

ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»

Институт механизации и технического сервиса

на правах рукописи

(подпись, дата)

Штягин Сергей Николаевич

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПОТОЧНОЙ ЛИНИЙ ПЕРЕРАБОТКИ
ПОЛБЫ**

Научно-квалификационная работа

на соискание квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь»
по направлению подготовки 35.06.04 Технологии, средства механизации и
энергетического оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве

Научный руководитель

ученая степень, ученое звание

Зиганшин Б.Г., д.т.н., проф.

(Ф.И.О.)

(подпись, дата)

Обсуждена на заседании кафедры и допущена к представлению научного
доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной
работы (диссертации) на государственной итоговой аттестации

(протокол №__от____20__г.)

Зав. кафедрой _____

ученое звание

подпись

Ф.И.О

Казань – 2020 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
ГЛАВА 1. СТРУКТУРА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРУПЫ И МУКИ.	14
1.1. Описания стадий и материальных потоков получения муки.....	16
1.2. Исследование и анализ процесса размола как объекта автоматизации....	19
1.2.1. Основные процессы производства муки.....	23
1.2.2. Исследование влияния характеристик поступающего сырья на качество конечного продукта	26
1.2.3. Методы органолептического контроля оценки качества семенного сырья	29
1.2.3.1. Контроль органолептических характеристик зерна.....	29
1.2.3.2. Контроль органолептических характеристик муки.....	30
1.2.3.3. Контроль характеристик при производстве муки.....	31
1.2.3.4. Недостатки при использовании органолептического контроля	35
1.2.4. Физико-механические, структурно - механические и биохимические параметры муки и зерна.....	36
1.2.5. Анализ и исследование эффективности процесса размола, влияние схем формирования и оборудования для их реализации на показатели качества муки.....	43
1.3. Анализ и обзор современных подходов и средств оценки параметров муки	45
1.3.1. Современные способы и оборудования для замера влажности	46
1.3.2. Современные способы и средства для определения цветности муки	51
1.4. Проблемы исследования.....	55

1.5. Выводы по 1 главе.....	56
ГЛАВА 2. АНАЛИЗ ГОТОВНОСТИ ПРОЦЕССА РАЗМОЛА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МУКИ К СТАБИЛИЗАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ.....	58
2.1. Оценка поточности и прогрессивности ТП размола.....	58
2.2. Математическое описание ТП размола.....	64
2.3. Функционально- структурная схема процесса размола.....	64
2.4. Классификация осно вных операций процесса раз мола при произв одстве муки и вы бор факторов, позволяющих определить эффективность данных операций	67
2.5. Обзор информа тивности значимости парам етров эффективности процессов разм ола. Выбор из них контрол ируемых и управ ляемых параметров.....	69
2.6. Основные этапы подготовки процесса размола к автоматизации контроля качества муки.....	70
2.7. Выводы по 2 главе.....	71
ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНО – ПАРАМЕТ РИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ГЛАВНЫХ ДЛЯ ПРОЦЕССА РАЗМОЛА ПРОИЗВОДСТВА МУКИ.....	73
3.1. Структурно - параметрическое моделирование ТП отделения зерноочистки.....	73
3.2. Структурно- параметрическое моделирование процесса размольного отделения.....	78
3.3. Выводы по 3 главе.....	80
ГЛАВА 4. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ШИРОКОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПАРАМЕТРОВ МУКИ НА ЭТАПЕ РАЗМОЛА. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ.....	81
4.1. Использование интеллектуальных технологий для непрерывного контроля показателей качества муки на этапе размола.....	81

4.1.1. Исследование использования нейросетевого моделирования для автоматизации ТП и разработки АСУ ТП. Область применения. Общие сведения.....	81
4.1.2. Исследование и обоснование возможности использования нейросетевых технологий для оценки добротности влажности муки.....	83
4.1.3. Анализ применения системы компьютерного зрения для автоматизации процесса и построения АСУ ТП. Область применения. Общие сведения...	85
4.1.4. Использование системы технического зрения в системах управления в качестве интеллектуального датчика.....	86
4.1.5. Анализ и обоснование возможности применения системы компьютерного зрения для контроля цвета муки	87
4.2. Математическая постановка задачи автоматизации контроля влаги муки поточным способом.....	88
4.3. Основные этапы решения задачи построения виртуального датчика влажности муки.....	90
4.4. Математическая постановка задачи автоматизации контроля цвета муки	91
4.5. Выводы по 4 главе.....	95
ГЛАВА 5. РАЗРАБОТКА НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО СЕНСОРА ВЛАЖНОСТИ МУКИ НА ЭТАПЕ РАЗМОЛА	97
5.1. Типовые структуры нейронных сетей.....	100
5.2. Анализ способности применения нейронных сетей разных видов для решения задачи реализации интеллектуального датчика автоматизированного контроля влажности муки.....	102
5.3. Подбор количества слоев и количества нейронов каждого слоя нейронной сети.....	103
5.4. Подбор алгоритма и проведение обучения нейронной сети.....	106
5.5. Анализ работоспособности нейросетевой модели.....	110

