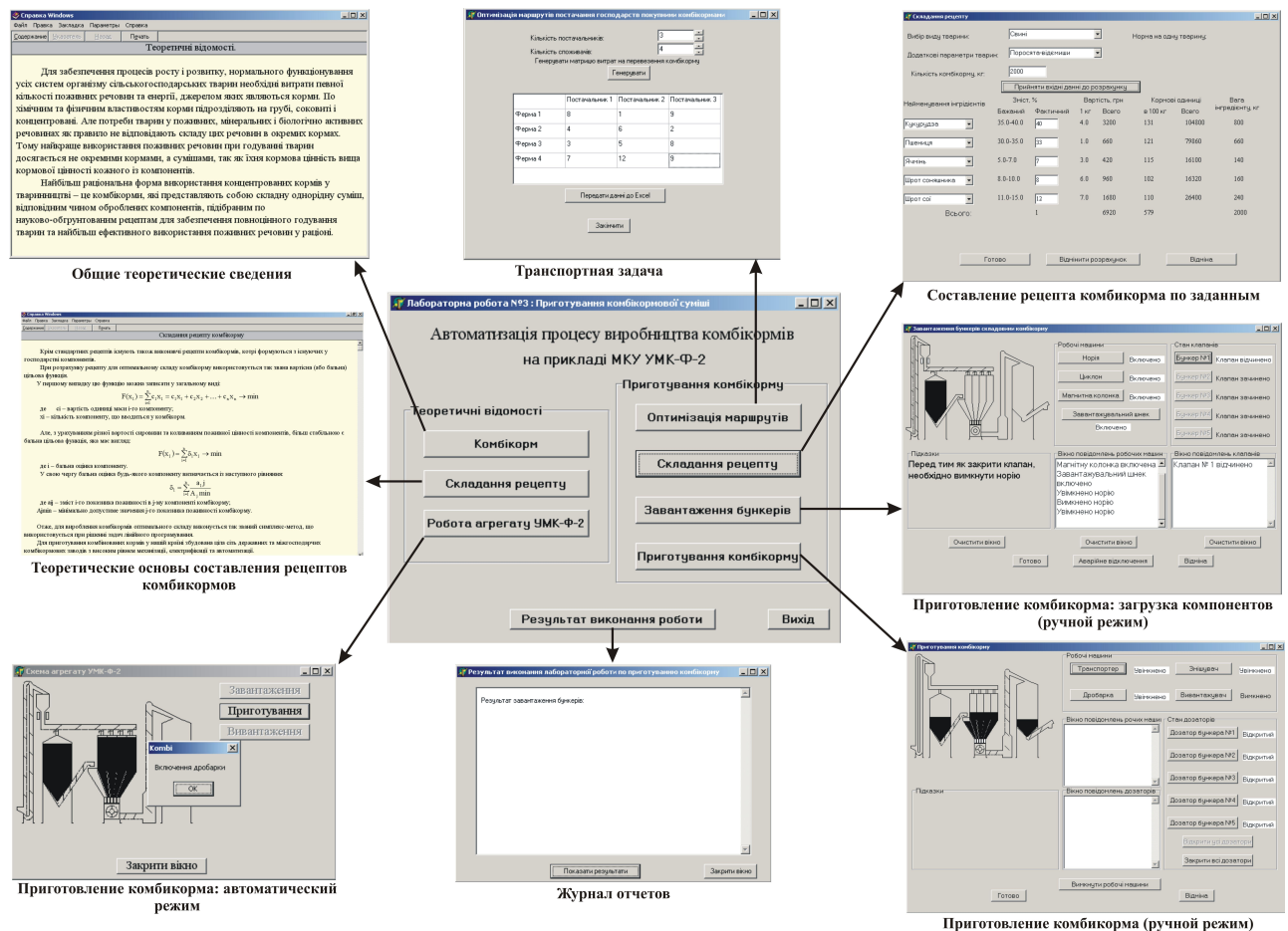


Рис. 5.18. Структура программы по управлению МКУ

Блок управления представляет собой программное обеспечение, с помощью которого осуществляется выбор рецепта комбикорма, на этом этапе контролируется питательность комбикормовой смеси и ее стоимость, которая позволит своевременно предупредить несоответствие комбикорма зоотехническим и экономическим требованиям. Также осуществляется дистанционное управление исполнительными механизмами.

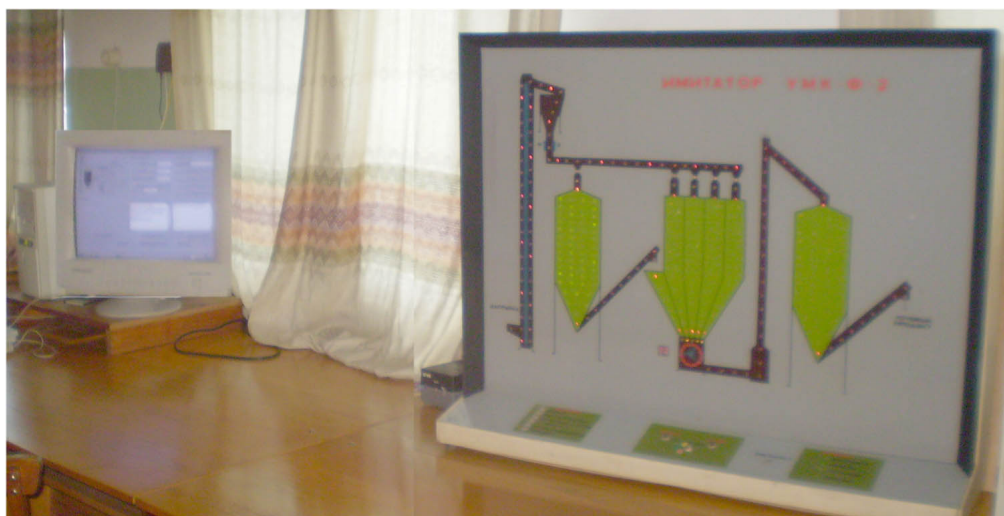


Рис. 5.19. Графическая панель индикации состояния МКУ.

Блок управления состоит из двух блоков:

–блок теоретических сведений, в котором приведены теоретические сведения для выполнения работы и алгоритм работы малогабаритной комбикормовой установки УМК-Ф-2;

–блок выполнения работы, по которому приготовления комбикорма выполняется в два этапа: выбор рецепта, загрузка ингредиентов и приготовление комбикормовой смеси.

Функции и процедуры (табл. 5.4) обеспечивают визуальное отображение хода технологического процесса на мониторе ЭВМ (рис. 5.18) и графической панели (рис. 5.19). Для подключения стенда к ЭВМ был использован параллельный порт LPT-(Line Prin Ter). Подключение выполнялось по интерфейсу Centronics, который охватывает как набор сигналов и ведение протокола взаимодействия, так и к 36-контактному соединению документирования процесса.

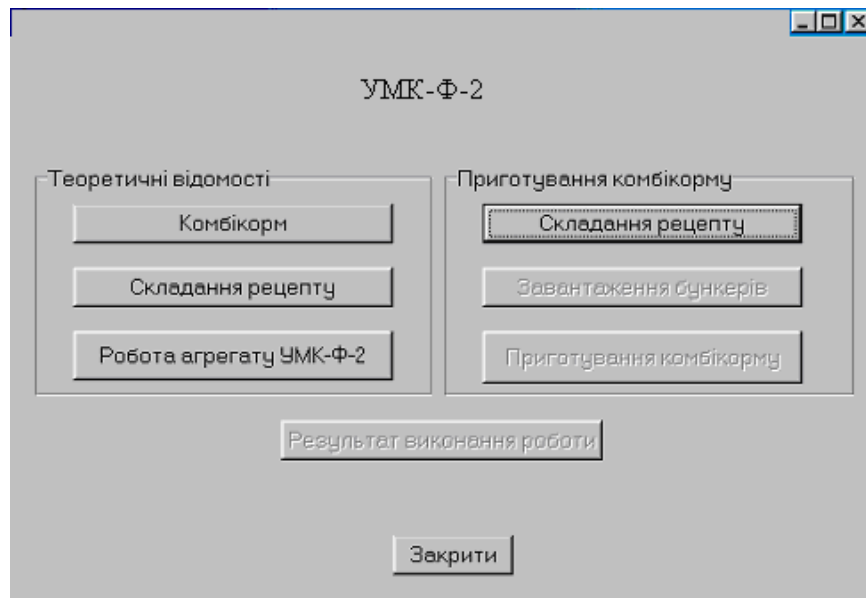
При разработке программного обеспечения автоматизированного управления МКУ использовался язык четвертого уровня. В дальнейшем программа настраивалась и в процессе выполнения транслировалась

внутренним
Таблица 5.4-

Управление комбикормовой установкой УМК-Ф-2

Имя	Примечания
SetStan	Доступ к глобальным переменным, которые характеризуют состояние исполнительных механизмов
Datchiki	Контроль аварийного состояния (условно задается выключателями на графической панели)
LineCombi	Изображение контура УМК-Ф-2
MStart/ MStop	Управление магнитной колонкой
NoriaStart/ NoriaStop	Управление норией
ShnekStart/ ShnekStop	Управление питательным шнеком
DStart/ DStop	Управление дробилкой
SmStart/ SmStop	Управление смесителем
V1Start/ V1Stop	Управление подачи компонента из главного бункера
V2Start/ V2Stop	Управление выгрузочным шнеком
...	Процедуры для управления клапанами при загрузке компонентов в бункера из питательного шнеку
...	Комплекс процедур для управления дозаторами

транслятором оболочки Delphi 6.0 [53]. Ниже приводится программная реализация процесса производства комбикормов на установке УМК-2-Ф.



unit index;
interface

uses // подключенные модули

Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
Dialogs, StdCtrls, HTTPApp, HTTPProd, OleCtrls, SHDocVw, CommonUnit;

type //перечень объектов и глобальных функций

TTitleclass(TForm)

GB1: TGroupBox; //блок приготовления комбикорма

GroupBox1: TGroupBox; //блок теоретических сведений

Start: TButton; //Кнопка "Загрузка бункеров"

Finish: TButton; //Кнопка "Приготовления комбикорма"

Recept: TButton; //Кнопка "Составление рецепта"

Button1: TButton; //Кнопка "Заккрыть"

Button2: TButton; //Кнопка "Комбикорм"

Button3: TButton; //Кнопка "Составление рецепта"

Button4: TButton; //Кнопка "Работа агрегата УМК-Ф-2"

Button5: TButton; //Кнопка "Просмотр журнала отчета"

Label1: TLabel; //Текстовая метка "Название работы"

//Процедуры инициализации нажатия соответствующих кнопок

procedure ReceptClick(Sender: TObject);

procedure StartClick(Sender: TObject);

procedure FinishClick(Sender: TObject);

procedure Button1Click(Sender: TObject);

procedure Button2Click(Sender: TObject);

procedure Button3Click(Sender: TObject);

procedure Button4Click(Sender: TObject);

procedure Button5Click(Sender: TObject);

//Процедуры инициализации создания главного диалогового окна

```

    procedure FormCreate(Sender: TObject);
    procedure FormDestroy(Sender: TObject);
    procedure FormActivate(Sender: TObject);

    private
    { Private declarations }
    public
    { Public declarations }
    end;
const
    FName='ResultFile'; //название файла отчета

var //глобальные переменные
    Title: TTitle;      //название формы главного диалогового окна программы
    ResF: TextFile;     //тип файла отчета (текстовый)
    Com2: boolean;      //перечень дискретных выходов
    Com1: boolean;
    Com3: boolean;
implementation
// перечень вспомогательных диалоговых окон
uses ReceptKombi, Rabota1, Rabota2, UMKF2, Rez;
{$R *.dfm}
Procedure SetStan;      //установка значений всех дискретных выходов
var Pause:Integer;
begin
    Pause:=50; //пауза (для корректности выполнения команд)
    Com2:=True; //переключение плат сопряжения
        SetDigLine(2, Com2);
        Sleep(Pause);
        SetDigLine(1, Com1);
        Sleep(Pause);
        SetDigLine(3, Com3);
        Sleep(Pause);
        SetDigLine(4, Com4);
        Sleep(Pause);
        SetDigLine(5, Com5);
        Sleep(Pause);
        SetDigLine(6, Com6);
        Sleep(Pause);
        SetDigLine(7, Com7);
        Sleep(Pause);
        SetDigLine(8, Com8);
        Sleep(Pause);
    Com2:=False; //переключение плат сопряжения
    SetDigLine(2, Com2);

```

```

Sleep(Pause);
SetDigLine(1, Com21);
Sleep(Pause);
SetDigLine(3, Com23);
Sleep(Pause);
SetDigLine(4, Com24);
Sleep(Pause);
SetDigLine(5, Com25);
Sleep(Pause);
SetDigLine(6, Com26);
Sleep(Pause);
SetDigLine(7, Com27);
Sleep(Pause);
SetDigLine(8, Com28);
end;

```

Программы управления остальными операциями приведены в Приложении Ж (Пункт Ж.3).

5.4 Разработка, лабораторные и производственные испытания экспериментального образца системы управления электротехнологическим комплексом на базе МКУ

В соответствии с современным развитием компьютерных систем автоматизации [[22]: разработка систем управления реализована для следующих режимов функционирования объекта: советчика; супервизорного; непосредственного цифрового управления и многоуровневых систем.

Режим советчика применяется в тех случаях, если нужен осторожный подход из-за неопределенности в математическом описании сложного объекта и окончательное решение должен принимать оператор.

Режим советчика. Функционирование системы в режиме советчика осуществляется по схеме, представленной на рис. 5.20.

Рис. 5.20. Схема режима советчика.

В режиме советчика параметры ТП измеряются устройствами ВП, превращаются в цифровую форму средствами соединения и вводятся в ЭВМ.

В режиме советчика параметры ТП измеряются устройствами ВП, коммутируются и преобразуются в цифровую форму средствами сопряжения с последующим вводом в ЭВМ.

В системах-советчиках данные о технологическом режиме поступают через средства отображения информации в форме рекомендаций оператору, который учитывает их при принятии собственного решения. Процесс обычно инициируется программой-диспетчером, но при этом оператор в диалоговом режиме может ввести дополнительную информацию, которую нельзя получить путем измерений, а она

формируется самым оператором и носит качественный характер.

Супервизорный режим (рис.5.21) представляет собой двухуровневую иерархическую систему. Нижний уровень управления, непосредственно связанный с ТП, реализуют локальные регуляторы Р отдельных технологических параметров. На верхнем уровне установлена ЭВМ, основной функцией

Рис. 5.21. Схема АСУТП в супервизорном режиме.

которой является определение оптимального технологического режима и вычисления на его основе значений установок локальных регуляторов. Входной информацией для расчета уставок являются значения управляемых параметров, которые измеряются устройствами ДУ, а также контролируемые параметры состояния процесса, измеряемые преобразователями ДК. Оператор с пульта имеет возможность вводить дополнительную информацию, в частности изменять ограничения на управляемые и управляющие величины, уточнять критерий управления в зависимости от внешних условий. Супервизорный режим разрешает осуществлять автоматическое управление ТП. Роль оператора сводится к наблюдению за процессом и, в случае необходимости, к внесению корректив.

Режим непосредственного цифрового управления, в отличие от супервизорного, предполагает расчет с помощью ЭВМ управляющего воздействия и передачу сигнала через устройства связи непосредственно на исполнительные органы (рис. 5.22).

Рис. 5.22. Режим непосредственного цифрового управления.

Как и в супервизорном режиме, в этом случае функции оператора состоят в наблюдении за процессом и его корректирование в случае потребности. Для реализации указанных выше режимов был разработан адаптер, предназначенный для усиления исходных сигналов порта и защиты его от токов перегрузки при работе с внешними дискретными первичными преобразователями.

Для реализации указанных выше режимов был разработан адаптер, предназначенный для усиления исходных сигналов порта и защиты его от токов перегрузки при работе с внешними дискретными первичными преобразователями. Восемьразрядный регистр синхронизирует свою работу с ЭВМ с помощью Strob сигнала параллельного порта. Структурная схема связи адаптера и компьютера приведена на рис. 5.23. Схема электрическая принципиальная блока управления показана на рис. 5.24.

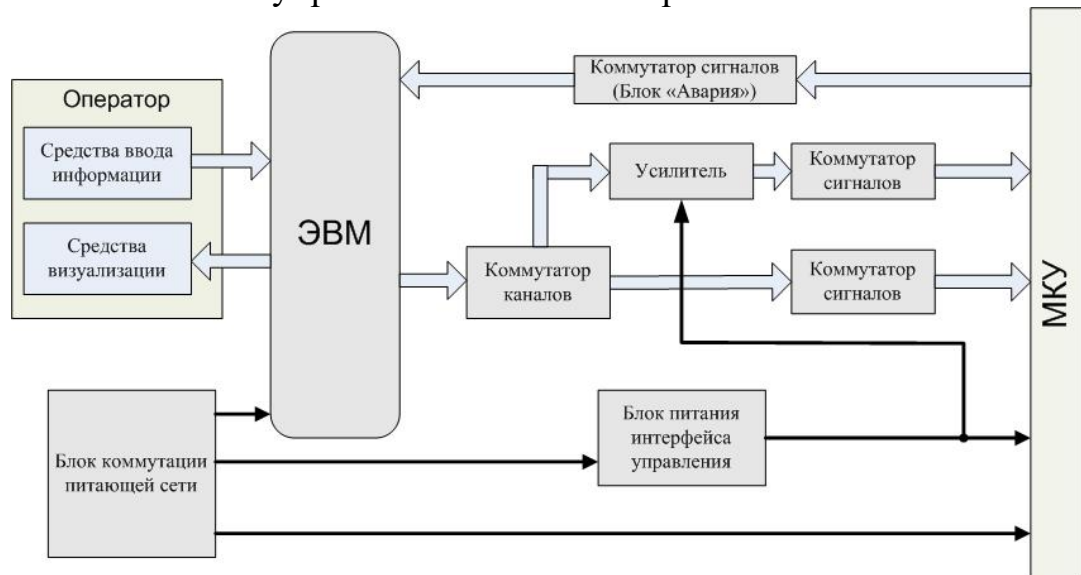
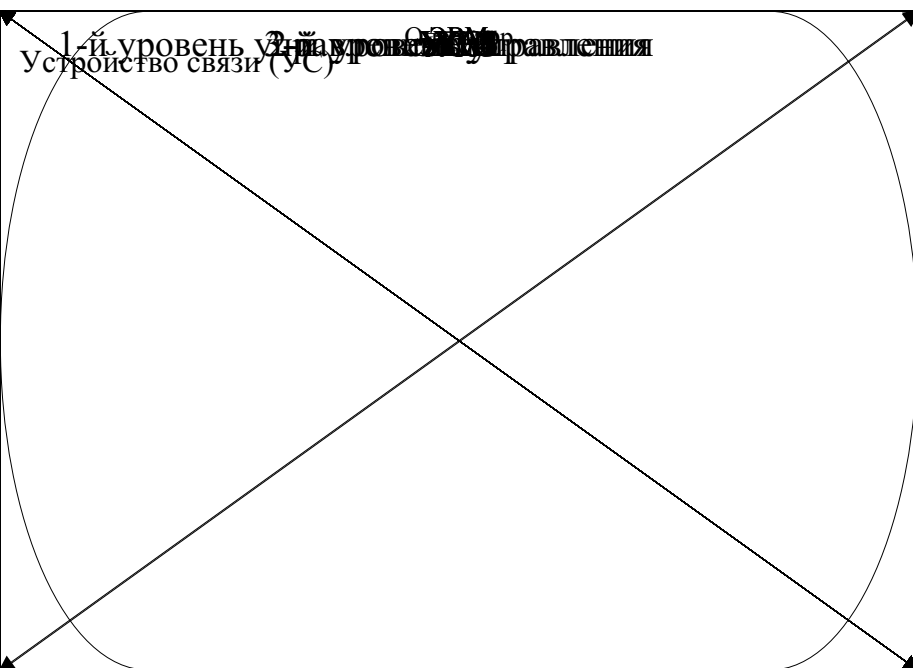


Рис. 5.23. Структурная схема связи адаптера станда и компьютера.

Система автоматизации состоит из 7 дискретных входов и 14 выходов. Двухнаправленный восьмиразрядный шинный формирователь с повышенной нагрузочной способностью, осуществляющий связь между

выходные данные, а на выходах микросхемы KP580BA87 - инвертированные.
Коммутатор KL1.1 переключает питание регистров DD2 и DD4 (



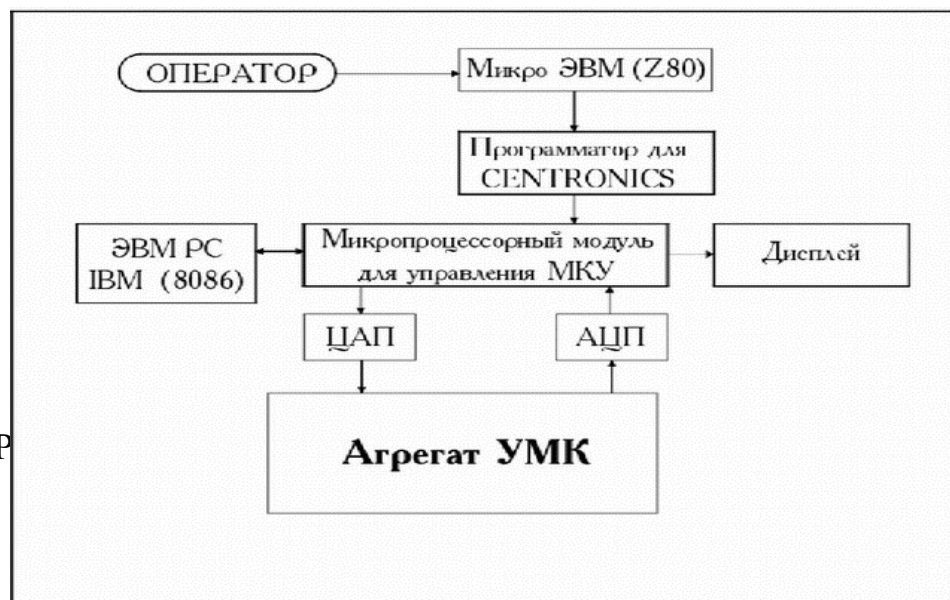
оперативной памяти команд управления) для передачи управления шинным формирователям DD1 и DD3. Индикация управляющих команд осуществляется светодиодным блоком VD1- VD15.

Многоуровневые системы. Если одноуровневая структура АСУТП обеспечивает необходимого режима функционирования сложного объекта, то систему управления строят как многоуровневую - в виде отдельных подсистем, между которыми установлены отношения соподчинения. Например, наиболее распространенный вариант 3-х уровневой системы имеет схему, которая показана на рис. 5.25.

Рис. 5.25. Многоуровневая иерархическая система.

Функции управления здесь распределены по уровням. Например. 1-й уровень состоит из систем, которые непосредственно управляют ТП. Второй уровень образует две подсистемы расчета и оперативного корректирования режимов технологических операций. Третий уровень обобщает всю информацию из объекта и решает задачу расчета и управления для процесса в целом. Учитывая специфику управления технологическими процессами производства комбикормов в условиях хозяйств, функционирование таких систем

организуется, как правило, на двух уровнях, как это показано на рис. 5.26.



Р

ой системы

На первом уровне управление процессом осуществляется с помощью микропроцессорной системы, программирование которой осуществляется с помощью программатора, а на втором уровне установлена ЭВМ, с которой связан оператор.

Традиционно порт SPP (Standard Parallel Port) является однонаправленным портом, через который программно реализуется указанный выше протокол обмена. Порт производит аппаратное прерывание по импульсу на входе Ask#. Сигналы порта выводятся на разъем DB-25S (розетка), установленный непосредственно на плате адаптера (или системной плате) или такой, который сообщается с ней шлейфом. Название и назначение сигналов разъема порта соответствуют интерфейсу Centronics.

Адаптер параллельного интерфейса является набором регистров, расположенных в пространстве вход/выход. Регистры порта адресуются относительно базового адреса порта, стандартными значениями которого является 3BCh, 378h и 278h. Порт может использовать линию запроса аппаратного прерывания, обычно IRQ7 или IRQ5. Порт имеет внешнюю 8-битовую шину данных, 5-битовую шину сигналов состояния и 4-битовую шину сигналов, которые управляют.

BIOS поддерживает до четырех LPT-портов (LPT1-LPT4) своим сервисом - прерыванием INT 17h, для обеспечения связи с принтером по интерфейсу Centronics. Этим сервисом BIOS осуществляет вывод символа (по опросу готовности, не используя аппаратных прерываний), инициализацию интерфейса и принтера, а также опрос состояния принтера.

Схема электрическая принципиальная программатора представлена на рис. 5.27, а процессора – на рис. 5.28. Общий вид двухуровневой системы управления приведен на рис. 5.29. Программатор (рис. 5.27) состоит из периферийного устройства сопряжения, соединяющего интерфейс P1 CENTRONIC с внутренней шиной программатора мультиплексорного типа для адресации шины, регистром сдвига и буфером шины данных. Ключи коммутации, выполненные на базе транзисторов VT1, VT2, VT7 – VT9, VT12, VT13 для режима программирования передают напряжение, установленное для каждого режима программирования. Блок логики для коммутации различных напряжений при программировании построен на базе транзисторов VT3, VT 5, VT 10, VT 11, VT 14 и ряда логических элементов DDi. Преобразователь напряжений для различных режимов программирования имеет трансформатор гальванической развязки TR1 и блок схем эталонных напряжений, выполненных на транзисторах VT19 и VT20 и стабилитронах VD19 и VD20.

Процессор (рис. 5.28) включает генератор частот ZQ1 (задающий генератор) с изменяемой емкостью конденсатора C1 и мостовой схемой на базе резисторов R1, R2 и логических элементов D1.1, D1.2, через делитель частоты (микросхема KP555IE7) соединен с процессором D4 (Z80), исполняющим программу, беря команды из ПЗУ с исполняемой программой на базе микросхемы KP573PФ6. Таймер D3 (микросхема KP5551R23), через буфер шины данных D9 (на основе микросхемы KP555R23), соединен с ОЗУ

Рис. 5.27

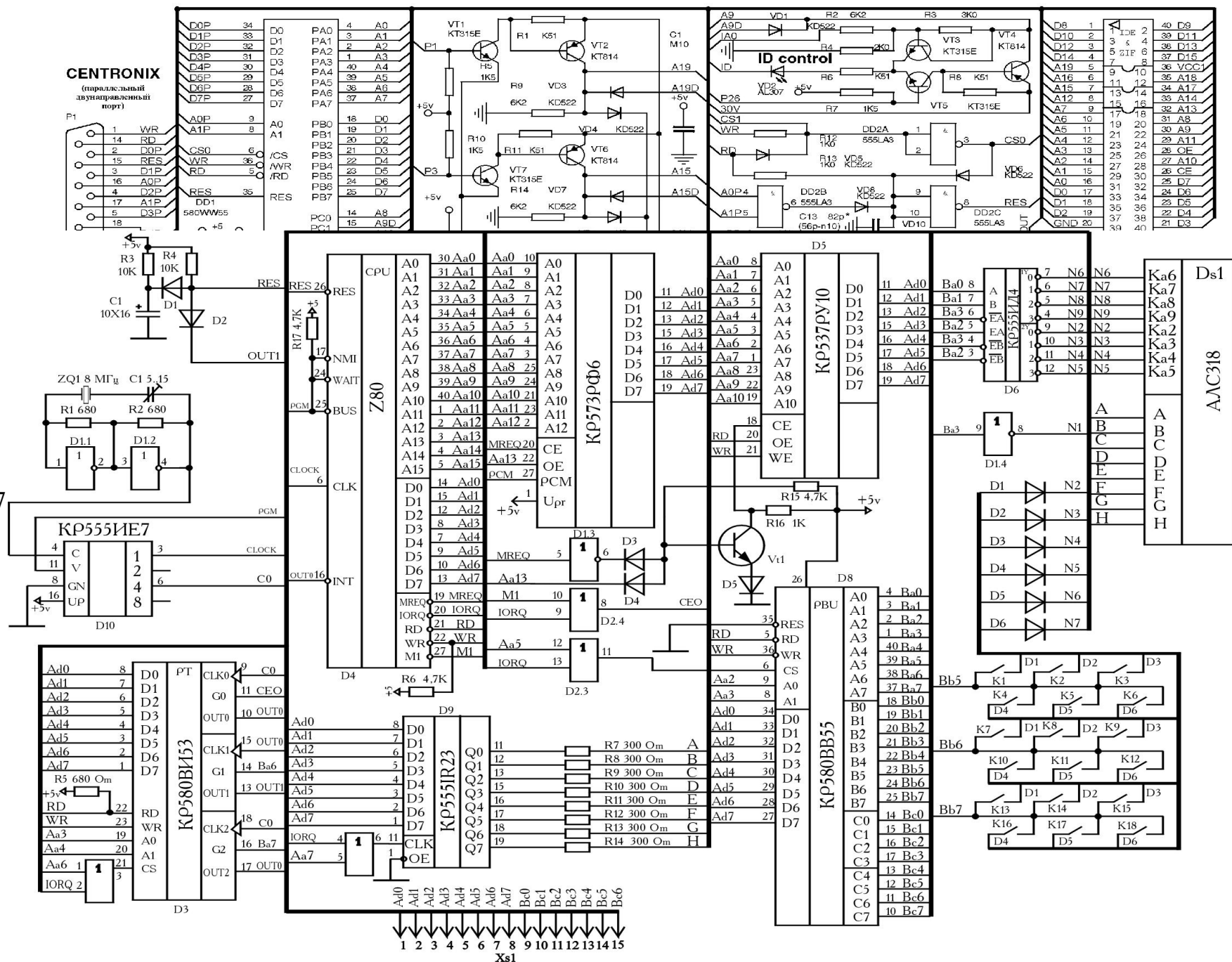
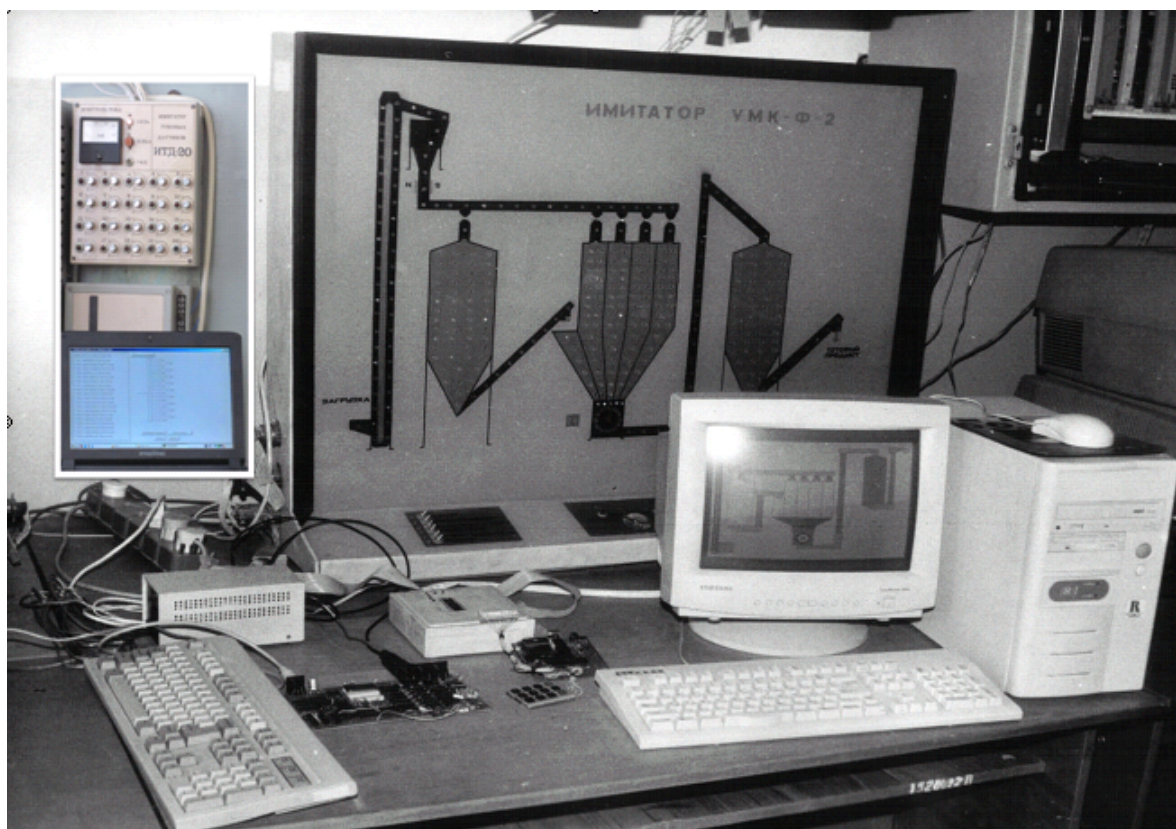


Рис. 5.28. Схема электрическая принципиальная процессора.



Система управления (рис 5.29) состоит из двух уровней, на первом из которых установлены микропроцессорные устройства, осуществляющие не посредственную обработку данных и управление отдельными операциями электротехнологического комплекса. Второй уровень предполагает наличие головной ЭВМ, синтезирующей управляющие воздействия и передающей их на первый уровень в виде заданий, а также осуществляющей связь с оператором.

Производственные экспериментальные исследования (рис 5.30) были направлены на сравнение качественных параметров комбикормов, полученных для двух режимов функционирования линии, а именно: нестабилизированного и стабилизированного.

Для указанных режимов были выполнены измерения однородности смешивания комбикорма (приложение Ж, табл.Ж.1), и табл. 5.5.



Таблица 5.5-
Значения однородности смешивания комбикорма

№ п/п	Режим работы объекта			
	Нестабилизированный		Стабилизированный	
	Выборка 1 н	Выборка 2н	Выборка 1с	Выборка 2с
1	74	72	82	79
2	68	74	79	78
3	72	69	84	82
4	71	71	80	84
5	69	66	77	83
6	62	69	79	78
7	59	71	82	79
8	74	63	76	80
9	68	72	78	78
10	69	76	84	80
11	62	70	85	82
12	71	66	80	81
13	76	65	77	76
14	75	69	79	79
15	71	64	82	82
16	66	71	81	83
17	69	73	82	82
18	70	68	78	80
19	72	70	77	78
20	74	75	82	81

Для данных выборок с использованием среды Excel (см. приложение Ж, табл. Ж.1) получены средние значения, дисперсии и стандарты (табл. 5.6).

Таблица 5.6-

Результаты обработки числовых выборок

Параметр	Выборка 1 н	Выборка 2н	Выборка 1с	Выборка 2с
Среднее	69,6	69,7	80,2	80,25
Дисперсия	20,67	12,85	6,90	4,51
Стандарт	4,55	3,59	2,63	2,12
Число серий	9	11	11	8

Для исследования вариантов работы данного объекта целесообразно применить современный метод экспресс-анализа случайных процессов [105], что позволяет определять соответствующие параметры систем по сравнительно малым выборкам. Тем не менее, необходимым условием применения данной методики является независимость измерений для каждой выборки и стационарность процесса.

Гипотезу о независимости измерений для стабилизированного режима проверяем по критерию серий [105], для чего буквой "п" и "м" обозначаем соответственно и (табл. Ж. 2 приложения Ж). В результате обработки числовых рядов получены значения числа серий для каждой выборки:

- выборка 1 н – 9 ;
- выборка 2 н – 11;
- выборка 1 с – 11 ;
- выборка 2 с – 8.

Принимая уровень значимости α [105] табличное значение интервала принятия гипотезы g ; $1 - \alpha/2$, и g ; $\alpha/2$:

где $K=N/2$ (N -число значений, которые наблюдаются).

Подстановкой численных данных находим:

$R_{10}; 0.975$

$R_{10}; 0.25$

Так как значение $r_1=9, 11, 11, 8$ входит в интервал между 7 и 21, то вышеприведенные выборки следует считать независимыми.

Стационарность процесса определяется по критерию Вилкоксона. Для этого формируем из каждой двух выборок, принадлежащих соответственно нестабилизированному и стабилизированному режимам общие числовые ряды (приложение Ж, табл.Ж.4). Затем ранжируем столбцы с данными, присваивая каждой строке соответствующий ранг (приложение Ж, табл.Ж.5). Следующим шагом является выделение и суммирование рангов X и Z , а также общих рангов объединенных столбцов, что показано в той же табл. Ж5, откуда видно, что сумма рангов для каждого объединенного ряда составила 820, а для значений X и Z соответственно 415,5 и 407. А поскольку по критерию Вилкоксона отношение суммы рангов каждой из выделенных последовательностей чисел к сумме рангов соответствующего объединенного ряда должно удовлетворять условию [105]

то, вычислив эти отношения для рассмотренных выше выборок:

$$415,5/820=0,507 \quad \text{и} \quad 407/820=0,496,$$

делаем вывод о подтверждении гипотезы стационарности процесса.

Далее определяем коэффициент технической эффективности функционирования системы, для чего согласно приведенной в подразделе 5.1 методике, применяем энтропийный анализ.

Подставив в (5.1) численные значения стандартов S_x получим:

$$H(x)_H = 2,93;$$

$$H(x)_C = 2,28.$$

С учетом (2), разность энтропий определяет количество информации [66], т.е.

EMBED Equation.3

В идеальном случае, как уже отмечалось выше, можно было бы принять $H(x)_C = 0$, поэтому исходя из (5.2)

А так как фактически $H(x)_C \neq 0$, из-за наличия некомпенсированных возмущений, вызванные свойствами комбикорма как сыпучей среды, которая в совокупности характеризуется энтропией $H(x)_T$ [105],

$$H(x)_T$$

Тогда максимальное количество информации определится как

И в свою очередь

Подставив в (5.4) численные значения соответствующих параметров получим

По вышеприведенной методике также исследованы показатели технической эффективности системы стабилизации по параметрам, приведенным в табл. 5.7, причем для тока нагрузки двигателя дробилки и потребления электроэнергии рассчитан коэффициент эффективности функционирования, а изменения потерь исходных компонентов и выхода готовой продукции определены в процентах.

Таблица 5.7 –

Показатели технической эффективности системы
стабилизации по параметрам

Параметр	Изменение	Эффективность функционирования
Ток нагрузки двигателя дробилки	Снижение	0.51
Потребление электроэнергии	Снижение	0,42
Потери исходных компонентов, %	Снижение	10
Выход продукции, %	Повышение	8

Полученный результат согласуется с допустимыми значениями для данного класса систем [242].

Выводы по разделу 5.

1. Разработана методика экспериментальных исследований АТК, которой предусмотрено использование технического комплекса в составе устройств получения, дистанционной передачи, хранения и преобразования технологической информации, формирования и реализации управляющих воздействий на объект управления.
2. В результате определенных на основании разработанной функциональной схемы автоматизации параметров контроля и управления, выполнено обоснование состава и системная интеграция технических средств, реализующих функционирование системы управления электротехнологическим комплексом по производству комбикормов в АПК.
3. В соответствии с принятым обобщенным векторным критерием управления, выполнена разработка и верификация программного обеспечения АТК производства комбикормов, учитывающего стадии поставок хозяйству исходных компонентов и готовых комбикормов, формирования исполнительных рецептов, настройки дозаторов и реализации технологического процесса.
4. Проведенный сравнительный энтропийный анализ показателей функционирования нестабилизированного и стабилизированного режимов, показал, что коэффициент технической эффективности системы управления разработанной системы управления находится в пределах, допустимых для данного класса объектов.

5. Выполнена разработка и приведено описание работы экспериментальных образцов систем управления электротехнологическим комплексом производства комбикормов для режимов сбора и обработки информации, советчика и супервизора.

РАЗДЕЛ 6

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

6.1. Практическое использование разработанного АТК и анализ его технических и технологических параметров

В рамках инновационного проекта «Автоматизированная система управления технологическим процессом производства комбикорма на базе фермерских хозяйств» отмечено, что производство комбикормов на с использованием местной сырьевой базы непосредственно в хозяйствах позволяет одновременно решить ряд проблем: снижение транспортных затрат на перевозку продукции; широкое использование местной сырьевой базы с учетом специфики хозяйства; производство комбикормов в требуемом количестве в любое время. Использование собственной кормовой базы позволяет повысить рентабельность хозяйств и снизить себестоимость животноводческой продукции, повысив ее конкурентоспособность.

В большинстве объектов производства комбикормов в условиях хозяйств автоматизация либо отсутствует, либо разработана лишь частично, функции которой достаточно простые: дистанционное включение/отключение технологического оборудования; защита приводных электродвигателей; оптическая индикация и звуковая сигнализация режимов работы комплекса производства комбикорма, автоматизированное взвешивание компонентов и готовой продукции. Такое построение системы

управления не позволяет реализовать численные сервисные функции для эффективного ведения деятельности (учет энергоресурсов и товара, мониторинг состояния оборудования, прогнозирование работы предприятия, отчетность), а те хозяйства, которые используют элементы технологической линии зарубежного производства, не всегда в полном объеме осваивают их технологический и сервисный потенциал.

Следовательно, только путем широкого внедрения новейших технологий, можно решить проблемы информационного насыщения систем управления электротехнологическими комплексами по производству комбикормов в АПК.

Инновационным продуктом проекта является адаптированная к использованию в хозяйствах автоматизированная система управления технологическим процессом производства комбикорма с расширенным перечнем функций оценки текущего состояния оборудования и процесса производства комбикорма. Научное сопровождение инновационного проекта, обеспечение комплектом научно-технических разработок, а именно: пакетом технологических разработок; пакетом алгоритмических разработок. Реализация этапов проекта в значительной мере будет иметь влияние на развитие информационного обеспечения комбикормовой области. В состав кейса инновационных предложений проекта входят:

- автоматизированное проектирование технологических комплексов производства комбикорма и систем управления ими - обоснованная необходимость и предложены методологические положения создания системы автоматизированного проектирования технологических комплексов производства комбикорма на основе модульного построения;
- синтез и формализация технологических схем производства комбикормов на электротехнологических комплексах в условиях хозяйств - рекомендации относительно синтеза технологических схем комплексов из производства комбикорма на основе сетей Петри и построения алгоритма управления ими;
- дискретная математическая модель функционирования автоматизированной системы управления комплекса из производства комбикорма - предлагается использования сетей Петри (СП) для описания технологических процессов (ТП), которые взаимодействуют, на примере ТП производства комбикорма.
- аналитический метод расчетов колебания параметров машин технологического комплекса производства комбикорма - необходимость учета отклонения производительности технологических машин, обусловленной изменением параметров компонентов комбикорма (изменение влажности, объемной массы и др.) во время проектирования и составление алгоритмов автоматизированной системы управления;
- повышение информативности технических средств автоматизированной системы управления комплекса из производства комбикорма - предложенные алгоритмы комплексной оценки текущего состояния элементов технологического комплекса и технологического процесса производства

комбикорма с целью расширения сервисных функций автоматизированной системы управления направленности обеспечения пользователя своевременной и актуальной информацией о состоянии технологического процесса и надежность элементов оборудования и всего комплекса;

- алгоритмическое обеспечение автоматизированных систем экспериментальных исследований - для реализации адаптивной автоматизированной системы управления в условиях с неустойчивыми технологическими параметрами компонентов предложенные алгоритмы автоматизированного сбора и обработки данных.

Научно-техническое обеспечение проекта обеспечено тем, что в него вошли такие научно-технические разработки:

- Автоматизация малогабаритных комбикормовых установок в условиях фермерских хозяйств: рассмотренные тенденции развития автоматизации производства комбикорма с помощью малогабаритных комбикормовых установок в условиях хозяйств, обоснованная необходимость перехода к универсальной технологической схеме. Представлена компьютерная система автоматизированного проектирования и управления установкой.
- Энергосбережение на этапе составления рецептов комбикормов: выполненный анализ рецептов комбикорма, составленных с помощью симплекс-метода, с использованием множеств и с учетом затрат на переработку компонентов, предложены методы для уменьшения энергии на измельчение.
- Устройство для обработки зерна ультразвуком в потоке: предназначено для уменьшения энергии измельчения компонентов комбикорма; при работе устройства также уменьшается частица мучнистой фракции.
- Устройство для обеззараживания комбикормов и предпосевной обработки семян в поле НВЧ: предназначено для обеззараживания комбикормовой смеси в потоке с одновременным смешиванием компонентов.
- Использование программных комплексов оптимизации рецептов комбикормов и мероприятий по подготовки компонентов для измельчения: в работе рассмотрены функциональные возможности современных программных комплексов, которые обеспечивают анализ и планирования кормления сельскохозяйственных животных, и основы их объединение со средствами подготовки компонентов комбикорма к измельчению.
- Системо- и схмотехническая база реализации многокритериальной системы прямого цифрового регулирования параметров технологического процесса производства комбикорма в условиях хозяйств: приведенные теоретические математические структуры и математические модели законов динамического функционирования и практической реализации компьютерного управления электротехнологическим комплексом производства комбикорма на базе алгоритмического критерия и цифрового управления параметрами технологического процесса.

- Синтез и формализация технологических схем производства комбикормов на малогабаритных комбикормовых установках: предложенные рекомендации для синтеза схем технологических линий малогабаритных комбикормовых установок и построения алгоритма управления ими на основе сетей Петри.
- Основные положения автоматизированного проектирования малогабаритных комбикормовых установок и систем управления ими: обоснованная необходимость и предложены методологические положения создания системы автоматизированного проектирования малогабаритных комбикормовых агрегатов на основе модульной технологии построения производств.
- Автоматизированное проектирование технологического комплекса производства комбикорма: разработанное алгоритмическое и программное обеспечения для проектирования комплексов по производству комбикорма с возможностью генерации схемы электрической принципиальной.
- Теоретические аспекты математического описания процесса производства комбикорма: обоснованные теоретические принципы моделирования процесса производства комбикорма на базе дискретной оптимизации управляющих величин с целью обеспечения минимума некоторого критерия качества функционирования системы (интегральный критерий энергоэффективности).

6.2. Экономическая оценка эффективности проведенных исследований

6.2.1. Расчет в энергетических единицах

Расчет общей энергоемкости производства комбикормов может быть проведен в энергетических единицах в соответствии с межгосударственным стандартом ДСТУ 3682-98, согласно которого оценка энергетических расходов может быть реализована при условии, что все составные ресурсы, которые используются для производства комбикорма, должны быть выраженные в единицах энергии (Мдж). В общем виде расчет сводится к определению четырех основных показателей энергоемкости [26, 110, 188]:

- энергоресурсов;
- трудовых ресурсов;
- материалов;
- инвестиций.

Согласно этому полная энергоемкость производства комбикорма в энергетических единицах определяется по формуле

,

где - полная энергоемкость энергоресурсов, которые тратятся на дозирование, измельчение и обеззараживание комбикорма;

- полная энергоемкость соответственно: трудовых ресурсов, материалов и инвестиций.

Энергоресурсы.

Полную энергоемкость энергоресурсов, которые тратятся на дозирование, измельчение и обеззараживание 1 кг комбикорма можно рассчитать по выражению

$$E_{\text{полн}} = E_{\text{пр}} + E_{\text{т}} + E_{\text{м}} + E_{\text{и}},$$

где $E_{\text{полн}}$ - полная энергоемкость энергоресурсов (электроэнергия, разнообразные виды топлива), которые тратятся непосредственно при производстве комбикорма, МДж/кг;

$E_{\text{т}}$ - полная энергоемкость энергоресурсов, которые тратятся на транспортировку комбикорма, МДж/кг.

Для сравниваемых вариантов, а именно - приобретения на государственном комбикормовом предприятии и транспортировки продукции к месту использования и производства комбикормов в условиях хозяйств, полная

энергоемкость энергоресурсов определяется для рассматриваемых вариантов через соответственно $E_{\text{пр}}$ и $E_{\text{т}}$.

Допустив, что ежедневная потребность хозяйства в комбикормах для коров составляет 10 т, расчеты выполняем следующим образом.

Вариант 1. Доставка комбикормов в хозяйство с государственного комбикормового завода, расположенного в 30 км от фермы КРС, осуществляется с помощью автомобиля КАМАЗ-5320.

Энергозатраты, приходящиеся на доставку покупного комбикорма составят

$$L \cdot KL + K_{\text{эн}} \cdot t \cdot G_{\text{т}},$$

где L - расчетный дневной пробег (60 км);

KL - коэффициент энергоемкости автоперевозки (3,1 МДж/км);

$K_{\text{эн}} \cdot t$ - энергетический эквивалент топлива (79,5 МДж/кг - для солярки).

При расходе топлива 35 л/100 км, для расчета принимаем $G_{\text{т}}=25$ л (кг) топлива на одну поездку.

Тогда $+79,5 \cdot 25/10000=0,2173$ МДж/кг.

Вариант 2.

Полную энергоемкость энергоресурсов, которая тратится непосредственно при производстве комбикорма, рассчитывают по формуле

$$E_{\text{полн}} = E_{\text{пр}} + \sum_{i=1}^n E_{\text{т}i},$$

где $E_{\text{т}i}$ - затрата i -го энергоносителя;

$E_{\text{т}i}$ - энергетический эквивалент (коэффициент перевода) i -го энергоносителя;

n - индекс вида энергоносителя.

В нашем случае производство комбикормов в условиях хозяйства осуществляется с помощью электротехнологического комплекса на базе малогабаритной комбикормовой установки УМК-Ф-2 с добавлением устройства ультразвуковой обработки исходных компонентов и СВЧ-обеззараживания готовой продукции. Производительность комплекса 3-5 т/ч, суммарная установленная мощность - 24 кВт. Принимая расчетную производительность линии 3 т/ч, а также, учитывая выполнение вспомогательных подготовительных операций, определяем время приготовления 10 т комбикорма, равным 6 ч.

Тогда потребление электроэнергии составит

$$24 \cdot 6 = 144 \text{ кВт.ч.}$$

Полная энергоемкость энергоресурсов (при энергетическом эквиваленте электроэнергии равном 12 МДж/кВт.ч) на единицу приготовленного комбикорма составит

$$/10000=0,1728 \text{ МДж/кВт.ч/кг.}$$

Трудовые ресурсы

При переводе в энергетические единицы затраты трудовых ресурсов необходимо учитывать не только физический труд и его аспекты, но и интегрально-квалификационный уровень рабочих. Суммарные расходы трудовых ресурсов на производство комбикорма комбикормов определяются как

где Q_{Ti} - затраты труда на производство комбикорма и обслуживание технологического оборудования, у. е.

k_{Ti} - энергетический эквивалент i -й квалификации, Мдж/у.ед.;

Энергоемкость расходов трудовых ресурсов на единицу изготовленного комбикорма, определяется как

где Q – объем производства комбикорма.

Для сравниваемых вариантов имеем.

Вариант 1. Доставка комбикормов в хозяйство с государственного комбикормового завода осуществляется с помощью автомобиля КАМАЗ-5320 за расчетное время 7 часов.

Определяем суммарные расходы трудовых ресурсов на доставку 10 т тонн комбикорма при затратах труда водителя 7 чел.ч и энергетическом эквиваленте, равном 43,4 Мдж/чел.ч

Мдж.

Энергоемкость расходов трудовых ресурсов на единицу изготовленного комбикорма, определяется как

МДж/кг

Вариант 2. Производство 10 т комбикорма в условиях хозяйства осуществляется за 6 ч. Т.е. при трудовых затратах оператора, равных 6 чел.ч и его энергетическом эквиваленте 43,7 Мдж/чел.ч, суммарные расходы трудовых ресурсов составят

Мдж.

Энергоемкость расходов трудовых ресурсов на единицу изготовленного комбикорма составит

МДж/кг.

Материалы

Необходимо учитывать энергетические эквиваленты комбикормов для двух вариантов:

1. Комбикорма, приобретаемые на государственных комбикормовых заводах и транспортируемые в хозяйство к месту потребления;
2. Комбикорма, производимые в условиях хозяйств на автоматизированном электротехнологическом комплексе на базе МКУ с использованием собственных или покупных ингредиентов.

Особенности подсчета энергоемкости в животноводстве заключаются в том, что для кормов энергетические эквиваленты зависят от их происхождения. Имеется два переводных коэффициента: для покупных компонентов – энергосодержание K_i ; и для производимых внутри хозяйства – затраты энергии на производство корма или затраты на единицу корма. Так, если покупное зерно пшеницы определяется энергосодержанием 19,3 МДж/кг, то зерно собственного производства может быть с меньшими энергозатратами, составляющими 12 МДж/кг. Эти коэффициенты установлены по сухому веществу.

Эта же методика применима при определении энергоемкости комбикормов. Так 1 кг комбикорма для коров содержит 0,86 кг сухого вещества при энергосодержании и затратах энергии на производство 1 кг сухого вещества соответственно 18,4 и 14,4 МДж/кг с.в.

Следовательно, эквивалент 1 кг комбикорма получим следующим образом $K_m = A \cdot K_{im}$,

где A – доля сухого вещества;

K_{im} – энергосодержание (затраты энергии).

Тогда для варианта покупных комбикормов получим $K_{m1} \cdot 18,4 = 15,83$ МДж/кг.

Для варианта производства комбикормов в условиях хозяйства $K_{m2} \cdot 14,4 = 12,38$ МДж/кг.

Инвестиции

При расчете данного вида энергетических расходов учитываем инвестиции на приобретение автомобиля КАМАЗ-5320 и малогабаритной комбикормовой установки для вариантов соответственно:

- приобретения и транспортировки готовых комбикормов с государственных предприятий;
- производство комбикормов в условиях хозяйства на автоматизированном электротехнологическом комплексе на базе МКУ.

Энергетические эквиваленты на специализированные машины и оборудование представлены в табл. 6.1. [110]

Таблица 6.1-

Энергетические эквиваленты на специализированные машины

Оборудование	Затрат на производство (приобретение)) машины, МДж/кг
Оборудование комбикормовых цехов	19
Автомобиль КАМАЗ-5320	24,328

Сведения всех расчетов сводятся в итоговую табл. 6.2.

Таблица 6.2-

Итоговая расчетная таблица

Оборудование	Энергоемкость продукции, Мдж/кг	
	Приобретение готовых комбикормов.	Производство в условиях хозяйства
Энергоносители	0,2173	0,1728
Трудовые ресурсы	0,03	0,026
Материалы	15,83	12,38
Инвестиции	24,328	19
Итого	40,41	31,57

Таким образом, расчеты показали, что общая энергоемкость производства комбикормов в условиях хозяйств на 22 % меньше варианта приобретения продукции на государственных комбикормовых заводах с последующей ее транспортировкой.

6.2.2 Расчет технико-экономической эффективности

Для определения целесообразности внедрения разработок в сельскохозяйственное производство необходимо оценить их экономическую эффективность [59, 156]. Поскольку внедрение само перспективных и передовых научных разработок, которые находятся на переднем рубеже научной мысли, как правило, нуждается в радикальном изменении технологии, то для такого внедрения нужны достаточно значительные средства, которых может не быть в достаточном количестве у вновь созданных в условиях перехода к рыночной экономике сельскохозяйственных предприятий [6, 44]. Поэтому для реализации таких разработок необходимо привлечение кредитных заимствований. Однако, через высокие проценты на долгосрочные кредиты, которые предоставляются банковскими учреждениями, сложности при определении залога для получения кредитов и постоянные изменения экономической ситуации, обращения за кредитами, а тем более определение сроков их возвращения, требует нового подхода. К сожалению, определение экономической целесообразности капиталовложений за традиционной методикой через нормативный коэффициент (или нормативный срок) окупаемости в условиях переходной экономики делается невозможным по причине потери нормативными показателями экономического смысла, а определение оптимального срока, на который берется кредит, является вообще невозможным.

Поэтому при решении вопросов внедрения научных разработок в производство в отрасли животноводства, а именно производства комбикормов, которые нуждаются в достаточно значительных средствах на переоборудование, которые приходится заимствовать у кредитных

учреждений, появилась задача решить проблему определения целесообразности инвестирования и его сроков возврата кредитов.

Срок окупаемости капиталовложений было предложено определять по традиционной формуле

где K_0 – капиталовложение, грн.;
 Δp – годовая экономия эксплуатационных расходов и стоимость дополнительно полученной продукции, грн.

Однако дать точную оценку экономии эксплуатационных расходов бывает затруднительно, поскольку их оценить можно лишь приблизительно, с небольшой точностью.

Для того, чтобы определить, будут ли эффективными капиталовложения, целесообразным является рассмотреть вариант использования заимствованных финансовых ресурсов.

Для этого варианта капиталовложения будут эффективными только в том случае, если существует решение уравнения для $m > 0$

где K_0 – сумма капитальных вложений, грн.;
 T – срок окупаемости капиталовложений, лет;
 t – срок от получения кредита к началу эксплуатации модернизируемого оборудования, принимаем $t = 0,25$ года;
 R – процентная ставка банка на свободные средства юридического лица, размещаемые в банке (в случае направления на модернизацию собственных средств) или процентная ставка банка на кредит, который выдается (в случае притягивания кредитных средств) % за год.

Последнее уравнение при сокращении на K_0 приобретает вид

Это уравнение является трансцендентным и не может быть легко разрешенным в радикалах, потому его целесообразно решать графически, при этом можно будет также определить пределы сроков для возвращения кредитов. Для этого достаточно построить график функции

и определить, при каких значениях m функция $f(m)$ пересекает ось абсцисс. Минимум этой функции отвечает оптимальному сроку возвращения кредита, а точка, когда эта функция во второй раз пересекает ось абсцисс – максимальному сроку их возвращения. Для учета возможности изменения процентной ставки можно провести необходимые расчеты за полученной

формулой, подставив вместо P зависимость $P(m)$.

Базируясь на вышеприведенной методике, были проведены расчеты по определению экономической эффективности внедрения автоматизированных энергосодержащих технологий производства комбикормов в условиях хозяйств. С учетом того, что годовой процент для долгосрочного кредитования банком $P=31\%$, при построении графиков (рис. 6.1) было определено, что при использовании заимствований у банка капиталовложения будут выгодными.



Рис. 6.1. Результаты оценки экономической эффективности технологий производства комбикормов в условиях хозяйств при определении срока возврата кредитов.

При этом определено, что оптимальный срок возврата кредита – 2,0 года, а максимальное его значение – 3,2 года.

Таким образом, внедрение автоматизации процессов производства комбикормов в условиях хозяйств с использованием кредитных средств является экономически целесообразным.

6.2.3 Финансовый план и эффективность инновационного проекта

В рамках реализации приоритетного направления, определенного Законом Украины «О приоритетных направлениях инновационной деятельности в Украине», ст. 8. п.3 «Нанотехнологии, микроэлектроника, информационные технологии, телекоммуникации», ст. 8, п.5 «Высокотехнологичное развитие сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности» разработан инновационный проект «Автоматизированная система управления технологическим процессом производства комбикорма на базе фермерских хозяйств». В проекте решаются проблемы отраслевого характера. Комплекс инновационных технологий, который положен в основу проекта создавался соответственно государственной целевой программы Таврического государственного агротехнологического университета (ТДАТУ) «Обеспечение продовольственной безопасности Юга Украины»,

подпрограмма 1.7 Автоматизация технологических процессов (государственный регистрационный номер 0102U000678).

6.2.3.1 Финансовый план проекта

Исходные даны для расчета финансового плана формируются на основе таких разделов:

- исследование и анализ рынков сбыта продукции (услуг);
- характеристика конкурентной среды и конкурентные преимущества;
- план маркетинговой деятельности;
- план производственной деятельности предприятия.

На основе отмеченных разделов в финансовом плане будет осуществляться прогнозирование и корегування финансовых результатов в соответствии с реализацией услуг (п.4.3).

Необходимы финансовые средства и их назначение в виде сметы расходов по проекту в табличной форме (табл. 6,3).

Таблица 6.3-
(в тыс. грн.)

Наименование статей расходов	ВСЕГО по плану	1-й год				2-й год				3-й год			
		квартал				квартал				квартал			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
прямые РАСХОДЫ													
приобретение оборудования	48,5	12	6	20	7	-	3,5	-	-	-	-	-	-
монтаж оборудования	4	-	-	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-
разработка программного обеспечения	3	-	-	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-
электронная страница	2	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-
НЕПРЯМЫЕ РАСХОДЫ													
консультации специалистов	5	-	-	-	2	-	-	2	-	1	-	-	-
посещение конференций	3	-	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	-
участие в выставках	7	-	-	-	-	-	3	-	-	-	4	-	-
разработка рекламы	2	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-
выполнение экспериментов	1,5	-	-	0,5	-	0,5	0,5	-	-	-	-	-	-
непредвиденные расходы	5	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	-
ВСЕГО	81	12	6	20,5	12	2,5	9	6	3	3	6	1	-

6.2.3.2 Экономическая эффективность проекта

Экономическая эффективность проекта заключается в:

- повышении качества и уменьшении себестоимости комбикормов; повышение надежности работы оборудования и комплекса по производству комбикорма;
- уменьшении количества датчиков при повышении их информативности;
- своевременное предоставление объективной и достоверной информации о состоянии технологического оборудования и технологического комплекса в целом;
- повышении конкурентоспособности продукции и субъекта ведения хозяйства.

Ожидается, что в результате внедрения проекта, начиная со 2-го года за счет реализации консультативных и проектных услуг прибыльность проекта составит 24,5 тис. грн.

Эффективность производства будет получена благодаря повышению качества комбикормов, надежности работы технологического комплекса, из его производства и эффективного использования автоматизированной системы управления технологическим процессом. Проект является технологически сложным, материалоемким и требует значительных расходов на единицу продукции. Зато дает возможность снизить себестоимость комбикорма, повысить гарантии надежности работы технологического оборудования, которое обеспечит надежность технологического процесса производства животноводческой продукции, - прибыли, которая при условии реального ценообразования значительно вырастет после обновления техники и расчетов по лизингу.

6.3. Рекомендации по промышленному использованию результатов исследований

6.3.1 Оценка рынков сбыта, конкуренция на рынке, стратегия маркетинга

Реализация инновационного продукта предполагается на началах разработки и обработки механизмов реализации алгоритмического обеспечения, а также под заказа конкретным потребителям на договорных началах.

При реализации ресурсов предполагается предоставления на договорных началах научно-методического и экспертно-консультативного обеспечения и сопровождения проектных и производственных процессов руководящими учеными ТДАТУ.

В результате изучения патентного фонда Украинского института промышленной собственности аналогов продукта не найдено. Определенные этапы работы защищены патентами на полезную модель. В качестве потенциальных покупателей выступают сельскохозяйственные предприятия, которые занимаются производством комбикормов и животноводческой продукции всех форм собственности; конкурентоспособность

инновационного продукта обеспечивается узкой ориентацией на ЕСУТП производства комбикорма и приближенностью к покупателям.

6.3.2 Стратегия реализации инновационной продукции

Хозяйства, которые пользуются устаревшим технологическим оборудованием имеют системы управления, которые не позволяют реализовать численные сервисные функции для эффективного ведения деятельности (учет энергоресурсов и товара, мониторинг состояния оборудования, прогнозирование работы предприятия, отчетность), а те хозяйства, которые используют элементы технологической линии заграничного производства не всегда в полном объеме осваивают их технологический и сервисный потенциал.

Маркетинговая деятельность может реализовываться по таким направлениям:

- Сотрудничество с хозяйствами:
 - обоснование усовершенствования технологического процесса;
 - реализация компьютерной модели автоматизированной системы управления технологическим процессом производства комбикорма в условиях хозяйства;
 - тестирование и внедрение алгоритмов оценки параметров технологического оборудования и текущего состояния комплекса из производства комбикорма;
 - предложения относительно аппаратной реализации разработанной модели: типы контролеров и датчиков, ориентировочная стоимость оборудования.
- Для учебного заведения:
 - объективное изучение действительного уровня автоматизации в комбикормовой области;
 - изучение технологического процесса в условиях действующего предприятия;
 - обоснование параметров управления, управление и регистрации;
 - реализация компьютерной модели системы управления (с учетом функций управления и сервиса);
 - использование компьютерной модели в учебном процессе.

В связи с этим стратегия маркетинг нацелен на поиск рынков сбыта (внутренних, внешних) разработанного алгоритмического обеспечения автоматизированной системы управления технологическим процессом производства комбикорма и оптимизации производственно-коммерческой структуры проекта.

В пределах данного проекта ТДАТУ получает оплату за использования инновационного продукта в производстве по трем направлениям:

- за использования разработанной АСУТП производства комбикорма;
- плату за технологическое сопровождение, за консультирования при эксплуатации АСУТП;

- плату при реализации наукоемкой продукции.

Данный инновационный продукт предназначен для внутреннего аграрного рынка. Потребителями будут сельскохозяйственные предприятия разных категорий и форм хозяйствования.

Форма реализации инновационного продукта – контракт с производителем комбикормов или животноводческой продукции на инновационно-технологическое обеспечение АСУТП с лицензионным договором на право использование интеллектуальной собственности и договором о научно-техническом сопровождении.

6.3.3 Организация рекламы

Для широкого привлечения потенциальных покупателей инновационной продукции разработан проект рекламно-информационной компании, по которой предполагается создания электронной страницы в Интернете, участие в выставках, ярмарках, конференциях, а также публикации в специализированных массовых изданиях и через Интернет. Подготовлена рекламная информация по каждой сервисной функции АСУТП

6.3.4 Сервис и гарантии

Гарантии спорят взаимным согласием сторон на договорных началах. Разработчик проекта гарантирует получение партнером показателей, предусмотренных инновационным проектом.

На основе выполнения проекта планируется предоставление услуг, которые будут составлять результирующий продукт инновационной деятельности и будут реализовываться на протяжении выполнения проекта и после него завершения, и представляют собой перелог консультативных, образовательных и проектных услуг и услуг по внедрению предложенных мер. Название продукта/продукции:

- анализ технологических схем, обоснование мер автоматизации комплексов по производству комбикорма в условиях хозяйств;
- оценка работы элементов технологического комплекса;
- оценка текущего состояния технологического комплекса;
- разработка комплексной АСУТП производства комбикорма;
- обслуживание современных средств автоматизации на базе хозяйств;
- меры снижения и оптимизации затрат энергии при производстве комбикормов в условиях хозяйств;

Анализ потенциальных рисков проекта

В разработке и организации АСУТП производства комбикорма основные виды рисков:

- снижение стоимости проектных работ фирмами, которые представляют иностранных производителей средств автоматизации;
- отклонение исполнителями проекта от концепции универсальности и всеобщности инновационного продукта, который в значительной мере повысит себестоимость следующих разработок.

В определенной мере к рискам нужно отнести нестабильность в развитии комбикормовой области и животноводства Украины, резкое снижение прибыльности животноводства, вследствие болезней или внешних влияний, а также социально-экономическая нестабильность в фермерских и семейных хозяйствах на местах.

6.3.5 Сертификация инновационного продукта/продукции

На данном этапе работ сертификация инновационного продукта на протяжении реализации проекта не нужна, Но получение сертификатов по безопасности эксплуатации, электронного документооборота и разработка отраслевых внутренних стандартов позволит повысить рыночную привлекательность продукции.

Выводы по разделу 6.

1. В рамках инновационного проекта «Автоматизированная система управления технологическим процессом производства комбикорма на базе фермерских хозяйств» отмечено, что производство комбикормов с использованием местной сырьевой базы непосредственно в хозяйствах позволяет одновременно решить ряд проблем: повышение качества комбикормов при снижении транспортных затрат на перевозку продукции при широком использовании местной сырьевой базы с учетом специфики хозяйства; производство комбикормов в требуемом количестве в любое время.
2. Научно-техническая основа проекта обеспечена тем, что в него вошли такие научно-технические разработки:
 - автоматизация малогабаритных комбикормовых установок в условиях фермерских хозяйств;
 - энергосбережение на этапе составления рецептов комбикормов;
 - устройство для обработки зерна ультразвуком в потоке;
 - устройство для обеззараживания комбикормов и предпосевной обработки семян в поле НВЧ;
 - использование программных комплексов оптимизации рецептов комбикормов и мероприятий по подготовки компонентов для измельчения;
 - системо - и схемотехническая база реализации многокритериальной системы прямого цифрового регулирования параметров технологического процесса производства комбикорма в условиях хозяйств;
 - автоматизированное проектирование технологического комплекса производства комбикорма.
- 3 Экономическая оценка эффективности проведенных исследований подтверждена расчетами по различным методикам:

- в энергетических единицах с расчетом энергоемкости рассматриваемых вариантов;
- определение целесообразности инвестирования для варианта банковского кредитования;
- в рамках разработанного инновационного проекта.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

В диссертационной работе решена научно-прикладная проблема, которая заключается в теоретическом обосновании совершенствования и исследования систем управления функционированием электротехнологических комплексов на базе малогабаритных комбикормовых установок и разработке средств их реализации.

Наиболее существенные научные и прикладные результаты, выводы и рекомендации диссертации состоят в следующем.

1. Анализ литературных источников свидетельствует, что в структуре себестоимости производства мяса, молока и других продуктов животноводства, корма составляют более 60%, причем единственной возможностью иметь сбалансированный рацион, который обеспечивает среднесуточный прирост КРС на 17-20 % и снижение затрат кормов на 15-18%, является применение комбикормов. Но из-за резкого подорожания, как самих комбикормов, так и их транспортировка к местам потребления, приобретение такой продукции на государственных комбикормовых заводах для многих хозяйств оказалось экономически нецелесообразным. Поэтому целый ряд хозяйств молочного направления вынуждены скармливать 35-40 % зернофуража в виде простой дерти, что приводит к большим затратам зерна и повышает себестоимость продукции. Одним из наиболее перспективных путей существенного улучшения качества и уменьшение себестоимости комбикормов есть внедрение в хозяйствах электротехнологических комплексов на базе малогабаритных комбикормовых установок, широко используя местную кормовую базу. На основании выполненного анализа известных технических решений производства комбикормов в условиях АПК на базе существующих малогабаритных комбикормовых установок и систем управления ими, проанализированы особенности их функционирования и определены причины недостаточного качества получаемой продукции, в частности: частое несоответствие требованиям базисных кондиций местных сырьевых компонентов, автоматизация преимущественно вспомогательных операций, организация элементов компьютерного управления, как правило, лишь в режиме советчика. Поэтому особенности функционирования этих агрегатов требуют модернизации как технологических схем и операций, так и разработки новых систем управления, которые бы учитывали специфику и отличия таких объектов от существующих государственных (промышленных) комбикормовых заводов.

2. Аналитически установлено, что особенности функционирования электротехнологических комплексов на базе малогабаритных комбикормовых агрегатов обусловлены необходимостью оперативной обработки информации и принятие технико-технологических решений относительно уменьшения уровня зараженности входных компонентов и готовой продукции, повышения степени однородности комбикормов и уменьшение энергетических затрат на них качественное измельчение.

3. В основу алгоритма функционирования электротехнологических комплексов на базе малогабаритных комбикормовых агрегатов положен векторный критерий определения и реализации последовательности выполнения подготовительных и технологических операций с использованием данных структурной модели синтеза универсальной технологической линии производства комбикормов и пошаговой реализации процесса автоматического управления ею.

4. На основе анализа всех полученных контуров управления структурными элементами разработанной универсальной технологической линии по производства комбикормов с помощью корневых и матричных методов установлена их устойчивость, за исключением единственного теоретически неустойчивого канала управления степенью измельчения зерновой смеси. Однако дополнительные исследования системы с использованием диаграммы Боде показали, что с приемлемым запасом по амплитуде в 20 дБ и фазе 900, указанный канал является технически устойчивым, а потому не нуждается во введении в систему дополнительных корректирующих устройств.

5. Переходной процесс колебаний системы оценивания качества функционирования этой технологической линии по производству комбикормов со временем регулирования $t_p = 12$ с, временем достижения первого и второго максимумов соответственно: $t_{\text{Макс1}} t_{\text{Макс2}} = 5$ с и декрементом затухания , находится в пределах, допустимых для данного класса динамических систем.

6. Исследование условий функционирования каналов управления структурными элементами технологической линии с использованием фазовых портретов показал, что наличие нелинейных функциональных связей между звеньями рассматриваемой динамической системы не нарушает ее устойчивость в целом. В теоретически неустойчивом канале контроля дисперсности измельчения зерновой смеси также имеет место определяющий устойчивый цикл.

7. На основе энтропийного анализа работы разработанной универсальной технологической линии в автоматизированном и неавтоматизированном режимах, установлено, что коэффициент технической эффективности применения автоматизированного режима по каналу контроля степени однородности комбикорма составил 0.38, для каналов контроля тока нагрузки двигателя дробилки и потребление электроэнергии - соответственно 0,51 и 0,42. Такой результат является удовлетворительным и приемлемым для подобных динамических систем.

8. Верификация и системная интеграция соответственно программного и технического обеспечения позволили реализовать систему управления электротехнологическими комплексами на базе МКУ как системы, которые, в отличие от комплексов государственных комбикормовых предприятий, дополнительно интегрирует взаимосвязи и алгоритмы планирования, проектирования, управления и одновременно параллельного (в режиме реального времени технологического процесса производства продукции) решения других производственно-экономических задач в составе сквозного цикла, который основывается на точностных требованиях принятого обобщенного векторного критерия функционирования автоматизированного электротехнологического комплекса.

9. Применение разработанной формализованной модели системного инжиниринга синтеза и внедрения высокоэффективных систем управления электротехнологическими комплексами на базе малогабаритных комбикормовых установок позволило определить ряд задач по затратам на конструкторско-технологическую подготовку, а также подсистем планирования производства и информационно-программного обеспечения согласно принятым организационным процедурам с целью обеспечения необходимой производительности и качества продукции и особенностей ее потребления или реализации в ракурсе особенностей функционирования таких комплексов в сравнении с промышленными объектами.

10. Эффективность производства комбикормов на автоматизированных электротехнологических комплексах в условиях хозяйств подтвержденная расчетами, с использованием нескольких разных методик:

- расчетов общей энергоемкости производства комбикормов в энергетических единицах для двух вариантов: приобретения и транспортирования готовых комбикормов с государственных предприятий и организации производства продукции в условиях хозяйств на базе автоматизированной малогабаритной установки. Полученный результат показал снижение энергетического эквивалента в расчете на производство 1 т продукции на 22% в пользу второго варианта;
- определение целесообразности инвестирования организации производства комбикормов в условиях хозяйств для варианта банковского кредитования ресурсов с учетом действующих банковских ставок годового процента для долгосрочного кредитования. Графическое решение полученного трансцендентного уравнения позволило определить оптимальный срок возвращения кредита в 2 года, при максимально допустимом его значении в 3.2 года.
- в рамках разработанного инновационного проекта "

Автоматизированная система управления технологическим процессом производства комбикорма на базе фермерских хозяйств" можно ожидать, что, начиная с 2-го года, предполагаемая прибыльность проекта составит 24,5 тыс. грн.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдюкаева А.Ф. Оптимизация энергозатрат процесса измельчения зернового сырья путем совершенствования конструкции рабочих органов: автореф. дис... канд. техн. наук: спец. 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» / А.Ф. Абдюкаева . – Пенза, 2007. – 23 с.
2. Автоматизированная линия приготовления комбикормов. Дозирующая и весовая техника. logo.gif E - mail: vedas@nbi.com.ua.
3. Автоматизированное управление на комбикормовых предприятиях / М.Л. Тимашин, А.И. Лугинин, И.Е. Маноха, В.П. Чоботов. – М.: Колос, 1984. – 239 с.
4. Автоматизована система управління: транспортно-технологічними маршрутами при виробництві комбікормів на зернопереробному підприємстві // Харч. і перероб. пром-сть. - 1994. - №9. - С. 13-14.

5. Агеев С.М. Вплив робочих органів та режимів прес-екструдера на показники якості зернових компонентів комбікормів: автореф. дис.. канд. техн. наук: спец. 05.20.01 «Механізація сільськогосподарського виробництва» / С.М. Агеев. – Одесса, 1993. – 18 с.
6. Андроник М.П. Техничко-экономические аспекты автоматизации / М. П. Андроник, В.П. Юрченко, А.В. Просянык // Хранение и переработка зерна . – 2003. - №2. – С. 51-52.
7. Аракелов В.Е. Методические вопросы экономии энергоресурсов / В.Е . Аракелов , А.И Кремер. - М.: Энергоатомиздат, 1990.-192 с.
8. Аранович А.Б. Сборник задач по исследованию операций / А.Б. Аранович, М.Ю. Афанасьев, Б.П. Суворов. – М.: Изд-во МГУ, 1997. – 316 с.
9. Арбузов С.П. Автоматизированная система моделирования и оптимизации технологических процессов / С.П. Арбузов [и др.] // Сб. науч. тр . / Воронеж. гос. технол. акад. – Воронеж, 2000. - Вып.10. - С. 18-21.
10. Аррилага Дж. Гармоники в электрических системах / Дж Аррилага., Д. Бредли , П. Бодтер; пер. с англ. – М: Энергоатомиздат, 1990. – 320 с.
11. А.с. 36841 України. Комп'ютерна програма "MiniAPCSCombi"/ Діордієв В.Т., Кашкарьов А.О. Заявник та власник ТДАТУ. - №37087; заявл. 08.12.2010; опубл. 08.02.2011.
12. АСУТП производства комбикормов на базе контроллера Fastwel RTU188-BS [Электронный ресурс] / В. Букреев, Н. Гусев, М. Нечаев, И. Краснов, Р. Гурьев, С. Кремис // СТА .- 2006. – №1. - С. 74 – 79. – Режим доступа до журн.: <http://www.cta.ru/Issues/299297.htm>.
13. Атыханов А.К. Экструдирование кормов в режиме растворения карбамида / А.К Атыханов. // Новые технологич. процессы и средства механизации в промышленном овцеводстве. Казахстан: сб. науч. тр. – Алма-Аты. – 1985. - С. 46-49.
14. Афанасьев В.А. Специальная обработка зерна и комбикормов [Электронный ресурс] / В.А. Афанасьев, Н.М. Сухарева.// Кролиководство и звіроводство. — 2002. – N4.- Режим доступа: <http://www.sarkrolik.ru/biblioteka.php? mode=bib&id=38>.
15. Афанасьева О.В. Теория и практика моделирования сложных систем: учеб. пособие/ О.В. Афанасьева, Е.С. Голик, Д.А. Первухин.- СПб: СЗТУ, 2005.-132с.
16. База данных полнотекстовых аналитических материалов по инженерно-технической системе АПК // Техника и оборудование для села. - 2002. - №6. - С. 29-31.
17. Беляев Н.М. Электронизация производственных процессов в сельском хозяйстве зарубежных стран.: обзор. инф. / Н.М. Беляев. – М.: ВНИИТЭИагропром 1990. – 42 с.
18. Береговой А.И. Совершенствование технологии производства брикетов низкой плотности на основе использования процесса дисковой экструзии при формировании поверхностной оболочки: автореф. дис... канд. техн. наук: спец. 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хлзяйства» / А.И. Береговой. – Рязань, 1988. – 23 с.

19. Более 50 лет деятельности в области информационных технологий и автоматизации. – Харьков: АОЗТ тяжпромавтоматика, 2004. – 96 с.
20. Боровиков В. СТАТИСТИКА: искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов / В. Боровиков. – СПб: Питер, 2001. – 656 с.
21. Бородин И.Ф. Проблемы развития автоматизации сельского хозяйства / И.Ф. Бородин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1996. – № 5. – С. 2-4.
22. Вальков В.М. Автоматизированные системы управления технологическими процессами / В.М. Вальков, В.Е. Вершин. – Л.: Политехника, 1991. – 269 с.
23. Ванько В.И. Вариационное исчисление и оптимальное управление / В.И. Ванько, О.В. Ермошина, Г.Н. Кувыркин; под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 488 с.
24. Василенко В.Н. Научное обеспечение процессов производства полнорационных коэкструдированных и экспандированных комбикормов : автореф. дис... докт. техн. наук: спец. 05.18.12 «Процессы и аппараты пищевых производств»/ В.Н. Василенко – Воронеж – 2010. – 44 с. -8-
25. Вербовой П.Ф. Асинхронные двигатели для тиристорного электропривода / П.Ф. Вербовой, А.П. Заболотный, А.М. Съенов. – К.: Наукова думка, 1994. – 244 с.
26. Вітвіцький В.В. Автоматизація розробки поелементних нормативів у тваринництві / В.В. Вітвіцький // Економіка АПК. - 2001. - №9. - С. 38-46.
27. Все необходимое для автоматизации: Решения на базе современных компьютеров: AD-VANTECH: Русское издание. - [Б.м.: Б.и.], 2001. – 356 с.
28. Второй С. В. Повышение эффективности выращивания молодняка КРС путем оптимизации параметров и режимов работы установки индивидуального нормирования концентратов: автореф. дис... канд. техн. наук: спец. 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» /Второй С. В. - Санкт-Петербург –2007 – 19 с. -1-
29. Гаджиев А. М. Совершенствование организации стада и доения коров в крупных хозяйствах с промышленным типом производства молока : автореф. дис... докт. техн. наук: спец. 06.02.04 – Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства/ А.М. Гаджиев. - Дубровицы, Московская область – 2008 – 36 с. -3-
30. ГКД 34.09.104-96. Нормування технологічних витрат електроенергії на передачу по електричних мережах 150-0,38 кв: методичні вказівки / Міністерство енергетики та електрифікації України. – К.: Енергопрогрес, 1996. – 74 с.
31. Гируцкий И. И. Поточно-механизированные линии с микропроцессорным управлением для откорма свиней : автореф. дис... докт. техн. наук: спец. 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» /И.И. Гируцкий –М. – 2008. –32 с. -9-
32. Глеч С.Г. Автоматизація прийняття рішень при управлінні періодичністю технічного обслуговування технологічних комплексів:

автореф. дис....канд. техн. наук: спец. 05.13.07 «Автоматизація технологічних процесів» / С.Г. Глеч. – Севастополь, 2004. – 19 с.

33. Головин В.В. Совершенствование бункерного устройства для хранения и выпуска готовых комбикормов и их компонентов в условиях хозяйств: автореф. дис... канд. техн. наук: спец. 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» / В.В. Головин. – Оренбург, 2007. – 20 с.

34. Горбенко В. СДАУ на млинзаводі / В. Горбенко [та ін.] // Зерно і хліб. – 2001. – №2. – С. 40-41.

35. Гордиевский И.Г. Оптимизация параметров электрических сетей / И.Г. Гордиевский, В.Д. Лордкинанидзе – М.: Энергия, 1988. – 144 с.

36. Гостев В.И. Системы управления с цифровыми регуляторами / В.И. Гостев В.И. – К.: Техника, 1990. – 280 с.

37. Грановский В.А. Методы обработки экспериментальных данных при измерениях / В.А. Грановский, Т.Н. Сырая. – Л.: Энергоатомиздат, 1990. – 288 с.

38. Грешилов А.А. Анализ и синтез стохастических систем. Параметрические модели и конфлюэнтный анализ / А.А. Грешилов. – М.: Радио и связь, 1990. – 320 с.

39. Грешилов А.А. Математические методы построения прогнозов / А.А. Грешилов, В.А. Стакун, А.А. Стакун. – М.: Радио и связь, 1997. – 112 с.

40. Грешилов А.А. Математические методы принятия решений / А.А. Грешилов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 584 с.

41. Грешилов А.А. Метод наименьших квадратов и элементы конфлюэнтного анализа / А.А. Грешилов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1990. – 67 с.

42. Грешилов А.А. Статистические методы принятия решений с элементами конфлюэнтного анализа / А.А. Грешилов, В.А. Стакун, А.А. Стакун. – М.: Радио и связь, 1998. – 112 с.

43. Григорьев В.А. Промышленная энергетика и теплотехника / В.А. Григорьев; под ред. В.А. Григорьева, В.М. Зорина. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 588 с.

44. Гришко В.В. Економічні та організаційно-технологічні резерви підвищення енергетичної ефективності виробництва і використання кормів: автореф. дис.. канд. екон. наук: спец. 08.07.02: «Економіка сільського господарства і АПК» / В.В. Гришко. -Харків, 1999. - 22 с.

45. Дарахвелидзе П.Г. Delphi 2005 для Win32 / П.Г. Дарахвелидзе, Е.П. Марков. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005. - 1136 с.

46. Демиденко Е.З. Оптимизация и прогрессия / Е.З. Демиденко. – М.: Наука, 1989. – 292 с.

47. Денисов А.А. Теория больших систем управления / А.А. Денисов, Д.Н. Колесников – Л.: Энергоиздат, 1982. – 288 с.

48. Державна цільова програма розвитку українського села на період до 2015 року / Міністерство аграрної політики та продовольства України [затверджено 19.09.2007 постановою КМУ №1158], 2010. – 196с. – Режим

доступу: <http://minagro.gov.ua/files/00010461/Koncepciy.doc>

49. Джапоян С.А. К вопросу определения параметров экструзионного дезинтегратора зеленой массы / С.А. Джапоян, С.В. Попов, В.Г. Стецков, А.К. Фокеев // Расчет и конструиров. с.-х. машин для кормопроизв. и животноводства. – Ростов -на -Д., 1986. – С. 30 – 31.

50. Дидух М.С. Модернизация линий дозирования / М.С. Дидух, Ю.А. Скидан, В.С. Данилюк [и др.] // Хранение и переработка зерна. – 2003. - №2 – С. 49 – 50.

51. Диордиев В.Т. Исследование процесса СВЧ-обработки комбикормов методом активного эксперимента / В.Т. Диордиев., А.И. Лобода // Актуальные проблемы механизации сельскохозяйственного производства: сб . научных трудов Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – Горки:, 2001. - Ч. 2. - С. 83-86.

52. Диордиев В.Т. Оптимизация рецептов комбикормов – путь повышения эффективности использования фермерских комбикормовых установок / В.Т. Диордиев, А.Г. Сабо. // I V symposium : Problemy budowy oraz eksploatacji maszyn i urzadzen rolniczych. - Plock: Politechnika Warszawska, 1994. – S. 125-127.

53. Диордиев В.Т. Системо- и схемотехническая база реализации многокритериальной системы прямого цифрового регулирования параметров технологических процессов производства комбикормов в условиях хозяйств / В.Т. Диордиев, И.Д. Труфанов, А.А. Кашкарев // Технічна електродинаміка. Проблеми сучасної електротехніки. – К.: 2008. – Ч.5. – С. 102-109.

54. Диордиев В.Т. Системотехнология математических методов синтеза параметров адаптивной системы управления процессом производства комбикормов / В.Т. Диордиев, И.Д. Труфанов // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. - Мелітополь, 2008. - Вип. 8., т. 5. - С. 3-25.

55. Диордиев В.Т. Формализованная математическая модель массо – и теплоэнергетических процессов при производстве комбикормов./ В.Т. Диордиев // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Випуск 73 «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України». – Том 2. – Харків: ХНТУСГ, 2008. – С. 67 - 79.

56. Диордиев В.Т. Аналіз узагальненої малогабаритної комбікормової установки як об'єкта автоматизації / В.Т. Диордиев // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. - Мелітополь, 2000. – Вип.1, т. 17. - С. 27-33.

57. Диордиев В.Т. АСУ процесом НВЧ-знезараження комбікормів у псевдозрізному шарі / В.Т. Диордиев, О.І. Лобода // Електрифікація та автоматизація. – 2003. - №1. – С. 65-69.

58. Диордиев В.Т. Використання програмних комплексів оптимізації рецептів комбікормів та заходів з підготовки компонентів для подрібнення / В.Т. Диордиев, А.О. Кашкарьов // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. - Мелітополь, 2008. - Вип. 8., т.1. - С. 23-30.

59. Діордієв В.Т. Ефективність інвестицій на впровадження енергозберігаючих технологій у кормовиробництві та рослинництві / В.Т. Діордієв, А.Г. Сабо, С.В. Чаусов // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь, 2001. - Вип. 1, т. 20. - С. 15-19.
60. Діордієв В.Т. Критерії управління енергозаощаджуючими процесами виробництва комбікормів в умовах господарств / В.Т. Діордієв // Технічна електродинаміка. Проблеми сучасної електротехніки. – К., 2004. – Ч.4. – С. 113-118.
61. Діордієв В.Т. Управління рециклічним режимом роботи малогабаритної комбікормової установки / В.Т. Діордієв // Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України / Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. – Харків, 2003. – Вип. 10. – С. 136-140.
62. Діордієв В.Т. Фізичні основи явища газорозрядної візуалізації / В.Т. Діордієв, О.П. Гомонець // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. - Мелітополь, 2007. - Вип. 7, т. 3. - С. 25-30.
63. Діордієв В.Т. Синтез і аналіз узагальненої структури малогабаритної комбікормової установки. /В.Т. Діордієв // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Вип. 1, Т. 18. - Мелітополь: ТДАТА. – 2001. - С. 14-19.
64. Діордієв В.Т. Синтез технологічних схем малогабаритних комбікормових установок та систем автоматичного керування ними./ В.Т. Діордієв , А.О. Кашкарьов // Системний аналіз та інформаційні технології: матеріали X Міжнародної науково-технічної конференції, 20-24 травня. 2008 р.– К.:НТУ КПП,2008. – С. 350.
65. Діордієв В.Т. Використання мереж Петрі для моделювання технологічного процесу приготування комбікормів / В.Т.Діордієв , А.О. Кашкарьов // Агроінженерні дослідження / Вісник Львівського національного аграрного університету. – Львів, 2008. –№12, т.2 . – С 55 – 61.
66. Диордиев В.Т. Теоретические основы оптимизации энергоэкономических процессов производства комбикормов/ В.Т. Диордиев // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. - Мелітополь, 2008. - Вип. 8, т. 6.- С. 209- 213.
67. Діордієв В.Т. Формализованные интегро-дифференциальные модели энергетических процессов комбикормового агрегата / В.Т. Диордиев. // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. - Мелітополь, 2008. - Вип. 8, т.6.- С. 100- 121.
68. Диордиев В.Т. Синтез параметров цифровых регуляторов компьютерной системы с оценкой идентификации кормоприготовительной установки / В.Т. Диордиев. // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. –Мелітополь, 2009.- Вип. 9, т.4.- С. 83 -93.
69. Діордієв В.Т. Декомпозиция задачи идентификации реального технологического процесса кормоприготовления / В.Т. Діордієв // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету.-Мелітополь, 2009. - Вип. 9, т.3.- С. 151 -159.

70. Діордієв В.Т. Автоматизоване проектування електротехнологічного комплексу виробництва комбікормів / В.Т. Діордієв, А.О. Кашкарьов // Системний аналіз та інформаційні технології: матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції, 26-30 травня 2009 р., Київ). – К.: ННК ІПСА, НТУУ КПІ, 2009. – С. 488.

71. Діордієв В.Т. Теоретические аспекты математического описания процесса производства комбикормов / В.Т. Діордієв, А.О. Кашкарьов // Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України / Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка – Харків, 2009. – Вип. 87.- С 45-49.

72. Диордиев В.Т. Исследование динамической устойчивости, управляемости и наблюдаемости координат энерготехнологического комплекса кормоприготовления на базе МКУ / В.Т. Диордиев. // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету.–Мелітополь,2009 .- Вип. 9, т.2.- С. 37- 48.

73. Діордієв В.Т. Автоматизація електротехнологічного комплексу виробництва комбікорму в умовах господарств / В.Т. Діордієв, А.О. Кашкарьов // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету .- Дніпропетровськ, 2010.- Вип.2.- С. 169-173.

74. Диордиев В.Т. Моделирование системного инжиниринга при производстве комбикормов в условиях АПК / В.Т. Диордиев, А.А. Кашкарев // Актуальні питання електрифікованих технологій АПК та прикладної біофізики: ма-теріали міжвузівської науково-практичної конференції пам'яті Мартиненка Івана Івановича. – Мелітополь: ТДАТУ, 2010. – С. 11-15.

75. Диордиев В.Т. Основные факторы системотехнического и программно-целевого подходов к организации оптимального управления кормопроизводством / В.Т. Діордієв // Праці Таврійського державного агротехнічного університету. – Мелітополь, 2010. - Вип. 10, т. 8. – С. 14-21.

76. Діордієв В.Т. Методика експериментальних досліджень АСУ комплексом виробництва комбікормів [Електронний ресурс] / В.Т. Діордієв, А.О. Кашкарьов // Праці Таврійського державного агротехнічного університету. – Мелітополь,2010. - Вип. 10, т. 9. – С. 187-193. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/portal/Chem_Biol/Ptdau/2010_10_9.

77. Діордієв В.Т. Сервісні функції системи управління електротехнологічним комплексом виробництва комбікорму на основі гармонійного аналізу [Електронний ресурс] / В.Т. Діордієв, А.О. Кашкарьов // Системний аналіз та інформаційні технології: матеріали XII Міжнародної науково-технічної конференції, SAIT-2010, м. Київ, 25-29 травня 2010. – К.: ННК ІПСА, НТУУ КПІ, 2010. – С. 234. – Режим доступу: <http://sait.org.ua/eproc/2010/2/2131.pdf>.

78. Діордієв В.Т. Засоби моделювання технологічних комплексів виробництва комбікормів малої продуктивності / В.Т. Діордієв, А.О. Кашкарьов // Праці Таврійського державного агротехнічного університету. – Мелітополь, 2010. - Вип. 10, т.8. – С. 111-118.

79. Диордиев В.Т. Особенности малогабаритных комбикормовых установок как системотехнических комплексов [Электронный ресурс] / В.Т. Диордиев, А.А. Кашкарев // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь, 2011. – Вип. 1, т. 1. – С. 59-67. – Режим доступу http://www.nbuu.gov.ua/e-journals/nvtdau/2011_1/

80. Диордиев В.Т. Идентификация режима работы элементов технологических комплексов производства комбикормов [Электронный ресурс] / В.Т. Диордиев, А.О. Кашкарьов // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь, 2011. – Вип. 1, т. 1. – С. 37-47. – Режим доступу: http://www.nbuu.gov.ua/e-journals/nvtdau/2011_1/.

81. Диордиев В.Т. Автоматизация керування технологічним процесом виробництва комбикормів в умовах господарств / В.Т. Диордиев, А.О. Кашкарьов // Управління, автоматизація та навколишнє середовище: матеріали міжнар. н.-т. конференції, Севастополь, 25-28 квітня 2011. – Севастополь: СевНТУ, 2011. – С. 186-191.

82. Диордиев В.Т. Програмне забезпечення систем управління технологічними комплексами з дискретним режимом роботи обладнання в умовах АПК [Електронний ресурс] / В.Т. Диордиев, А.О. Кашкарьов // Системний аналіз та інформаційні технології: матеріали XIII Міжнародної науково-технічної конференції, SAIT-2011, м. Київ, 23-28 травня 2011. – К.: ННК ІПСА, НТУУ КПІ, 2011. – С. 437. – Режим доступу: <http://sait.kpi.ua/books/sait2011.ebook.pdf>.

83. Диордиев В.Т. АСК технологічними комплексами виробництва комбикормів у контексті наскрізного алгоритму керування виробництвом / В.Т. Диордиев, А.О. Кашкарьов // Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України / Вісник ХНТУСГ імені Петра Василенка. – Харків, 2011. – Вип. 117. – С. 125-128.

84. Диордиев В.Т. Системные факторы энергетической эффективности динамического функционирования малогабаритной кормоприготовительной установки / В.Т. Диордиев, А.О. Кашкарьов // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь, 2011. – Вип. 1, т. 2. – С. 122-131.

85. Диордиев В.Т. Анализ динамики пространственно-временных параметров движения компонентов комбикорма / В.Т. Диордиев, И.А. Фурман // Праці Таврійського державного агротехнічного університету. – Мелітополь, 2012. – Вип. 12, т. 1. – С. 51-58.

86. Диордиев В.Т. Схемные решения и исследование систем управления электротехнологическими комплексами производства комбикормов в АПК. [Электронный ресурс] / Диордиев В.Т., Кашкарьов А.О. // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2012. – Вип. 2, т. 4. – С. 35-46. Режим доступу до публікації: http://www.nbuu.gov.ua/e-journals/nvtdau/2011_1/

87. Дмитрів Д.В. Розробка конструкції та обґрунтування параметрів малогабаритних кормозмішувачів: автореф. дис... канд. техн. наук: спец. 05.05.11. «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва» /

Д.В. Дмитрів. - Тернопіль, 2001. – 19 с.

88. Дорф Р. Современные системы управления / Р. Дорф, Р. Бишоп; пер. с англ. Б.И. Копылова. – М.: ЮНИАМЕДИАСТАЙЛ, 2002. – 832 с.

89. Доценко С.М Совершенствование технологий и технических средств приготовления и раздачи кормовых смесей / С.М. Доценко, Ю.Б. Курков // Техника в сельском хозяйстве. - 1998. - №2. - С. 12-15.

90. Дуб В.В. Вдосконалення процесу подрібнення харчової сировини та обладнання для його реалізації на підприємствах харчування: автореф. дис... канд. техн. наук: спец. 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва» / В.В. Дуб. – Харків, 2002. – 23 с.

91. Дурман М.О. Моделі та методи інформаційної підтримки прийняття рішень в управлінні складними технологічними процесами: автореф. дис... канд. техн. наук: спец. 05.13.06 «Автоматизовані системи управління та прогресивні інформаційні технології» / М.О. Дурман.- Херсон, 2000. – 19 с.

92. Дьяконов В. МATHCAD. Анализ, идентификация и моделирование систем: специальный справочник / В.Дьяконов, В.Круглов В. – СПб.: Питер, 2002. – 448 с.

93. Дьяконов В. Simulink 4: специальный справочник / В. Дьяконов. – СПб.: Питер, 2002. – 528 с.

94. Дюбуа Д. Теория возможностей. Приложения к представлению знаний в информатике / Д. Дюбуа, А. Прад; пер. с франц. В.Б. Тарасова.; под ред. С.А. Орловского. – М.: Радио и связь, 1990. – 286 с.

95. Дьяконов В.П. MATLAB5.0 (5.3 Система символьной математики) / В.П. Дьяконов, И.В. Абраменкова.– М.: Нолидж, 1999. – 640 с.

96. Евстифеев А.В. Микроконтроллеры AVR семейства Classik фирмы ATMEL/ А.В. Евстифеев.- 2-е изд., стер.- М.: Додэка- XXI,2006.- 288с.(Мировая электроника).

97. Евстифеев А.В. Микроконтроллеры AVR семейства Tiny и Mega фирмы ATMEL/ А.В. Евстифеев.- М.: Додэка- XXI,2004.- 560с.

98. Егоров Б.В. Комбикормовый комплект - завод на модульной основе / Б.В. Егоров [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1990. - № 4. – С. 28-29.

99. Енергетичні ресурси та потоки / А.К. Шидловський, Ю.А. Віхорев, В. О.Чінайло [та ін.]; під ред. А.К.Шидловського. – К.: Українські енциклопедичні знання, Реднаут, 2003. - 472 с.

100. Енергозбереження в ринкових умовах / Матеріали семінару, 31 березня – 1 квітня 2004. – К.: [Б. в.], 2004.- 223 с.

101. Енергозбереження на підприємствах, підпорядкованих Державному комітету промислової політики України. Енергетична безпека Європи. Погляд у XXI століття: праці Міжнародної конференції / під ред. Окришко В. П. – К.: [Б.в.], 2000. – 165 с.

102. Енергозбереження. Енергоємність повна продукції, робіт і послуг. Методика визначення: ДСТУ 3628-98 (ГОСТ 30583-98). – К.: Держстандарт, 1999. - 13 с. – (Національний стандарт України).

103. Енергозбереження. Методика розрахунку технологічних втрат електроенергії в мережах електропостачання напругою від 0,38 до 110 кв. РД 50 – 072 – 98. – К.: Держстандарт України, 1998. – 16 с. – (Національний стандарт України).

104. Желудков С.Г. Построение открытой автоматизированной системы управления зернообрабатывающих предприятий / С.Г. Желудков, С.А. Шеслер // Хранение и переработка зерна. - 2000. - №6. - С. 45-47..

105. Жовинский А.Н., Жовинский В.Н. Инженерный экспресс-анализ случайных процессов. – М.: Энергия, 1978. – 112 с

106. Жумадиев Т.Ж. Совершенствование процесса производства экструдированной кормовой добавки для жвачных животных / Т.Ж. Жумадиев, А.К. Атыханов // Новые технологич. процессы и средства механизации в промышленном овцеводстве Казахстана: сб. науч. тр. – Алмата, 1985. - С. 50-56.

107. Зайцев В.В. Оптимизация процессов функционирования и параметров бункерного устройства экструдированных кормов: автореф. дис... канд. техн. наук: спец. 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» / В.В. Зайцев. – Саратов, 1992. – 20 с.

108. Збірник основних законодавчих та нормативно – правових актів, які визначають функції Урядового органу державного управління – Державної інспекції з енергозбереження.- К:[Б.в.], 2007. - 1193 с.

109. Зотов М.Г. Многокритериальное конструирование систем автоматического управления / М.Г. Зотов.– М.: БИНОМ. Лаборатория знаний , 2004. – 375с.

110. Информационные материалы к комплексной оценке техники и технологий для животноводства, птицеводства и кормообеспечения: справочник / В.Ф. Сичкарь, А.С. Кушнарєв, Т.Н. Коротченко, Л.М. Олейник; под ред. В.Ф. Сичкаря. – Запорожье: ИМЖ, 1997. – 395 с.

111. Інноваційні пріоритети паливно-енергетичного комплексу України / за заг. ред. А.К. Шидловського. – К.: Українські енциклопедичні знання, 2005 . – 512 с.

112. Інтелектуальні системи керування потоками електроенергії у локальних об'єктах / О.В. Кириленко , Ю.С. Петергеря, Т.О. Терещенко, В.Я. Жуйков. – К.: Медіа ПРЕС, 2005. – 212 с.

113. Калашнік Д.В. Автоматизована система контролю та обліку зерна на підприємствах зернопереробної промисловості: автореф. дис...канд. техн. наук: спец. 05.13.07 «Автоматизація процесів керування» / Д.В. Калашнік. - Кіровоград, 1999. – 19 с.

114. Карташов С.Г. Совершенствование рабочих органов размольно-смесительного оборудования и технологического процесса приготовления комбикормов в хозяйствах: автореф. дис... канд. техн. наук / С.Г. Карташов. – М.: 1985. – 24 с.

115. Кашкарьов А.О. Основні положення автоматизованого проектування малогабаритних комбикормових установок та систем керування ними/ А.О. Кашкарьов // Вісник Харківського національного технічного

університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Харків, 2008. – Вип. 73, т. 2. – С. 64 - 66.

116. Кини Р.Л. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения / Р.Л. Кини, Х. Райфа – М.: Радио и связь, 1981. – 560 с.

117. Киричков В.Н. Идентификация объектов систем управления технологическими процессами / В.Н. Киричков. – К.: Высшая школа, 1990. – 263 с.

118. Клавдиев А.А. Теория автоматического управления в примерах и задачах. Ч.2. Моделирование линейных непрерывных систем автоматики: учеб. пособие/ А.А. Клавдиев.- СПб: СЗТУ, 2005.-75с. Электронная версия

119. Клейменов В.Н. Обоснование параметров и режимов работы экструдера для переработки фуражного зерна в кормоцехах хозяйств: автореф. дис... канд. техн. наук: спец. 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» / В.Н. Клейменов. – М., 1986. – 21 с.

120. Клейменов В.Н. Термодинамическая переработка зерновых кормов в шнековых пресс-экструдерах / В.Н. Клейменов // Техника в сель. хоз-ве. – 1981. - №10. – С. 21-22.

121. Клейменов В.Н. Экструдирование зерновых кормов / В.Н. Клейменов, К.Б. Вартанов // НТБ ВИЭСХ. – 1984. – Вып.3(52). – С. 58 – 641.

122. Ковалев И.Н. Выбор компенсирующих устройств при проектировании электрических сетей / И.Н. Ковалев.– М.: Энергоатомиздат, 1990. – 200с.

123. Ковалко М.П. Енергетична безпека України: чинники впливу, тенденції розвитку / М.П. Ковалко, за ред.М.П. Ковалка, А.К. Шидловського, В.П. Кухаря. – К.: Українські енциклопедичні знання, 1998. - 160 с.

124. Ковалко М.П. Енергозбереження-пріоритетний напрямок державної політики України / М.П. Ковалко, С.П. Денисюк. – К.: Українські енциклопедичні знання, 1998. - 518 с.

125. Ковриков И.Т. Совершенствование пресс-экструдеров / И.Т. Ковриков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 2002. - №1. - С. 26-29.

126. Кожарова Л.С. Основы комбикормового производства / Л.С. Кожарова. – М.: Агропромиздат, 1987. – 134 с.

127. Козаченко В.Ф. Микроконтроллеры. Руководство по применению 16 – разрядных микроконтроллеров INTEL MSK – 196/296 во встроенных системах управления / В.Ф. Козаченко. – М.: ЭКОМ, 1997. - 688с.

128. Кокошко В.С. Система автоматической оптимизации экструзии кормов / В.С. Кокошко //Техника в сельском хозяйстве. – 1992. - №2–3. – С. 22-24.

129. Кокошко В.С. Устройство для автоматического контроля температуры в рабочих зонах экструдера / В.С. Кокошко // Техника в сельском хозяйстве. – 1991. - №5. – С. 36-37.

130. Комбикорма, кормовые добавки и ЗЦМ для животных (состав и применение): справочник / В.А. Крохина, А.П. Калашников, В.И. Фисинин [и

др.]; под ред. В.А.Крохиной. – М.: Агропромиздат, 1990. – 304 с.

131. Комбикормовый мини завод КМЗ // Техника и оборудование для села.- 2001.- №5.- С. 35.

132. Комп'ютерна оптимізація складу виконавчих рецептів комбикормів в умовах господарств/ [Діордієв В.Т., Лебедєв В.О., Гореславська Л.Є., Діордієва Р.М.] // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь, 2001.- Вип. 2., т. 18.- С. 16-23.

133. Комп'ютерна оптимізація маршрутів постачання господарств комбикормами / [Діордієв В.Т. , Малкіна В.М. , Гореславська Л.Є., Діордієва Р.М.] // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. –.-Мелітополь, 2002. - Вип. 6.- С. 42-47.

134. Комплексна державна програма енергозбереження України / Держкоменергозбереження Мінекономіки України, НАН України.- К.: Держкоменергозбереження України, 1996. – 234 с.

135. Комплексна програма енергозбереження Запорізької області. – Запоріжжя: Обласна науково-технічна рада з енергозбереження, 1997. - 162 с.

136. Комплексна державна програма енергозбереження України / КМУ [постанова від 5.02.1997 №148]. 1997. – 201 с. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/signal/kr06145a.doc>

137. Концепція комплексної державної програми реформ та розвитку сільського господарства України (проект) / Міністерство аграрної політики та продовольства України. 2010. – 196с. – Режим доступу: <http://minagro.gov.ua/files/00010461/Konserciy.doc>

138. Концепція наукового забезпечення установами УААН розвитку галузей агропромислового комплексу України в 2011-2015 роках / УААН [затверджено загальними зборами УААН 17.12.2009], 2009. – 24 с. – Режим доступу: <http://www.uaan.gov.ua/files/konserpc.doc>

139. Королев М.И. Автоматизация процесса экстрадирования кормов / М .И. Королев // Комплексная механизация и автоматизация в свиноводстве: сб. науч. тр. / ВИЭСХ. – 1982. –С. 65-70.

140. Королев М.И. Оптимизация процесса экстрадирования фуражного зерна / М.И. Королев // НТБ ВИЭСХ. – 1984. – Вып. 2 (51). –С. 69-70.

141. Королев М.И. Предпосылки автоматизации процесса экстракции кормов / М.И. Королев // Электромеханизация процессов кормоприготовления: науч. тр. / ВИЭСХ. – 1979. – Т. 49. – С. 46 – 55.

142. Корчемний М. Енергозбереження в агропромисловому комплексі / М. Корчемний, В. Федорейко, В. Щербань. – Тернопіль: Підручники і посібники, – 2001. – 984 с.

143. Кувшинов В.В. Совершенствование конструкции пресса-гранулятора кормов и обоснование переходных режимов его работы: автореф . дис... канд. техн. наук: спец. 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» / В.В. Кувшинов. – Рязань, 1989 – 14 с.

144. Кудрявцев И.Ф. Автоматизация производственных процессов на животноводческих фермах и комплексах / И.Ф. Кудрявцев, О.Б. Карасев, Л.Н . Матюнина. – М.: Агропромиздат, 1985. – 223 с.

145. Кузнецов А.В. Высшая математика. Математическое программирование / А.В. Кузнецов, В.А. Сакович, Н.И. Холод. – Минск: Высшая школа, 1994. – 263 с.
146. Кузьмина Т.Н. Приоритетные направления развития отечественной техники для приготовления и раздачи кормов в свиноводстве / Т.Н. Кузьмина // Техника и оборудование для села. - 2002. - №4. - С. 14-17.
147. Кулаковский И.В. Машины и оборудование для приготовления кормов: справочник / И.В. Кулаковский [и др.] – М.: Россельхозиздат, 1987.- Ч.2.– 285 с.
148. Кунцевич В.М. Синтез оптимальных и адаптивных систем управления: Игровой подход / В.М. Кунцевич, М.М. Лычак. – К.: Наукова думка, 1985. – 247 с.
149. Курицкий Б.Я. Поиск оптимальных решений средствами Excel 7.0 / Б.Я. Курицкий. – СПб: ВНУ - Санкт-Петербург, 1997. – 546 с.
150. Лазарев В.Г. Построение программируемых управляющих устройств/ В.Г. Лазарев, Е.И. Пийль, Е.Н. Турута. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 192 с.
151. Лавров Є.А. Інформаційна технологія ергономічного проектування автоматизованих технологічних комплектів / Є.А. Лавров, О.В. Кошман // Вісник Сумського ДАУ. - 1999. - №3. - С. 84-90.
152. Ладанюк А.П. Автоматизація технологічних процесів виробництва харчової промисловості: підручник / А.П. Ладанюк. - К.: Аграрна освіта, 2001 . – 222 с.
153. Ланкастер П. Теория матриц / П. Ланкастер; пер. с англ. – М.: Наука, 1988. – 280 с.
154. Ланьшин В.О. Обоснование параметров физико-механических свойств кормовых гранул для откорма крупного рогатого скота и совершенствование технологического процесса их изготовления: автореф. дис... канд. техн. наук: спец. 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» / В.О. Ланьшин. – Рязань, 1990. – 21 с.
155. Левин С.Д. Математическая теория измерительных задач / С.Д. Левин // Контрольно-измерительные приборы и системы. - 2001. - №6. - С. 29-32.
156. Лившиц В.Н. Выбор оптимальных решений в технико-экономических расчетах / В.Н. Лившиц. – М.: Экономика, 1981. – 255 с.
157. Липов А.Ю. Интеллектуальные системы управления технологическими процессами в культивационных сооружениях / А.Ю. Липов // Тракторы и СХМ. - 1999. - №1. - С. 31-34.
158. Лобода О.І. Особливості використання ефекту псевдозродження при знезараженні комбікормів ЕМПНІЧ у горизонтальній камері / О.І. Лобода // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. –Мелітополь, 1998. - Вип. 1, т. 7. – С. 56-62.
159. Лысогор В.Г. Автоматизация- не роскошь, а необходимый компонент успеха современного производства / В.Г. Лысогор, Ю.А. Скидан // Хранение и переработка зерна. - 2001. - №2. - С. 62-65.

160. Лысогор В.Г. Автоматизированные системы контроля и управления ИВП «Инновинн» / В.Г. Лысогор, Ю.А. Скидан // Хранение и переработка зерна. - 2000. - №5. - С. 28-31.

161. Лукьянов П. Б. Система поддержки принятия решений для оптимизации оперативного управления экономикой производства животноводческой продукции: автореф. дис... докт. техн. наук: спец. 08.00.13 «математические и инструментальные методы экономики» / П. Б. Лукьянов – М. - 2011. – 44 с -12-

162. Ляпин Е.В. Компьютерные системы управления кормоприготовительными агрегатами / Е.В. Ляпин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 2002. - №11. - С.29-30.

163. Максаков В.Я. Рациональне використання концентрованих кормів / В.Я. Максаков, В.Є. Булгаков. – К.: Урожай, 1985. – 72 с.

164. Мартыненко И.И. Проектирование систем автоматики / И.И. Мартыненко, В.Ф. Лысенко. – 2-е изд., перераб. и доп.. – М.: Агропромиздат, 1990. – 243 с.

165. Марьяхин Ф. Микропроцессорное управление / Ф. Марьяхин, А. Учеваткин // Сел. механизатор. - 2002. - №1. - С. 34-35.

166. Международная специализированная торгово-промышленная выставка «Зерно-Комбикорма-2002» в Москве // Техника и оборудование для села. - 2002. - №4. - С. 45-48.

167. Межуева Л. В. Механико-технологическое обоснование процесса смесеприготовления: автореф. дис... докт. техн. наук: спец. 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» / Л.В.Межуева. –Оренбург–2007 – 40 с. –2-

168. Методика визначення неефективного використання паливно-енергетичних ресурсів. – М 00013148.0.022. – 01. – К.: Держкоменергозбереження, 2001. – 219 с.

169. Методы исследования нелинейных систем автоматического управления / А.Т. Барабанов, В.Я. Катковник, Р.А. Нелепин [и др.]; под ред. Р.А. Нелепина. – М.: Наука, 1975. – 448 с..

170. Методы классической и современной теории автоматического управления: в 5-и тт.; 2-е изд., перераб. и доп. Т4: Теория оптимизации систем автоматического управления/ Под ред. К.А. Пупкова и Н.Д. Егупова. – М.: Издательство МГТУ им Н.Э.Баумана, 2004. – 744 с.

171. Механизация процессов в животноводстве и кормопроизводстве: межвузовский сборник научных трудов / Пермский сельскохозяйственный институт им. Д.Н. Прянишникова. – 1985. – 118 с.

172. Микропроцессорная техника в автоматизации животноводства и птицеводства. – М.: ВИЭСХ, 1987. – 115 с.

173. Миончинский П.Н. Производство комбикормов / П.Н. Миончинский, Л.С. Комаров. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1991. – 214 с.

174. Мирской А.М. Результаты поисковых экспериментов на модели ротационного дезинтегратора экструзионного типа / А.М. Мирской // Разработка прогрессив. технолог. процессов, машин, оборудования для

кормопроизв. и жив.-ва. – Ростов, 1988. – С. 33 –36.

175. Михалевич В.С. Методы последовательной оптимизации в дискретных сетевых задачах оптимального распределения ресурсов / В.С. Михалевич, А.И. Кукса. – М.: Наука, 1983. – 208 с.

176. Міхаєвич О.І. Елементи технології вибору методів та формування алгоритмів розв'язання задач АСУ: автореф дис... канд. техн. наук: 05.13.06: Інформаційні технології / О.І. Міхаєвич. - Х., 2000. – 19 с.

177. Модели. Алгоритмы. Принятие решений: сб. статей. – М.: Наука, 1989. – 250 с.

178. Морозов Ю.Н. Стратегия механизации и автоматизации животноводческих ферм / Ю.Н. Морозов // Тракторы и СХМ. - 1999. - №1. - С. 12-13.

179. Моудер Дж. Исследование операций / Дж. Моудер, С. Элмаграби. – М.: Мир, 1981. – Т. 1. – 712 с.

180. Николаев В.И. Системотехника: методы и приложения / В.И. Николаев, В.М. Брук – Л.: Машиностроение, 1985. – 199 с.

181. Новый способ повышения питательной ценности корма и обеззараживания зернового сырья: ИК – обработка при производстве комбикормов [Электронный ресурс].- Режим доступа: http://www.pcstart.ru/article/mixed_food.html.

182. Нормативно – правовые аспекты обеспечения режимов потребления электрической и тепловой энергии в современных условиях хозяйствования: информационный бюллетень – Запорожье: Госинспекция энергонадзора в запорожской области, 2004. – 112 с.

183. Оборудование для переработки с/х продукции ООО "Гарант-Агро" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.garantagro.com/content/>

184. Оборудование комбикормовых заводов: справочник / М.А. Борискин [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1986. – 175 с.

185. Олссон Г. Цифровые системы автоматизации и управления/ Г. Олссон, Д. Пиани. – СПб.: Невский Диалект, 2001. – 557 с.

186. Опыт автоматизации в комбикормовом производстве / В. Горбенко, Р. Галушкевич, Я. Ваньчик [и др.] // Комбикорма. - 2001. - №1. - С. 37-38.

187. Орлов Е.Л. Современное оборудование для комбикормовых предприятий / Е.Л. Орлов // Хранение и переработка зерна. - 2001. - №8. - С. 54-58.

188. Павлюченко А.К. Экономика комбикормовой промышленности / А. К.Павлюченко. – М.: Агропромиздат, 1990. – 208 с.

189. Паливно – енергетичний комплекс України на порозі третього тисячоліття / А.К.Шидловський, М.П. Ковалко, І.М. Шиневський [та ін.]; під ред. А.К. Шидловського. – К. : Українські енциклопедичні знання, 2001. – 400 с.

190. Паливно-енергетичний комплекс України у цифрах та фактах / під ред. М.П.Ковалка. – К.: [Б.в.],2000. - 152 с.

191. Палкин Г.Г. Малогабаритные цехи и установки для приготовления комбикормов в условиях хозяйств / Г.Г. Палкин, А.В. Яцкевич // Тракторы и

с.х. машины. - 1992. - № 2. – С. 29-31.

192. Палкин Г.Г. Мобильные приготовители-раздатчики: что учитывать при выборе / Палкин Г.Г // Техника и оборудование для села. - 2002. - №7. - С. 34-37.

193. Пат. №30697 Україна, МПК6 H05B6/64, A01C1/00. Пристрій для обробки зерна ультразвуком у потоці / В.Т.Діордієв, А.О. Кашкарьов (Україна). - № u2007361; заявл. 10.12.07; опубл. 11.03.08, Бюл. № 5. – С. 36.

194. Пат. №32558 Україна, МПК H05B6/64, A01C1/00. Пристрій для знезараження комбікормів та передпосівної обробки насіння у поля НВЧ / О.І. Лобода, В.Т. Діордієв (Україна). - № u20071361; заявл. 10.12.07; опубл. 26.05.08, Бюл. № 10. – С. 36.

195. Пат. №54511 Україна, МПК A23N17/00, G06Q10/00. Спосіб автоматизованого керування технологічним процесом виробництва комбікорму / В.Т. Діордієв, А.О. Кашкарьов. - № u 201006332; заявл. 25.05.10; опубл. 10.11.2010, Бюл. №21. – С. 36.

196. Пат. 68492 Україна, МПК A23N17/00. Технологічна лінія для приготування комбікормів / Н.В. Коробова, А.К. Тришин., В.Н. Булгаков; Дослідне господарство “Кутузівка” інституту тваринництва української академії аграрних наук. - № 2003043485; заявл. 17.04.2003; опубл. 15.08.2004.

197. Пат. № 2352185 С1 Россия. МПК A23N 17/00. Способ управления процессом приготовления комбикормов /А. А. Шевцов, Л.И. Лыткина, А.В. Дранников и др. - № u 2007143726/13; заявл. 26.11.07; опубл. 20.04.2009, Бюл. № 11. -13-

198. Пат. № 2276568 С1 Россия. МПК A23N 17/00. Цех для приготовления комбикормов /В. В. Ужик, С.А. Булавин, В.И. Грицаенко, А.И. Скляров - № u 2004135407/13; заявл. 03.12.2004; опубл. 20.05.2006, Бюл. № 14. -14-

199. Пат. 2178909 Россия, МКИ G 05B 15/02. Автоматизированная система диспетчерского управления инженерными системами здания: Пат. 2178909 Россия, МКИ G 05B 15/02. В.В. Гингзбург – № 200011959/09; Заявл. 24.07.2000; Опубл. 27.01.2002, Бюл.

200. Пат. 249381 Россия, МКИ А 23К1/16. Способ получения премикса к комбикорму: Пат. 249381 Россия, МКИ А 23К1/16. Квасенков О.И.; Всероссийский научно-исследовательский институт консервной и овощесушильной промышленности – № 2002128426/13; Заявл. 23.10.2002; Опубл. 10.04.2005, Бюл. №10.

201. Пат. 68492 Україна, МПК A23N 17/00. Технологічна лінія для приготування комбікормів. Пат. 68492 Україна, МПК A23N 17/00. Коробова Н.В., Тришин А.К., Булгаков В.Н.; Дослідне господарство “Кутузівка” інституту тваринництва української академії аграрних наук. - № 2003043485; Заявл. 17.04.2003; Опубл. 15.08.2004, Бюл.

202. Пат. № 2278527 С1 Россия. МПК A23N 17/00. Способ управления процессом приготовления комбикормов /А. А. Шевцов, Л.И. Лыткина, О.П. Колойникова и др.- № u 2005112085/13; заявл. 25.04.2005; опубл. 27.06.2006, Бюл. № 18. –15-

203. Первозванский А.А. Курс теории автоматического управления / А.А. Первозванский. – М.: Наука, 1986. – 616 с.
204. Петросян Л.А. Дифференциальные игры с неполной информацией / Л.А. Петросян, Г.В. Томский. – Иркутск: Изд-во Иркутского ун-та, 1984. – 287 с.
205. Петросян Л.А. Теория игр / Л.А. Петросян, Н.А. Зенкевич, Е.А. Семина. – М.: Высшая школа, 1998. – 304 с.
206. Пилипенко А.Н. Механизация переработки и приготовления кормов в личных подсобных хозяйствах / А.Н. Пилипенко, А.В. Тимановский – М.: Росагропромиздат, 1989. – 144 с.
207. Пилипенко О.М. Ресурсозбережні варіанти виробництва комбікормів/ О.М. Пилипенко, Ю.І. Ревенко, С.М. Чібіс // Механізація сільськогосподарського виробництва. – К.: НАУ, 2000. – Т. 8. – С. 274-281.
208. Плешков С.П. Автоматизація управління енергоспоживанням в сільськогосподарському виробництві в умовах невизначеності: автореф. дис... канд. техн. наук: спец. 05.13.07 «Автоматизація технологічних процесів» / С.П. Пешков. -Кіровоград, 2003. – 23 с.
209. Погодаев А.К. Адаптация и оптимизация в системах автоматизации и управления: монография/ А.К. Погодаев, С.Л. Блюмин.- Липецк: ЛЭГИ, 2003.-128с.
210. Погорілий Л. Малогабаритні комбікормові агрегати за рубежом / Л. Погорілий, В. Ясенецький // Техніка АПК. - 1997. - №4. - С. 6-7.
211. Полищук В.Ю. Особенности прессующего механизма экструдера / В.Ю. Полищук // Тракторы и сельхозмашины. – 1993 – №15. – С. 19-21.
212. Починчук Н. АСУ ТП комбикормового цеха «Композит_2М»/Н. Починчук, В.Волк, А.Пахоменко и др./ Системная интеграция сельского хозяйства, -М.: СТА, 2/98. – С. 34-40.
213. Полякова М.Б. Установка малогабаритная комбикормовая УМК-Ф-2 / М.Б. Полякова. – М.: НПО ВНИИЖивмаш, 1988.. – 3 с
214. Предко М. Руководство по микроконтроллерам.- В 2-х томах / М. Предко; пер. с англ. И.И. Шагурина, С.Б.Лужанского. – М.: ПОСТМАРКЕТ, 2001. - Т.1. – 416 с.; Т.2. – 488 с.
215. Приборы и средства автоматизации: отраслевой каталог в 3 т. – М.: Информприбор, 1991. - Т. 2. – 89 с.
216. Применение оборудования УМК-Ф-2 (АКМ-1) для производства комбикормов в хозяйствах. – М.: Агропромиздат, 1989. – 24 с.
217. Пріоритетні завдання аграрної науки України/ [Зубець М.В., Ситник В.П., Безуглий М.Д. та ін.]. – К.: ННЦ "Інститут аграрної економіки", 2008. – 32с. – Режим доступу: http://www.uaan.gov.ua/files/prioritet_2008.pdf
218. Програма державної підтримки розвитку нетрадиційних та відновлювальних джерел енергії та малої гідро і теплоенергетики / Г.Бабієв, Д. Дероган, А.Шидловський [та ін.]. – К.: Держкоменергозбереження України, НАН України, 1997. - 202 с.
219. Промышленность Украины: путь к энергетической эффективности. - ЕС: Energy Centre. – К.: [Б.и.]1995. - 198 с.

220. Просянык А.В. От локальных задач автоматизации к интегрированной АСУ комбината хлебопродуктов / А.В. Просянык [и др.] // Хранение и переработка зерна.- 2002. - №4. - С. 43-46.
221. Птушкин А.Т. Автоматизация производственных процессов в отрасли хранения и переработки зерна / А.Т. Птушкин, О.А. Новицкий. – М.: Колос, 1979. – 335 с.
222. Пупков К.А. Функциональные ряды в теории нелинейных систем / К.А. Пупков, В.И. Капалин, А.С. Ющенко. – М.: Наука, 1976. – 448 с.
223. Рабинер Л. Теория применения цифровой обработки сигналов / Л. Рабинер, Б. Гоулд. – М.: Мир, 1988. – 848 с.
224. Ревенко Ю.І. Удосконалення технологічного процесу і агрегату для приготування комбікормів в умовах господарств: автореф. дис... канд. техн. наук: спец. 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва» / Ю.І. Евенко. – К., 2007. – 24 с.
225. Ревенко І.І. Обґрунтування раціонального способу подачі перероблюваного матеріалу в дробильну камеру/ І.І. Ревенко // Механізація і електрифікація сільського господарства. – К.: Урожай, 1973. – Вип. 24. – С. 106-114.
226. Ревенко І. Комплексна оцінка приготування комбінованих кормів / Ревенко І., Ю. Ревенко // Техніка АПК. - 2000. - №11-12. - С. 26-27.
227. Ревенко І. Принципи розробки та вибору кормоприготувальних машин для малих ферм / І. Ревенко [та ін.] // Техніка АПК. - 1999. - №3. - С. 26-27.
228. Рей У. Методы управления технологическими процессами / У. Рей. – М.: Мир, 1983. – 368 с.
229. Розробка стратегічних напрямків та визначення економічно доцільного потенціалу енергозбереження в галузях економіки України до 2030 року: звіт / МНВП «Енергоеко»; науковий керівник М.В. Гнідій. – К., 2003. - 27 с.
230. Рыбалка Н.И. Организация производства комбикормов у сельхозпроизводителя / Н.И. Рыбалка, В.В. Солонецкий // Достижения науки и техники АПК. - 2000. - №1. - С. 23-26.
231. Рыженко А.С. Автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУТП) на мукомольном заводе / А.С. Рыженко [и др.] // Хранение и переработка зерна. - 2001. - №3. - С. 46-49.
232. Рыжов С. Оборудование для приготовления комбикормов / С. Рыжов // Сел. механизатор. - 2002. - №11. - С. 18-19.
233. Рыжов С.В. Многофункциональные машины для приготовления и раздачи кормов на фермах крупного рогатого скота / С.В. Рыжов // Техника и оборудование для села. - 2002. - №6. - С. 6-9.
234. Сабиев У. К. Интенсификация технологических процессов приготовления комбикормов в условиях сельскохозяйственных предприятий: автореф. дис... докт. техн. наук: спец. 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» / У. К. Сабиев. –Барнаул – 2012. – 44 с.

235. Самосюк В. Г. Развитие средств механизации производства концентрированных кормов в Беларуси /В. Г. Самосюк , В.О. Китиков, А. Л. Тимошук //Journal of Research and Application in Agriculture Engineering, , Vol. 54(4), 2009. - С.84-87.
236. Сандриков Н.И. Совершенствование способов приготовления кормовых гранул с заданными свойствами и технических средств контроля их качества: автореф. дис... канд. техн. наук: спец. 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» / Н.И. Сандриков. – Рязань, 1987. – 17 с.
237. Сергеев Н. С. Центробежно-роторные измельчители фуражного зерна: автореф. дис... докт. техн. наук: спец. 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» /Н. С. Сергеев –Челябинск – 2008. – 44 с.
238. Сергованцев В.Т Автоматизированные системы управления сельскохозяйственным производством: обзор. инф / В.Т. Сергованцев [и др.] // . - М.: ВНИИТЭИСХ 1985. – 53 с.
239. Силовая электроника в решение проблем ресурсо- и энергосбережения: сб. трудов международной научно-технической конференции. - Харьков: ХПИ, 1993. - 372 с.
240. Синтез электромеханических приводов с цифровым управлением /[В.Л. Вейц, П.Ф. Вербовой, О.Л. Вольберг, А.М. Съенов.] - К.: Наукова думка, 1991. – 232 с.
241. Скидан Ю.А. Автоматизация комбикормовых производств/ Ю.А. Скидан [и др.] // Хранение и переработка зерна. - 2002. - №1. - С. 57-60.
242. Смоленский В.В. Статистические методы обработки экспериментальных данных: учеб. пособие/ В.В. Смоленский. – СПб: СПбГТУ, 2003.-101с.
243. Соболев О.С. Однотипные связанные системы регулирования / О.С. Соболев.– М.: Энергия, 1987. – 633 с.
244. Современные технологии автоматизации. – М.:Prosoft, 2001. - №3. – 96с.
245. Соколов А. Комбикормовые агрегаты / А. Соколов // Сел. механизатор. - 2001. - №1. – С. 30-31.
246. Соляник М. Нове покоління кормоприготувальних агрегатів / М. Соляник [та ін.] // Тваринництво Укр. - 2003. - №1. - С. 28-29.
247. Справочник по механизации и автоматизации в животноводстве и птицеводстве / А.С. Марченко, Г.Е. Кистень, Ю.Н. Лавриненко [и др.]; под ред. А.С. Марченко. – К.: Урожай, 1990. – 456 с.
248. Стогній Б.С. Енергетична безпека України. Світові та національні виклики / Б.С. Стогній, О.В. Кириленко, С.П. Денисюк. – К.: Українські енциклопедичні знання, ТЕКСТ, 2006. – 408 с.
249. Сторожук Л.О. З історії розвитку в Україні техніки для переробки зернового корму в індивідуальних підсобних господарствах [Електронний ресурс] / Л.О. Сторожук // Історія науки і біографістика. – 2007. – Вип.1. – Режим доступу: <http://www.dnsgb.kiev.ua>. .

250. Сторожук Л.О. Еволюція створення машин з переробки зерна на корм в Україні: автореф. . дис...канд. істор. наук: спец. 07.00.07 «Історія науки і техніки» / Л.О. Сторожук. – К., 2007. – 24 с.

251. Сыроватка В.И. Автоматизированные установки для приготовления комбикормов / В.И. Сыроватка // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1997. - №10. - С. 10-13.

252. Сыроватка В.И. Исследование основных закономерностей процесса измельчения зерна в молотковой дробилке кормов: автореф. дис... канд. техн. наук: спец. 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» / В.И. Сыроватка. – М., 1964. – 36 с.

253. Сыроватка В.И. Перспективы производства комбикормов в хозяйствах / В.И. Сыроватка, А.С. Комарчук // Техника в сельском хозяйстве. - 2001. - №6. - С. 3-6.

254. Сыроватка В.И. Производство комбикормов в хозяйствах / В.И. Сыроватка, С.Г. Карташов. – М.: Росагропромиздат, 1991. – 39 с.

255. Сычугов Ю.В. Энергосберегающие технологические линии и технические средства для обработки продукции зерновых культур на северо-востоке европейской части Российской федерации : автореф. дис... докт. техн. наук: спец. 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» /Ю.В. Сычугов - Киров-2011. – 40 с.

256. Тепло- и массообмен. Теплотехнический эксперимент: справочник / Е.А. Аметистов, В.А. Григорьев, Б.Т. Емцев [и др.]; под общ. ред. В.А. Григорьева, В.М. Зорина. – М.: Энергоиздат, 1982. – 512 с.

257. Терещено М.А. Управління конкурентними перевагами підприємства на ринку комбікормової продукції: дис... канд. екон. наук: спец. 08.00.04 « Економіка та управління підприємствами (економіка сільського господарства і АПК) / М.А. Терещенко. – Мелітополь., 2007. – 188 с.

258. Технические средства автоматизации / И.А. Елизаров, Ю.Ф. Мартемьянов, А.Г. Схиртладзе, С.В. Фролов. - М.: Машиностроение-1, 2004. - 180 с.

259. Проектирование научных и инженерных приложений в среде «MATLAB»: труды всероссийской научной конференции. - М.: ИПУ РАН, 2002. – 842 с.

260. Тухтамишев Б.К. Автоматизированная поточная линия для производства сухофруктов / Б.К. Тухтамишев [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 2000. - №10. - С. 8-9.

261. Тютченко Ю.М. Ресурсозбереження у технологіях кормоприготування і годівлі свиней – головний фактор покращення конкурентоспроможності вітчизняного свинарства / Ю.М. Тютченко // Ефективне тваринництво. – 2011. - №1. – С. 4-6.

262. Україна у цифрах - 2010. Статистичний збірник / Держ. ком. статистики України ; ред. О.Г. Осауленка. – К.: Держаналітінформ, 2011 р. – 252 с.

263. Установка малогабаритная комбикормовая УМК-Ф-2 / сост. В.Г. Зацепин, В.Ф. Глазун, М.В. Коцар [и др.]; ред. В.И. Сидорова. - М.:

Инфоагротех, - 1990. – 48 с.

264. Федорейко С.В. Энергозберігаючі швидкісні режими сільськогосподарських технологій: автореф. дис... д-ра техн. наук: спец. 05.09.16 «Електротехнології та електрообладнання в агропромисловому комплексі» / С.В. Федорейко. – К., 2004. – 40 с.

265. Филиппс И. Системы управления с обратной связью / И. Филиппс, Р. Харббер. - М.: ЮНИМЕДИАСТАЙЛ, 2001. – 616 с.

266. Фишберн П. Теория полезности для принятия решений / П. Фишберн. – М.: Наука, 1978. – 352 с.

267. Фрайден Дж. Современные датчики: справочник/ Дж. Фрайден ; пер. с англ.- М.: Техносфера, 2005.-592с.

268. Фролькис В.А. Введение в теорию и методы оптимизации для экономистов / В.А. Фролькис. – СПб: Питер, 2002. – 320 с.

269. Фурман І.О. Програмовані логічні контролери: підручник для ВНЗ / І.О. Фурман; Мін. Освіти і науки України. – К.: [Б.в.], 2003. – 214 с.

270. Фурман И.А. Теоретические аспекты математического описания автоматизированного объекта на основе проекционно-градиентного метода./ И.А.Фурман, В.Т. Диордиев // Праці Таврійського державного агротехнічного університету. – Мелітополь, 2012. - Вип. 12, т.2. – С. 59-66.

271. Хабин В.А. Автоматизация технологических процессов в отрасли хлебопродуктов: состояние и перспективы / В.А. Хабин // Хранение и переработка зерна. - 2000. - №10. - С. 43-45.

272. Хлыстунов В.Ф. Интенсификация процесса приготовления кормосмесей для свиней горизонтально - шнековым порционным циркуляционным смесителем: автореф. дис... канд. техн. наук: спец. 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» / В.Ф. Хлыстунов. – Зерноград, 1984. – 16 с.

273. Храмцова Н.П. Обоснование параметра малогабаритного комбикормового агрегата: дис... канд. техн. наук: спец. 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» / Н.П. Храмцова. – Новосибирск., 2004. – 160 с.

274. Чаусов С.В. Обоснование энергосберегающих режимов работы силового электрооборудования малогабаритных комбикормовых агрегатов: дис. канд. техн. наук: спец. 05.09.16 / Чаусов Сергей Владимирович – Мелітополь, 2003. – 226с.

275. Червінський Л.С. Розвиток техніки для переробки зернового корму в індивідуальних підсобних господарствах в Україні / Л.С. Червінський., Л.О. Сторожук // Наук. вісник НАУ. – К., 2007. – № 115. – С. 112-117.

276. Черкун В.Я. Универсальный кормоприготовительный комплекс / В.Я.Черкун // Зоотехния. – 1990. - №1. – С. 71-75.

277. Черницкий В.И. Математическое моделирование стохастических систем / В.И. Черницкий.– Петрозаводск: Издательство Петрозаводского ун-та, 1994. – 200 с.

278. Чернышев В.О. АСУТП в промышленном животноводстве / В.О. Чернышев, Л.С. Лившиц – М.: Россельхозиздат, 1987. – 190 с.

279. Черняев Н.П. Производство комбикормов / Н.П. Черняев. – М.: Агропромиздат, 1989. – 227 с.
280. Шабашаевич М.Л Система автоматического управления измельчителями-смесителями для пищевой промышленности / М.Л. Шабашаевич [и др.] // Науч.-техн. сб. / ВНИИ молоч. пром-сти. - 1999. - Вып. 9. - С. 55-59.
281. Шатков А.П. Оборудование для производства комбикормов на крестьянских подворьях и общественных хозяйствах / А.П. Шатков // Достижения науки и техники АПК. - 2001. - №2. - С. 31-35.
282. Шишмарев В.Ю. Автоматизация технологических процессов: учеб. пособие/ В.Ю. Шишмарев.- М.: Академия,2005.-352с.
283. Шокин Ю.И. Интервальный анализ / Ю.И. Шокин. -Новосибирск: Наука, 1981.- 316 с.
284. Штайер Р. Многокритериальная оптимизация. Теория, вычисления и приложения / Р. Штайер; пер. с франц.; под ред. А.В. Лотова. – М.: Радио и связь, 1992. – 504 с.
285. Шугуров М.М. Этапы автоматизации машин и оборудования для животноводства и кормопроизводства / М.М. Шугуров, А.В. Федоров // Тракторы и сельхозмашины. - 1999. - №3. - С. 11-14.
286. Селезнев А.Д. Экологические и энергосберегающие технологии производства комбикормов в хозяйствах / А.Д. Селезнев, В.Н. Дашков, В.Н. Савиных // Хранение и переработка зерна – 2008. - №6 – С. 46-48.
287. Эмексузьян О. Как мы совершенствовали производство комбикормов / О. Эмексузьян // Комбикорма. – 2003. - №2. – С. 23-24.
288. Электроэнергетика Украины 2003: справочник. – К.: ЦОИ Энергобизнес, 2004. - 212 с.
289. Энергосбережение в Украине: справочник / ред. О.И. Гололобов.- К. : [Б.и.],2000.-252 с.
290. Эффективное энергоиспользование и альтернативная энергетика / А. Н.Криволапов , И. Классен, Э.П. Островский [и др.]; под ред. А.К. Шидловского. – К.: Українські енциклопедичні знання, 2000. - 290с.
291. Эффективное энергоиспользование и альтернативная энергетика / под ред. А.К. Шидловского. – К.: [Б.и.],2000. - 263 с.
292. Яковик М. Комбікорм у господарстві виготовляють на автомобілі / М. Яковик, Г. Палкін // Пропозиція. - 1999. - №10. - С. 50-51.
293. Ярославський О.М. Аналіз ринку комбікормів в Україні та перспективи його розвитку / О.М. Ярославський // Хранение и переработка зерна. - 2002. - №8. - С. 19-21.
294. Ясенецький В. Машини для приготування і роздавання кормів за рубежом / В. Ясенецький, М. Мечта // Пропозиція. - 1997. - №4. - С. 61-65.
295. Abb stotz – kontakt GmbH: Hauptkanalog 2004: Teib2: Installationagerate, 2004. – 336 s.
296. Artesyn: Power supply: HAND-DOOK. – Russia: prosoft, 1998. – 240 p.
297. Cofftan E.G. Operating System Theory / E.G. Cofftan, P.J. Denning. – Englewood Cliffs: Prentice – Hall, 1973. – 323 p.

298. Cruz I.B. Feedback systems / I.B. Cruz. – N.Y.: Mc.Graw – Hill Doak Cont – pany, 1982. – 327 p.
299. Guillaume Feuilleade. Spécification logique de réseaux de Petri (8.12. 2005)// <ftp://ftp.irisa.fr/>
300. Design – in reference manual. – USA: Analog Devices, 1998. – 2398 p.
301. Diordiev V. Automation of small-size feed-mix plants / V. Diordiev, A. Sabo, S. Chausov. // II nd Scientific conference on: Microprocessor systems in agriculture. – Plock: Politechnika Warszawska, 1997. – S. 12-13.
302. Diordiev V. Software elaboration principles for small-sized feed-mix plants control systems / V. Diordiev, A. Loboda, S. Chausov // IV International scientific conference on: Microprocessor systems in agriculture. – Plock: Politechnika Warszawska, 2001. – S. 26-28.
303. Fuller W.A. Measurement error models / W.A. Fuller. – N.Y.: Wiley, 1997. – 440 p.
304. Hoffman J. MATHLAB und SIMULINK. Beispielerorientierte dynamische Systeme / J. Hoffman. - Longman, 1998. – 505 p.
305. Key World Energy Statistics from the IEA. - Paris: International Energy Agency, 2003.- 75 p.
306. Lutz H. Taschen buch der Regelungstechnik / H. Lutz, W. Wendt. - Tun and Frankfurt am Main: Verlag Herry Deutsh, 2000. – 1148 s.
307. Microsoft MS – DOS. Version 5.0: Users Guide and Referens. - USA: SIDUS, 2003. – 668 p.
308. Ogata K. Solving control engineering problems series / K. Ogata. - Englewood clifs: N.Y. Prentice Hall, 1994. – 359 p.
309. Regulator mikroprocesorowy EFTTRONIK XS typ U 498: Dokumentacja Techniczna – Ruchoma DTR U 498 – 02. – Warszawa: MERA – PNEFAT, ZAKLAD ELEMENTOW AUTOMATYKI, 1997. – 76 s.
310. Robust estimates of location / D.F. Andrews, P.J. Bickel, F.R. Hampel, P. J. Huber, W.H. Rogers, J.W. Tukey. – N.Y.: Princeton Univ. Press, 1972. – 416 p.
311. Schneeweib H. Lineare Modelle mit fehler behafteten Daten / H. Schneeweib, H – J. Mittag– Heidelberg. – Wcen: Pusica – Verlag, 1986. – 504 p.
312. Siemens Micromasters 440 (Vector): katalog DA51.2.2001. – Warszawa: Siemens Sp. Z.0.0.,2001. – 21 s.
313. Siemens: Niederspannungs – Schalttechnik: katalog NSK 10/2001. – Shaltgerats, 2001. –2638 s.
314. Simovert: masterdrives source converters for 3 – fase Drive Systems GSE70 – 2.2 kWt: katalog D.A.65.1. – 1999. –164 s.
315. Sophie Pinchinat. Spécification logique de réseaux de Petri (2006-04-04) // <http://www.irisa.fr/>

ПРИЛОЖЕНИЯ
ПРИЛОЖЕНИЕ А.

А1. Акты внедрения. Патенты.

А.2. Основные системные характеристики существующих
малогабаритных комбикормовых установок

ЗАТВЕРДЖУЮ

Ректор ТДАТУ

проф. Кюрчев В.М.

«21» грудня 2010 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

ТОВ "Агропромислова компанія"

Зам. директора

Белинський Г.А.

«21» грудня 2010 р.

АКТ

про проведення експериментальних досліджень

Ми, що підписалися нижче, начальник комбікормового цеху №2 ЗАТ «Агропромислова компанія» (Запорізька обл., м. Мелітополь) Панасенко В.В., завідуючий кафедрою автоматизації сільськогосподарського виробництва Таврійського державного агротехнологічного університету (ТДАТУ) професор, к.т.н. Діордієв В.Т., та здобувач Кашкар'єв А.О. склали цей акт про те, що на базі комбікормового цеху №2 ТОВ «Агропромислова компанія» були проведені експериментальні дослідження процесу виробництва комбікормів на автоматизованому технологічному комплексі середньої продуктивності. Дослідження виконувались у жовтні 2010 року.

Виконані дослідження дозволять підвищити якість розсипних комбікормів, за рахунок попередження аварійного режиму роботи технологічного обладнання та елементів технологічного комплексу, а саме: транспортне обладнання (шнек, норія, вимірювальні перетворювачі рівня), електрифіковані засувки та шибери.

Економічний ефект може бути отримано за рахунок моніторингу стану технологічного процесу та технологічного комплексу, попередження аварійної ситуації, зменшення часу реагування на несправність обладнання.

Представники ТДАТУ

Керівник НДР:



В.Т. Діордієв

Здобувач:

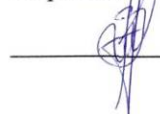


А.О. Кашкар'єв

Представники ТОВ

«Агропромислова компанія»

Керівник комбікормового цеху №2



В.В. Панасенко

ЗАТВЕРДЖУЮ

Ректор ТДАТУ

проф. Кюрчев В.М.

«21» грудня 2010 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

ТОВ "Агропромислова компанія"

Зам. директора

Белинський Г.А.

«21» грудня 2010 р.

АКТ

про упровадження результатів науково-дослідницьких,
дослідно-конструкторських та технологічних робіт

Ми, що підписалися нижче, представники ТОВ «Агропромислова компанія» (Запорізька обл., м. Мелітополь): Панасенко В.В. – начальник комбікормового цеху №2

(прізвище, ім'я, по батькові, посада)

та представники Таврійського державного агротехнологічного університету (ТДАТУ): Діордієв В.Т. – професор, к.т.н., завідуючий кафедрою автоматизації сільськогосподарського виробництва; Кашкарьов А.О. – здобувач

(прізвище, ім'я, по батькові, посада)

цим актом підтверджуємо те, що результати науково-дослідницької роботи ТДАТУ за Програмою 1. "Розробка наукових основ, систем, технологій і технічних засобів для забезпечення продовольчої безпеки південного регіону України", Підпрограмою 1.7. "Автоматизація технологічних процесів в АПК", напрямком 1.7.1. "АСУТП малогабаритних комбікормових установок" упроваджено у ТОВ «Агропромислова компанія».

(найменування організації, підприємства, установи)

Вид впроваджених результатів: сервісні функції автоматизованої системи керування технологічним комплексом (ТК) виробництва комбікормів, на основі

(найменування машин, процесу пристрою)

тривалості роботи технологічних машин та часу спрацювання датчиків.

Форма впроваджених результатів: методика оцінки часових діаграм виконавчих механізмів та датчиків, таблиці еталонного часу роботи елементів ТК, наочна інформація.

(методика, метод)

Новизна результатів науково-дослідницької роботи: спрощена методика ідентифікації режиму роботи елементів ТК та стану технологічного процесу.

(принципово нові, якісно нові, модифікації, модернізація старих розробок)

Економічний ефект:

очікуваний:	21 т/рік	2500 грн/рік
-------------	----------	--------------

фактичний:	0,5 т/місяць	150 грн/місяць
------------	--------------	----------------

Об'єм впровадження: жовтень – грудень 2010 року

Представники ТДАТУ

Керівник НДР:

В.Т. Діордієв

Здобувач:

А.О. Кашкарьов

Представники ТОВ

«Агропромислова компанія»

Керівник комбікормового цеху №2

В.В. Панасенко

ЗАТВЕРДЖУЮ

Ректор ТДАТУ

проф. Кюрчев В.М.

«2» 02 2010 р.

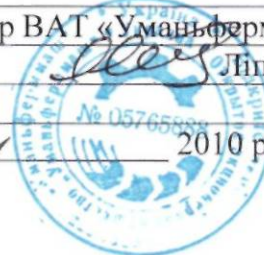


ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ВАТ «Уманьферммаш»

Ліпкан А.В.

«29» 01 2010 р.



АКТ

**упровадження результатів науково-дослідницьких,
дослідно-конструкторських та технологічних робіт**

«__» _____ 2010 р.

Ми, що підписалися нижче, представники Таврійського державного агротехнологічного університету (ТДАТУ):

Діордієв В.Т. – професор, к.т.н., завідувач кафедри автоматизації сільськогосподарського виробництва; Лобода О.І. – інженер;

(прізвище, ім'я, по батькові, посада)

Гомонець О.П. – інженер; Кашкар'юв А.О. – здобувач

та представники ВАТ «Уманьферммаш» (Черкаська область, м. Умань)

Ліпкан А.В. – директор

(прізвище, ім'я, по батькові, посада)

С.П. Жорницький – головний інженер; М.М. Гришак – гол. енергетик

В.В. Бакшаєва – головний бухгалтер

склали даний акт про те, що результати науково-дослідницької роботи ТДАТУ за Програмою 1. Розробка наукових основ, систем, технологій і технічних засобів для забезпечення продовольчої безпеки південного регіону України, Підпрограмою 1.7. Автоматизація технологічних процесів в АПК, напрямком 1.7.1. АСУПІ малогабаритних комбікормових установок,

передані ВАТ «Уманьферммаш» з метою використання їх при розробці нових зразків малогабаритних комбікормових установок та систем керування ними.

(найменування організації, підприємства, установи)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Ректор Таврійського державного
агротехнологічного університету

проф. Кюрчев В.М.

2012 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова правління

ПрАТ "Сімферопольський ремонтно-
механічний завод"

Лавренюк М.А.

«10» квітня 2012 р.

АКТ**упровадження результатів науково-дослідницьких,
дослідно-конструкторських та технологічних робіт**

«10» квітня 2012 р.

Ми, що підписалися нижче, представники Таврійського державного
агротехнологічного університету (ТДАТУ):

Діордієв В.Т. – професор, к.т.н., завідувач кафедри автоматизації сіль-
ськогосподарського виробництва; Лобода О.І., Кашкарьов А.О. – інженери

(прізвище, ім'я, по батькові, посада)

та представники ПрАТ "Сімферопольський ремонтно-механічний завод"
(м. Сімферополь, АР Крим) Лавренюк М.А. – голова правління;

(прізвище, ім'я, по батькові, посада)

Козін С.С. – начальник технічного відділу;

Саєнко В.М. – головний інженер

склали даний акт про те, що результати науково-технічної програми №1
ТДАТУ на 2007-2010 роки (державний реєстраційний номер 0102V000678)
"Розробка наукових основ систем технологій і технічних засобів для забез-
печення продовольчої безпеки Південного регіону України" (напрямок
1.7.1. "АСУ ТП малогабаритних комбікормових установок") та проміжні
результати науково-дослідної роботи "Автоматизація технологічних про-
цесів виробництва та переробки продукції сільського господарства"
(№ ДР 0111U002548, 2011-2015 р.),

передані ПрАТ "Сімферопольський ремонтно-механічний завод" з метою
їх використання при розробці нових зразків технологічних комплексів ви-
робництва комбікормів та систем керування ними.

(найменування організації, підприємства, установи)

Передано: пакет документів щодо автоматизації технологічних ком-
плексів виробництва комбікормів за умовами господарств, методів проек-
тування АСУ технологічним процесом виробництва комбікорму, алгори-
тми підвищення інформативності та програмне забезпечення, проект техні-
чного рішення системи знезараження комбікорму в електромагнітному по-
лі надвисокої частоти.

(найменування машин, процесу, пристрою)

УКРАЇНА

UKRAINE



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 30697

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ОБРОБКИ ЗЕРНА УЛЬТРАЗВУКОМ У ПОТОЦІ

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі **11 березня 2008 р.**

Голова Державного департаменту
інтелектуальної власності

М.В. Паладій





УКРАЇНА

(19) UA (11) 30697 (13) U
(51) МПК (2006)
B02B 1/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ОБРОБКИ ЗЕРНА УЛЬТРАЗВУКОМ У ПОТОЦІ

1

2

(21) u200711839

(22) 26.10.2007

(24) 11.03.2008

(72) ДІОРДІЄВ ВОЛОДИМИР ТРИФОНОВИЧ, UA,
КАШКАРЬОВ АНТОН ОЛЕКСАНДРОВИЧ, UA

(73) ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНО-
ЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, UA

(57) Пристрій для обробки зерна ультразвуком у потоці, що містить корпус, всередині якого розташований розподільник потоку у вигляді конуса, ультразвуковий генератор і підсилювач коливань, який відрізняється тим, що розподільник потоку має у своїй основі увігнуті лінзи, розташовані на протилежних підсилювача коливань.

Корисна модель відноситься до кормоприготування і може бути використана у комбікормовій промисловості та при передпосівній обробки зерна.

Відомий пристрій для попередньої обробки зерна [Патент № 58596. Дата публікації 17.06.2002. Спосіб подрібнення зерна молотковою дробаркою та установка для його здійснення], який містить корпус, усередині якого розташований розподільник потоку у вигляді конуса, ультразвукова колонка з генератором і підсилювач коливань. Недоліком пристрою є форма розподільника потоку, яка значно знижує ефективність обробки зерна.

Задачею запропонованої моделі є удосконалення конструкції розподільника потоку з метою підвищення ефективності обробки зерна.

Поставлена задача вирішується тим, що у пристрої для обробки зерна ультразвуком у потоці, що містить корпус, усередині якого розташований розподільник потоку у вигляді конуса, ультразвуковий генератор і підсилювач коливань. Відповідно до запропонованої корисної моделі, в основі роз-

подільника потоку встановлені увігнуті лінзи, які розташовані на протилежних підсилювача коливань.

В результаті удосконалення розподільника потоку лінзи фокусують розсіяну енергію ультразвукового поля на шляху потоку зерна. Завдяки цьому обробка зерна здійснюється сфокусованою енергією ультразвукового поля, яка розсіюється, що підвищує ефективність його обробки.

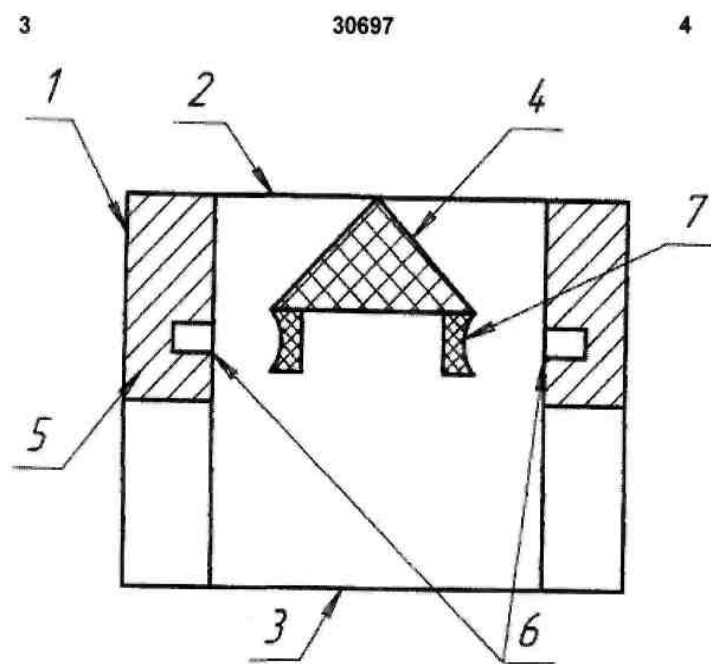
На кресленні (Фіг.1) зображена схема запропонованої корисної моделі.

Установка включає корпус 1, вхідний 2 та вихідний 3 отвори, розподільник потоку 4, генератор ультразвуку 5, підсилювач коливань 6 та увігнуті лінзи 7.

Процес обробки зерна здійснюється таким чином.

Зерно через вхідний отвір 2 поступає на розподільник потоку 4, спрямовується на стінки корпусу 1 і потрапляє під дію ультразвукового поля, створюваного генератором 5, підсилювачем коливань 6 та поля сфокусованого увігнутими лінзами 7, після чого виходить через вихідний отвір 3.

(19) UA (11) 30697 (13) U



Комп'ютерна верстка Л.Литвиненко

Підписне

Тираж 26 прим.

Міністерство освіти і науки України

Державний департамент інтелектуальної власності, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601



(11) **54511**(19) **UA**(51) МПК (2009)
A23N 17/00
G06Q 10/00

(21) Номер заявки:	u 2010 06332	(72) Винахідники:
(22) Дата подання заявки:	25.05.2010	Діордієв Володимир
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель:	10.11.2010	Трифонович, UA,
		Кашкарьов Антон
		Олександрович, UA
(46) Дата публікації відомостей про видачу патенту та номер бюлетеня:	10.11.2010, Бюл. № 21	(73) Власник:
		ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,
		пр. Б. Хмельницького, 18, м.
		Мелітополь, Запорізька обл. ,
		72312, UA

(54) Назва корисної моделі:

СПОСІБ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ВИРОБНИЦТВА КОМБІКОРМУ

(57) Формула корисної моделі:

Спосіб автоматизованого керування технологічним процесом виробництва комбікорму, який включає централізований мікропроцесорний засіб керування, котрий виконує функції збору і обробки вхідної інформації, генерацію керуючих впливів, зберігання інформації, який відрізняється тим, що послідовність спрацювань виконавчих механізмів та етапів технологічного процесу задається відповідно до багаторівневої структурованої мережі Петрі, інформація про час спрацювання вимірювальних пристроїв зберігається у матрицях інцидентності зазначеної мережі, оцінка часу спрацювань виконавчих механізмів та вимірювальних пристроїв виконується математичним апаратом гармонійного аналізу, корегування параметрів та настроювань мікропроцесорного засобу керування відповідає результатам аналізу матриць інцидентності багаторівневої структурованої мережі Петрі та навантажувальних діаграм електродвигунного приводу технологічного обладнання.



УКРАЇНА

(19) UA (11) 54511 (13) U
(51) МПК (2009)
A23N 17/00
G06Q 10/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ВИРОБНИЦТВА КОМБІКОРМУ

1

2

(21) u201006332

(22) 25.05.2010

(24) 10.11.2010

(46) 10.11.2010, Бюл. № 21, 2010 р.

(72) ДЮРДІЄВ ВОЛОДИМИР ТРИФОНОВИЧ, КАШКАРЬОВ АНТОН ОЛЕКСАНДРОВИЧ

(73) ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(57) Спосіб автоматизованого керування технологічним процесом виробництва комбікорму, який включає централізований мікропроцесорний засіб керування, котрий виконує функції збору і обробки вхідної інформації, генерацію керуючих впливів, зберігання інформації, який відрізняється тим,

що послідовність спрацювань виконавчих механізмів та етапів технологічного процесу задається відповідно до багаторівневої структурованої мережі Петрі, інформація про час спрацювання вимірювальних пристроїв зберігається у матрицях інцидентності зазначеної мережі, оцінка часу спрацювань виконавчих механізмів та вимірювальних пристроїв виконується математичним апаратом гармонійного аналізу, корегування параметрів та настроювань мікропроцесорного засобу керування відповідає результатам аналізу матриць інцидентності багаторівневої структурованої мережі Петрі та навантажувальних діаграм електродвигунного приводу технологічного обладнання.

Корисна модель відноситься до автоматизації технологічних процесів і може бути використана при автоматизації процесу виробництва комбікорму на технологічних комплексах малої та середньої продуктивності.

Відомий спосіб керування виробництвом комбікорму [Пат. 2278527-С1 Российская федерация МПК A23N 17/00. - Способ управления процессом приготовления комбикорма. - Бюллетень. - 2006. - №18], який складається із змішування розсипного комбікорму з гарячими гранулами, витримки рухомого шару отриманої суміші в охолоджувачах, які працюють у режимах конденсації і регенерації, подрібнення, фракціонування гранул, з наступним їх покриттям шаром жиру, з одночасним вимірюванням витрати розсипного комбікорму, витрати і температури гранул, витрати і тиску пари на етапі гранулювання та витрати і температури повітря при охолодженні гранул. Недоліком даного способу вважаємо жорсткість алгоритму початку роботи технологічних машин, наявність вимірювальних пристроїв дублюючих інформацію, опис технологічного процесу не пристосовано до реалізації інструментами мікропроцесорних засобів керування, розгалуженість технологічної лінії, насиченість процесу виробництва правилами та використання традиційного підходу розробки автоматизованої системи керування робить її жорсткою, що виклю-

чає її серійність, можливість зниження витрат на етапі розробки аналогічних систем та ускладнює її обслуговування і модернізацію.

Також відомий спосіб і система модифікації об'єктно-орієнтованих програм для керування автоматизованим устаткуванням [Пат. FR 2858436 A1 Республіка Франція МПК G06F 9/44. - Procédé et système pour modifier un programme orienté objet en cours d'exécution. - Бюллетень. - 2005. - № 5], який складається з проміжного коду програмного забезпечення, котрий може бути перетворений у код виконавчої машини під час виконання алгоритму обробки даних за допомогою генерації тимчасового зміненого програмного коду, його порівняння із початковим кодом і включення змін під час її роботи. Недоліком даного способу є непристосованість до автоматизованої системи керування технологічними процесами, що виражається необхідністю створення додаткових інтерфейсів між об'єктами. Крім того, у випадку комплексів виробництва комбікорму малої та середньої продуктивності, що характеризуються малою кількістю однотипного дискретного обладнання, об'єктно-орієнтований підхід втрачає свою ефективність.

Найбільш близьким за технічною сутністю до заявленого способу обрано автоматизовану систему керування технологічним процесом виробництва комбікорму, яка включає централізований

(19) UA (11) 54511 (13) U

мікропроцесорний засіб керування котрий виконує функції збору і обробки вхідної інформації, генерації керуючих впливів та зберігання інформації [Виктор Букреев, Николай Гусев, Михаил Нечаев и др. АСУ ТП производства комбикормов на базе контроллера Fastwel RTU188-BS. СТА №2, 2006. - С. 74-79].

Недоліком автоматизованої системи керування прототипу є жорсткість програмного забезпечення, складність корегування системи керування та модернізації програмного забезпечення відповідно до удосконалення технологічної схеми, невикористана можливість підвищення інформативності вимірювальних пристроїв та розширення переліку сервісних функцій системи керування.

В основу заявленого способу поставлена задача розробки гнучкої автоматизованої системи керування технологічним процесом виробництва комбикорму на базі мікропроцесорних засобів автоматизації з універсальним алгоритмічним забезпеченням, що дозволить гнучко керувати послідовністю спрацювань виконавчих механізмів та етапами технологічного процесу, підвищити інформативність вимірювальних пристроїв, ідентифікувати аварійні режими роботи технологічного обладнання, підвищити надійність технологічного комплексу та системи керування і розширити перелік сервісних функцій.

Поставлена задача досягається за рахунок того, що спосіб автоматизованого керування технологічним процесом виробництва комбикорму, який складається з централізованого мікропроцесорного засобу керування, котрий виконує функції збору і обробки вхідної інформації, генерації керуючих впливів, зберігання інформації, який відрізняється тим, що послідовність спрацювань виконавчих механізмів та етапів технологічного процесу задається відповідно до багаторівневої структурованої мережі Петрі, інформація про час спрацювання вимірювальних пристроїв зберігається у матрицях інцидентності зазначеної мережі, оцінка часу спрацювань виконавчих механізмів та вимірювальних пристроїв виконується математичним апаратом гармонійного аналізу, корегування параметрів та настроювань мікропроцесорного засобу керування відповідає результатам аналізу матриць інцидентності багаторівневої структурованої мережі Петрі та навантажувальних діаграм електродвигунного приводу технологічного обладнання.

Послідовність спрацювань виконавчих механізмів та етапів технологічного процесу згідно заявленого способу задається відповідно до багаторівневої структурованої мережі Петрі і забезпечує можливість розробки гнучкої автоматизованої системи керування технологічним процесом виробництва комбикорму на базі мікропроцесорних засобів автоматизації з універсальним алгоритмічним забезпеченням, що дозволить гнучко керувати послідовністю спрацювань виконавчих механізмів та етапами технологічного процесу.

Зберігання інформації про час спрацювання вимірювальних пристроїв та виконавчих механізмів у матрицях інцидентності мережі Петрі дозволяє реалізувати алгоритми підвищення інформативності вимірювальних пристроїв.

Здійснення оцінки часу спрацювань виконавчих механізмів та вимірювальних пристроїв математичним апаратом гармонійного аналізу також дозволяє підвищити інформативність вимірювальних пристроїв та ідентифікувати аварійні режими роботи технологічного обладнання.

Корегування параметрів та настроювань мікропроцесорного засобу керування, котре відповідає результатам аналізу матриць інцидентності багаторівневої структурованої мережі Петрі та навантажувальних діаграм електродвигунного приводу технологічного обладнання, дозволить підвищити надійність технологічного комплексу, системи керування ним та розширити перелік сервісних функцій.

Таким чином, запропонований спосіб забезпечує можливість розробки гнучкої автоматизованої системи керування технологічним процесом виробництва комбикорму на базі мікропроцесорних засобів автоматизації з універсальним алгоритмічним забезпеченням.

Технічна сутність і принцип дії запропонованого способу пояснюється графічним матеріалом:

на фіг. 1. - технологічна схема комплексу виробництва комбикорму;

на фіг. 2. - багаторівнева структурована мережа Петрі. Модель технологічної схеми комплексу виробництва комбикорму;

на фіг. 3. - підвищення інформативності вимірювальних пристроїв (оцінка часу спрацювань виконавчих механізмів та вимірювальних пристроїв);

на фіг. 4. - підвищення інформативності вимірювальних пристроїв (аналіз навантажувальних діаграм приводних електродвигунів).

Технологічний комплекс, на прикладі якого пояснюється спосіб, складається з завантажувальних транспортерів 1 та 2, засувки 3 та 4, двох бункерів початкових компонентів 5 та 6, дозаторів 7 та 8, дробарки 9, змішувача 10 та вивантажувального транспортеру 11.

Багаторівнева структурована мережа Петрі, котра складена відповідно до власних правил, яка відповідає прийнятому зразку, складається з двох рівнів. Перший рівень визначає послідовність технологічних операцій, який містить складені переходи, розкрита множина яких представляє другий рівень - рівень операцій. Топологією першого рівня визначається послідовність технологічних операцій, в яких комбикорм або компонент комбикорму транспортується на тривале або тимчасове зберігання чи проходить певні етапи зміни фізико-хімічних властивостей. Топологією другого рівня визначається послідовність операцій, які вимагають введення додаткових даних оператором, пуску і поточної роботи виконавчих механізмів та контролю стану вимірювальних пристроїв.

Алгоритм оцінки часу спрацювань виконавчих механізмів та вимірювальних пристроїв складається з таких блоків: початок роботи алгоритму 1, виконання процедури отримання номеру вимірювального пристрою 2, перевірка правильності отриманих даних 3, 4 процедура звернення до блоку 5 для отримання еталонних значень часу спрацювань $x_{\text{ет}}$ та розрахункової похибки $\delta_{\text{ет}}$, 6

процедура отримання дозволу відліку з логічною перевіркою у блоці 7, ініціалізація змінної часу відліку $x_{\text{всп}}$ у блоці 8 з наступним очікуванням 9, блоки сервісних повідомлень 10-13, блоки порівнянь поточних і експертних даних 14-17 з можливістю подальшого аналізу у блоках 18 та 19 та оцінкою розрахункових даних 20, блоки повідомлень 21 та 22, інтерфейсу експерту або користувача 23, блок закінчення алгоритму 24.

Алгоритм аналізу навантажувальних діаграм складається з таких блоків: 30 початок виконання алгоритму, 31 блок вибору машини з електродвигунним приводом та ініціалізації уставок і тривалості діаграми, 32 блок поєднання бази експертних даних 33 з вхідною інформацією, логічний блок перевірки роботи відповідної машини 34 з блоком повідомлення 35, 36 блок отримання навантажувальної діаграми, блок 37 обчислення отриманих даних та їх аналізу у блоці 38, блок 39 накопичення уставки, порівняння експертних та практичних значень уставок 40 з можливістю повтору алгоритму 41 та блоку 42 закінчення виконання алгоритму.

Спосіб керування реалізується за наступними принципами.

Відповідно до прийнятої технологічної схеми комплексу виробництва комбікорму експертом складається багаторівнева структурована мережа Петрі за концепцією, яка описана вище. З урахуванням математичного апарату мереж Петрі та рівня деталізації програмного забезпечення топологія обох рівнів структурованих мереж може змінюватись з огляду на технологічну схему комплексу виробництва комбікорму.

Згідно з правилами будови мережі Петрі, будуються матриці інцедентності, відповідно до прикладу (1-й рівень):

	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6
P_1	1			1		
P_2	1					
P_3		1				
P_4				1		
P_5			1			
P_6					1	
P_7					1	
P_8						1

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
t_1			1					
t_2	1	1				1		
t_3	1			1			1	
t_4					1			
t_5								1
t_6								

Під час складання мережі визначаються вузли програмної генерації маркерів та які генеруються за правилами спрацювань мережі Петрі. Останні вузли здійснюють поточне керування технологічним процесом та інформують про його поточний етап. Вузли з програмною генерацією маркерів потрібні для синхронізації паралельних процесів або дозволу на виконання відповідного етапу тех-

нологічного процесу.

У випадку, коли кожний вхід будь-якого переходу 1-го рівня має у своєму складі маркер, здійснюється звернення до відповідної послідовності функцій моделі 2-го рівня, яка складається з нерозгалужених мереж, які мають матриці інцедентності з значенням «1» по головній діагоналі:

	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
t_1		1			
t_2			1		
t_3				1	
t_4					1

	t_1	t_2	t_3	t_4
P_1	1			
P_2		1		
P_3			1	
P_4				1
P_5				

Після виконання послідовності функцій мережі 2-го рівня маркер передається далі відповідно до розмітки 1-го рівня з відповідною індикацією на засобах візуалізації. Необхідно зазначити, що запропонований спосіб тільки координує послідовність реалізації функцій, які можуть складатись з традиційних алгоритмів керування певним технологічним обладнанням.

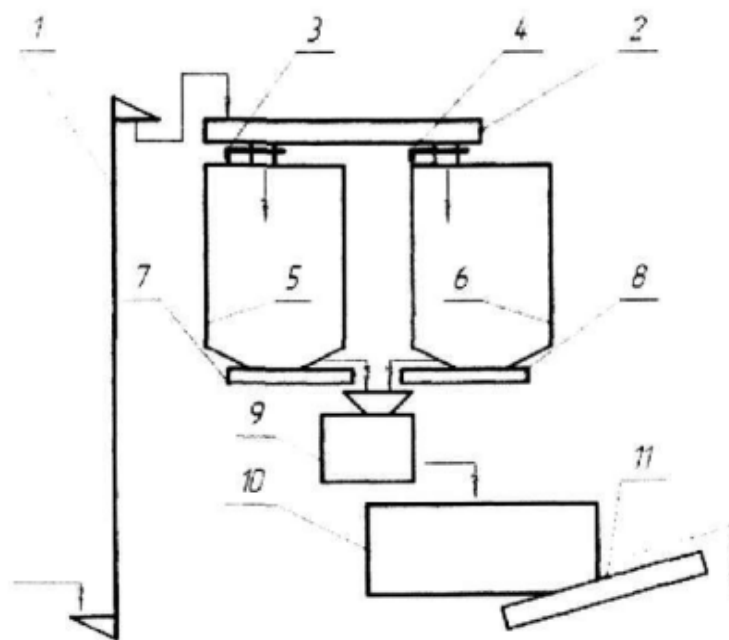
Поточні дані про тривалість спрацювань переходів кожного рівня зберігаються у відповідних матрицях інцедентності. В результаті уведення конструктивних даних технологічного обладнання, за допомогою програмного забезпечення, розраховуються матриці інцедентності еталонної моделі, в якій містяться розрахункові дані тривалості спрацювань виконавчих механізмів, вимірювальних пристроїв та їх похибки, і яка входить до бази експертних даних. При цьому, наявність одиниці у певній комірці матриці свідчить про прив'язку відповідного масиву даних.

Підвищення інформативності вимірювальних пристроїв за рахунок оцінки часу їх спрацювань та спрацювань виконавчих механізмів виконується у визначеній послідовності (фіг. 3.). Відповідно до етапів технологічного процесу, описаних мережею 2-го рівня, та необхідності контролю показань вимірювального пристрою здійснюється його вибір у блоці 2. Після чого з бази експертних даних 5 надходить інформація про еталонні данні $x_{\text{ет}}$ та розрахункові похибки 8 (блок 4), а також ініціалізується змінна часу $x_{\text{всп}}$ (блок 8), яка накопичується та порівнюється у блоці 9, котрий направляє подальші дії в залежності від стану вимірювального пристрою та величини $x_{\text{всп}}$ за допомогою логічних блоків 14-17 та відповідних повідомлень 10-13 за допомогою інтерфейсу експерта або користувача 23. У випадку спрацювання вимірювального пристрою у межах допустимих значень виконується аналіз отриманої інформації за допомогою дискретного перетворення Фур'є (блок 18, 19), що дозволяє визначити статистичну значущість відхилень (20) та ідентифікувати зміну режиму роботи виконавчого механізму або самого вимірювального

пристрою (21, 22) з індикацією на інтерфейсу експерта або користувача 23.

Підвищення інформативності вимірювальних пристроїв за допомогою аналізу навантажувальних діаграм приводних електродвигунів виконується за спрощеним алгоритмом (фіг. 4). Відповідно до етапів технологічного процесу, описаних мережею 2-го рівня, на ділянках транспортування, дозування та переробки компонентів комбікорму або готової комбікормової суміші здійснюється вибір машини у блоці 31 з визначенням накопиченої уставки $S_{уст}$, тривалості ділянки навантажувальної діаграми t_{var} та ініціалізації тимчасової змінної уставки $S'_{уст}$. За обраною машиною з бази експертних даних 33 до блоку 32 надається інформація про навантажувальну діаграму обраної машини у

режимі холостого ходу у вигляді неперервної функції $f_x(t)$. Одночасно з увімкненням відповідного приводу технологічної машини (34) ініціалізується змінна початку відліку t_{start} . У блоці 36 виконується реєстрація даних за інтервал часу t_{var} , по закінченню якого у блоці 37 за допомогою дискретного перетворення Фур'є формується неперервна функція $f_{temp}(t)$ в інтервалі $[t_{start}; t_{var}]$ з подальшим обчисленням у блоці 38 величини уставки S_{temp} на заданому інтервалі, як різниці площ визначених інтегралів функцій отриманої навантажувальної діаграми $f_{temp}(t)$ та $f_x(t)$. У блоці 39 отримане значення S_{temp} додається до $S'_{уст}$ і порівнюється з $S_{уст}$ (40). При приблизно рівному значенні уставок виконання алгоритму припиняється.

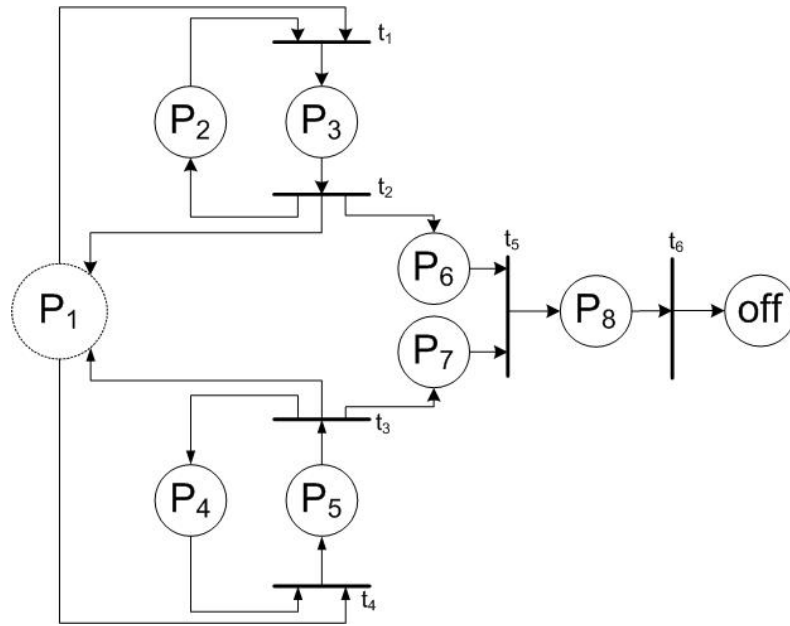


Фіг. 1

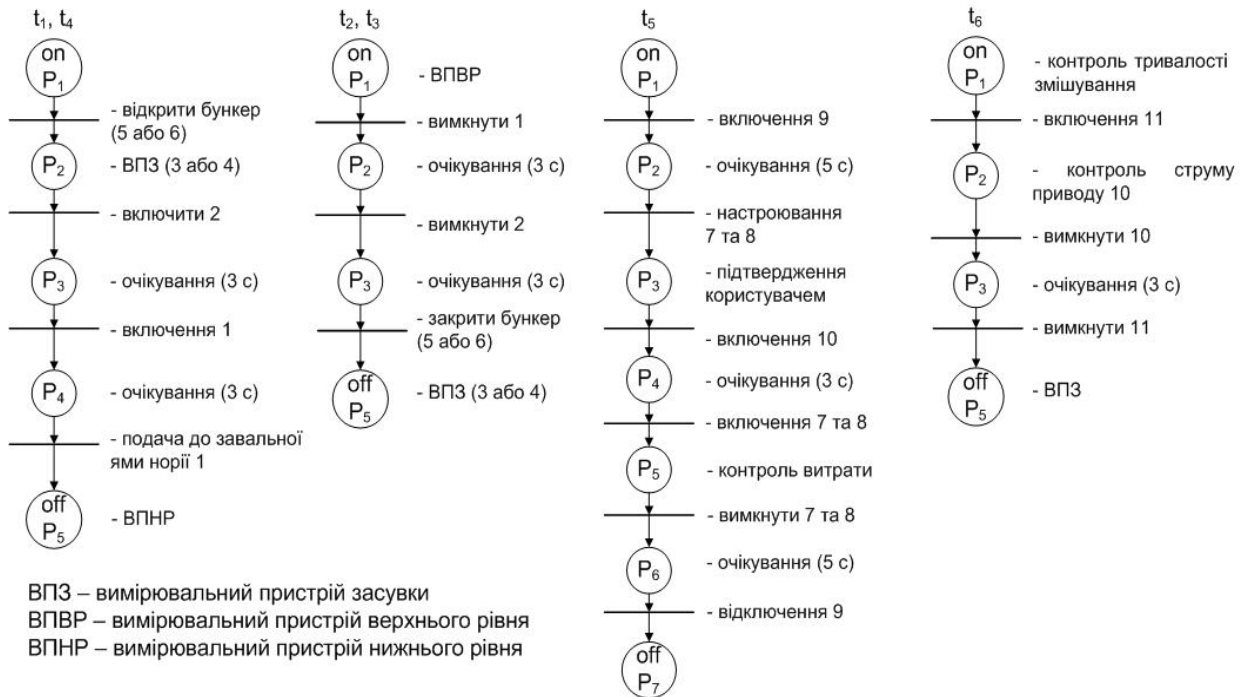
9

54511

10



1-й рівень



ВПЗ – вимірювальний пристрій засувки
 ВПВР – вимірювальний пристрій верхнього рівня
 ВПНР – вимірювальний пристрій нижнього рівня

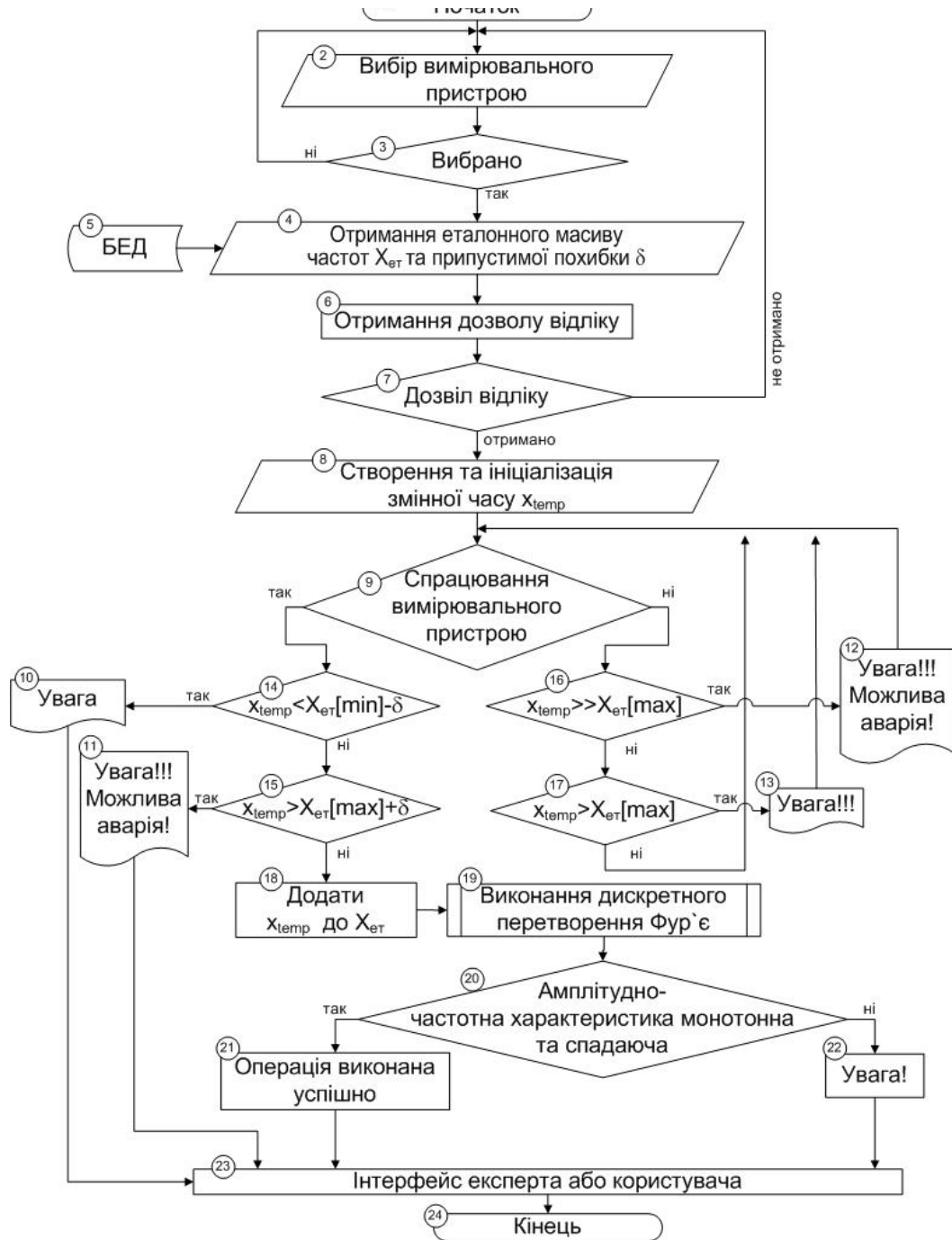
2-й рівень

Фіг. 2.

11

54511

12

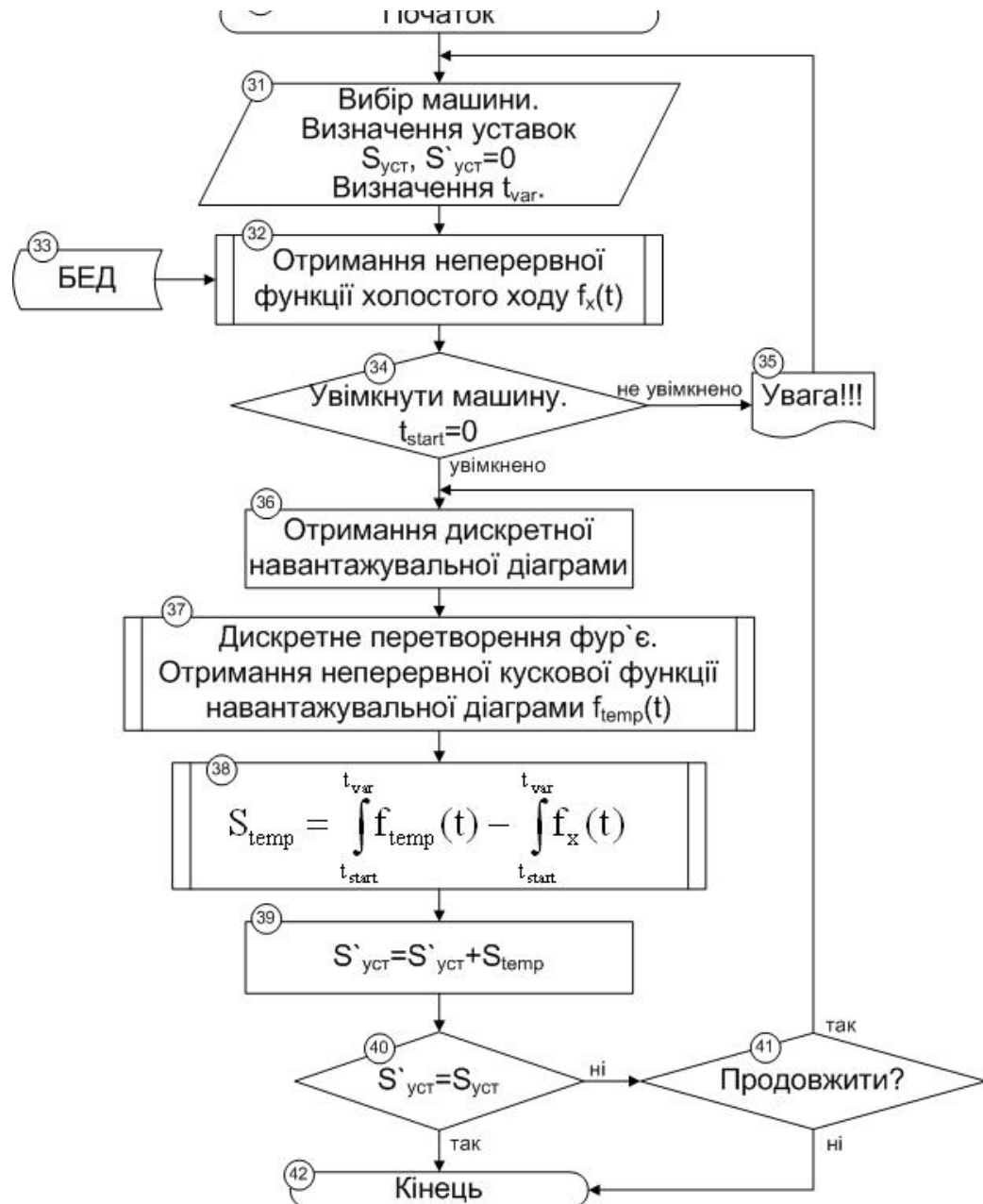


Фіг. 3.

13

54511

14



Фіг. 4.

УКРАЇНА

UKRAINE



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 32568

**ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ КОМБІКОРМІВ ТА
ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ У ПОЛІ НВЧ**

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 26 травня 2008 р.

Голова Державного департаменту
інтелектуальної власності

М.В. Паладій





УКРАЇНА
Міністерство освіти і науки України
Державний департамент інтелектуальної власності

СВІДОЦТВО
про реєстрацію авторського права на твір

№ 36841

Комп'ютерна програма "MiniAPCSCombi"
(вид, назва службового твору)

Автор(и) Діордієв Володимир Трифонович, Кашкарьов Антон Олександрович
(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Авторські майнові права належать Таврійський державний агротехнологічний університет, пр-т Б. Хмельницького, 18, м. Мелітополь, Запорізька обл., 72312
(повне ім'я фізичної та/або повне офіційне найменування юридичної особи, адреса)

Дата реєстрації 08.02.2011

Голова Державного департаменту інтелектуальної власності

 М.В.Паладій

**А2. Основные системные характеристики существующих
малогабаритных комбикормовых установок**

Промышленное производство оборудования для производства комбикормов имеет широкий спектр малогабаритных комбикормовых установок (МКУ), основные технические характеристики которых приведены в табл. 1.2.

Как следует из табл. 1.2, на Украине довольно хорошо освоено производство малогабаритных комбикормовых агрегатов, таких как УМК-Ф-2, АКМ-1 "Харьковчанка", БМКА-1 и др. Одним из наиболее распространенных в стране малогабаритным агрегатом создана НПО «Ферммаш» установка УМК-Ф-2. Она состоит из сблокированных в одном корпусе наддозаторных бункеров для пяти компонентов, шнековых питателей, дробилки-смесителя с кольцевым решетом, нижнего шнека-смесителя и системы автоматического управления. Данный комбикормовый агрегат предназначен для приготовления в хозяйствах, на животноводческих фермах и комплексах рассыпных комбикормов из собственного сырья (зернофураж, гранулированная травяная мука) и белково-витаминных добавок (БВД) промышленного производства. Агрегат обеспечивает прием сырья с автотранспорта (или склада), накопление его оперативного запаса, непрерывное объемное дозирование, одновременное измельчение и смешивание компонентов в дробилке-смесителе, транспортирование готового продукта в накопительную емкость. Малогабаритный комбикормовый агрегат выпускается в двух модификациях: УМК-Ф-2 конструкции НПО «Ферммаш» (г. Киев), АКМ-1 "Харьковчанка" - (г. Харьков). В конструкцию этих установок заложены аналогичные базовые узлы, а их характеристики показаны в табл. А. 1.

Таблица А.1 -

Основные характеристики модификаций комбикормового агрегата

Показатель	Агрегат	
	УМК-Ф-2	АКМ-1
Емкость наддозаторных бункеров, м ³	22	30
Бункер хранения БВД	есть	нет
Разгрузка готовой продукции	шнеком	норией
Емкость бункера готовой продукции, м ³	10	20
Магнитная очистка от металлических примесей:		
- в узле приема (магнитная колонка)	есть	нет
- в дробилке	есть	есть
Сепаратор	есть	нет
Распределительный шнек	есть	нет

Функциональная схема производства комбикорма с помощью установки УМК-Ф-2 приведена на рис. А. 1.

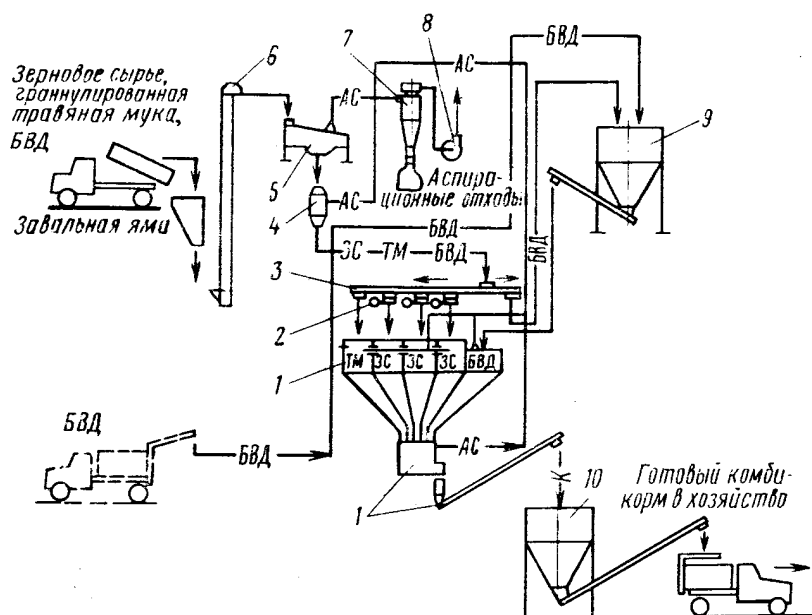


Рис. А.1. Производство комбикормов на агрегате УМК-Ф-2: Схема функциональная:

1 – наддозаторные бункера; 2 - шиберная задвижка; 3 – распределительный винтовой конвейер; 4 - магнитная колонка; 5 - сепаратор; 6 - нория; 7 - вентилятор; 8 - циклон; 9 - бункер хранения БВД; 10 - бункер готовой продукции; ЗС - зерновое сырье; ТМ - гранулированная травяная мука; БВД - белково-витаминные добавки; К - готовый комбикорм; АСС - аспирационная система.

Исходные компоненты загружаются в бункера накопления, откуда беспрерывно (по мере выхода) подаются в пять секций наддозаторного бункера: компонент, который имеет наибольший объем в рецепте, подается в секцию № 2, а компоненты, которые не нуждаются в измельчении - в секции № 1 и № 5.

Из наддозаторных бункеров компоненты дозаторами подаются в измельчительную камеру. Измельченный продукт просеивается сквозь решето, а затем горизонтальным и вертикальным шнеками подается в бункер готового корма. В процессе измельчения и транспортирования происходит смешивания компонентов. Компоненты, которые не нуждаются в измельчении, с помощью поворотных планок направляются на горизонтальный шнек, проходя камеру измельчения. Смешивание в этом случае осуществляется в процессе транспортирования в расширенной части вертикального шнека. При использовании установки в качестве смесителя из дробильной камеры вынимается решето.

Наряду с традиционной комплектацией, которая включает молотковую дробилку, в состав агрегата УМК-Ф-2, также может входить новая ударно-

центробежная дробилка ДЗУ-Ф-2, которая состоит из корпуса, разгонного ротора, ударного ротора, разделительной камеры, электродвигателей (рис. А. 2).

Корпус представляет собой жесткую сварную конструкцию, на которой монтируются основные узлы дробилки. Роторы выполнены в виде радиальных вентиляторов с объемными лопатками треугольной (пластинчатой) формы и установлены на валах электродвигателей.

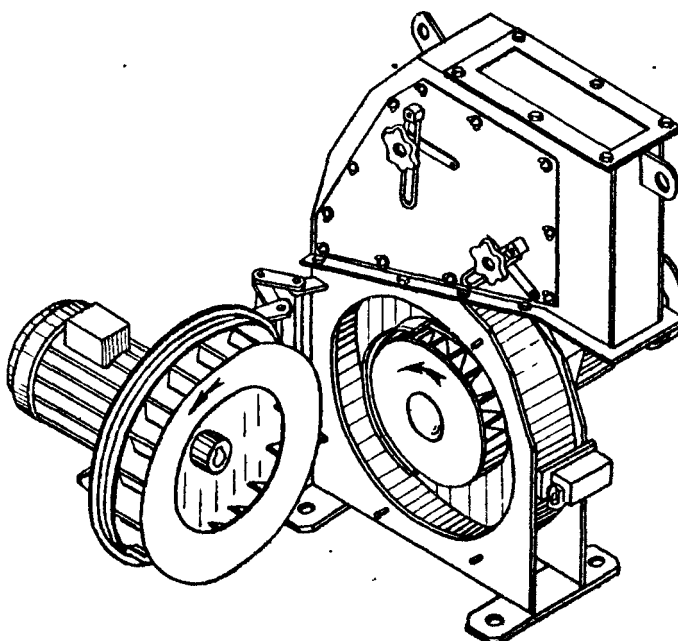


Рис. А.2. Дробилка зерна ДЗУ-Ф-2. Вид общий.

Для обслуживания камеры передняя стенка выполнена в виде крышки, которая открывается, на которой закреплен электродвигатель с ударным ротором. Разделительная камера предназначена для сепарирования измельченных частиц по размерам и направления крупной фракции на дополнительное измельчение. Внутри камеры с помощью решет, поворотных пластин и заслонки образованы три канала: готового продукта, выгрузной и обратный.

Зерновая масса с помощью дозаторов поступает в дробильную камеру, в частности, на разгонный ротор, увлекается лопатками и под действием центробежной силы подается на ударный ротор, который вращается в противоположную сторону. В результате удара зерна о лопатки оно разрушается. Измельченные частицы поступают в разделительную камеру, где сепарируются: мелкие - по каналу готового продукта и выгрузочной горловине поступают на линию смешивания установки УМК-Ф-2, требующие дополнительного измельчения - подаются по обратному каналу опять в дробильную камеру. Крупность продукта регулируется изменением положения поворотных пластин и заслонки. В корпусе дробилки имеются опрокидные заслонки, с помощью которых исходные компоненты, которые

не нуждаются в измельчении, могут направляться от дозатора установки на линию смешивания, минуя камеру измельчения.

1) Преимущества конструкции дробилки ДЗУ-Ф-2: использована новая технология измельчения зерна (без применения решет, молотков и дек), которая обеспечивает высокую надежность машины; отсутствуют места смазки и отдельных передач за счет установки роторов непосредственно на валу электродвигателей; отсутствие переменных рабочих органов и свободный доступ к ним облегчают работу оператора при эксплуатации дробилки; возможность бесступенчатой (простой) регуляции качества измельчения без остановки технологического процесса; низкие материало- и энергоемкость; снижен шум и запыленность, что значительно улучшило условия эксплуатации; возможность отдельного применения дробилки в зерноскладах и на фермах при комплектации ее загрузочными и выгрузочными средствами, шкафом управления.

2) Техническая характеристика дробилки ДЗУ-Ф-2: производительность по зерну ячменя влажностью 12-14 % (при остатке на сите с отверстиями диаметром 3 мм - не больше 5 %), т: за 1 час основного времени - 1,6-2,4; за 1 час эксплуатационного времени - 1,47-2,15; средний размер частиц, мм - 0,8-2; номинальная мощность установленного электрооборудования, кВт - 11,5; номинальная частота обращения ротора, об/мин: разгонного – 2880; ударного – 2895; габаритные размеры, мм: длина – 1500; ширина – 1000; высота – 1100; масса, кг, - 220.

На основе анализа конструкции малогабаритного комбикормового агрегата УМК-Ф-2 следует что: он имеет высокую удельная энергоемкость; неравномерность гранулометрического состава полученного продукта и повышенное содержание пылевых частиц; интенсивный снос рабочих органов; определенные трудности в техническом обслуживании.

Замена молотковой дробилки УМК-Ф-2 на ударно-центробежную ДЗУ-Ф-2 позволяет снизить энергоемкость процесса измельчения зерна, уменьшить количество пылевых частиц, повысить надежность работы конструкции и увеличить период между техническим обслуживанием, в то же время отсутствие постоянного воздушного потока в дробилке ДЗУ-Ф-2 приводит к недостаточно качественному разделению на фракции измельченного зерна. На Украине также распространены комбикормовые агрегаты отечественного производства АКМ -1 и БМКА-1, выпущенные на Новоград-Волынском заводе сельхозмашин, которые удовлетворяют потребностям хозяйств в сравнительно недорогих, простых в эксплуатации установках для приготовления комбикормов непосредственно на фермах с использованием местной сырьевой базы.

Малогабаритный комбикормовый агрегат АКМ-1 (рис.А. 3) состоит из узлов и агрегатов: четырех сборников зерна с кормопроводами, 4-х позиционного распределителя исходных зерновых компонентов, молотковой

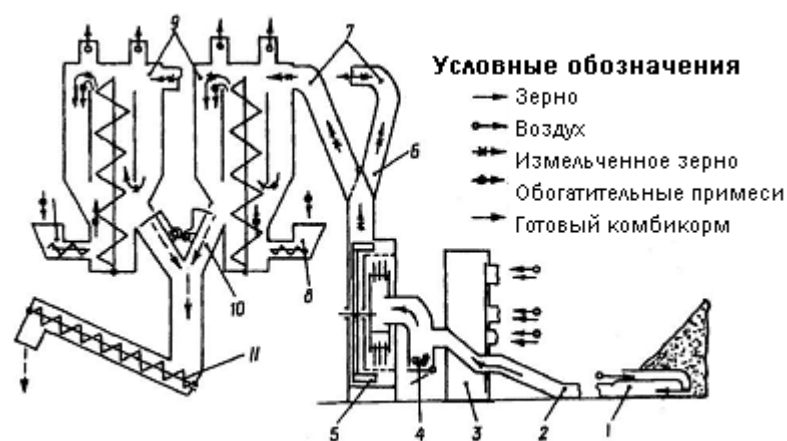


Рис. А.3. Малогабаритный комбикормовый агрегат АКМ- 1. Схема функциональная.

дробилки с кольцевым решетом и вентилятором, двух шнековых питателей обогатительных примесей, рамы, на которой смонтировано два вертикально-шнековых смесителя, выгрузного конвейера, электрооборудования.

Под действием разрежения, созданного ротором и вентилятором дробилки, зерновые компоненты из буртов поочередно, в соответствии с рецептом комбикорма, засасываются сборником 1 и по кормопроводах 2 через распределитель 3 поступают в дробилку 5 для измельчения. При этом инородные тела остаются в ловителе 4. Измельченный продукт воздушным потоком попадает через тройник 6 по трубе 7 в один из смесителей 9. После заполнения необходимым количеством зерновых компонентов их подачу тройник переключает на второй смеситель, а в первый через питатель 8 догружают обогатительные примеси и на протяжении 5 минут перемешивают. Потом открывают заслонку выгрузочного лотка 10 и готовый комбикорм выгрузочным конвейером 11 подается в транспортное средство или бункер готовой продукции. После разгрузки смесителя выгрузочный лоток перекрывают и смеситель готов для приема новой порции компонентов. Весь описанный выше цикл в это же время происходит на втором смесителе, то есть обеспечивается непрерывный процесс работы дробилки, которая в основном и определяет производительность агрегата. Контроль за дозированием зерновых компонентов осуществляет оператор, а обогатительные примеси предварительно взвешивают на весах. Обслуживает агрегат один оператор.

В состав комбикормового блока модуля БМКА-1 (рис. А. 4) входят сборник с кормопроводом, молотковая дробилка с кольцевым решетом и вентилятором, два питателя обогатительных примесей и накопитель-смеситель с весовым дозирующим устройством. Технологический процесс БМКА-1, аналогичен агрегату АКМ-1, отличается тем, что блок-модуль оборудован одним сборником и одним смесителем, который в свою очередь обуславливает циклический процесс работы со следующей последовательностью операций: измельчение, обогащение примесями,

смешивание-выгрузка.



Рис. А.4. Блок модуля БМКА 1. Схема функциональная:

1 - выгрузочный лоток; 2 - накопитель-смеситель; 3 - фильтр; 4 - труба; 5 - датчик весового дозирочного устройства 6 - питатель обогатительных примесей; 7 - ловитель посторонних предметов; 8 - дробилка; 9 - кормопровод; 10 - выборщик.

Дозирование зерновых компонентов в блоке-модуле БМКА-1-01 весовое и осуществляется с помощью устройства, смонтированного в месте соединения накопителя-смесителя с рамой, а обогатительных примесей, как и в агрегате АКМ-1, предыдущей их выгрузкой на весах. В состав комбикорма, изготавливаемого на агрегатах АКМ -1 и БМКА-1, может входить практически 4-5 зерновых компонентов, причем их количество ограничивается зоной досягаемости заборных кормопроводов. Основные технологические характеристики нового оборудования АКМ -1 и БМКА-1 приведены в таблице А.2.

Таблица А.2-

Основные технические характеристики оборудования
АКМ –1 и БМКА-1

Показатель	Значение показателя	
	АКМ-1	БМКА-1-01

Продолжение таблицы А.1.

Производительность, т/ч, основного времени	1,0 – 1,1	0,6 – 0,8
Установленная мощность, кВт	25	13,2
Количество обслуживающего персонала, чел.	1	1
Габариты, мм	3470x3900x3300	4700x2070x2800
Масса, кг	1500 – 1700	650
	0,7 – 0,8	1,0 – 2,8

Погрешность в дозировании зерновых компонентов, %		
Однородность смешивания, %	87,8	85,9

Малогабаритный комбикормовый агрегат ОВК-2.00.000 (рис. А. 5) предназначен для производства полнорационных комбикормов и выдачи их через выгрузной шнек в мобильные транспортные средства для доставки к местам кормления животных.

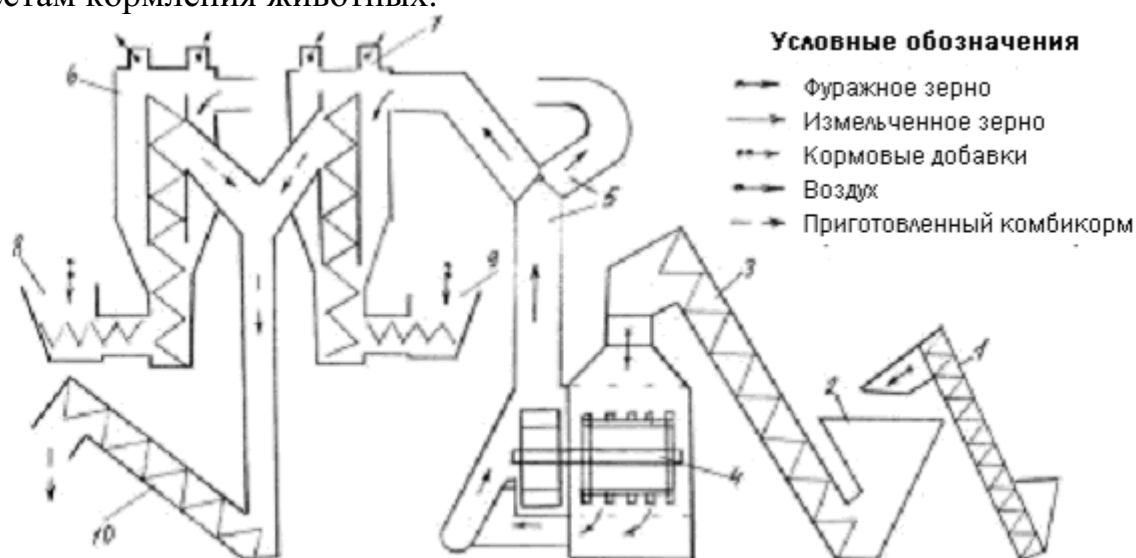


Рис. А.5. Малогабаритный комбикормовый агрегат ОВК-2.00.000. Схема функциональная.

Технологический процесс осуществляется следующим образом: фуражное зерно загружается в бункер 2 с помощью загрузочного конвейера 1, после заполнения бункера зерном, оно подается конвейером 3 в дробилку 4, где оно измельчается и по трубопроводам 5 за счет воздушного напора дробилки, подается в смесители 6, 7. В питатели 8, 9 засыпаются добавки, перемешиваемые с измельченными зерновыми компонентами. Выгрузка осуществляется выгрузочным конвейером 10.

Наряду с МКУ отечественного производства, на Украине довольно широко эксплуатируются установки, которые выпускаются за рубежом. Так в НПО "Белсельхозмеханизация" разработан, испытан и поставлен на поток малогабаритный комбикормовый агрегат К-Н-5-1 (рис. А. 6), предназначенный для приготовления рассыпных комбикормов и кормовых смесей в условиях хозяйств из собственного зернофуража с введением в их состав промышленных БВД, минеральных обогатителей и премиксов. Комплект включает блоки дозирования 1, 7, 6 - соответственно зерновых компонентов, БВД и травяной муки, смеситель-дозатор 4, дробилку 8 (ДБ-5-1), питатели 9 концкормов (ПК-6А), пульт управления 3, бункер-дозатор 2 премиксов и смеситель 5, установленный на выпускном патрубке выгрузного шнека дробилки.

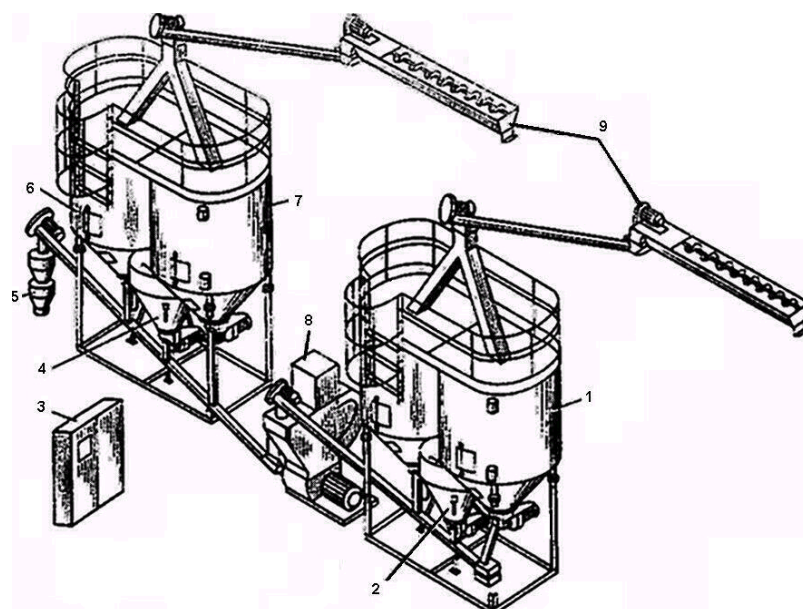


Рис. А.6. Малогабаритный комбикормовый агрегат К-Н-5-1. Схема функциональная.

Технологический процесс состоит в следующем. Зерновые компоненты заданного рецепта загружаются питателем в блок дозирования 1, после заполнения бункера питатель отключается по сигналу датчика верхнего уровня. Одновременно другим питателем в блоки дозирования 7 и 6 подаются БВД и травяная мука. В смеситель-дозатор 4 вручную в нужном соотношении засыпают компоненты обогатительной добавки, а в бункер-дозатор 2 - премикс. Все дозаторы устанавливают на требуемую норму выдачи. Зерно измельчается в дробилке ДБ-5-1. Смешивания измельченных зерновых компонентов, БВД, травяной муки, премиксов и обогатительных добавок происходит в выгрузочном шнеке дробилки и смесителя. Готовый комбикорм выгружается в транспортное средство или накопительный бункер готовой продукции.

Производительность комплекта комбикормового оборудования К-Н-5-1 составляет 2-5 т/час при числе исходных компонентов не меньше 6, установленная мощность - до 50 кВт. Обслуживает комплект один оператор. Известные зарубежные фирмы "Крамер", "Бушхофф", "Хмелин" и "Рако" (Германия), "Гейл" (США), "Скелд" (Дания), "Супрол" (Польша) и другие также выпускают широкую гамму таких машин. Их можно разделить на три основных группы: стационарные комбикормовые агрегаты с приводом от электродвигателя, прицепные мобильные, агрегатированные с тракторами и самоходные малогабаритные на шасси автомобиля. Каждая группа предусматривает определенную организацию работ при производстве комбикорма.

МКУ первой группы устанавливают, как правило, в наземных установках, где хранится зернофураж. Такая схема характерная для хозяйств Западной Европы. Агрегаты второй группы используют, когда отдельные виды зернофуража сохраняются в разных хранилищах. К ним по очереди подъезжает агрегат, загружает необходимое количество зерна, измельчает и готовит комбикорм. Такая организация характерна для фермерских хозяйств

США. Мобильные комбикормовые агрегаты на шасси автомобилей используют в случаях, когда хозяйство имеет зернофураж, но не имеет соответствующего оборудования и считается нецелесообразным везти зернофураж на большой комбикормовый завод. Такой агрегат поочередно объезжает хозяйства и на заводе готовит комбикорм.

Стационарные малогабаритные комбикормовые агрегаты производства фирм "Рако", "Крамель", "Химель", "Супрол", "Скелд" и др., имеют загрузочный механизм, накопительный бункер, дробилку, бункер-смеситель, а также бункер для БВМД.

Стационарный комбикормовый агрегат "Мишко" (рис. А. 7) работает следующим образом. В накопительный бункер загружают компоненты смеси. Из него вентилятор подает зернофураж в дробилку, которая измельчает его и по трубопроводу направляет в бункер - смеситель. Отработанный воздух через тканевый фильтр поступает в помещение. Компоненты смеси, которые не нуждаются в измельчении, и БВМД загружают в приемный бункер добавок, а затем в бункер-смеситель. Готовый комбикорм засыпают в мешки.

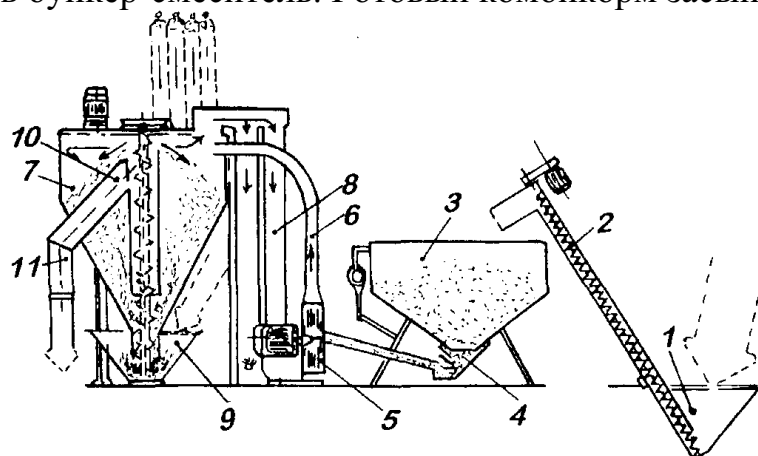


Рис. А.7 - Малогабаритный комбикормовый агрегат "Мишко" фирмы "Супрол" (Польша). Схема функциональная.

1 - приемный бункер загрузочного шнека; 2 - загрузочный шнек; 3 - накопительный бункер; 4 - дозатор пневматический; 5 - молотковая дробилка; 6 - пневмотрубопровод; 7 - бункер-смеситель; 8 - ловитель; 9 - воронка для измельченных компонентов, 10 - заслонка выгрузного патрубка; 11 - выгрузной патрубок.

Заслуживает внимания также польский малогабаритный агрегат конструкции ИБМЕР (рис. А. 8). Он включает приемный бункер, загрузочные норрии, емкости для зернофуража, дробилку, емкости для измельченных компонентов и смеситель. Для приготовления комбикорма, сначала зернофураж загружают в приемный бункер норрии, откуда его подают в одну из половин наддробильного бункера. Потом зерно поступает в молотковую дробилку, которая измельчает его и транспортирует в другую емкость, оборудованную дозирующим выгрузочным устройством и расположенным над горизонтальным смесителем. Из них зернофураж поступает в бункер-смеситель, установленный на тензометрических весах. С помощью последних определенное количество каждого компонента загружают в

смеситель, который и готовит комбикорм.

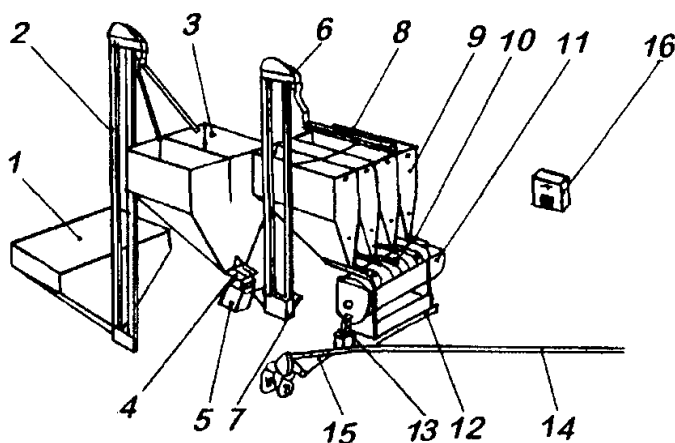


Рис. А.8. Малогабаритный комбикормовый агрегат "ИБМЕР" (Польша).
Схема функциональная.

1 - приемный бункер для зернофуража; 2 и 6 - нории; 3 - бункер; 4 и 13 - шиберы; 5 - дробилка, 7 - приемный ковш для измельченных компонентов; 8 - распределительный транспортер; 9 - бункера компонентов; 10 - дозатор; 11 - смеситель; 12 - весовое устройство; 14 - раздатчик готовых кормов; 15 - выгрузочный шнек; 16 - пульт управления.

Прицепной малогабаритный комбикормовый агрегат МХ-170 (рис. А. 9) фирмы "Гейл" (США) состоит из шасси, дробилки, загрузочного бункера-смесителя, приемного бункера для добавок, шнека транспортера тюков сена, выгрузочного шнека и механизма привода от ВВП трактора. Работает агрегат следующим образом. Трактор подъезжает к хранилищам фуража, который сначала дается в бункер загрузочного шнека, а оттуда - в молотковую дробилку, где смесь перемалывают и транспортируют в бункер-смеситель. Количество зернофуража для подготовки партии комбикорма устанавливают по меткам на мерном стекле. Белково-витаминные или минеральные добавки подают в бункер через приемочную воронку, проходящие дробилку. Сено, в случае необходимости, подают скребковым конвейером, где оно измельчается и поступает в бункер-смеситель. Когда загрузили соответственно рецепту все компоненты, их перемешивают и выгружают в хранилище для временного хранения комбикорма в бункера или мешки. Бункер вместительностью 3,7 м³ цилиндрической формы с конической нижней частью с трех сторон оборудован смотровыми окнами с метками, что дает возможность контролировать количество корма, который загружается. Бункер на заказ можно установить на электронных весах, которые с точностью до 1 кг взвешивают компоненты корма.



Рис. А.9. Прицепной малогабаритный комбикормовый агрегат "MX-170" фирмы "Гейл" (США). Вид общий.

Молотковая дробилка имеет ширину ротора 533 мм и 66 шарнирно подвешенных молотка, оборудована набором решет и магнитным ловителем металлических предметов. Для дистанционного управления выгрузочным шнеком агрегат MX-170 имеет электронный пульт, который смонтирован в кабине трактора. Замену решет выполняют практически мгновенно, используя два кронштейна. На агрегате установлен собственный гидронасос производительностью 40 л/мин., который работает независимо от гидросистемы трактора и обеспечивает гидропривод загрузочным и выгрузочным шнеками при их максимальной загрузке. Для измельчения тюков сена или соломы он оборудован молотковым измельчителем, который измельчает за 1 минуту 4-5 малогабаритных тюков.

Самоходные комбикормовые агрегаты также выпускают немецкие фирмы "Хмелин", "Даверксгейл" и "Бушхофф" (рис. А. 10). Они подобны по конструкции, и их монтируют на специальных шасси автомобиля типа КАМАЗ, на котором размещают бункер-смеситель, молотковую дробилку и плющилку, всасывающую пневмосистему для загрузки зернофуража, выгрузочный шнек, бункер для приема БВМД, механизм привода, конвейерные весы. Такие агрегаты могут приготовить в час 5-8 т комбикормов. Для загрузки зернофуража их оборудуют всасывающей пневмосистемой производительностью 8-14 т/час.

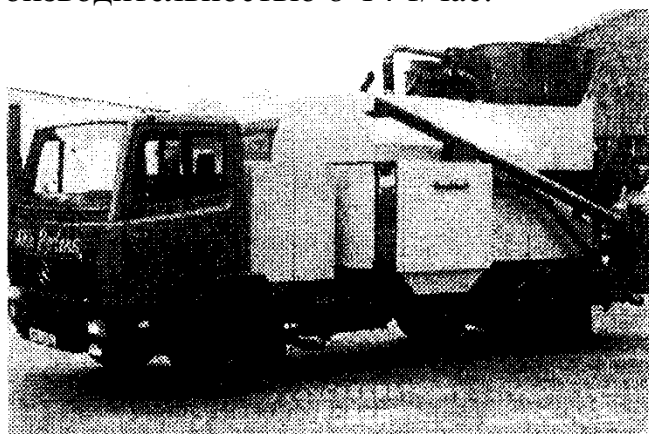


Рис. А.10 - Автомобильный малогабаритный комбикормовый агрегат "АФМ 993 Q" фирмы "Бушхофф" (Германия). Вид общий.

Выгружают готовый комбикорм с помощью шнека за 7-10 мин, или пневматической системы за 8-12 мин. Подача комбикорма шнеком достигает 6 м, высота - 5,2 м, может вращаться на 250°, ширина камеры молотковой дробилки 533 мм, количество молотков - 40-60 или 72 шт., оборудована сменными решетками, заменить которые можно за 30 сек.

Мобильный комбикормовый агрегат осуществляет технологический процесс в такой последовательности. Сначала подъезжает к складу зернофуража и добавок. Всасывательным трубопроводом зерно загружают в дробилку или плющилку, где его измельчают, а затем пневмосистемой подают к бункеру-смесителю. Туда же через приемочный бункер добавок направляют БМВД. После загрузки компоненты смешивают, а готовый комбикорм оставляют в предназначенной для временного хранения емкости. Как правило, в самоходных агрегатах предусмотрена система для дозированной подачи соевого масла. Агрегат рассчитанный на приготовление 60 тонн комбикормов в день. Годовая производительность - 6000 - 10000 тонн.

Также на некоторых сельскохозяйственных предприятиях действуют кормоцеха с полным технологическим циклом и упрощенной технологической схемой, примером которой могут быть кормоцеха на базе комбикормового агрегата ОЦК-4, использование которого позволяет полностью механизировать прием исходных кормовых компонентов, очистку их от примесей, дозирование, измельчение, смешивание и выдачу готового продукта. В основу технологического процесса агрегата ОЦК-4 положен принцип автоматического весового дозирования и порционного смешивания компонентов, который обеспечивает качественное приготовление комбикормов. Техническая характеристика агрегата ОЦК-4 приведенная в табл. А. 3.

Таблица А.3-

Техническая характеристика комбикормового оснащения ОЦК-4

Показатель	Значение
Производительность, т/час	4
Установленная мощность, в т. ч. дробилки, кВт	210 65
Количество исходных компонентов	14
Тип дробилки	ДБ-5
Тип дозирования	весовой
Масса, кг	13500
Обслуживающий персонал	2

Выполненный анализ существующих комбикормовых агрегатов показывает довольно широкие их возможности изготовления комбикормов в условиях хозяйств.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Формализованные интегро-дифференциальные модели энергетических процессов комбикормового агрегата

Б. Формализованные интегро-дифференциальные модели энергетических процессов комбикормового агрегата

Аналитические методы исследования динамики энергетических процессов проводятся на основе математического написания, базирующихся на анализе и количественной оценке динамики процессов, протекающих в изучаемом объекте.

Так как зерновые потоки компонентов комбикормов приобретают свойства жидкости, то для описания основных процессов переноса и смешивания компонентов, происходящих в рассматриваемом технологическом агрегате, возможно применение гидродинамических законов [55].

Для разработки такого математического описания и вывода определяющих математических выражений статики и динамики энергетических процессов рассматриваемого сложного технологического объекта необходим аппарат интегро-дифференциальных уравнений закономерностей протекания указанных процессов.

1). Феноменологическая кинетика.

а). В простой реакции участвует «n» веществ и материальный баланс выражается стехиометрическими уравнениями:

(Б.1)

(Б.2)

где C_i – концентрация ингредиента (вещества) в момент времени t ; P , T – давление и температура среды; ν_i – стехиометрические коэффициенты (отрицательные для исходных и положительные для образующихся ингредиентов (веществ)).

б). Изменение концентрации веществ в простой реакции описывается дифференциальным уравнением

(Б.3)

где k – константа скорости в виде уравнения Аррениуса [311]

(Б.4)

где A – предэкспоненциальный множитель, характеризующий вероятность взаимодействия веществ, энергия которых достаточна для взаимодействия; E – энергия активации; R – универсальная постоянная; T – абсолютная температура.

в). Функция η в (Б.3) имеет вид:

(Б.5)

где α_i – постоянные положительные величины (порядки реакции по веществам i).

г). Для однозначного описания изменений концентраций всех веществ i , участвующих в простой реакции, необходимо знание о стехиометрических коэффициентах ν_i и одной из скоростей v , т.к.

(Б.6)

При интегрировании (Б.6) по t , получаем

(Б.7)

где a и b – начальные значения концентраций ингредиентов.

д). Простые реакции (взаимодействия ингредиентов) классифицируются по числу исходных веществ на одномолекулярные, би- и тримолекулярные. Кроме того, такие взаимодействия различаются так же как реакции целого (нулевого, первого, второго, третьего) и дробного порядков.

Основные типы моделей (уравнений) кинетики энергетических процессов в рассматриваемых процессах в нашей диссертации приведены в табл. Б.1.

Таблица Б.1 –
Математические модели формальной кинетики простых реакций

Наименование реакций	Механизмы реакций	Дифференциальные уравнения кинетики реакций
1) одномолекулярная реакция:		
а) нулевого порядка		
б) первого порядка		
в) второго порядка		
г) произвольного порядка		
2) Бимолекулярная реакция:		
а) второго порядка		
б) Третьего порядка:		
- при $\nu_1=1, \nu_2=2$		
- при $\nu_1=2, \nu_2=1$		

Продолжение таблицы Б.1

3) Тримолекулярная реакция:		
-----------------------------	--	--

а) третьего порядка		

Примечание: ; .3 .

2). Сложная энергетическая реакция взаимодействия ингредиентов комбикормов.

В данном случае взаимодействие происходит между «n» веществами в форме «r» простых реакций (взаимодействий), при этом .

а) материальный баланс в этом случае задается системой из «r» соотношений стехиометрии:

(Б.8)

где ν_{ij} – целочисленные стехиометрические коэффициенты веществ c_i , участвующих в j -ой реакции.

б) Коэффициенты ν_{ij} задаются матрицей из «r» строк и «n» столбцов вида

(Б.9)

в) уравнение, характеризующее изменение концентрации c_j в (Б.8) в общем виде записывается в следующем форме:

(Б.10)

где k_j – предэкспоненциальный множитель в константе скорости k_j –й реакции между веществами c_i с порядками λ_{ij} ; E_j – энергия активации j -го процесса. Индекс λ в (Б.9) эквивалентен λ_{ij} .

в) Для однозначного описания динамики сложного процесса необходимо составить d дифференциальных уравнений типа (Б.10). Здесь d – ранг матрицы (Б.9); $d \leq n$; $d \leq r$. Изменения концентраций остальных веществ находятся через скорости образования d ключевых (основных) ингредиентов и матрицу (Б.9). В этом случае скорость образования вещества будет равна сумме скоростей образования его в каждой –ой фазе меню (процесса), т.е.

(Б.11)

г) При рассмотрении d ключевых веществ, т.е. таких, что матрица, составленная из их стехиометрических коэффициентов в d реакциях, должна иметь определитель, откуда ищется совместное решение системы (Б.11), имеющее вид:

(Б.12)

где – алгебраическое дополнение элемента определителя Δd .

д) при подстановке ; в остальные уравнений системы (Б.11) получим

(Б.13)

Таблица Б.2 –
Математические модели формальной кинетики сложных реакций

Наименование реакций	Механизмы реакций	Дифференциальные уравнения кинетики реакций
1) Обратимая реакция:		
а) первого порядка		
б) второго порядка		

2) Параллельные реакции второго порядка		

Продолжение таблицы Б.2

3) Последовательные реакции первого порядка		
---	--	--

В общем случае нахождение аналитических решений уравнений кинетики сложных процессов может вызвать некоторые трудности вычислительного характера, особенно при дробных порядках. Эти трудности не имеют значения при использовании УВМ. Правые части (Б.8) непрерывны вместе с первыми частными производными по Липшицу. Параметры таких процессов показаны в табл. Б.2.

3) Модели макроскопической кинетики.

В макроскопической кинетике рассматриваются многостадийные гетерогенные процессы, у которых скорости превращений диффузионных или абсорбционных явлений соизмеримы.

а) В диффузионной кинетике исследуются закономерности проникновения реагентов в поры твердых веществ (внутренняя диффузия),

выравнивания концентраций по объему и влияния скорости диффузии на скорость энергетического процесса молекулярного превращения (смешивания и пр.). В этом случае основными являются три области протекания процесса: диффузионная, кинетическая, промежуточная.

В диффузионной области имитирующей стадией является диффузия молекул реагентов, а общая скорость равна скорости диффузии.

Переход вещества С из одной фазы в другую осуществляется за счет молекулярной и конвективной диффузии. Скорость молекулярной диффузии

EMBED Equation.3 прямо пропорциональна градиенту концентрации вещества в направлении оси «х», перпендикулярной поверхности раздела фаз, т. е.

$$J = -D \frac{dC}{dx} \quad (Б.14)$$

где J - количество диффундирующего через единицу поверхности в единицу времени вещества ; D – коэффициент диффузии.

Уравнение (Б.14) справедливо для изотермических энергетических процессов при условии, что исследуется диффузия в бинарной смеси или при большом избытке вещества по сравнению с другими компонентами, а также при равенстве коэффициентов диффузии всех диффундирующих веществ.

Отношение $\frac{J}{C} \cdot \delta$ (δ - толщина пограничного слоя) является коэффициентом массопередачи (контактной скорости диффузии K). Данная константа используется для сравнения скорости диффузии и скорости превращения K_p .

При наличии вынужденного движения процесс переноса вещества через границу поверхности пограничного слоя описывается уравнением

$$J = K(C - C_s) \quad (Б.15)$$

где K - средняя линейная скорость движения вещества в направлении оси «х».

При рассмотрении скорости изменения концентрации вещества в элементарном объеме за счет явления диффузии используются дифференциальные уравнения молекулярной

$$\frac{dC}{dt} = D \frac{d^2C}{dx^2} \quad (Б.16)$$

и конвективной диффузии

EMBED Equation.3

$$\quad, \quad (Б.17)$$

где x, y, z – пространственные координаты; u, v, w – составляющие движения вещества в направлении осей x, y, z .

Изменение концентрации вещества определяется скоростью диффузии и скоростью образования смеси, т. е. уравнения молекулярной и конвективной диффузии принимают вид соответственно:

$$\quad; \quad (Б.18)$$

$$\quad, \quad (Б.19)$$

где k – скорость реакции, определяемая по (Б. 10).

Точное решение (Б.18) и (Б.19) возможно для стационарных условий в неподвижной среде или ламинарном потоке при постоянном коэффициенте диффузии и линейном характере зависимости k от концентрации вещества, т. е. для реакций нулевого и первого порядков. Кроме того, для решения (Б. 19) требуется знание распределения скорости потока в пограничном слое. Последнее условие в реальных условиях действующего производства трудновыполнимо, поэтому аналитическое решение отыскивается только для простых случаев. При условии реализации системы на базе управляющей вычислительной техники эти затруднения несущественны, и ниже исследования проводятся при учете нелинейностей параметров системы.

2) Адсорбционная кинетика определяет скорости образования смеси с учетом процессов адсорбции и десорбции. В этом случае может в слабой форме проявляться хемосорбция со слабым выделением тепла. С ростом температуры роль хемосорбции возрастает.

а) Равновесный режим адсорбции на твердом адсорбенте и адсорбате описывается уравнением изотермы

$$\quad, \quad (Б.20)$$

где θ – доля занятой адсорбатом поверхности; C – концентрация ингредиента в объеме.

Конкретный вид функции $f(C)$ зависит от предположений о механизме процесса адсорбции.

б) Если считать, что адсорбция происходит в мономолекулярном слое, поверхность адсорбции однородна и взаимодействие между адсорбированными ингредиентами отсутствует, то такой процесс

описывается изотермой Ленгмюра [305] вида

$$, \quad (Б.21)$$

где ; – температура адсорбции; – константа.

в) При адсорбции смеси веществ доля поверхности , занятая адсорбатом , определяется по выражению

$$(Б.22)$$

г) Предположения, использованные при выводе уравнения изотермы Ленгмюра, на практике не выполняются, поэтому для неоднородной поверхности уравнение изотермы имеет вид

$$, \quad (Б.23)$$

где - плотность распределения (доля) малых однородных участков с одинаковыми значениями . В качестве принимаются как аппроксимирующие экспоненциальный, степенной или равномерный законы. Изотерма (Б.23) на практике применяется редко из-за трудностей обоснованного выбора закона плотности адсорбции.

д) В общем случае скорость смешивания зависит от концентраций адсорбированных ингредиентов и концентрации их в объеме. При , скорость смешивания описывается уравнением формальной кинетики

$$, \quad (Б.24)$$

где EMBED Equation.3 - концентрации сорбированных веществ ; - константа для данной пары.

е) Для случая, когда процесс превращений идет в условиях равновесной адсорбции, переменные можно определять по (Б.21) – (Б.23). Для простой реакции первого порядка уравнение адсорбционной кинетики имеет вид

$$. \quad (Б.25)$$

Для более общих случаев переменные вычисляются по (Б.23).

и) Если процесс протекает в условиях, далеких от адсорбционного равновесия, то использование уравнений для определения становится затруднительным аналитическими методами. В этих случаях вычисляются методами дискретной математики из уравнений материального баланса.

Для простой реакции первого порядка для такого случая уравнение адсорбционной кинетики принимает вид

$$\frac{dC}{dt} = -k_a C, \quad (Б.26)$$

где k_a – константа скорости адсорбции.

В частном случае, при малой величине отношения C/C_0 , уравнение (Б.26) превращается в (Б.25).

3) Уравнения гидродинамики образования смеси комбикорма.

Потоки могут быть однофазными и многофазными.

а) Движение однофазного потока ингредиента описывается системой, состоящей из уравнения материального баланса в объеме (уравнение неразрывности потока) и уравнений движения (уравнений Навье-Стокса) [311]. Кроме них должны использоваться граничные и начальные условия.

б) Для бесконечно малого объема dV в движущемся потоке уравнение материального баланса имеет вид

$$\frac{dM}{dt} = \rho V \frac{dC}{dt}, \quad (Б.27)$$

где dM – приращение массы вещества в dV за время dt ;

ρ – плотность вещества (ингредиента).

в) При выражении величины dM в виде разности (за промежуток времени dt)

прихода и расхода ингредиента через поверхность, ограничивающую dV , получим уравнение материального баланса, записанное для трехмерного пространства с координатами x, y, z , т.е. уравнение (Б.3.1.а), приведенное в табл. Б.3 (V_x, V_y, V_z – проекции линейной скорости потока на соответствующие оси координат).

Таблица Б.3 –
Математические модели гидродинамики однофазных потоков

Номер уравнения	Наименование уравнений	Вид дифференциальных уравнений
	Уравнение неразрывности потока	
	а) для нестационарного потока сжимаемой сыпучей среды	

Б.3.1		
	б) для стационарного потока несжимаемой сыпучей среды	
Б.3.2	Уравнение Навье-Стокса при движении несжимаемой сыпучей среды в направлении оси x :	
	а) общее уравнение баланса сил	
	б) его выражение через характерные физические величины	
Б.3.3	Общее выражение для интеграла уравнения Навье-Стокса при установившемся движении однофазного потока:	
	а) для общего случая	
	б) для случая вынужденного движения	
Б.3.4	Уравнение Дарси-Вейсбаха	
Б.3.5	Уравнение расчета потерь давления при движении по поверхности с местными постоянными сопротивлениями	(– номер участка с постоянным сопротивлением)

Для случая несжимаемой сыпучей среды и установившегося процесса движения во времени уравнение (Б.3.1.а) превращается в более простое уравнение (Б.3.1.б) из таблицы Б.3.

г) Уравнение Навье-Стокса выводится из второго закона Ньютона

$$\dots, \quad (Б.28)$$

где – проекция силы сопротивления на ось « i »; – масса движущегося ингредиента в ;

- полная производная составляющей скорости в направлении «i».

При движении сыпучей среды в направлении «х» в поле сил тяжести на

действуют силы гравитации (), давления (), трения ().

При выражении проекции этих сил на ось «х» через физические характеристики движущегося вещества, получим левую часть уравнения (Б.3.2.б), данного в таблице Б.3.

д) Полная производная скорости движения в направлении оси «х» имеет вид:

$$\frac{dV_x}{dt} = \frac{\partial V_x}{\partial t} + V_x \frac{\partial V_x}{\partial x} + V_y \frac{\partial V_x}{\partial y} + V_z \frac{\partial V_x}{\partial z} \quad (\text{Б.29})$$

где $\frac{\partial V_x}{\partial t}$ отражает локальное изменение скорости в фиксированной точке, а остальные слагаемые учитывают изменение скорости в направлениях осей x,

y, z. Произведение $V_x \frac{\partial V_x}{\partial x}$ - проекция локальной составляющей

инерциальных сил $\frac{dV_x}{dt}$; $\frac{\partial V_x}{\partial t}$ - проекция конвективной составляющей инерциальных сил на ось «х».

е). При выражении проекции сил на оси y, z через физические характеристики, получаем аналогичные уравнению (2) (из табл. Б.2) уравнения, совместно составляющие систему уравнений Навье-Стокса, которая не имеет аналитического решения, но применение управляющей ЭВМ ликвидирует эти трудности вычислительного характера.

и). Обобщение экспериментальных данных и определение допустимой области их использования осуществляется методами теории подобия (в т.ч. и для массопередачи), с помощью которых решаются задачи: выбора критериев подобия, симплексов подобия геометрии системы, начальных и граничных условий, являющихся аргументами решения системы дифференциальных уравнений, описывающих процессы гидродинамики смеси, массопередачи нахождения условий подобия двух однородных процессов.

к). Решение системы уравнений, описывающих процесс, представляет собой некоторую функцию параметров и переменных

$$V_x = f(x, y, z, t, \dots) \quad (\text{Б.30})$$

где g – ускорение свободного падения в данной системе.

л) Развитие процесса определяется, в общем случае, не значением каждого отдельного параметра, а их соотношением. Парные отношения

представляют собой характеристики процесса и являются обобщенными переменными решения системы дифференциальных уравнений, т.е. функция (Б.30) записывается как

$$V_x = f\left(\frac{V_x}{g}, \frac{V_y}{g}, \frac{V_z}{g}, \frac{t}{g}, \dots\right) \quad (\text{Б.31})$$

где $\alpha, \beta, \dots$ - параметры, учитывающие влияние геометрии системы, начальных и граничных условий; γ - критерии подобия.

м). Выбор численного значения критерия подобия позволяет выделить группы однородных процессов с различными величинами плотности, сыпучести, скорости и т.п., но с одинаковым развитием явлений, т.е. подобных между собой.

н). При обозначении отношения параметров двух гидродинамических процессов γ , из уравнения Навье-Стокса (уравнение из табл. Б.3), получим условие подобия

$$\gamma = \frac{\rho_1 \mu_2}{\rho_2 \mu_1} \frac{V_1^2 L_1}{V_2^2 L_2} \quad (Б.32)$$

о). При переходе от дифференциальных уравнений к отношениям параметров требуется принять допущения о характере изменения производных по координатам

$$\frac{\partial u}{\partial x} \sim \frac{u}{L} \quad (Б.33)$$

Из (Б.28) следует, что для подобных процессов:

$$\gamma = \frac{\rho_1 \mu_2}{\rho_2 \mu_1} \frac{V_1^2 L_1}{V_2^2 L_2}, \text{ или}$$

$$\gamma = \frac{\rho_1 \mu_2}{\rho_2 \mu_1} \frac{V_1^2 L_1}{V_2^2 L_2} \quad (Б.34)$$

где последнее соотношение является критерием Эйлера

$$\gamma = \frac{\rho_1 \mu_2}{\rho_2 \mu_1} \frac{V_1^2 L_1}{V_2^2 L_2} \quad (Б.35)$$

Величина γ характеризует отношение сил давления к конвективной составляющей инерциальных сил потока.

п). Критерий Рейнольдса [256] характеризует отношение конвективной составляющей инерциальных сил к силам внутреннего трения

$$\gamma = \frac{\rho_1 \mu_2}{\rho_2 \mu_1} \frac{V_1^2 L_1}{V_2^2 L_2} \quad (Б.36)$$

где L – определяющий линейный размер.

р). Критерий Фруда [252]

(Б.37)

характеризует отношение $\frac{F}{G}$, т.е. относительную величину сил тяжести. Его модификацией является критерий Галилея [311]

(Б.38)

с) Отношение конвективной составляющей инерциальных сил к локальной дает критерий гомохронности:

(Б.39)

т) Для подобия явлений необходимо также подобие геометрических размеров, начальных и граничных условий, поэтому в решение (Б.31) входят симплексы – отношения однородных величин, характеризующих подобие геометрических размеров, начальных и граничных условий.

В таблице Б.3 приведено в общем виде решение системы уравнений, описывающее установившееся движение однофазного потока: в общем случае уравнение (Б.3.3,а), для вынужденного движения – (Б.3.3,б). Конкретный вид уравнения может быть определен только по экспериментальным данным.

о) Уравнение (Б.3.3,б) (табл. Б.3), описывающее движение потока массы ингредиента при заданной скорости потока, использует соотношение

(Б.40)

При движении потока в смесителе (Б.40) будет иметь вид

(Б.41)

где ΔL – симплекс геометрического подобия (отношение длины к диаметру d).

При подстановке значений ΔL и d в (Б.3) получаем уравнение Дарси-Вейсбаха (Б.3.4.а) (табл. Б.3), характеризующее параметры трех гидродинамических моделей потока: полное вытеснение, полное перемешивание, промежуточный случай. При полном вытеснении частицы полностью перемешиваются в плоскости, перпендикулярной направлению потока (имеем систему с распределенными параметрами в направлении потока).

При полном перемешивании имеем систему с сосредоточенными параметрами (физико-химические параметры одинаковы во всех точках потока). В промежуточном случае существует обмен вещества между поперечными сечениями потока, движущимися со средней скоростью в одном направлении.

Явления перемешивания, в основном, характеризуются тремя моделями гидродинамического потока: ячеечная, диффузионная, с байпасированием.

5) Кинетика массопередачи.

Перераспределение компонента (ингредиентов) между двумя взаимодействующими фазами происходит за счет процессов массопередачи.

Основные расчетные соотношения для бинарной смеси приведены в табл. Б.5

Таблица Б.5 –

Математические модели процесса массопереноса

Номер уравнения	Наименование уравнений	Вид дифференциального уравнения
Б.5.1	Равновесные соотношения:	
	а) общий вид	
	б) для идеальных бинарных смесей	
Б.5.2	Уравнение Фика:	
	а) дифференциальная форма	
	б) конечная форма	
Б.5.3	Уравнение Ньютона-Шукарева	
Б.5.4	Уравнение конвективной диффузии (в стационарных условиях)	
Б.5.5	Граничные условия для процесса массопередачи из одной фазы в другую	
Б.5.6	Общее дифференциальное уравнение для расчета коэффициента массоотдачи со стороны какой-либо фазы	
	Основные уравнения массопереноса из одной фазы в другую:	
	а) общий вид	
	б) уравнение массопередачи в пределах одной фазы от границы	

Б.5.7	раздела в ядро потока	
	в) уравнение массопереноса (массопередачи) по площади эффективного поперечного сечения аппарата	
	г) уравнение массопередачи при расчете по величине объема аппарата	
Б.5.8	уравнение для расчета общего коэффициента массопередачи по коэффициентам массоотдачи	

а) Перенос вещества в пределах одной фазы осуществляется за счет молекулярной диффузии и конвективного переноса. Эквимолярный перенос вещества описывается уравнением Фика [256]. Поток пропорционален градиенту концентрации компонента по слою вещества и поверхности.

Коэффициент D – коэффициент молекулярной диффузии. Условие равновесия при молекулярной диффузии в пределах одной фазы соответствует равенству концентраций компонента во всех точках.

В движущейся фазе перенос вещества осуществляется также за относительного перемещения отдельных участков потока (конвекции).

б) Конвективный перенос в целом описывается системой уравнений Навье-Стокса и неразрывности потока, а уравнения конвективной диффузии компонента (второй закон Фика) определяют баланс в движущемся потоке при начальных и граничных условиях (уравнение (Б.5.5) (табл. Б54)) (– разность концентраций в ядре потока и на границе).

в) Диффузионные критерии и , равные

(Б.42)

являются диффузионными критериями подобия.

г) Когда поверхность раздела фаз не может быть определена, применяются уравнения (Б.5.7,в) и (Б.5.7,г) (табл. Б.5), в которые входят величины: – приведенный коэффициент массопередачи между двумя

фазами, рассчитываемый на единицу площади эффективного

поперечного сечения потока; – приведенный коэффициент массопередачи между двумя фазами, рассчитываемый на единицу объема аппарата; – коэффициент массопередачи, отнесенный к единице поверхности

контакта фаз; – разность между равновесной и рабочей

концентрациями в одной фазе (движущая сила процесса).

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Исходные данные для расчета устойчивости и качества функционирования
ЭТК на базе МКУ

В. Исходные данные для расчета устойчивости и качества
функционирования ЭТК на базе МКУ

Таблица В.1 –

Аппроксимация элементов АСУТП МКУ

Звено	Передаточная функция	Численные значения
Усилитель	$W1 (P) = K$	

1, 5, 9, 13, 17, 21, 30, 34, 38, 42.	$W1(P) = 847$	
ИМ – шнек 2, 6, 10, 14, 18, 23, 31, 35, 39, 43		$T1=0,003c;$ $T2$
Подача зерновых компонентов 3; 7; 11; 15; 19; 23;		$T = 1,5c$
Подача микродобавок 32; 7; 11; 15; 19; 23;		$T = 1,5c$
Расходомеры зерна 4, 8, 12, 16, 20, 24	$W4(P) = K$ $W4(P) = 0,15$	
Расходомеры микродобавок 33, 37, 41, 45	$W33(P) = K$ $W33(P) = 3$	
Двигатель дробилки 25		$T = 1,2c$
Дробилка 26		$T1$ $T2$ τ
Датчик тока 27	$W27(P) = K$ $W27(P) = 0,0025$	
Датчик крупности 28		
Расходомер зерновой	;	

29		
Расходомер смеси 46	;	
Датчик обсемененность (диэл. потерь) 47		
Усилитель 48		
ИМ – засл. 49		
Воздушный поток 50		= ;
ИП расхода 51		
Усилитель 52		
ПМ – СВЧ рег. 53		EMBED Equation.3
СВЧ – поток 54		
ИП – СВЧ поток 55		

Нория 57		
Бункер готовой продукции 58		
Расходомер отпуска комбикормов 59		
Усилитель 60		
Расходомер выгрузки 61		

Таблица В 2 –

Основные соотношения двумерного непрерывного преобразования
Лапласа

N пп.		F(p,q)
1	1	
2	$x^m y^m$	
3		
4	-1 при 0 при (a .3 0)	
5	при $y > x$ 0 при $y < x$	

6	$(x+y)^m$	
7	$ey(ex-1)$ при $y>x$ $ex(ey-1)$ при $y<x$	
8	$1-e-ax$ при $y>x$ $1-e-ay$ при $y<x$	
9	$-eax+by$ при $(1-x)<y<1$ 0 в остальных случаях	
10		
11	.3 при 0 в остальных случаях	
12	.3 при 0 в остальных случаях	
13	.3 при 0 в остальных случаях	
14	.3 при 0 в остальных случаях	
15		
16		

17		
18		
19	при $y > x$ при $y < x$	
20		
21	.3	
22	.3	
23	$eax+by$	
24	eax при $y < x$ 0 при $y > x$	
25	.3 при $y > x$ 0 при $y < x$	
26		

Таблица В.3 –

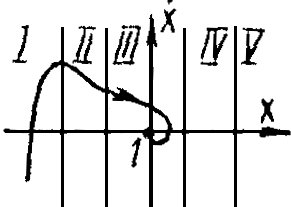
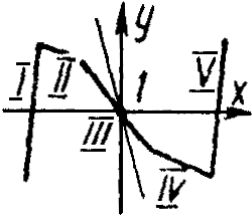
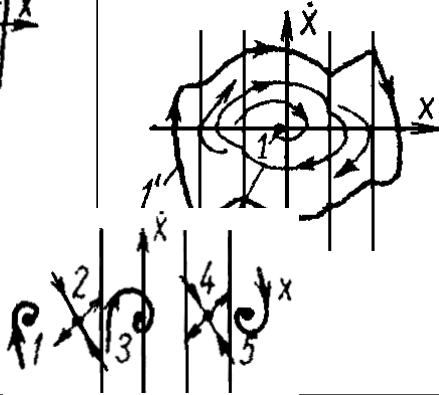
Нумерация формы коэффициентов гармонической линеаризации

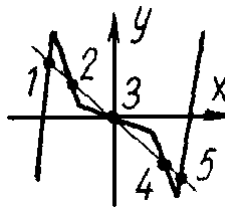
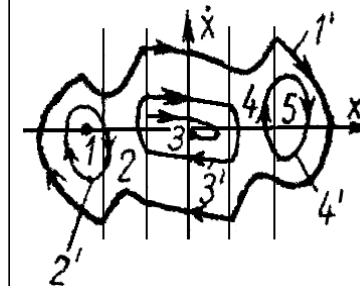
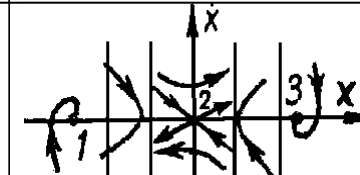
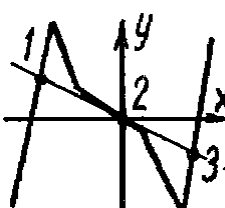
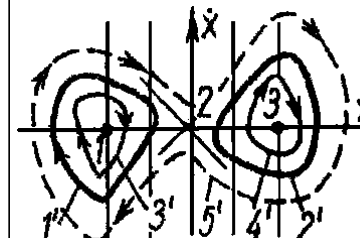
W1(P)	3	20	W31(P)	7	46
W2(P)	25	41	W33(P)	13	34
W4(P)	24	21	W34(P)	16	48
W5(P)	5	3	W35(P)	10	47
W6(P)	20	8	W37(P)	23	35

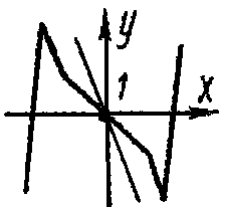
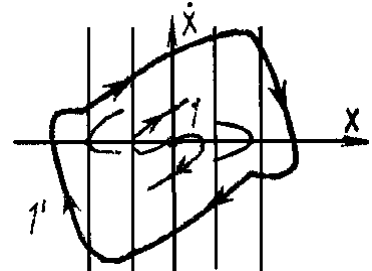
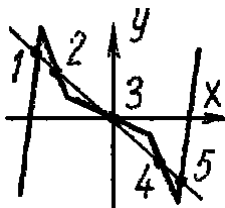
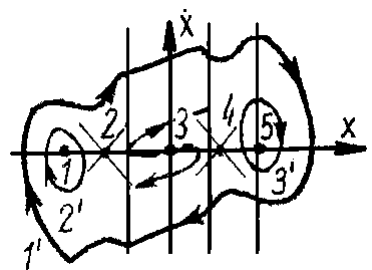
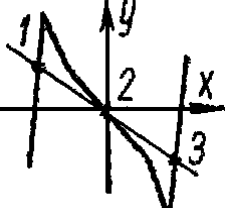
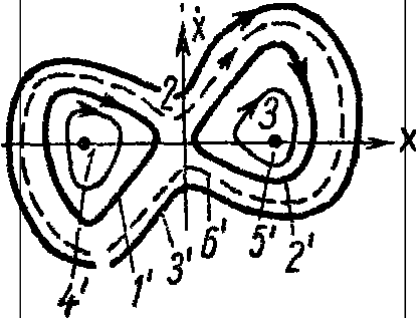
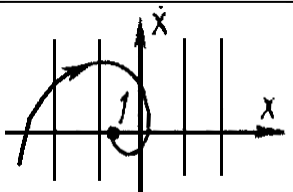
W8(P)	9	15	W38(P)	6	18
W9(P)	7	36	W39(P)	15	25
W10(P)	15	17	W41(P)	24	11
W12(P)	9	24	W42(P)	8	40
W13(P)	23	6	W43(P)	14	30
W14(P)	17	42	W45(P)	21	10
W16(P)	4	2	W46(P)	17	4
W17(P)	14	44	W47(P)	13	43
W18(P)	6	23	W48(P)	19	26
W20(P)	19	29	W49(P)	26	7
W21(P)	3	14	W51(P)	22	39
W22(P)	12	9	W52(P)	18	31
W24(P)	5	26	W53(P)	12	1
W25(P)	16	22	W54(P)	20	16
W26(P)	10	45	W56(P)	11	27
W27(P)	4	19	W57(P)	21	12
W28(P)	25	5	W58(P)	18	38
W29(P)	6	33	W59(P)	22	32
W30(P)	11	37	W60(P)	26	13

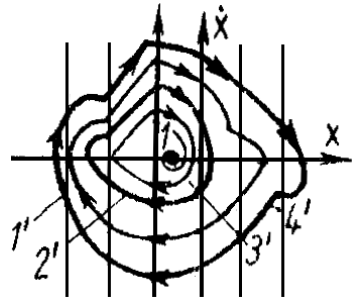
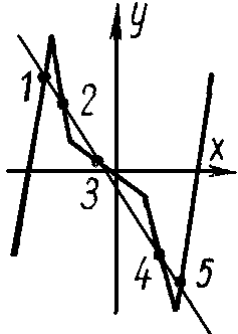
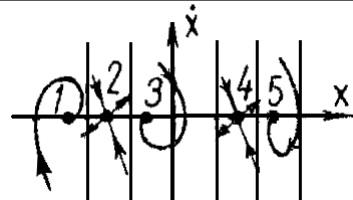
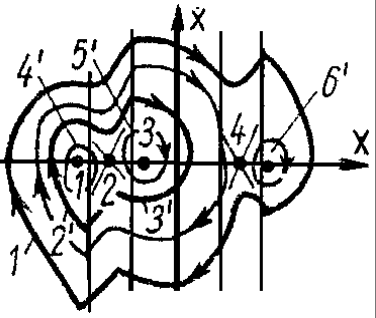
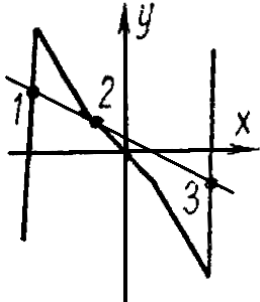
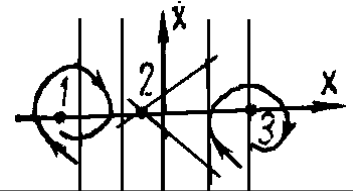
Таблица В.4-

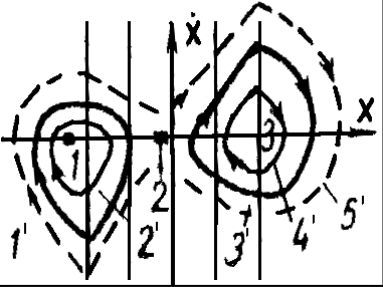
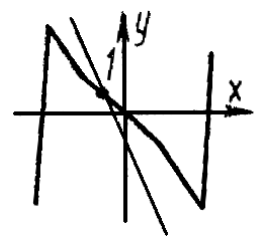
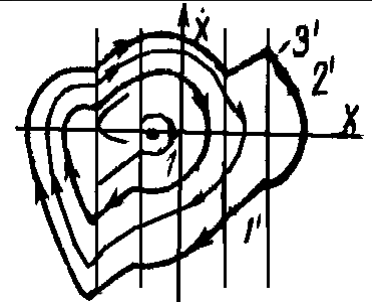
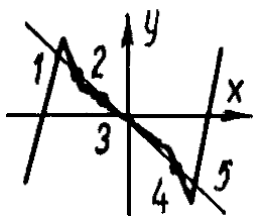
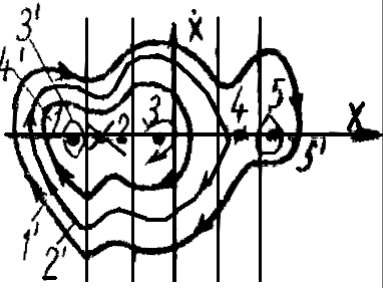
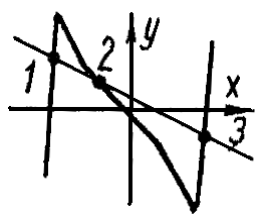
Фазовые портреты динамики оптимизированной нелинейной системы управления установки кормоприготовления

Условное обозначение варианта	Соотношение между параметрами схемы и дифференциальным сопротивлением ρ	Соотношение между параметрами схемы и дифференциальным сопротивлением ρ_1	Взаимное расположение характеристики нелинейного элемента и нагрузочной прямой	Характер траекторий на фазовой плоскости	Установившиеся режимы
1)					Единственное устойчивое положение равновесия (1)
2)					Наряду с устойчивым положением равновесия (1) возможен устойчивый предельный цикл (1/)
3)					Три устойчивых положения равновесия (1, 3,

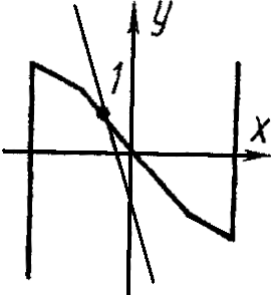
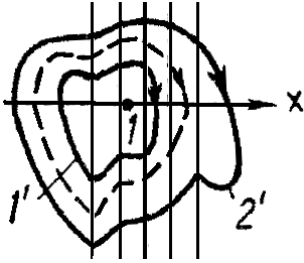
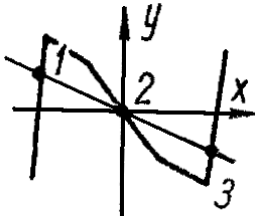
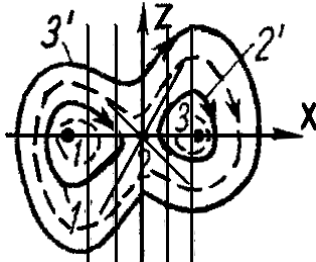
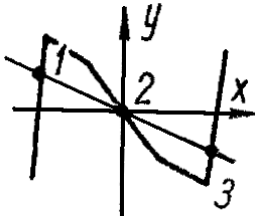
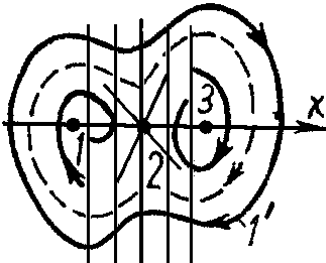
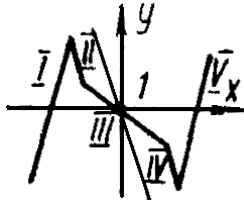
					5)
4)					Наряду с тремя устойчивыми положениями равновесия возможен устойчивый предельный цикл (1/)
5)					Два устойчивых положения равновесия (1, 3)
6)					Наряду с двумя устойчивыми положениями равновесия (1, 3) возможны один (5/) или два (1/, 3/) устойчивых предельных цикла
7)					Возможны два устойчивых предельных

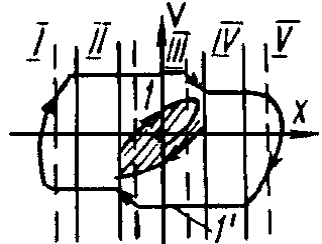
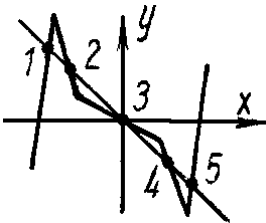
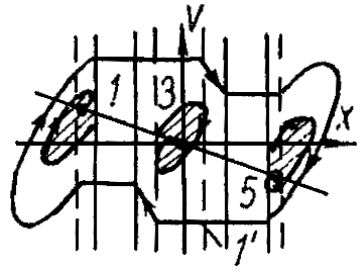
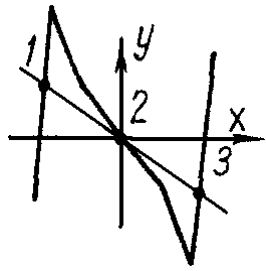
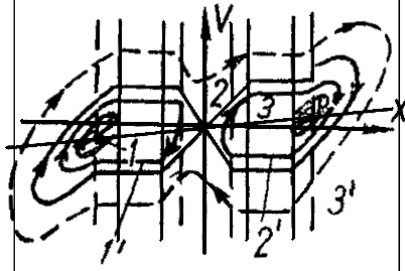
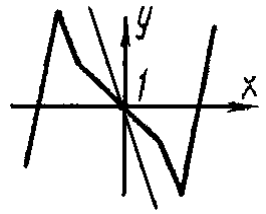
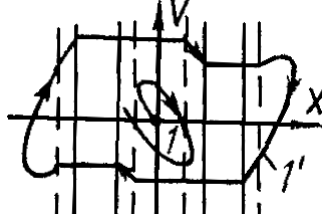
					цикла (1/, 3/)
8)					Наряду с двумя устойчивыми положениями равновесия (1, 5) возможны два устойчивых предельных цикла (1/, 3/)
9)					Наряду с двумя устойчивыми положениями равновесия (1, 3) возможны три (1/, 2/, 3/) устойчивых предельных цикла
10)					Единственное устойчивое положение равновесия (1)

11)					Наряду с устойчивым положением равновесия (1) возможны два устойчивых предельных цикла (1', 2/)
12)					Три устойчивых положения равновесия (1, 3, 5)
13)					Наряду с тремя устойчивыми положениями равновесия (1, 3, 5) возможны два устойчивых предельных цикла (1', 3/)
14)					Два устойчивых положения равновесия (1, 3)
15)					Наряду с двумя устойчивыми положениями

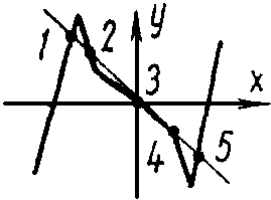
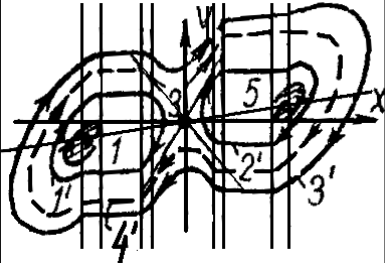
					равновесия (1, 3) возможны один (5/) или два (1/, 3/) устойчивых предельных цикла
16)					Возможны два устойчивых предельных цикла (1/, 2/)
17)					Наряду с двумя устойчивыми положениями равновесия (1, 5) возможны два устойчивых предельных цикла (1/, 2/)
18)					Наряду с двумя устойчивыми положениями равновесия (1, 3) возможны три (1/ , 2/, 3/)

					устойчивых предельных цикла
19)					Единственное устойчивое положение равновесия (1)
20)					Два устойчивых положения равновесия (1, 3)
21)					Единственный устойчивый предельный цикл (1/)
22)					Единственный устойчивый предельный цикл (1/)

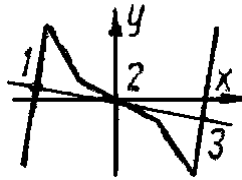
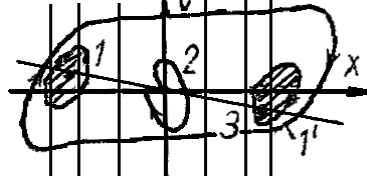
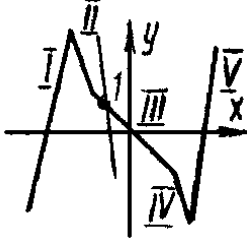
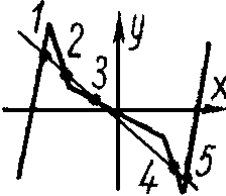
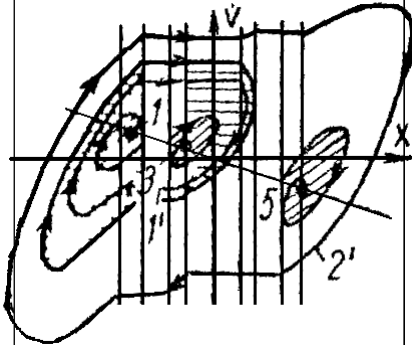
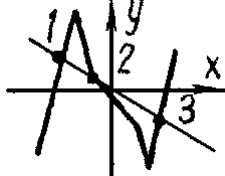
23)					Возможны два устойчивых предельных цикла (1/, 2/)
24)					Наряду с двумя устойчивыми положениями равновесия (1, 3) возможны три устойчивых предельных цикла (1/, 2/, 3/)
25)					Наряду с двумя устойчивыми положениями равновесия (1, 3) возможен один устойчивый предельный цикл (1/)
26)					Наряду с единственным устойчивым положением равновесия (1)

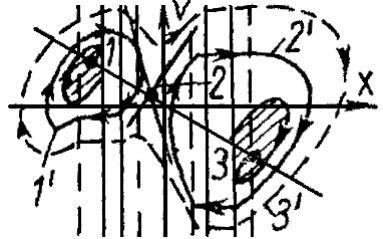
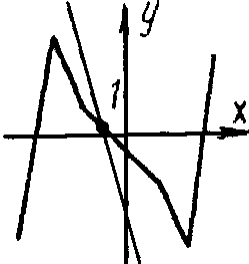
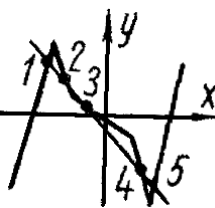
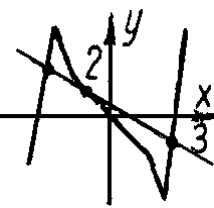
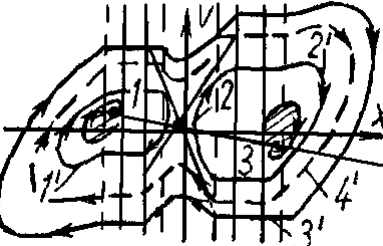
					возможен устойчивый предельный цикл (1/)
27)					Наряду с тремя устойчивыми положениями равновесия (1, 3, 5) возможен устойчивый предельный цикл (1/)
28)					Наряду с двумя устойчивыми положениями равновесия (1, 3) возможен один (3/) или два (1/, 2/) устойчивых предельных цикла
29)					Единственный устойчивый предельный цикл (1/)

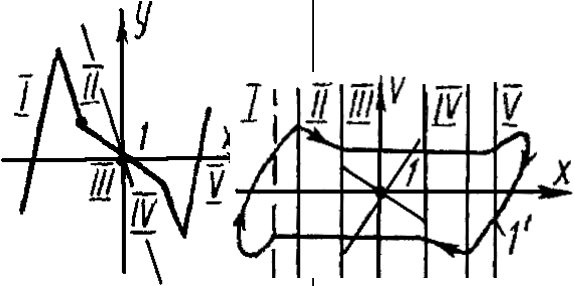
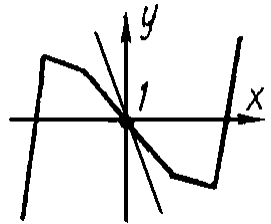
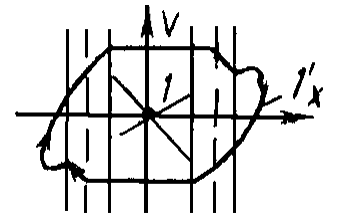
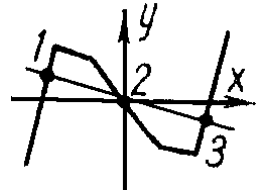
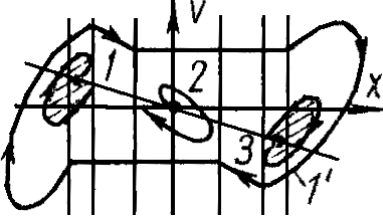
30)					Наряду с двумя устойчивыми положениями равновесия (1, 5) возможен устойчивый предельный цикл (1/)
31)					Наряду с двумя устойчивыми положениями равновесия (1, 3) возможны три (1/, 2/, 3/) устойчивых предельных цикла. Цикл 4/ - неустойчив
32)					Устойчивый предельный цикл 3/ или два устойчивых цикла 1/, 2/, или одновременно 1/, 2/, 3/, 4/ причем цикл 4/ - неустойчив

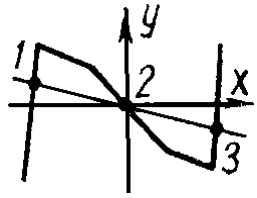
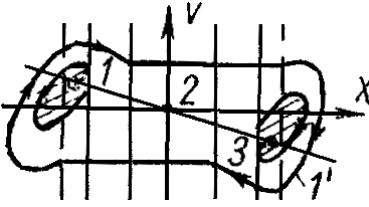
33)					Наряду с устойчивыми положениями равновесия (1, 5) возможен устойчивый предельный цикл 3/ или два предельных цикла 1/, 2/, или одновременно 1/, 2/, 3/, 4/ причем цикл 4/ - неустойчив
34)					Два устойчивых предельных цикла (1/, 2/) или один устойчивый предельный цикл 3/
35)					Наряду с двумя устойчивыми

					положениями равновесия (1, 5) возможен один (3/) или два (1/, 2/) устойчивых предельных цикла
36)					Наряду с двумя устойчивыми положениями равновесия (1, 3) возможен устойчивый предельный цикл 1/
37)					Наряду с двумя устойчивыми положениями равновесия (1, 3) возможны устойчивые предельные циклы 1/, 2/ или 1/, 2/, 3/, причем 3/ - неустойчив
38)					Наряду с двумя устойчивыми положениями

					равновесия (1, 3) возможен устойчивый предельный цикл 1/
39)					Наряду с одним устойчивым положением равновесия (1) возможны два устойчивых предельных цикла (1/, 2/). Цикл 3/ - неустойчив
40)					Наряду с тремя устойчивыми положениями равновесия (1, 3, 5) возможны два устойчивых предельных цикла (1/, 2/)
41)					Наряду с двумя устойчивыми положениями равновесия (1, 3) возможны один (

					3/) или два (1/, 2/) устойчивых предельных цикла
42)					Возможны два устойчивых предельных цикла (1/, 2/). Цикл 3/ - неустойчив
43)					Наряду с двумя устойчивыми положениями равновесия (1, 5) возможны два устойчивых предельных цикла (1/, 2/). Цикл 3/ - неустойчив
44)					Наряду с двумя устойчивыми положениями равновесия (1, 3) возможны три устойчивых

					предельных цикла (1/, 2/, 3/). Цикл 4/ - неустойчив
45)					Устойчивый предельный цикл (1/). Возможны еще два устойчивых предельных цикла
46)					Единственный устойчивый предельный цикл (1/)
47)					Наряду с двумя устойчивыми положениями равновесия (1, 3) возможен устойчивый

					предельный цикл (1/)
48)					Наряду с двумя устойчивыми положениями равновесия (1, 3) возможен устойчивый предельный цикл (1/)

В.4. Определение параметров качества регулирования системы.

В.4.1. Программа для ЕВМ на языке программирования « C + + » построения фазовых портретов

```
#include "ptems.h"
#include <math.h>

#define XMAX 1200
#define X0 875
#define YMAX 1800
#define Y0 20
#define MW 320
#define MR 32
#define WIDTHLINE 1
#define SIZELINE 8

main()
{
    unsigned char far *buf;
    unsigned long i;
    unsigned int emshandle,oldpage;
    double x,y,w,r,d,d2;

    if(ems_free()>=400) {
        buf=ems_frame();
        ems_open(&emshandle,400);
        ems_load("bmp1218",emshandle,buf,54);
        for(i=54;i<6480054;ems_put(emshandle,buf,i,255,&oldpage),i++){
            for(x=0;x<XMAX;x++) {
                for(d=Y0;d<=(Y0+WIDTHLINE);
                    ems_ppix(XMAX,emshandle,buf,x,d,0,0,0,&oldpage),d+=1);
            }
            for(x=X0%MR;x<XMAX;x+=MR) {
                for(y=Y0-SIZELINE/2;y<=(Y0+SIZELINE/2+WIDTHLINE);y++) {
                    for(d=0;d<=WIDTHLINE;
                        ems_ppix(XMAX,emshandle,buf,x+d,y,0,0,0,&oldpage),d+=1);
                }
            }
            for(y=0;y<YMAX;y++) {
                for(d=X0;d<=(X0+WIDTHLINE);
                    ems_ppix(XMAX,emshandle,buf,d,y,0,0,0,&oldpage),d+=1);
            }
            for(y=Y0;y<YMAX;y+=MW*0.2) {
                for(x=X0-SIZELINE/2;x<=(X0+SIZELINE/2+WIDTHLINE);x++) {
                    for(d=0;d<=WIDTHLINE;
                        ems_ppix(XMAX,emshandle,buf,x,y+d,0,0,0,&oldpage),d+=1);
```

```

    }
}
for(w=0;w<5.4;w+=0.001) {
    r=(1.431e9*pow(w,4)-3.421e12*pow(w,2)+1.071e13)/(pow(w,10)-
        6.119*pow(w,8)+1.063e9*pow(w,6)+3.691e10*pow(w,4)-
        1.487e11*pow(w,2)+4.04e11);
    y=Y0+w*MW;
    x=X0-r*MR;
    if(x>=0&& x<XMAX&& y>=0&& y<YMAX) {
        for(d=0;d<=WIDTHLINE;d+=1) {
            for(d2=0;d2<=WIDTHLINE;
                ems_ppix(XMAX,emshandle,buf,x+d+0.5,y+d2+0.5,0,0,0,&oldpage),
                d2+=1);
        }
    }
}
ems_save("picture.bmp",emshandle,buf,6480054);
ems_close(emshandle);
}
}

```

Примечание: программа создает 24-разрядный рисунок размером 1200x1800 точек и записывает его в файл picture.bmp, заголовком которого служит файл bmp1218; программа использует прикладную библиотеку ptems.h, фрагмент которой приведен далее.

```

#include<dos.h>
unsigned long ems_frame(void)
{
    union REGS regs;
    regs.h.ah=0x41;
    int86(0x67,&regs,&regs);
    return regs.x.bx*0x10000;
}

unsigned int ems_free(void)
{
    union REGS regs;
    regs.h.ah=0x42;
    int86(0x67,&regs,&regs);
    return regs.x.bx;
}

unsigned char ems_open(unsigned int *emshandle,unsigned int pages)
{
    union REGS regs;
    regs.h.ah=0x43;
    regs.x.bx=pages;
}

```

```

int86(0x67,&regs,&regs);
*emshandle=regs.x.dx;
return regs.h.ah;
}

```

```

unsigned char ems_close(unsigned int emshandle)
{
union REGS regs;
regs.h.ah=0x45;
regs.x.dx=emshandle;
int86(0x67,&regs,&regs);
return regs.h.ah;
}

```

```

unsigned char ems_put(unsigned int emshandle,unsigned char far *emsframe,
unsigned long seek,unsigned char symbol,unsigned int *oldpage)
{
union REGS regs;
if((regs.x.bx=seek/16384)!=*oldpage) {
*oldpage=regs.x.bx;
regs.h.ah=0x44;
regs.h.al=0;
regs.x.dx=emshandle;
int86(0x67,&regs,&regs);
}
emsframe[seek%16384]=symbol;
return regs.h.ah;
}

```

```

unsigned char ems_ppix(unsigned int width,unsigned int emshandle,
unsigned char far *emsframe,unsigned long x,unsigned long y,
unsigned char red,unsigned char green,unsigned char blue,
unsigned int *oldpage)
{
union REGS regs;
unsigned long seek;
seek=(y*width+x)*3+54;
if((regs.x.bx=seek/16384)!=*oldpage) {
*oldpage=regs.x.bx;
regs.h.ah=0x44;
regs.h.al=0;
regs.x.dx=emshandle;
int86(0x67,&regs,&regs);
}
emsframe[seek%16384]=red;
seek+=1;
}

```

```

if((regs.x.bx=seek/16384)!=*oldpage) {
    *oldpage=regs.x.bx;
    regs.h.ah=0x44;
    regs.h.al=0;
    regs.x.dx=emshandle;
    int86(0x67,&regs,&regs);
}
emsframe[seek%16384]=green;
seek+=1;
if((regs.x.bx=seek/16384)!=*oldpage) {
    *oldpage=regs.x.bx;
    regs.h.ah=0x44;
    regs.h.al=0;
    regs.x.dx=emshandle;
    int86(0x67,&regs,&regs);
}
emsframe[seek%16384]=blue;
return regs.h.ah;
}
int ems_load(char near *filename,unsigned int emshandle,void far *emsframe,
unsigned long len)
{
    union REGS regs;
    struct SREGS sregs;
    unsigned int handle,i;
    regs.h.ah=0x3d;
    regs.h.al=0;
    regs.x.dx=(unsigned)filename;
    intdos(&regs,&regs);
    handle=regs.x.ax;
    for(i=0;i<len/16384;i++) {
        regs.h.ah=0x44;
        regs.h.al=0;
        regs.x.bx=i;
        regs.x.dx=emshandle;
        int86(0x67,&regs,&regs);
        regs.h.ah=0x3f;
        regs.x.bx=handle;
        regs.x.cx=16384;
        regs.x.dx=FP_OFF(emsframe);
        sregs.ds=FP_SEG(emsframe);
        intdosx(&regs,&regs,&sregs);
    }
    regs.h.ah=0x44;
    regs.h.al=0;

```

```

regs.x.bx=i;
regs.x.dx=emshandle;
int86(0x67,&regs,&regs);
regs.h.ah=0x3f;
regs.x.bx=handle;
regs.x.cx=len%16384;
regs.x.dx=FP_OFF(emsframe);
sregs.ds=FP_SEG(emsframe);
intdosx(&regs,&regs,&sregs);
regs.h.ah=0x3e;
regs.x.bx=handle;
intdos(&regs,&regs);
return regs.x.cflag;
}

```

```

int ems_save(char near *filename,unsigned int emshandle,void far *emsframe,
unsigned long len)
{
union REGS regs;
struct SREGS sregs;
unsigned int handle,i;
regs.h.ah=0x3c;
regs.x.cx=0x20;
regs.x.dx=(unsigned)filename;
intdos(&regs,&regs);
handle=regs.x.ax;
for(i=0;i<len/16384;i++) {

    sregs.ds=FP_SEG(emsframe);
    intdosx(&regs,&regs,&sregs);
}
regs.h.ah=0x44;
regs.h.al=0;
regs.x.bx=i;
regs.x.dx=FP_OFF(emsframe);
sregs.ds=FP_SEG(emsframe);
intdosx(&regs,&regs,&sregs);
regs.h.ah=0x3e;
regs.x.bx=handle;
intdos(&regs,&regs);
return regs.x.cflag;
}

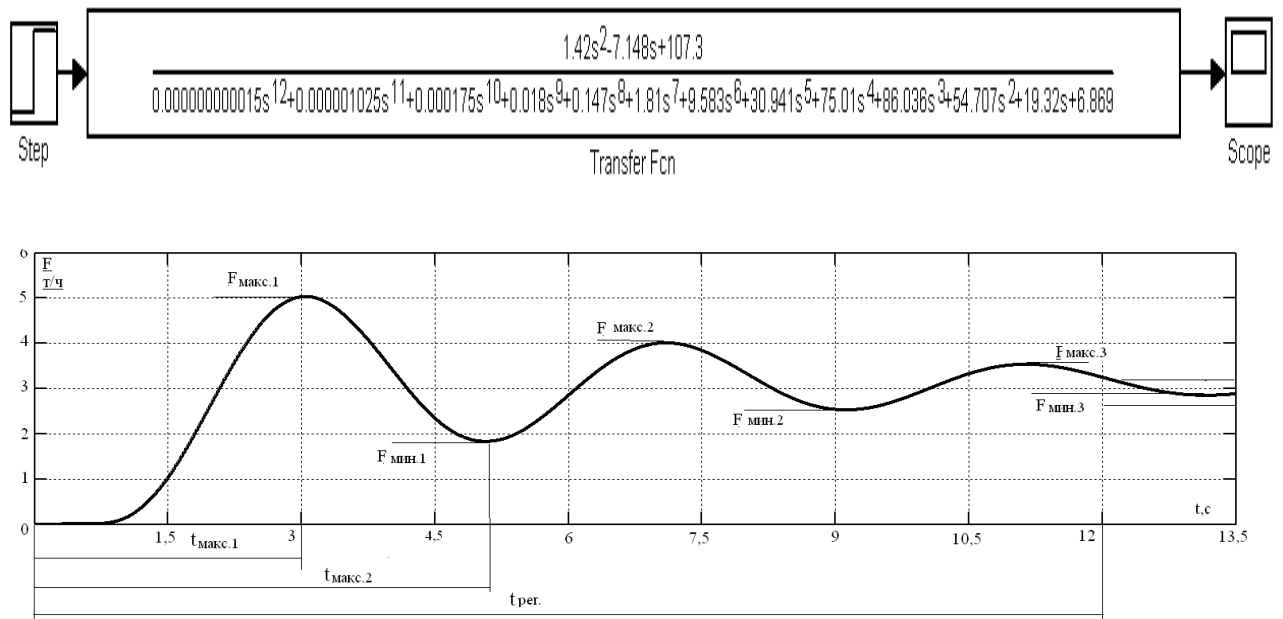
```

В.5 Расчет параметров качества регулирования.

Исходное уравнение - передаточная функция выходной координаты подачи комбикорма в смеситель.

Используемая среда – MATLAB R12

Структура расчета переходной характеристики



Переходная характеристика

Время регулирования $t_{\text{рег.}} = 12$ с.

Время достижения первого максимума $t_{\text{макс.1}} = 3$ с.

Время достижения второго максимума $t_{\text{макс.2}} = 5$ с.

Декремент затухания $\nu = 0,7$

Параметры качества регулирования:

Время регулирования $t_{\text{рег.}} = 12$ с.

Время достижения первого максимума $t_{\text{макс.1}} = 3$ с.

Время достижения второго максимума $t_{\text{макс.2}} = 5$ с.

Декремент затухания

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Д.1 Синтез параметров цифровых регуляторов компьютерной системы с оценкой идентификации кормоприготовительной установки.

Д.2 Анализ динамики пространственно-временных параметров движения компонентов комбикорма

Д.3 Машинное моделирование процессов адаптивного управления по статическим моделям энергосбережения

Д.1. Синтез параметров цифровых регуляторов компьютерной системы с оценкой идентификации кормоприготовительной установки.

Рассмотренная в разделе 4.4 методика оценки параметров идентификации характеристик кинематики комплекса кормоприготовления с нелинейными зависимостями является базой разработки алгоритмической структуры и схемотехнических параметров цифровых регуляторов компьютерных систем управления и регулирования координат АСУТП кормоприготовления. Ввиду наличия в системе нелинейных контуров и

В работе [1], на основе которого реализация такого регулятора получены в аналитическом виде параметры цифровых регуляторов, обеспечивающих для линеаризованных систем с объектами регулирования третьего порядка, содержащими форсирующие звенья. В данном случае динамическое функционирование такого регулятора должно обеспечивать перерегулирование переходной характеристики в функции параметров форсирующего звена.

1) Обобщенная структура цифровой системы управления содержит квантователь (ключ замыкания) с периодом замыкания h , цифровой регулятор с z -передаточной функцией $W(z)$, фиксатор нулевого порядка с p -передаточной функцией z^{-p} , объект регулирования с передаточной функцией $G(z)$. (рис. Д.1).

Рис. Д.1. Цифровая система регулирования. Схема структурно-алгоритмическая.

Задачей синтеза алгоритмической структуры такого регулятора является задача реализации алгоритма динамического функционирования, решение которой обеспечит переходной процесс на выходе системы без перерегулирования за минимальное время nh (n – порядок полинома в знаменателе передаточной функции). Большинство реальных систем обладают объектом регулирования с передаточными функциями, в которых полином в числителе вырожден (нулевого порядка).

Рассмотрим системы, в которых объекты регулирования имеют передаточную функцию с невырожденным полиномом в числителе. В этом случае, если полином в числителе не является вырожденным, объект содержит форсирующее звено и оптимальный цифровой регулятор при типовом возмущении и нулевых начальных условиях обеспечивает переходный процесс за минимальное время nh , но перерегулирование этого переходного процесса может быть в зависимости от параметров форсирующего звена.

2) Рассматривается система управления (рис. Д.1) с объектом регулирования, математическая модель которого описывается передаточной

(Д.6)

При обозначении , последовательно
определяем

(Д.7)

(Д.8)

(Д.9)

Д.10)

4) В конечное состояние систему можно привести за три периода
прерывания ключа (за 3h), если выполнить следующие условия:

(Д.11)

(Д.12)

(Д.13)

(Д.14)

Из (Д.12) и (Д.13) определяются:

(Д.15)

После подстановки значений m_1 (по (Д.15)) и m_2 (по(Д.16)) в (Д.11) получим:

.3

После подстановки (Д.17) в (Д.15) и (Д.16) получаем:

.3

(Д.18)

.3

(Д.19)

5) определим входные дискреты цифрового регулятора:

(Д.20)

(Д.21)

(Д.22)

6) Учитывая, что
функция цифрового регулятора имеет вид:

передаточная

(Д.23)

7) Для упрощения анализа регулирования параметров системы, исходные передаточные функции представляются в виде эквивалентной операторной по Лапласу передаточной непрерывной функцией

(Д.24)

где шаг квантования $h=0.1$ с; типовое управляющее воздействие ПИ-типа вида .Здесь интегральная составляющая ($G=2$) по величине ($U=1$) в 2 раза превышает пропорциональную составляющую, т.е. интегральная составляющая изменяется как изодромная.

8) В рассматриваемом случае в качестве регулирующей подсистемы принимается цифровая структура на основе промышленного контроллера S7-280 (или подобного типа). Для объекта (Д.24) принимается структурно-алгоритмическая схема (рис. Д.1) и для аналитического (в т.ч. машинного) моделирования (исследования динамики) и синтеза параметров z-регуляторов используется z-структура в пространстве состояний (рис. Д.2). Вид переходной характеристики (переходного процесса) в системе (рис. Д.1) для различных значений параметра ($p+d$), полученной в среде Mathlab [304] показан на рис. Д.3,а).

Для того же объекта регулирования с параметрами шаг квантования $h=0.1$ с и при типовом возмущение с параметрами $U=1$, $=0$ (пропорциональное воздействие) переходные процессы в системе (рис. Д.1) для различных значений параметра d показаны на рис. Д.3,б).

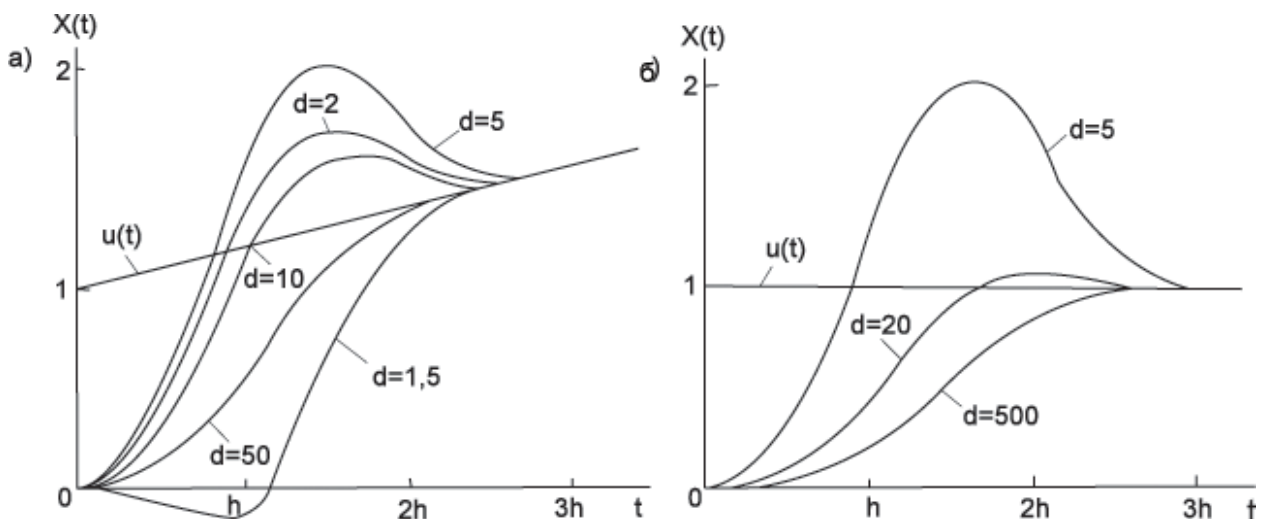


Рис. Д.3. Переходные характеристики в системе (рис. Д.1)

9) Ниже проводится синтез параметров $W(z)$ в аналитическом виде цифровых регуляторов, обеспечивающих для линеаризованных систем по двумерному p -преобразованию нелинейных контуров, как объектов третьего порядка, содержащими форсирующее звено при типовом возмущение и нулевых начальных условиях переходный процесс за минимальное время. Указанный анализ проводится применительно к значениям эквивалентных операторных передаточных функций

10) Синтез параметров z -передаточной функции по Лапласу контура дозированной подачи зерновых компонентов [операторные передаточные функции $W1(p)$ - $W24(p)$, рис. 4.16].

Обобщенный вид передаточной функции выходного контура принимает следующее значение

(Д.25)

т.е. система с астатизмом векторного порядка.

Z -передаточная функция

(Д.26)

где параметры вычисляются по соотношению (Д.15)-(Д.19):

(Д.27)

.3

(Д.28)

.3

(Д.29)

.3

(Д.30)

.3

(Д.31)

11) Параметры регулятора контура измельчения, транспортирования и смешивания [, рис. 4.16] имеем

; (Д.32)

; (Д.33)

(Д.34)

; (Д.35)

;(Д.36)

; (Д.37)

(Д.38)

12) Параметры регулятора дозирования микродобавок [W33(p)-W45(p)]. Обобщённый вид передаточной функции данного контура описывается выражениями:

(Д.39)

(Д.40)

(Д.41)

.3

(Д.42)

.3

(Д.43)

.3

(Д.44)

.3

(Д.45)

.3

(Д.46)

13) Параметры регулятора контура дозирования микродобавок и БВД [W₂₂(p)-W₂₅(p), W₂₆(p)-W₂₉(p), рис. 4.16] имеют обобщённый вид передаточной функции:

при $4a-b^2>0$: (Д.47)

(Д.48)

EMBED Equation.3

(Д.49)

.3

(Д.50)

.3

(Д.51)

.3

(Д.52)

.3

(Д.53)

.3

(Д.54)

14) Параметры регулятора контура процесса окончательного получения меню комбикорма (контура транспортирования и смешивания ингредиентов) $[W_{31}(p)-W_{32}(p)$, рис. 4.16]. Обобщённый вид передаточной функции такого контура принимает следующую алгоритмическую структуру:

(Д.55)

(Д.56)

EMBED Equation.3

(Д.57)

.3

(Д.58)

.3

(Д.59)

.3

(Д.60)

.3

(Д.61)

.3

(Д.62)

т.е. полученные выражения Z - передаточных функций регуляторов вышеперечисленных контуров и их параметров (выражения (Д.25 – Д.31), (Д.32 – Д.38), (Д.39 – Д.46), (Д.47 – Д.54), (Д.55 – Д.62)) позволяют использовать их как подсистему автоматизированного проектирования при разработке структуры АСУТП кормоприготовления с последующим автоматизированным проектированием программного проектирования. Основой такой разработки являются функциональная и алгоритмическая структура контура регулирования соответствующих координат, что дает возможность для заданной передаточной функции объекта регулирования $\delta(p)$ определить передаточную функцию оптимального цифрового регулирования и для заданных параметров объекта регулирования вычислить необходимые параметры регулятора, что приводит к машинному проектированию систем автоматического управления.

Д.2 Анализ динамики пространственно-временных параметров движения компонентов комбикорма

Полученные параметры подсистем регулирования (объектов и регуляторов) (выражения (Д.15)-(Д.62)) позволяют разработать структурно – алгоритмические схемы динамических моделей – наблюдателей в подсистемах идентификации параметров динамического качества движения компонентов меню комбикормов при их приготовлении. В общем случае (как отмечено в разд. 2.3) процессы движения компонент меню комбикорма являются процессами массопередачи (приложение Б). На основе алгоритмов (моделей) оценки характера распространения и параметров затухания динамических процессов массопередачи компонент в форме плоских, сферических и цилиндрических волн [256] на основе разностных схем представляется возможным получить условия пространственного расположения первичных датчиков и сглаживание полученной от них информации во времени. Реализуемые оценки должны обладать свойством структурной устойчивостью.

1) При движении компонент меню комбикорма, как результатов решения задачи определения напряжённо-деформированного состояния материалов, необходимы измерения (необходима информация о) скорости распространения и показателя затухания (коэффициента демпфирования) упругих волн [256]. В этом случае необходима информация о гармонической зависимости от времени амплитуд колебаний: для сред, в которых волны удовлетворяют линейным уравнениям (как в нашем случае среды для волн малой амплитуды), где квазисинусоидальная зависимость

сохраняется при распространении волны, её отражении и рассеянии в потоке компонентов. Имея подобную информацию о параметрах гармонических волн разных частей и используя принцип суперпозиции и разложения в ряд Фурье представляется возможным проводить оценку параметров подобных процессов массопередачи.

2) Нами, на основе известных методов оценки параметров распространения волн, разработана и реализована на практике методика цифровой обработки сигналов на основе ЭВМ, которая позволяет значительно упростить вид робастных моделей таких процессов при реальной вариации вида и характеристик внешних возмущений и установок регуляторов, аномальности их законов распределения. Ниже рассматриваются случаи плоской, сферической и цилиндрической идеализированных волн.

3) Наиболее распространённой является плоская волна (в линеаризованном представлении), в которой для ординат продольных (или поперечных) колебаний в направлении абсциссы $\{x\}$ в момент времени t справедливо выражение

(Д.63)

где A_0 – амплитуда колебаний возбудителя (рабочего органа) ($x=0$);

Y_0 – начальная фаза колебаний ($t=0$); w – угловая частота.

4) Далее (Д.63) представляется в виде ряда отсчётов по x с шагом h ,

меньшим чем длина волны λ , произведённых в идентичные моменты времени t_i :

(Д.64)

где $w_0 = w/v$;

5) После применения к (Д.64) z – преобразования по пространственной переменной и после обратного преобразования получаем следующую разностную схему (математическую модель авторегрессии – скользящего среднего) вида:

(Д.65)

где α_k – инварианты разностной схемы, определяемые динамическими характеристиками v , α – и известной

частотой w ;

$\hat{y}_k$ – цифровой

анализ дельта-функции. При $k \geq 2$ модель (Д.65) приобретает более простой вид. Для уменьшения случайных и систематических погрешностей измерения в ней λ_1 и λ_2 по отчётам ординат колебаний обратимся к среднеквадратическому приближению модели, осуществляя $N+1$ раз во времени измерения в принятых точках, т.е. должно быть:

(Д.66)

Где индекс $\{k\}$ при выполнении текущего усреднения по временной координате будет переменным; $E1$ – мера адекватности модели (Д.65).

6) Из решения нормальной системы уравнений

определяются оптимальные, в среднеквадратическом смысле оценки λ_1, λ_2 :

(Д.67)

(Д.68)

где

С учётом обозначений в (Д.65) динамические характеристики плоской волны определяются через λ_1 (или из (Д.67) и (Д.68)):

(Д.69)

(Д.70)

Из соотношения (Д.64) и (Д.65) следует выражение для амплитуды огибающей колебаний в момент времени t_i в точке с координатой $(k-1)h$ по направлению x :

(Д.71)

7) Используя в (Д.71) помехозащищённые оценки целесообразно и найти из условия среднеквадратического приближения:

(Д.72)

Выше, в формулах (Д.67) – (Д.72) не использовались абсолютное значение абсциссы x . При известном A_0 найденные значения из (Д.72) используются для определения x .

Если по каким – либо причинам амплитуда колебаний не измеряется, но x известна, то через и вычисляется A_0 .

8) Известно, что оценки (Д.67), (Д.68) и (Д.72) обеспечивают высокую точность в предположении нормального широкополосного шума в пространственно-временных отчётах U_{ki} . При существенной неоднородности среды, импульсных помехах в датчиках, трактах усиления и преобразования сигналов, неблагоприятных сочетаниях значений помех и сигналов модели (Д.64) возникает проблема мультиколлинеарности соответствующих уравнений нормальной системы, устойчивости и возможности определения

EMBED Equation.3 .

9) Для обеспечения робастности измерений следует принять $p = \text{var}$ при среднеквадратическом сглаживании по временной переменной, где на ряду с

множеством оценок EMBED Equation.3 вычислять и меру среднеквадратического приближения E_{1p} . В этом случае при ранжировании

оценки EMBED Equation.3, отбрасывая часть из них, заменяя определёнными значениями или принимая их с весом, обратно

пропорциональным соответствующей мере адекватности E_{1p} , получаем устойчивые оценки динамических характеристик. Статические свойства соответствующих М-, L-, R- оценок приведены в [141]. Моменты взятия i -х отсчётов во времени могут быть неэквидистантны, выбираться из удобства

каких – либо физических условий, например, учёта характера помех в указанных точках фазового пространства.

Рассмотренная методика с сохранением всех своих точностных характеристик распространяется и на случаи сферической и цилиндрической волн.

10) Параметры среднеквадратических оценок определяются из выражения

$$, \quad (Д.73)$$

где после их регуляризации и выражении через них динамических характеристик волн, получим:

$$. \quad (Д.74)$$

11) В двух последних задачах необходима информация о расстоянии от точки установки датчиков до рабочего органа (значение индекса k в разностных схемах (Д.73) и (Д.74).

Значение огибающих колебаний по координате x можно получить

из моделей (Д.73) и (Д.74) при условии

12) Для классификации типов волн в рассматриваемой области трех (или для цилиндрического поля – четырех) датчиков следует вычислить и сравнить величины мер среднеквадратических приближений E_1, E_2, E_3 при найденных оценках) после обеспечения их устойчивости. В соответствии с критерием Фишера для сравнения дисперсии можно сделать вывод о предпочтительности той или иной модели. Практические исследования в лабораторных условиях показали целесообразность в условиях технических параметров реальных датчиков и физико-химических характеристик сред установки шага h в 4-6 раз меньше длины волны . Средством борьбы с высокочастотными или низкочастотными помехами

рекомендуется обращение к первым, вторым и т.д. суммам или , соответственно, к разностям отчетов, для которых будут также справедливы разностные схемы (Д.65), (Д.74).

Выбор частоты рабочего органа (длины волны) и шага h позволяет уменьшить ограничения на геометрические размеры потока массы компонент меню комбикорма (массопередачи), работать в полосе пропускания свободной от помех.

13) Разработанная методика позволяет: а) измерять динамические характеристики (скорость распространения, коэффициент демпфирования) основных типов волн, классифицировать их тип, исходя из моделей авторегрессии и ошибки прогноза последующих координат по предыдущим; б) обеспечить высокую точность измерений при достаточно простом аппаратном и программном обеспечении на базе сочетания малого числа датчиков, располагаемых на эквидистантных волновых поверхностях с временными отсчетами ординат колебаний при помощи процессов сглаживания первичной информации.

Д.3. Машинное моделирование процессов адаптивного управления по статическим моделям энергосбережения

Вышепроведенный анализ динамических параметров и структурно-алгоритмической гибкости системы управления кормоприготовлением (модели (Д.25) – (Д.62) показывает, что система реализует процессы управления на основе адаптивного принципа. Технология кормоприготовления представляется в форме дискрет во времени, где решается задача управления установившимися состояниями многомерного дискретного управления используется модель объекта. Для адаптации параметров модели, определяющих установившиеся значения ее выхода, используются рекуррентные алгоритмы эллипсоидальных оценок.

1) Линеаризованный технологический комплекс кормоприготовления, как дискретный динамический объект управления (ОУ), характеризуется в дискретные моменты времени $k=0, 1, 2 \dots$ векторами входов (управлений) по вышеназванным каналам и выходов . В качестве компоненты принимается соответствующий энергетический поток. С каждой компонентой вектора связаны системы уравнений:

$$, \quad (Д.75)$$

$$, \quad (Д.76)$$

определяющие динамические и статические свойства объекта по отношению к данному выходу. В уравнениях (Д.75) и (Д.76) - вектор фазовых координат; - диагональная матрица

параметров динамики; B – единичная матрица; C –
 вектор коэффициентов усиления; D – матрица операторов
 сдвига E – число тактов, на которое запаздывает j – i
 входной сигнал; T – оператор транспонирования матрицы.

На основании исследования динамики контуров, рассматриваемый ОУ

является устойчивым λ . Матрица A – не
 вырожденная

$$\lambda \neq 0 \quad (Д.77)$$

Начальные условия $x(0)$ в (Д.75) и параметры объекта A, B, C, D, E имеют
 вероятностный характер в заданном диапазоне:

$$x(0) \sim N(\mu, \sigma) \quad (Д.78)$$

где параметры μ, σ задаются на основе
 директивных документов.

2) В соответствии с (Д.77), для качественного динамического
 функционирования (устойчивости объекта и времени запаздывания),
 необходимо выполнение условия

$$\lambda \neq 0 \quad (Д.79)$$

где в этом случае уравнение контроля (измерения) параметров будет
 иметь вид

$$y = Cx + D \quad (Д.80)$$

где x – вектор измеренных значений компонент
 y , вектора выходов z – вектор помех в каналах
 измерения, которые ограничены по величине

$$z \leq z_{\max} \quad (Д.81)$$

Константы заданы, в том смысле, что для любой последовательности
 выполняются условия

$$z \leq z_{\max} \quad (Д.82)$$

Задан вектор $z_{\max}$ – вектор ограничений, как директивные
 значения энергоемкости технологических процессов и продукции с/х
 производства.

Программа закладывает основы образования, обучения и подготовки
 кадров по энергоэффективности и энергосохранению, популяризации в этой
 области.

3) Системо-схемотехнические эффекты энерго- и ресурсосбережения (в терминах и обозначениях по ДСТУ 2420-94) обоснованы и вычислены в соответствии с основными положениями и требованиями ISO 13600 – 97, ДСТУ 3682 – 98, ДСТУ 3051 – 95 (ГОСТ 30166 – 95), определяющие энерго-экономическую и технико-экономическую эффективность проведенных исследований.

4) На основании указанных факторов строится структура модели, основные структурные составляющие которой показаны на рис. Д.4.

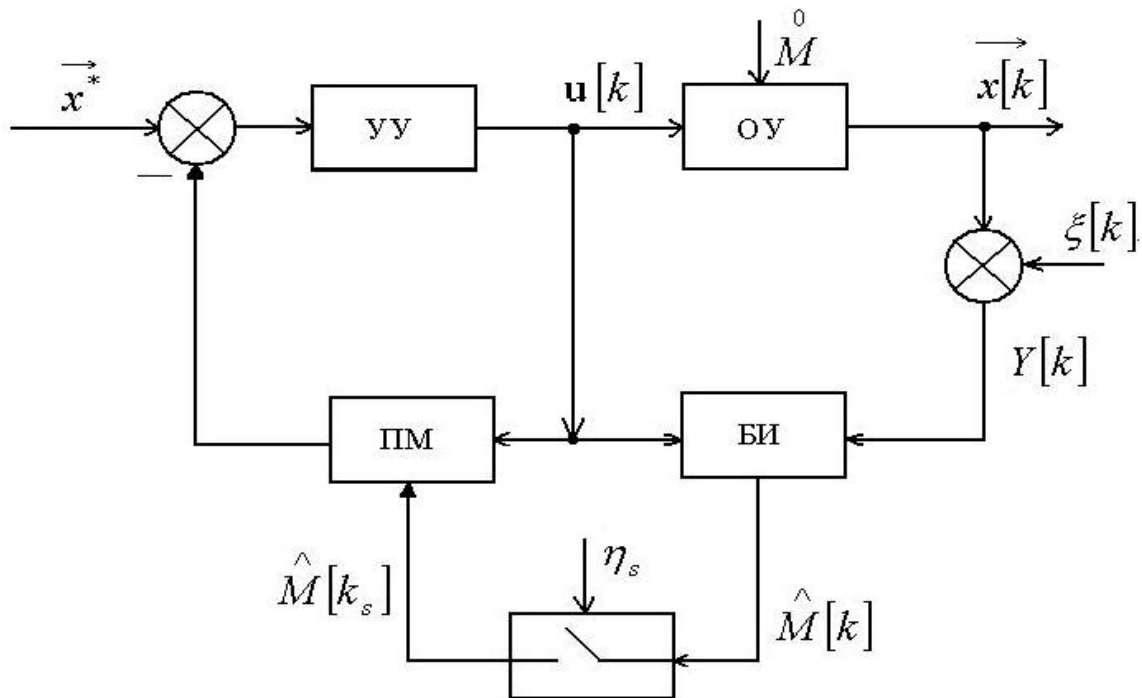


Рис. Д.4. Структура адаптивной модели управления. Схема функциональная.

5) Данная модель является базой разработки алгоритма адаптации.

В свою очередь, каждая модель САУ однозначно определяется набором

признаков модели , описывающих основные характеристики модели САУ, например, тип модели, составляющие подмодели и др. Выбор модели статического типа проводится путем построения набора признаков модели в соответствии с некоторым функционально-логическим правилом отображения множества признаков ; - на основе гомоморфного оператора проектирования модели.

Структура модели САУ определяется следующим образом:

Э–эволюционное соотношение модели, характеризующее динамику управления; ОГ – ограничения модели; КР – критерий оптимизации модели. Составляющие ОГ и КР могут быть получены из набора признаков модели управления. Проводится оценка адекватности параметров модели, т.к. их значения оказывают влияние на структуру эволюционного соотношения модели. Функционал адекватности модели

принимают вид:

$$, \quad (Д.83)$$

где Φ_k - функционалы адекватности параметров и эволюционного соотношения модели соответственно.

Эволюционное соотношение модели и системы управления в самом общем виде представлено в виде соотношения:

$$, \quad (Д.84)$$

где Y_k - учетные данные САУ в k -периоде принятия решения; Y_1 ;
при $k=1$ параметр Y_1 - будет начальным значением учетных данных на период планирования, Φ_k - эволюционный оператор модели ; w – параметр модели ; Φ_k - параметры объекта управления. Из концепции структурной адаптации проверка адекватности должна осуществляться на фактических данных прошлой деятельности ОУ. При наличии информации о фактических учетных данных ОУ за некоторый прошедший период планирования, примыкающий к текущему моменту времени. Тогда функционал адекватности эволюционного соотношения модели может быть записан в виде ряда параметров:

$$, \quad (Д.85)$$

где Y_k - фактические учетные данные объекта управления в k -м периоде принятия решений рассматриваемого периода планирования.

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Ж1. Энтропийный анализ.

Ж2. Обоснование состава и системная интеграция комплекса технических средств АТК.

Ж3. Разработка и верификация программного обеспечения АТК
производства комбикормов

Ж.1. Энтропийный анализ

Таблица Ж.1 -

Экспериментальные выборки

Режим	Нестабилизированный		Стабилизированный	
	Выборка 1	Выборка 2	Выборка 1	Выборка 2
1	74	72	82	79
2	68	74	79	78
3	72	69	84	82

4	71	71	80	84
5	69	66	77	83
6	62	69	79	78
7	59	71	82	79
8	74	63	76	80
9	68	72	78	78
10	69	76	84	80
11	62	70	85	82
12	71	66	80	81
13	76	65	77	76
14	75	69	79	79
15	71	64	82	82
16	66	71	81	83
17	69	73	82	82
18	70	68	78	80
19	72	70	77	78
20	74	75	82	81
Среднее	69,6	69,7	80,2	80,25
Дисперсия	20,67368	12,85263	6,905263	4,513158
Стандарт	4,546832	3,585057	2,627787	2,124419

Таблица Ж.2 -

Критерий серий

Режим							
Нестабилизированный				Стабилизированный			
Выборка 1		Выборка 2		Выборка 1		Выборка 2	
74	п	72	п	82	п	79	м
68	м	74	п	79	м	78	м
72	п	69	м	84	п	82	п
71	п	71	п	80	м	84	п
69	м	66	м	77	м	83	п
62	м	69	м	79	м	78	м
59	м	71	п	82	п	79	м

74	п	63	м	76	м	80	м
68	м	72	п	78	м	78	м
69	м	76	п	84	п	80	м
62	м	70	п	85	п	82	п
71	п	66	м	80	м	81	п
76	п	65	м	77	м	76	м
75	п	69	м	79	м	79	м
71	п	64	м	82	п	82	п
66	м	71	п	81	п	83	п
69	м	73	п	82	п	82	п
70	п	68	м	78	м	80	м
72	п	70	п	77	м	78	м
74	п	75	п	82	п	81	п
Число серий	9		11		11		8

Таблица Ж.3-

Режим	Нестабилизированный				Стабилизированный			
№пп	Выбор- ка 1 (X)	Обозн.	Выбор- ка 2 (Y)	Обозн	Выбор- ка 1 (Z)	Обозн	Выбор- КА 2 (K)	Обозн
1	74	X1	72	Y1	82	Z1	79	K1
2	68	X2	74	Y2	79	Z2	78	K2
3	72	X3	69	Y3	84	Z3	82	K3
4	71	X4	71	Y4	80	Z4	84	K4
5	69	X5	66	Y5	77	Z5	83	K5
6	62	X6	69	Y6	79	Z6	78	K6
7	59	X7	71	Y7	82	Z7	79	K7

8	74	X8	63	Y8	76	Z8	80	K8
9	68	X9	72	Y9	78	Z9	78	K9
10	69	X10	76	Y10	84	Z10	80	K10
11	62	X11	70	Y11	85	Z11	82	K11
12	71	X12	66	Y12	80	Z12	81	K12
13	76	X13	65	Y13	77	Z13	76	K13
14	75	X14	69	Y14	79	Z14	79	K14
15	71	X15	64	Y15	82	Z15	82	K15
16	66	X16	71	Y16	81	Z16	83	K16
17	69	X17	73	Y17	82	Z17	82	K17
18	70	X18	68	Y18	78	Z18	80	K18
19	72	X19	70	Y19	77	Z19	78	K19
20	74	X20	75	Y20	82	Z20	81	K20

Таблица Ж.4 -

Критерий Вилкоксона

Режим			
Нестабилизированный		Стабилизированный	
№пп	Выборки X и Y	№пп	Выборки Z и K
1	74 X1	1	82Z1
2	68X2	2	79Z2
3	72X3	3	84Z3
4	71X4	4	80Z4
5	69X5	5	77Z5
6	62X6	6	79Z6
7	59X7	7	82Z7

8	74X8	8	76Z8
9	68X9	9	78Z9
10	69X10	10	84Z10
11	62X11	11	85Z11
12	71X12	12	80Z12
13	76X13	13	77Z13
14	75X14	14	79Z14
15	71X15	15	82Z15
16	66X16	16	81Z16
17	69X17	17	82Z17
18	70X18	18	78Z18
19	72X19	19	77Z19
20	74X20	20	82Z20
21	72Y1	21	79K1
22	74Y2	22	78K2
23	69Y3	23	82K3
24	71Y4	24	84K4
25	66Y5	25	83K5
26	69Y6	26	78K6
27	71Y7	27	79K7
28	63Y8	28	80K8
29	72Y9	29	78K9
30	76Y10	30	80K10
31	70Y11	31	82K11
32	66Y12	32	81K12
33	65Y13	33	76K13
34	69Y14	34	79K14
35	64Y15	35	82K15
36	71Y16	36	83K16
37	73Y17	37	82K17
38	68Y18	38	80K18
39	70Y19	39	78K19
40	75Y20	40	81K20

Таблица Ж.5 -
Ранжированные выборки

№пп	Выб.Х,У	ранг	ранг Х	№пп	Выб.К,Z	ранг	рангZ
1	59X7	1	1	1	76K13	1,5	
2	62X11	2,5	2,5	2	76Z8	1,5	1,5
3	62X6	2,5	2,5	3	77Z13	4	4
4	63Y8	4		4	77Z19	4	4
5	64Y15	5		5	77Z5	4	4
6	65Y13	6		6	78K19	8,5	
7	66Y12	8		7	78K2	8,5	
8	66Y5	8		8	78K6	8,5	
9	66X16	8	8	9	78K9	8,5	
10	68Y18	11		10	78Z18	8,5	8,5
11	68X2	11	11	11	78Z9	8,5	8,5
12	68X9	11	11	12	79K1	14,5	

13	69Y14	15,5		13	79K14	14,5	
14	69Y3	15,5		14	79K7	14,5	
15	69Y6	15,5		15	79Z14	14,5	14,5
16	69X10	15,5	15,5	16	79Z2	14,5	14,5
17	69X17	15,5	15,5	17	79Z6	14,5	14,5
18	69X5	15,5	15,5	18	80K10	20	
19	70Y11	20		19	80K18	20	
20	70Y19	20		20	80K8	20	
21	70X18	20	20	21	80Z12	20	20
22	71Y16	24,5		22	80Z4	20	20
23	71Y4	24,5		23	81K12	24	
24	71Y7	24,5		24	81K20	24	
25	71X12	24,5	24,5	25	81Z16	24	24
26	71X15	24,5	24,5	26	82K11	30,5	
27	71X4	24,5	24,5	27	82K15	30,5	
28	72Y1	29,5		28	82K17	30,5	
29	72Y9	29,5		29	82K3	30,5	
30	72X19	29,5	29,5	30	82Z1	30,5	30,5
31	72X3	29,5	29,5	31	82Z15	30,5	30,5
32	73Y17	32		32	82Z17	30,5	30,5
33	74 X1	34,5	34,5	33	82Z20	30,5	30,5
34	74Y2	34,5		34	82Z7	30,5	30,5
35	74X20	34,5	34,5	35	83K16	35,5	
36	74X8	34,5	34,5	36	83K5	35,5	
37	75Y20	37,5		37	84K4	37,5	
38	75X14	37,5	37,5	38	84Z10	37,5	37,5
39	76Y10	39,5		39	84Z3	39	39
40	76X13	39,5	39,5	40	85Z11	40	40
		820	415,5			820	407

Ж.2. Обоснование состава и системная интеграция комплекса технических средств АТК

Измерительное устройство дисперсности материала

Для оперативного контроля степени измельчения материала применяют метод ситового анализа в разнообразных модификациях. Наиболее распространенным является средство деления сыпучего материала на две фракции с помощью ситового экрана с заданными размерами ячеек. Отношение затраты одной из фракций к затрате исходного продукта характеризует дисперсность исходной смеси.

Это средство реализуется в специальной конструкции дисперсоанализатора и в сепарирующих машинах, выполняя определенные технологические операции [221].

Схема дисперсоанализатора ДА-1 показана на рис.Ж1.

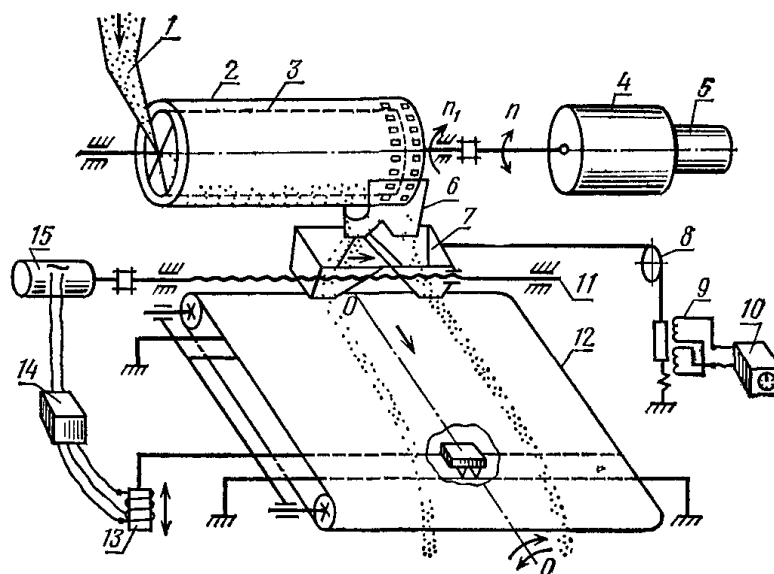


Рис. Ж.1. Схема дисперсоанализатора ДА-1:

1 - заборное устройство; 2 - барабан; 3 - цилиндрическое сито; 4 - редуктор ; 5 - двигатель; 6 - неподвижные лейки; 7 - подвижные лейки; 8 - гибкая нить; 9 - дифференциальный датчик; 10 - вторичный прибор; 11 - винт; 12 - ленточные весы; 13 - индукционный датчик; 14 - усилитель; 15 - реверсивный двигатель.

Исходный материал разделяется на две фракции с помощью цилиндрического сита, которое выполняет сложное вращательно-колебательное движение. Соотношение выхода фракций измеряется с помощью ленточных весов 12. Поворот ленты весов около оси 00 фиксируется индукционным датчиком 13. Затем с помощью фазочувствительного усилителя 14 и реверсивного двигателя 15 обеспечивается перемещение леек 7 к положению, когда весы 12 уравниваются. Положение леек определяет соотношение проходовой и сходовой фракций.

Для контроля дисперсности продукта, который поступает в производственное рассеивание, используют отношение затраты отдельных фракций к затрате продукта, который поступил на рассеивание. В этом случае применяют линейные части зависимостей выхода отдельных фракций рассеивания от размера выдержки, обусловленного отношением проходowego продукта к выходному навесу при просеивании на лабораторном сите определенного номера.

В ОТИПП имени М. В. Ломоносова (Россия) [221] также разработаны два устройства (экран, который разделяет, и вибросепаратор с конической ситовой поверхностью), с помощью которых весь продукт, измельченный на станке вальцов, разделяется на две фракции. Проходовая фракция потом передается на рассеивание, а сходовая фракция - на последующую проработку. О степени измельчения судят по выходу проходовой фракции (измеряют расходомерами) или по соотношению этих фракций (измеряют весовым устройством).

Измерительный преобразователь объемной массы

Данный измерительный преобразователь предназначен для определения в потоке значения объемной массы исходных компонентов комбикормов [274]. Устройство представляет собой ИП с дистанционной разгрузкой измерительной камеры (рис. Ж.4).

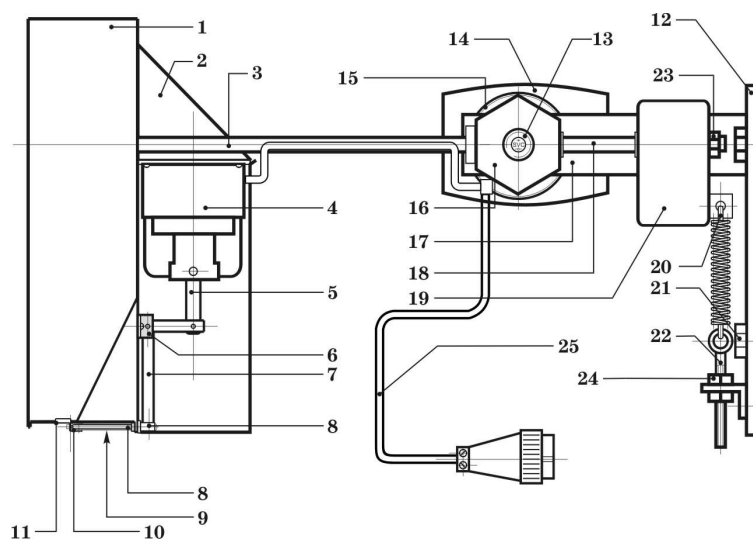


Рис. Ж.4. Измерительный преобразователь объемного веса.

Преобразователь состоит из вертикально расположенной камеры 1, в которую насыпается порция компонента. Для уменьшения влияния сводаобразования на точность измерений, размеры бункера (50×50×210) подобраны таким образом, что его поперечное пересечение является значительно меньше высоты. Камера на двух штангах 3 прикреплена к узлу подвеса 16, посаженному на ось 13. Последняя имеет возможность вращения в П-образной кронштейне 17, жестко соединенному с креплением 12. С противоположной стороны узел подвеса соединен со штангой-противовесом 18, на конце которой расположен груз 19 с возможностью перемещения по штанге. Положение груза фиксируется гайкой 23. Кроме этого, к грузу присоединена компенсирующая пружина 20, которая соединена с регулировочным винтом 22. Наличие возможности регулирования положения груза позволяет компенсировать вес самой камеры, а регулирование усилия пружины дает возможность достичь необходимой точности измерений. Узел регулирования усилия пружины может изменять свое положение, что позволяет монтировать ИП в вертикальной и горизонтальной плоскостях. На оси 13 узла подвеса закреплена шестерня 15, которая повышает передачу с отношением 30:1 со второй шестерней, установленной на валике резистора типа СППВ-1-3 сопротивлением 550 кОм. Резистор и передача закрыты герметическим чехлом 14. Измерительная камера имеет подвижное дно 11, которое с помощью регулировочных гаек 10 жестко соединено со штангами 9, которые перемещаются в направляющих 8. Штанги шарнирно соединены с обратным в кронштейне 6 храповиком 7, который с помощью тяги 5 соединен с электромагнитом 4. Описанная выше система, закрытая тулупом 2, превратит поступательное перемещение сердечника электромагнита в вертикальной плоскости в перемещение дна в

горизонтальной плоскости.

Концы катушки электромагнита и переменного резистора выполнены и подключены к линиям связи гибким многожильным кабелем 25.

Процесс измерения происходит следующим образом. Под действием погруженного в измерительный бункер компонента нарушается равновесие подвижной системы и информация о размере перемещения бункера, снимается с резистора, расположенного на оси 13, размер сопротивления которого пропорционален массе сырья в бункере 1. С учетом того, что в бункере находится одинаковый объем компонента, то размер сопротивления зависит от его объемной массы, которая учитывается при настройке дозирующих узлов комбикормового агрегата. После выполнения измерений объемной массы компонента на электромагнит подается питание, в результате чего подвижное дно камеры открывается, материал из нее удаляется и устройство опять готово к работе.

Дистанционный детектор мощности СВЧ-поля

Самым простым приемником, как известно [158], является детекторный. Приемники диапазона СВЧ, состоящие из приемной антенны и диода, находят свое применение для измерения СВЧ-мощности. Самым существенным недостатком является низкая чувствительность таких приемников. Для того, чтобы уверенно обнаружить изменение тока диода под действием СВЧ-поля, нужна амплитуда СВЧ на диоде в несколько десятков милливольт. Это очень низкая чувствительность, она отвечает выявлению передатчика 10 мВт на расстоянии всего несколько метров. Чтобы резко повысить чувствительность детектора, не усложняя СВЧ головки (то есть без усилителей, преобразователей и т.п.), была разработана схема детекторного СВЧ-приемника с задней стенкой волновода, который модулируется (рис. Ж. 5) СВЧ-головка при этом почти не усложнилась, добавился только модуляторный диод VD2, а VD1 остался детекторным.

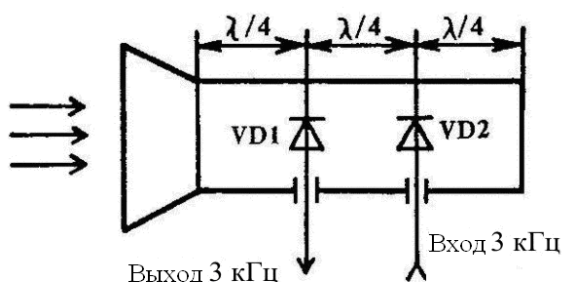


Рис. Ж.5. Схема СВЧ - головки.

С некоторым приближением можно считать, что когда диод VD2 закрыт, он не влияет на процессы в волновое, а когда открыт - целиком закорачивает волновод, то есть играет роль короткозамкнутой задней стенки.

Рассмотрим процесс детектирования. СВЧ-сигнала, принятый рупорной (или любой другой, в нашем случае - диэлектрической) антенной поступает в волновод. Поскольку задняя стенка волновода является

короткозамкнутой, в волноводе устанавливается режим стоячих волн. Причем, если детекторный диод будет находиться на расстоянии полуволны от задней стенки - он будет в узле (то есть минимуме) поля, а если на расстоянии четверти волны - то в пучности (максимуме). То есть, если мы будем передвигать заднюю стенку волновода на четверть волны (подавая модулирующее напряжение с частотой 3 кГц на VD2), то на VD1, в результате перемещения его с частотой 3 кГц из узла в пучности СВЧ-поля выделятся СЧ-сигнал с частотой 3 кГц, который может быть усилен и выделен обычным усилителем СЧ.

Таким образом, если на VD2 подать прямоугольное модулирующее напряжение, то при появлении СВЧ-поля из VD1 будет снят продетектированный сигнал той же частоты. Этот моделирующий сигнал, будет противофазным (это свойство будет использовано в дальнейшем для выделения полезного сигнала из наводок) и иметь очень малую амплитуду.

То есть вся обработка сигнала будет осуществляться на СЧ, без дефицитных СВЧ-деталей. Ширина диаграммы направленности головки в обеих плоскостях не превышают 30° , поэтому "морковку" диэлектрической антенны стоит как можно точнее направлять на вероятный источник. Схема устройства обработки приведена на рис. Ж.6.

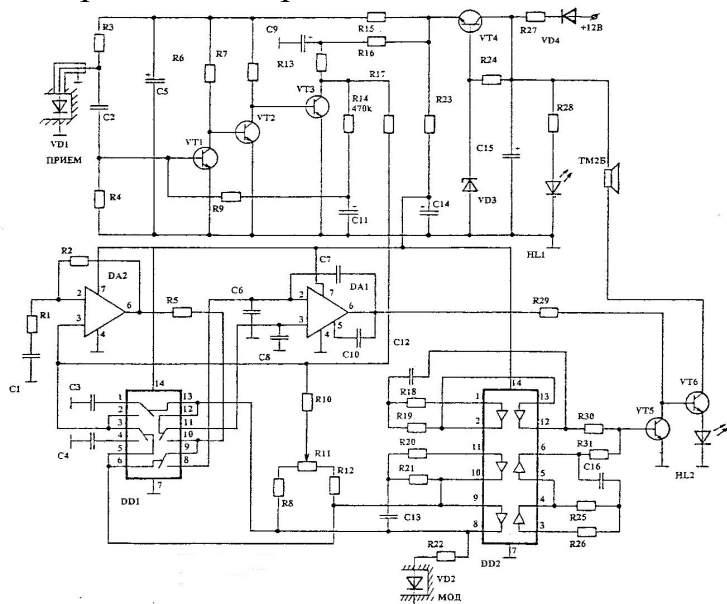


Рис. Ж.6. Схема блока обработки сигнала мощности СВЧ - поля.

Питается схема от источника 12 В и потребляет ток около 10 мА. Резистор R3 обеспечивает начальный сдвиг детекторного диода VD1. Принятый VD1 сигнал усиливается трехкаскадным усилителем VT1 - VT3. Для исключения помех по питанию, питание входных цепей осуществляется через стабилизатор на VT4.

На DD2 собран генератор 3 кГц, через R22, модулирующий VD2. Моделирующее напряжение в прямой (вывод 8 DD2) и инверсной (вывод 9 DD2) фазах через R8 поступает на резистор R11 "Чувствительность". Этим резистором устанавливаются такие фаза и амплитуда компенсирующего напряжения, на движке R11, чтобы сводить к нулю наводки на диод VD1.

Действительно, на VD1 так или иначе будет приведено (через паразитные связи) модулирующее напряжение 3 кГц (все-таки на VD2 почти 1В, а полный сигнал из VD1 - 1 микровольт и даже меньше). А так как полезный сигнал (от СВЧ-поля) из VD1 и моделирующее напряжение на VD2 - противофазные, поэтому движок R11 можно установить в такое положение, при котором наводки будут компенсированы. Подключив осциллограф к выходу DA2 и, вращая R11, можно увидеть, как происходит компенсация.

С выхода предыдущего усилителя VT1 - VT2 сигнал поступает на исходный усилитель DA2. Между коллектором VT3 и входом DA2 стоит RC-цепочка R17C3 (или C4, в зависимости от состояния ключей DD1) с полосой пропускания всего 20 Гц. Это так называемый цифровой корреляционный фильтр. Так формируется прямоугольный сигнал 3 кГц, который в точности равняется модулирующей и противофазе с модулирующим сигналом. Цифровой фильтр именно и использует это положение: когда должна приниматься "1" полезного сигнала, то подключается C3, а когда "0" - C4. Таким образом, на C3 и C4 за несколько периодов накапливаются верхнее и нижнее значения полезного сигнала, в то время как шумы со случайной фазой накопиться не могут. Цифровой фильтр улучшает соотношение сигнал/шум в несколько раз, соответственно повышая и общую чувствительность детектора. Становится возможным уверенно обнаруживать сигналы, которые лежат ниже уровня шума (это общее свойство корреляционного приема).

С выхода DA2 сигнал через еще один цифровой фильтр R5 C6 (или C8, в зависимости от состояния ключей DD1) поступает на интегратор-компаратор DA1, который, при наличии полезного сигнала на входе VD1, переключается в "1". Этот сигнал разрешает включение HL2 "тревога" и головки ТМ2Б. Прерывистое тональное звучание головки и мигание HL2 обеспечивается работой двух мультивибраторов на частоты около 1Гц и 2 кГц в DD2 и транзистором VT5, который шунтирует базу VT6 в такт работе этих мультивибраторов.

Конструктивно детектор состоит из головки СВЧ и платы обработки, которая может быть размещена как рядом с головкой, так и отдельно.

Устройство, собранное из исправных деталей и без ошибок, налаживания не требует. Порядок работы с детектором следующий.

1. Включить питание.
2. При отсутствии СВЧ-излучения резистором R11 "Чувствительность" установить порог срабатывания. Для этого, вращая R11, следует добиться появления звука и мигания HL2. Затем, перемещая движок R11, добиться прекращения мигания HL2. Зафиксировать движок следует на самом пороге включения HL2. Если не нужна предельная чувствительность, то движок R11 следует переместить дальше от порога срабатывания (подобрать экспериментально).

3. Направить острие диэлектрической антенны (с учетом ширины ее диаграммы направленности 30°) на вероятный источник. Если СВЧ-излучение присутствует, то начнет мигать HL2 и раздаваться звук из головки ТМ2Б.

Ж.З. Разработка и верификация программного обеспечения АТК производства комбикормов

Программа составления рецепта комбикорма

Данная программа позволяет формировать исполнительные рецепты комбикормов с широким использованием местной сырьевой базы.

```
unit ReceptKombi;
interface
```

```
uses
```

```
Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
Dialogs, StdCtrls;
```

```
type
```

```
TReceptura = class(TForm)
  Animal1: TComboBox; //Выбор вида животных
  BPX: TComboBox;    //Дополнительные параметры животных (КРС)
  //Выбор компонентов комбикормов
  N1: TComboBox;
  N2: TComboBox;
  N3: TComboBox;
  N4: TComboBox;
  N5: TComboBox;
  Piggi: TComboBox;  // Дополнительные параметры животных (свини)
  Ptica: TComboBox;  // Дополнительные параметры животных (птица)
  Vaga: TEdit;        //Общий вес комбикорма
  //ввод доли соответствующего компонента в рецепте
  E12: TEdit;
  E22: TEdit;
  E32: TEdit;
  E42: TEdit;
  E52: TEdit;
  Button1: TButton;  //Кнопка "Готово"
```

```

Button2: TButton; //Кнопка "Отменить расчет"
Close: TButton;   //Кнопка "Отмена"
Start: TButton;   //Кнопка "Принять данные к расчету"
//Текстовые метки для вывода промежуточной информации

```

```

Label1: TLabel;      L56: TLabel;
Label2: TLabel;      L17: TLabel;
Label3: TLabel;      L27: TLabel;
Label4: TLabel;      L37: TLabel;
Label5: TLabel;      L47: TLabel;
Label6: TLabel;      L57: TLabel;
Label7: TLabel;      L64: TLabel;
Label8: TLabel;      L65: TLabel;
Label9: TLabel;      L67: TLabel;
Label10: TLabel;     L62: TLabel;
Label11: TLabel;
Label12: TLabel;
Label13: TLabel;
Label14: TLabel;
Label15: TLabel;
Label16: TLabel;
L11: TLabel;
L21: TLabel;
L31: TLabel;
L41: TLabel;
L51: TLabel;
L13: TLabel;
L23: TLabel;
L33: TLabel;
L43: TLabel;
L53: TLabel;
L14: TLabel;
L24: TLabel;
L34: TLabel;
L44: TLabel;
L54: TLabel;
L15: TLabel;
L25: TLabel;
L35: TLabel;
L45: TLabel;
L55: TLabel;
L16: TLabel;
L26: TLabel;
L36: TLabel;
L46: TLabel;

```

```

//инициализация процедур диалогового окна
//процедуры нажатия соответствующих кнопок
procedure CloseClick(Sender: TObject);
procedure StartClick(Sender: TObject);
procedure Button1Click(Sender: TObject);
procedure Button2Click(Sender: TObject);
//инициализация диалогового окна
procedure FormActivate(Sender: TObject);
procedure FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);
//процедуры выбора животных и их дополнительных параметров
procedure Animal1Change(Sender: TObject);
procedure PticaChange(Sender: TObject);
procedure PiggiChange(Sender: TObject);
procedure BPXChange(Sender: TObject);
//Изменение общего количества комбикорма
procedure VagaChange(Sender: TObject);
//Процедуры выбора компонентов комбикормов
procedure N1Change(Sender: TObject);
procedure N2Change(Sender: TObject);
procedure N3Change(Sender: TObject);
procedure N4Change(Sender: TObject);
procedure N5Change(Sender: TObject);
private
    { Private declarations }
public
    { Public declarations }
end;
var
//Описание глобальных переменных
    Receptura: TReceptura;
    KormN, AnimalN: integer;
    in1, in2, in3, in4, in5: string;    //перечень компонентов
    in6, in7, in8, in9, in10, in11: string;
    kod1, kod2, kod3, kod4, kod5: string; //кормовые единицы соответствующего
компонента
    kod6, kod7, kod8, kod9, kod10, kod11: string;
    kodp1, kodp2, kodp3, kodp4, kodp5: string; //кормовые единицы компонента (
птицы)
    kodp6, kodp7, kodp8, kodp9, kodp10, kodp11: string;
    v1, v2, v3, v4, v5, v6, v7, v8, v9, v10, v11: string; //стоимость компонента

implementation

uses index;

```

```

{$R *.dfm}
//определение основных переменных диалогового окна (перечень компонентов,
к.ед., цена)
procedure TReceptura.FormActivate(Sender: TObject);

//Описание процедуры закрытия диалогового окна
procedure TReceptura.CloseClick(Sender: TObject);

//Процедура выбора типа животных
procedure TReceptura.Animal1Change(Sender: TObject);
//-----Варианты рецептов для птиц
procedure TReceptura.PticaChange(Sender: TObject);

//--Варианты рецептов для свиней
procedure TReceptura.PiggiChange(Sender: TObject);
//-----
//--Варианты рецептов для КРС
procedure TReceptura.BPXChange(Sender: TObject);
//-----
//-----
//Локальная функция выбоа ингредиента без рецепта или изменения
рекомендованого
procedure INGRED(st: string; L1, L2, L3: TLabel);
//-----
//Локальная функция проверки типа введенного значения в поле количества
готового
комбикорма
function IsInt(st:string):Boolean;

//Локальная функция проверки типа введенного значения в поле
//фактического содержания компонентов
function IsFloat(stf:string):Boolean;

//Проверка правильности введенных данных
function IsOk:Boolean;

//Описания нажатия кнопки "Принять входные данны к расчету"
procedure TReceptura.StartClick(Sender: TObject);

//Изменение общего веса готового комбикорма
procedure TReceptura.VagaChange(Sender: TObject);

//Изменения 1-го компонента
procedure TReceptura.N1Change(Sender: TObject);

```

```

//Изменения 2-го компонента
procedure TReceptura.N2Change(Sender: TObject);
//Изменения 3-го компонента
procedure TReceptura.N3Change(Sender: TObject);
//Изменения 4-го компонента
procedure TReceptura.N4Change(Sender: TObject);
//Изменения 5-го компонента
procedure TReceptura.N5Change(Sender: TObject);

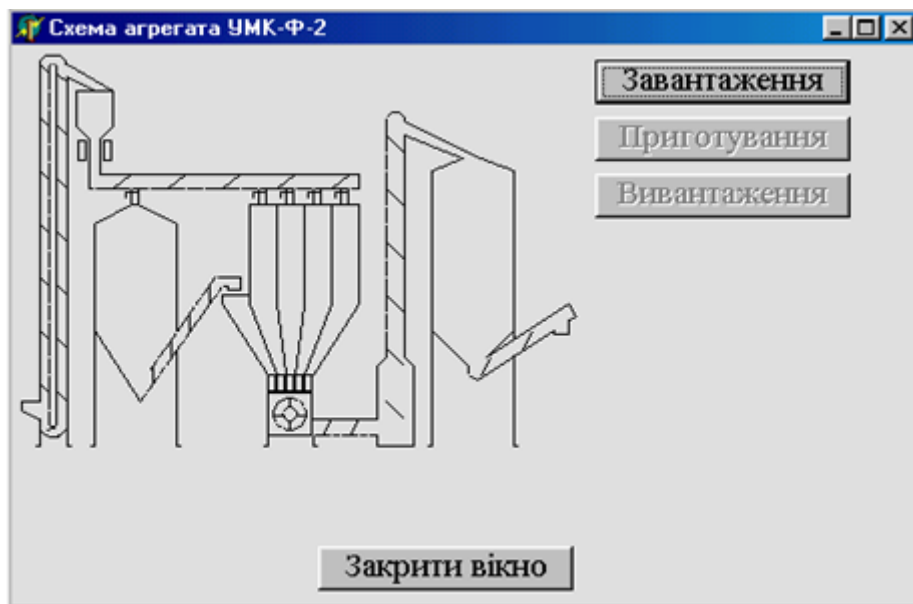
//Описание кнопки "Готово". Запись рецепта в журнал отчета
procedure TReceptura.Button1Click(Sender: TObject);

//Описание кнопки "Отмена"
procedure TReceptura.Button2Click(Sender: TObject);

//Описание закрытия диалогового окна
procedure TReceptura.FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);

```

Программа управления загрузкой бункеров



```

unit UMKF2;
//модуль автоматической работы агрегата УМК-Ф-2
interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, ExtCtrls, StdCtrls, CommonUnit;

```

type

```
TUMK2 = class(TForm)
  Button38: TButton; //Кнопка "Загрузка"
  Button39: TButton; //Кнопка "Приготовление"
  Button40: TButton; //Кнопка "Выгрузка"
  Close: TButton; //Кнопка "Закрыть окно"
  Image1: TImage; //Окно прорисовки контуров агрегата УМК-Ф-2
  //Определение таймеров (анимация работы агрегата)
```

```
Timer1: TTimer;           Tim6B2: TTimer;
Timer2: TTimer;           Tim7B1: TTimer;
TimNoria1: TTimer;        Tim7B2: TTimer;
TimNoria2: TTimer;
TimNoria3: TTimer;
TimShnek1: TTimer;
TimShnek2: TTimer;
TimShnek3: TTimer;
TimSm1: TTimer;
TimSm2: TTimer;
TimSm3: TTimer;
TimAp1: TTimer;
TimAp2: TTimer;
TimAp3: TTimer;
TimV1: TTimer;
TimV2: TTimer;
TimV3: TTimer;
TimV21: TTimer;
TimV22: TTimer;
TimV23: TTimer;
TimD1: TTimer;
TimD2: TTimer;
TimD3: TTimer;
TimB1: TTimer;
TimB11: TTimer;
Tim2B1: TTimer;
Tim2B2: TTimer;
Tim3B1: TTimer;
Tim3B2: TTimer;
Tim4B1: TTimer;
Tim4B2: TTimer;
Tim5B1: TTimer;
Tim5B2: TTimer;
Tim6B1: TTimer;
```



```
//Объявления процедур формы
procedure FormPaint(Sender: TObject);
procedure FormActivate(Sender: TObject);
procedure FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);
//Объявления процедур соответствующих таймеров
```

```
procedure Timer1Timer(Sender: TObject
);
procedure Timer2Timer(Sender: TObject
);
procedure TimNoria1Timer(Sender:
TObject);
procedure TimNoria2Timer(Sender:
TObject);
procedure TimNoria3Timer(Sender:
TObject);
procedure TimShnek1Timer(Sender:
TObject);
procedure TimShnek2Timer(Sender:
TObject);
procedure TimShnek3Timer(Sender:
TObject);
procedure TimSm1Timer(Sender:
TObject);
procedure TimSm2Timer(Sender:
TObject);
procedure TimSm3Timer(Sender:
TObject);
procedure TimAp1Timer(Sender:
TObject);
procedure TimAp2Timer(Sender:
TObject);
procedure TimAp3Timer(Sender:
TObject);
procedure TimV1Timer(Sender: TObject
);
procedure TimV2Timer(Sender: TObject
);
procedure TimV3Timer(Sender: TObject
);
procedure TimV21Timer(Sender:
TObject);
procedure TimV22Timer(Sender:
TObject);
```

```
procedure TimV23Timer(Sender:
TObject);
procedure TimD1Timer(Sender:
TObject);
procedure TimD2Timer(Sender:
TObject);
procedure TimD3Timer(Sender:
TObject);
procedure TimB1Timer(Sender:
TObject);
procedure TimB11Timer(Sender:
TObject);
procedure Tim2B2Timer(Sender:
TObject);
procedure Tim2B1Timer(Sender:
TObject);
procedure Tim3B1Timer(Sender:
TObject);
procedure Tim3B2Timer(Sender:
TObject);
procedure Tim4B1Timer(Sender:
TObject);
procedure Tim4B2Timer(Sender:
TObject);
procedure Tim5B1Timer(Sender:
TObject);
procedure Tim5B2Timer(Sender:
TObject);
procedure Tim6B1Timer(Sender:
TObject);
procedure Tim6B2Timer(Sender:
TObject);
procedure Tim7B2Timer(Sender:
TObject);
procedure Tim7B1Timer(Sender:
TObject);
```

```

//Объявления процедур нажатия кнопок
procedure Button38Click(Sender: TObject);
procedure Button39Click(Sender: TObject);
procedure Button40Click(Sender: TObject);
procedure CloseClick(Sender: TObject);

var
//Объявления глобальных переменных для анимации работы агрегата
UMK2: TUMK2;
x1B1, x1B11, x1B22, dx1B, x1B1V, x1B2V: integer;
y1B1, y1B2, y1B1c, y1B22: integer;
x2B1, x2B11, x2B22, x2B1V, x2B2V: integer;
y2B1, y2B2, y2B1c, y2B22: integer;
x3B1, x3B11, x3B22, x3B1V, x3B2V: integer;
y3B1, y3B2, y3B1c, y3B22: integer;
x4B1, x4B11, x4B22, dx4B, x4B1V, x4B2V: integer;
y4B1, y4B2, y4B1c, y4B22: integer;
x5B1, x5B11, x5B22, dx5B, x5B1V, x5B2V: integer;
y5B1, y5B2, y5B1c, y5B22: integer;
x6B1, x6B11, x6B22, dx6B, x6B1V, x6B2V: integer;
y6B1, y6B2, y6B1c, y6B22: integer;
x7B1, x7B11, x7B22, dx7B, x7B1V, x7B2V: integer;
y7B1, y7B2, y7B1c, y7B22: integer;
Proc:integer;
Dat1,Dat3,Dat4,Dat5,Dat6,Dat7,Dat8: Integer;
Bun1, Bun2, Bun3, Bun4, Bun5, Bun6, Bun7: boolean;
implementation

uses index; //привязка к главному диалоговому окну

{$R *.dfm}
//установка значений дискретных выходов 1-й платы
procedure SetStan1;
//установка значений дискретных выходов 2-й платы
procedure SetStan2;

//инициализация глобальных переменных
procedure TUMK2.FormActivate(Sender: TObject);

//прорисовка контуров агрегата УМК-Ф-2
procedure LineCombi;
begin
    //контур нории
    //Циклон, магитная колонка и распределительный шнек

```

```
//клапаны
//бункер №1
//бункера добавок
//дозаторы
//дробилка
//смеситель подъемный шнек бункер
//готовой продукции выгрузной бункер
//ножки под оборудование
//нория
//главный бункер
//дробилка
//бункер готовой продукции
end;
```

```
//анимация нории
procedure Ris1;
procedure Ris2;
procedure Ris3;
//анимация загрузочного шнека
procedure RisSh1;
procedure RisSh2;
procedure RisSh3;
```

```
//анимация смесителя
procedure RisSm1;
procedure RisSm2;
procedure RisSm3;
```

```
//подъемник готового комбикорма (вертикальный смеситель)
procedure RisAp1;
procedure RisAp2;
procedure RisAp3;
```

```
//выгрузной шнек №1 (шнек БВД)
procedure V11;
procedure V12;
procedure V13;
```

```
//выгрузной шнек №2
procedure V21;
procedure V22;
procedure V23;
```

```
//дробилка
procedure D1;
procedure D2;
```

procedure D3;

//Включение и отключение клапанов

```
procedure Klapan1Close;
procedure Klapan1Open;
procedure Klapan2Close;
procedure Klapan2Open;
procedure Klapan3Close;
procedure Klapan3Open;
procedure Klapan4Close;
procedure Klapan4Open;
procedure Klapan5Close;
procedure Klapan5Open;
```

//Управление дозаторами

```
procedure Doz1Close;
procedure Doz1Open;
procedure Doz2Close;
procedure Doz2Open;
procedure Doz3Close;
procedure Doz3Open;
procedure Doz4Close;
procedure Doz4Open;
procedure Doz5Close;
procedure Doz5Open;
```

//Включение и отключение мгнитной колонки

```
procedure MStart;
procedure MStop;
```

//анимация заполнения и опустошения бункеров

//бункер 7

```
procedure RisLine7Z;
```

//таймер анимации заполнения бункера готового комбикорма

```
procedure TUMK2.Tim7B1Timer(Sender: TObject);
```

```
procedure RisLine7O;
```

//таймер анимации опустошения бункера готового комбикорма

```
procedure TUMK2.Tim7B2Timer(Sender: TObject);
```

//заполнение бункера 1

```
procedure RisLineZ;
```

//таймер анимации заполнения бункера 1

```
procedure TUMK2.TimB1Timer(Sender: TObject);
```

```
procedure RisLineO;
```

//таймер анимации опустошения бункера 1

```
procedure TUMK2.TimB11Timer(Sender: TObject);
```

```

//--заполнение бункера 2
procedure RisLine2Z;
procedure TUMK2.Tim2B1Timer(Sender: TObject);
procedure RisLine2O;
procedure TUMK2.Tim2B2Timer(Sender: TObject);

//--заполнение бункера 3
procedure RisLine3Z;
procedure TUMK2.Tim3B1Timer(Sender: TObject);
procedure RisLine3O;
procedure TUMK2.Tim3B2Timer(Sender: TObject);

//бункер 4
procedure RisLine4Z;
procedure TUMK2.Tim4B1Timer(Sender: TObject);
procedure RisLine4O;
procedure TUMK2.Tim4B2Timer(Sender: TObject);

//--заполнение бункера 5
procedure RisLine5Z;
procedure TUMK2.Tim5B1Timer(Sender: TObject);
procedure RisLine5O;
procedure TUMK2.Tim5B2Timer(Sender: TObject);

//--заполнение бункера 6
procedure RisLine6Z;
procedure TUMK2.Tim6B1Timer(Sender: TObject);
procedure RisLine6O;
procedure TUMK2.Tim6B2Timer(Sender: TObject);

//-----
//прорисовка диалогового окна
procedure TUMK2.FormPaint(Sender: TObject);

//Процедура закрытия окна
procedure TUMK2.CloseClick(Sender: TObject);

//Анимация работы нории
procedure TUMK2.TimNoria1Timer(Sender: TObject);
procedure TUMK2.TimNoria2Timer(Sender: TObject);
procedure TUMK2.TimNoria3Timer(Sender: TObject);

//Анимация работы загрузочного шнека
procedure TUMK2.TimShnek1Timer(Sender: TObject);
procedure TUMK2.TimShnek2Timer(Sender: TObject);

```

```

procedure TUMK2.TimShnek3Timer(Sender: TObject);

//Анимация работы смесителя
procedure TUMK2.TimSm1Timer(Sender: TObject);
procedure TUMK2.TimSm2Timer(Sender: TObject);
procedure TUMK2.TimSm3Timer(Sender: TObject);

//Анимация работы вертикального смесителя
procedure TUMK2.TimAp1Timer(Sender: TObject);
procedure TUMK2.TimAp2Timer(Sender: TObject);
procedure TUMK2.TimAp3Timer(Sender: TObject);

//Анимация работы шнека БВД
procedure TUMK2.TimV1Timer(Sender: TObject);
procedure TUMK2.TimV2Timer(Sender: TObject);
procedure TUMK2.TimV3Timer(Sender: TObject);

//Анимация работы шнека выгрузки готового комбикорма
procedure TUMK2.TimV21Timer(Sender: TObject);
procedure TUMK2.TimV22Timer(Sender: TObject);
procedure TUMK2.TimV23Timer(Sender: TObject);

//Анимация работы дробилки
procedure TUMK2.TimD1Timer(Sender: TObject);
procedure TUMK2.TimD2Timer(Sender: TObject);
procedure TUMK2.TimD3Timer(Sender: TObject);

//нажатие на кнопке "Загрузка"
//Алгоритм пуска технологического оборудования
procedure TUMK2.Button38Click(Sender: TObject);

//нажатие на кнопке "Приготовление"
procedure TUMK2.Button39Click(Sender: TObject);

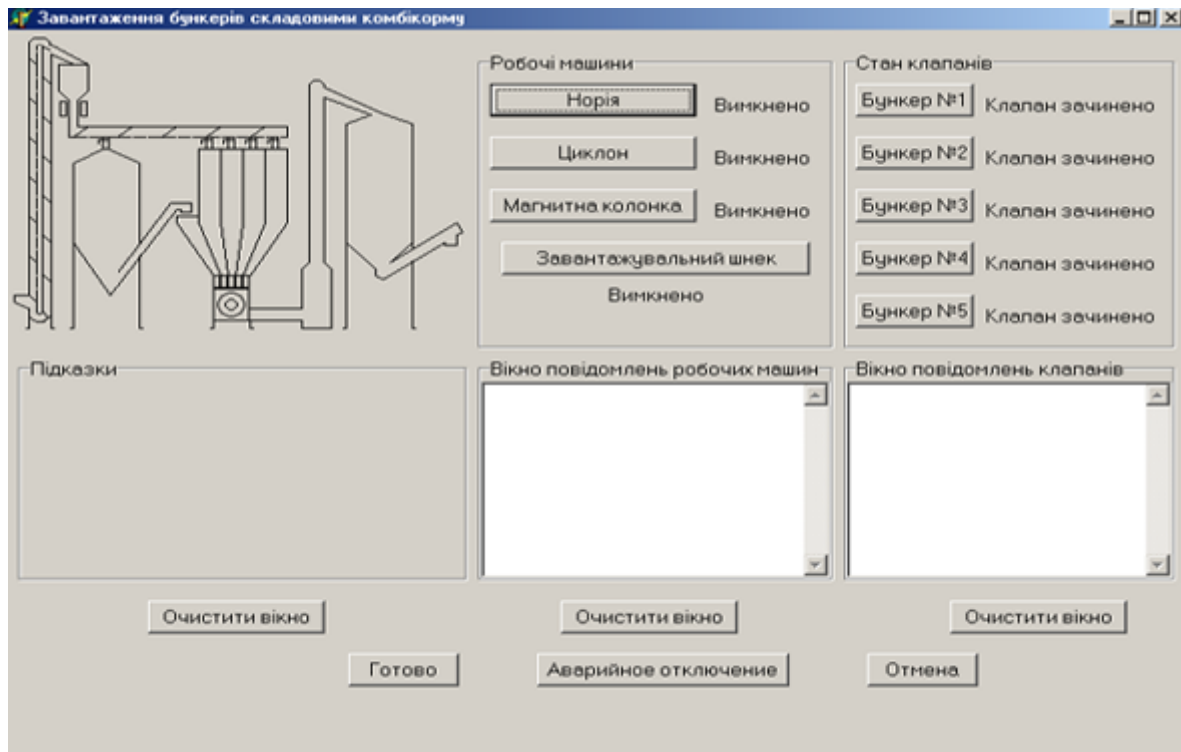
//нажатие на кнопке "Выгрузка"
procedure TUMK2.Button40Click(Sender: TObject);

//Процедура чтение дискретных входов (переключатели возможных аварийных ситуаций)
procedure Datchiki;

//Задержка времени для обработки события "Авария"
procedure TUMK2.Timer1Timer(Sender: TObject);
procedure TUMK2.Timer2Timer(Sender: TObject);

//Закрытие диалогового окна
procedure TUMK2.FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);

```



unit Rabota1;

interface

uses

Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
Dialogs, StdCtrls, ExtCtrls, CommonUnit;

type

```
TZ = class(TForm)
  GroupBox1: TGroupBox; //Поле "Рабочие машины"
  GroupBox2: TGroupBox; //Поле "Состояние клапанов"
  GB_Help: TGroupBox; //Поле "Подсказки"
  GB_RM: TGroupBox; //текстовое поле "Окно сообщений рабочих машин"
"
  GB_KB: TGroupBox; //текстовое поле "Окно сообщений клапанов"
  Button1: TButton; //Кнопка "Готово"
  Button2: TButton; //Кнопка "Отмена"
  Button3: TButton; //Кнопка "Аварийное отключение"
  BNoria: TButton; //Пуск нории
  BCiklon: TButton; //Пуск циклона (сепаратор)
  BMagnit: TButton; //Пуск магнитной колонки
  BShnek: TButton; //Пуск загрузочного шнека

  //текстовые метки текущего состояния рабочих машин
  L1: TLabel;
```

```

L2: TLabel;
L3: TLabel;
L4: TLabel;
L_Help: TLabel;      //Метка (печать ошибок оператора)
RM: TMemo;           //текстовое поле текущего состояния рабочих машин
KB: TMemo;           //текстовое поле текущего состояния клапанов
//Кнопки открытия соответствующих клапанов
B1: TButton;
B2: TButton;
B3: TButton;
B4: TButton;
B5: TButton;
//текстовые метки текущего состояния рабочих машин
L5: TLabel;
L6: TLabel;
L7: TLabel;
L8: TLabel;
L9: TLabel;
//Таймеры, необходимые для реализации анимации
TimNoria1: TTimer;
TimNoria2: TTimer;
TimNoria3: TTimer;
TimShnek1: TTimer;
TimShnek2: TTimer;
TimShnek3: TTimer;
TimB1: TTimer;
Tim3B1: TTimer;
Tim4B1: TTimer;
Tim5B1: TTimer;
Tim6B1: TTimer;
//Кнопки очистки соответствующих полей сообщений
Button4: TButton;
Button5: TButton;
Button6: TButton;
//процедуры, которые выполняются при нажатии кнопок (...Click)
procedure BNoriaClick(Sender: TObject);
procedure BCiklonClick(Sender: TObject);
procedure BMagnitClick(Sender: TObject);
procedure BShnekClick(Sender: TObject);
procedure B1Click(Sender: TObject);
procedure B2Click(Sender: TObject);
procedure B3Click(Sender: TObject);
procedure B4Click(Sender: TObject);
procedure B5Click(Sender: TObject);
procedure Button1Click(Sender: TObject);

```



```

procedure Button2Click(Sender: TObject);
procedure Button3Click(Sender: TObject);
procedure Button4Click(Sender: TObject);
procedure Button5Click(Sender: TObject);
procedure Button6Click(Sender: TObject);
//Инициализация переменных диалогового окна
procedure FormCreate(Sender: TObject);
// Инициализация (прорисовка) диалогового окна
procedure FormActivate(Sender: TObject);
//Обновлени прорисовки диалогового поля
procedure FormPaint(Sender: TObject);
//Определение действий закрытии окна (очистка памяти, удаление
переменных)
procedure FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);
// Инициализация и последовательность пуска таймеров
procedure TimNoria2Timer(Sender: TObject);
procedure TimNoria3Timer(Sender: TObject);
procedure TimNoria1Timer(Sender: TObject);
procedure TimShnek1Timer(Sender: TObject);
procedure TimShnek2Timer(Sender: TObject);
procedure TimShnek3Timer(Sender: TObject);
procedure TimB1Timer(Sender: TObject);
procedure Tim3B1Timer(Sender: TObject);
procedure Tim4B1Timer(Sender: TObject);
procedure Tim5B1Timer(Sender: TObject);
procedure Tim6B1Timer(Sender: TObject);
private
    { Private declarations }
public
    { Public declarations }
end;
const
//Определение перечня подсказок
Mess1='Перед тим як закрити клапан, необхідно вимкнути норію';
Mess2='Перед тим як вимкнути завантажувальний шнек, необхідно
вимкнути норію';
Mess3='Перед тим, як запустити норію необхідно включити
завантажувальний шнек, магнітну колонку, циклон та відкрити клапан для
завантаження потрібного бункеру';

var
//Определение глобальных переменных
Z: TZ;           //форма диалогового окна
i1, i2, i3: integer; //переменные циклов
i4, i5, i6: integer;

```

```

i7, i8, i9: integer;
//Геометрические координаты изображений объекта управления
x1B1, x1B11, x1B22, dx1B, x1B1V, x1B2V: integer;
y1B1, y1B2, y1B1c, y1B22: integer;
x3B1, x3B11, x3B22, x3B1V, x3B2V: integer;
y3B1, y3B2, y3B1c, y3B22: integer;
x4B1, x4B11, x4B22, dx4B, x4B1V, x4B2V: integer;
y4B1, y4B2, y4B1c, y4B22: integer;
x5B1, x5B11, x5B22, dx5B, x5B1V, x5B2V: integer;
y5B1, y5B2, y5B1c, y5B22: integer;
x6B1, x6B11, x6B22, dx6B, x6B1V, x6B2V: integer;
y6B1, y6B2, y6B1c, y6B22: integer;

implementation

uses index; //подключение к гавному окну

{$R *.dfm}
procedure SetStan1; //установка текущего состояния дискретных выходов 1-й
платы
procedure SetStan2; //установка текущего состояния дискретных выходов 2-й
платы

//Прорисовка внешних контуров УМК-Ф-2
//-----
//процедуры разрешения графического заполнения бункеров
procedure B1Z;
procedure B3Z;
procedure B4Z;
procedure B5Z;
procedure B6Z;
//-----
//Определение алгоритма включения, переключения и отключения рабочих
машин
//-----
procedure CONTROL;
//-----
//Кнопка "Отмена"
procedure TZ.Button2Click(Sender: TObject);
//Кнопка "Нория"
procedure TZ.BNoriaClick(Sender: TObject);
//Кнопка "Циклон"
procedure TZ.BCiklonClick(Sender: TObject);
//Кнопка "Магнитная колонка"
procedure TZ.BMagnitClick(Sender: TObject);
//Кнопка "Загрузочный шнек"

```

```
procedure TZ.BShnekClick(Sender: TObject);
```

```
//Кнопка "Бункер №1"
```

```
procedure TZ.B1Click(Sender: TObject);
```

```
//Кнопка "Бункер №2"
```

```
procedure TZ.B2Click(Sender: TObject);
```

```
//Кнопка "Бункер №3"
```

```
procedure TZ.B3Click(Sender: TObject);
```

```
//Кнопка "Бункер №4"
```

```
procedure TZ.B4Click(Sender: TObject);
```

```
//Кнопка "Бункер №5"
```

```
procedure TZ.B5Click(Sender: TObject);
```

```
//Кнопка "Аварийное отключение"
```

```
procedure TZ.Button3Click(Sender: TObject);
```

```
//Инициализация переменных при создании диалогового окна
```

```
procedure TZ.FormActivate(Sender: TObject);
```

```
//Перерисовка диалогового окна
```

```
procedure TZ.FormPaint(Sender: TObject);
```

```
//также предусмотрены процедуры
```

```
//Очистка окна подсказок
```

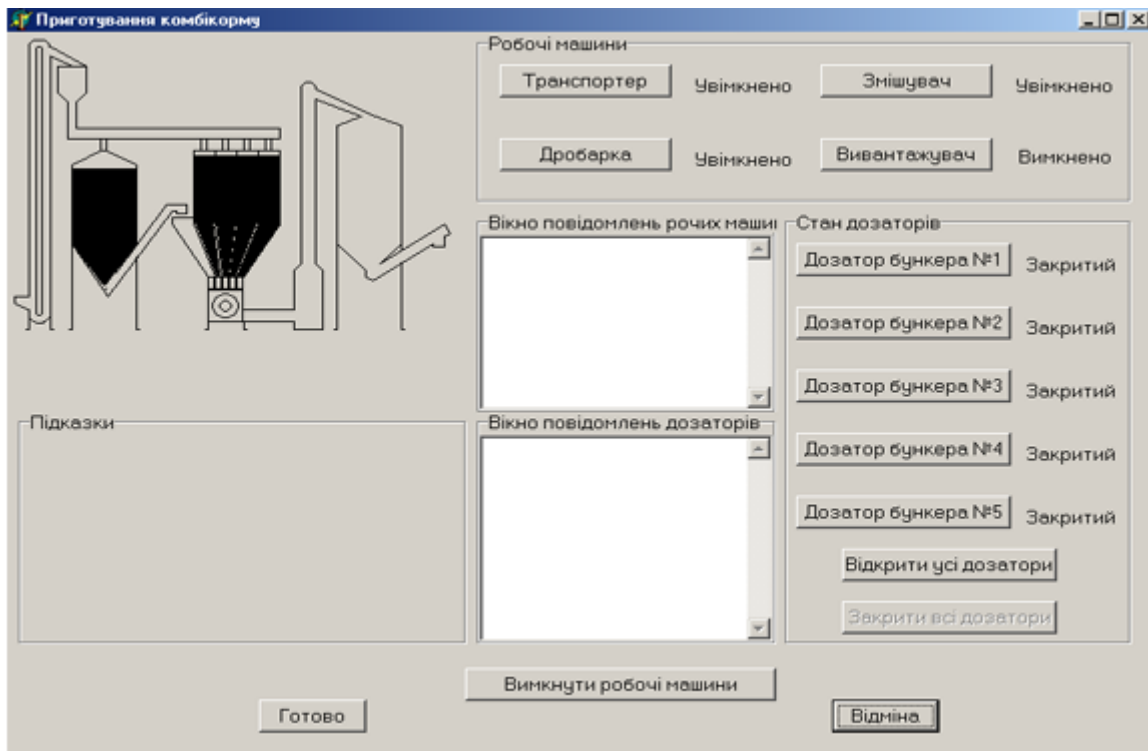
```
//Очистка поля сообщений рабочих машин
```

```
//Очистка поля сообщений клапанов
```

```
//Начальная запись в журнал отчета
```

```
//Кнопка "Готово"
```

```
//Определение действий при закрытии диалогового окна
```



unit Rabota2;

interface

uses

Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
Dialogs, StdCtrls, ExtCtrls, CommonUnit;

type

TP = class(TForm)

 GroupBox1: TGroupBox; //Поле "Рабочие машины"

 GroupBox2: TGroupBox; //Поле "Состояние дозаторов"

 GroupBox3: TGroupBox; //Поле "Окно сообщений рабочих машин"

 GroupBox4: TGroupBox; //Поле "Окно сообщений дозаторов"

 GB5: TGroupBox; //Поле "Подсказки"

//Текстовые метки отражения записей о состоянии элементов

 L1: TLabel;

 L2: TLabel;

 L3: TLabel;

 L4: TLabel;

 L5: TLabel;

 L6: TLabel;

 L7: TLabel;

 L8: TLabel;

 L9: TLabel;

 L_HELP: TLabel; //Вывод на экран подсказок

```

BV1: TButton; //Кнопка "Транспортер"
BV2: TButton; //Кнопка "Выгрузка"
//кнопки управления дозаторами бункера
BDoz1: TButton;
BDoz2: TButton;
BDoz3: TButton;
BDoz4: TButton;
BDoz5: TButton;
BD: TButton; //Кнопка "Дробилка"
BSm: TButton; //Кнопка "Смеситель"
BA1: TButton; //Кнопка "Открыть все дозаторы"
BCloseAll: TButton; //Кнопка "Закрыть все дозаторы"
Button1: TButton; //Кнопка "Готово"
BClose2: TButton; //Кнопка "Отмена"
BReset: TButton; //Кнопка "Отключить рабочие машины"

Memo1: TMemo; //Текстовое поле "Сообщения рабочих машин"
Memo2: TMemo; //Текстовое поле "Сообщения дозаторов"
//Таймеры (для реализации динамической анимации)

TimSm1: TTimer;
TimSm2: TTimer;
TimSm3: TTimer;
TimV1: TTimer;
TimV2: TTimer;
TimV3: TTimer;
TimV21: TTimer;
TimV22: TTimer;
TimV23: TTimer;
TimD1: TTimer;
TimD2: TTimer;
TimD3: TTimer;
Tim2B2: TTimer;
Tim3B2: TTimer;
Tim4B2: TTimer;
Tim5B2: TTimer;
Tim6B2: TTimer;
Tim7B2: TTimer;
Tim7B1: TTimer;
Tim2B1: TTimer;
Tim1B2: TTimer;

```

```

//Процедуры инициализации диалогового окна
  procedure FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);
  procedure FormActivate(Sender: TObject);
  procedure FormPaint(Sender: TObject);
//Процедуры инициализации таймеров
  procedure TimV23Timer(Sender:
TObject);
  procedure TimSm1Timer(Sender: TObject);
  procedure TimSm2Timer(Sender: TObject);
  procedure TimSm3Timer(Sender: TObject);
  procedure TimV1Timer(Sender: TObject);
  procedure TimV2Timer(Sender: TObject);
  procedure TimV3Timer(Sender: TObject);
  procedure TimV21Timer(Sender: TObject);
  procedure TimV22Timer(Sender: TObject);
  procedure TimD1Timer(Sender: TObject);
  procedure TimD2Timer(Sender: TObject);
  procedure TimD3Timer(Sender: TObject);

//Процедуры инициализации срабатывания соответствующих кнопок
  procedure BClose2Click(Sender: TObject);
  procedure BV1Click(Sender: TObject);
  procedure BV2Click(Sender: TObject);
  procedure BDClick(Sender: TObject);
  procedure BSmClick(Sender: TObject);
  procedure BDoz1Click(Sender: TObject);
  procedure BDoz2Click(Sender: TObject);
  procedure BDoz3Click(Sender: TObject);
  procedure BDoz4Click(Sender: TObject);
  procedure BDoz5Click(Sender: TObject);
  procedure BResetClick(Sender: TObject);
  procedure BAllClick(Sender: TObject);
  procedure BCloseAllClick(Sender: TObject);
  procedure Button1Click(Sender: TObject);

private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;
const
//Печерчень сообщений "Подсказки"
Mess1='Перед тим як відкрити дозатори необхідно запустити дробарку та
змішувач.';
Mess2='Перед тим як запустити транспортер необхідно увімкнути дробарку,
змішувач та відкрити всі дозатори.';

```

Mess3='Перед відкриттям дозатору необхідно запустити дробарку та змішувач.';

//Перечень глобальных переменных

var

Р: ТР; //Объявление диалогового окна

//объявления переменных цикла

i1, i2, i3: integer;

i4, i5, i6: integer;

i7, i8, i9: integer;

//переменные прорисовки агрегата УМК-Ф-2

x2B1, x2B11, x2B22, x2B1V, x2B2V: integer;

y2B1, y2B2, y2B1c, y2B22: integer;

x3B1, x3B11, x3B22, x3B1V, x3B2V: integer;

y3B1, y3B2, y3B1c, y3B22: integer;

x4B1, x4B11, x4B22, dx4B, x4B1V, x4B2V: integer;

y4B1, y4B2, y4B1c, y4B22: integer;

x5B1, x5B11, x5B22, dx5B, x5B1V, x5B2V: integer;

y5B1, y5B2, y5B1c, y5B22: integer;

x6B1, x6B11, x6B22, dx6B, x6B1V, x6B2V: integer;

y6B1, y6B2, y6B1c, y6B22: integer;

x7B1, x7B11, x7B22, dx7B, x7B1V, x7B2V: integer;

y7B1, y7B2, y7B1c, y7B22: integer;

implementation

uses index; //привязка к главному диалоговому окну

{ \$R *.dfm }

procedure SetStan1; //установка текущего состояния платы №1

procedure SetStan2; //установка текущего состояния платы №2

//контроль правильности последовательности вкл/откл исполнительных механизмов

procedure Control(BOpen, BClose:TButton);

//локальная процедура прорисовки агрегата УМК-Ф-2

//Управление дозаторами

procedure Doz1Close;

procedure Doz1Open;

procedure Doz2Close;

procedure Doz2Open;

procedure Doz3Close;

procedure Doz3Open;

procedure Doz4Close;

procedure Doz4Open;

```
procedure Doz5Close;
procedure Doz5Open;
```

```
//объявление таймеров и последовательность их срабатывания
//-----
```

```
procedure TP.TimSm1Timer(Sender: TObject);
procedure TP.TimSm2Timer(Sender: TObject);
procedure TP.TimSm3Timer(Sender: TObject);
```

```
procedure TP.TimV1Timer(Sender: TObject);
procedure TP.TimV2Timer(Sender: TObject);
procedure TP.TimV3Timer(Sender: TObject);
procedure TP.TimV21Timer(Sender: TObject);
procedure TP.TimV22Timer(Sender: TObject);
procedure TP.TimV23Timer(Sender: TObject);
procedure TP.TimD1Timer(Sender: TObject);
procedure TP.TimD2Timer(Sender: TObject);
procedure TP.TimD3Timer(Sender: TObject);
```

```
//-----
```

```
//инициализация переменных прорисовки агрегата УМК-Ф-2
```

```
procedure TP.FormActivate(Sender: TObject);
```

```
//-----
```

```
//прорисовка бункер 1
```

```
procedure RisLineO;
procedure TP.Tim1B2Timer(Sender: TObject);
```

```
//--заполнение бункера 2 (промежуточный бункер БВД)
```

```
procedure RisLine2Z;
procedure TP.Tim2B1Timer(Sender: TObject);
procedure TP.Tim2B2Timer(Sender: TObject);
```

```
//--опустошение бункера 3
```

```
procedure RisLine3O;
procedure TP.Tim3B2Timer(Sender: TObject);
```

```
//опустошение бункера 4
```

```
procedure RisLine4O;
procedure TP.Tim4B2Timer(Sender: TObject);
```

```
//--опустошение бункера 5
```

```
procedure RisLine5O;
procedure TP.Tim5B2Timer(Sender: TObject);
```

```
//--заполнение бункера 6
```

```
procedure RisLine6O;
procedure TP.Tim6B2Timer(Sender: TObject);
```



```

//анимация заполнения бункера готового комбикорма
procedure RisLine7Z;
procedure TP.Tim7B1Timer(Sender: TObject);
//прорисовка опустошения бункера готового комбикорма
procedure RisLine7O;
procedure TP.Tim7B2Timer(Sender: TObject);
//-----
//-----
//кнопки управления
//"Транспортер"
procedure TP.BV1Click(Sender: TObject);
//"Дробилка"
procedure TP.BDClick(Sender: TObject);
//"Смеситель"
procedure TP.BSmClick(Sender: TObject);
//"Выгрузка"
procedure TP.BV2Click(Sender: TObject);
//-----
//Описание кнопок соответствующих дозаторов
procedure TP.BDoz1Click(Sender: TObject);
procedure TP.BDoz2Click(Sender: TObject);
procedure TP.BDoz3Click(Sender: TObject);
procedure TP.BDoz4Click(Sender: TObject);
procedure TP.BDoz5Click(Sender: TObject);

//Кнопка "Отмена"
procedure TP.BResetClick(Sender: TObject);
//Описание кнопки "Открыть все дозаторы"
procedure TP.BAllClick(Sender: TObject);
//Описание кнопки "Закрыть все дозаторы"
procedure TP.BCloseAllClick(Sender: TObject);
//Кнопка "Готово"
//Описание процедуры закрытия диалогового окна
procedure TP.FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);

//работа с dll-модулем (ServerDLL.dll)
unit CommonUnit;

interface
type
  TDigLine
  TAnalogLine
  TAllUsrtarray [TDigLine] of Boolean;    //тип данных (дискретный выходов)
  TAllDigDatarray [TDigLine] of Boolean;  //тип данных (дискретный входов)

```

```

TAllAnalDat = array [TAnalogLine] of Word; //тип данных (аналоговый
входов)
TServStaterecord      //запись (состояние информационных каналов)
  Ustr:  TAllUsrt;
  DigDat:  TAllDigDat;
  AnalDat:  TAllAnalDat;
end;
//Установка дискретных выходов
procedure SetDigLine(n: TDigLine; NewState: Boolean);
      external 'ServerDLL';
//Чтение текущего состояния дискретных выходов
function ReadDigLine(n: TDigLine): Boolean;
      external 'ServerDLL';
//Чтение аналогового сигнала
function ReadAnalLine(n: TAnalogLine): Word;
      external 'ServerDLL';
//Текущее состояние дискретных входов
procedure SetDatchik(n: TDigLine; NewState: Boolean);
      external 'ServerDLL';

implementation

end.

```