5.6. Выводы по 5 главе.....	111
ГЛАВА 6. РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПРОГРАММНО - АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА МУКИ.....	113
6.1. Разработка алгоритма автоматизированной системы контроля показателей качества муки в процессе размола.....	113
6.2. Структурная схема системы регулирования влажности муки.....	116
6.3. Разработка алгоритма работы программно – аппаратного комплекса автоматизированного контроля показателей качества муки в процессе размола	118
6.4. Структурная схема автоматизированной системы контроля цвета муки в процессе размола с использованием цифровой видеокамеры.....	123
6.5. Обобщенная функциональная схема автоматизированного контроля цвета муки в процессе размола с использованием цифровой видеокамеры.....	124
6.6. Подбор технических средств для реализации программно-аппаратного комплекса контроля показателей качества муки.....	125
6.7. Выводы по 6 главе.....	133
ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ.....	136
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	138
ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ РАБОТЫ.....	139
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	140
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	142

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы.

Полба (с лат. *Triticum dicossum*), или по-другому спельта, эммер, двузернянка — прародительница всех существующих современных сортов пшеницы. Интерес к полбе возрастает, как к самой экологически чистой культуре, из-за её невосприимчивости к различным химикатам. По наличию белка, витаминов, аминокислот, клетчатки полба обходит даже пшеницу, как следствие сейчас к данной культуре привлечено усиленное внимание и общий спрос.

Полба — это уникальная, сельскохозяйственная культура, которая не подвергалась никаким изменениям и модификациям на протяжении тысячелетий.

Полба быстро созревает, не требует специального ухода, а также является устойчивой по отношению к многим грибным заболеваниям. Строение колоса ограждает растение от насекомых, пыли и позволяет аккумулировать влагу, для подпитки в засушливые дни. Каждые три зерна полбы объединены специальной чешуёй несъедобной мякины.

Отличительным признаком полбы также является то, что на неё не оказывают благотворного влияния минеральные удобрения. Никакие дополнительные средства защиты и стимуляции роста не используются при выращивании этой культуры, поэтому полба считается экологически чистым зерном.

Полба является высокобелковой, низкокалорийной крупой и содержит всего 127 ккал. Несмотря на это, она является источником многих полезных аминокислот.

В полбе есть большое количество питательных микроэлементов, которые сбалансированы и равномерно распределены между собой не только в

оболочке зерна, но во всем его объеме. Этот факт доказывает, что полбяная мука сохраняет питательную ценность даже при множественных обработках.

С повышенным спросом на это зерно, появляется и необходимость в наращивании объемов переработки и выращивания.

В настоящее время, известные методики оценивания качества семенного материала и муки не всегда объективны, и получаются с помощью лабораторных замеров по ряду ГОСТов (ГОСТ 10967-90, ГОСТ 3040-55, ГОСТ 10987-76 и т.д.) так как отсутствует возможность измерения данных параметров поточным способом при помощи технологий технического решения. Главный аргумент – визуальное оценивание экспертами с помощью органолептических методов. Следовательно данная проблема требует решения и новых подходов по поиску иных способов развития автоматизации контроля качества семенного материала.

Для реализации решения данной проблемы необходима внедрение широкой автоматизацией технологических и технических процессов (ТП), разработка новых информационных технологий, внедрение различных средств контроля и управления для создания такой системы, реализацией организационно-технических мероприятий, которые способны повысить качество, снижение расходов электроэнергии, увеличение условий труда и безопасности людей, а также наращивания ассортимента производимых продуктов питания.

Изготовления муки и крупы на фабриках, зависит от решения множества задач, трудоёмких, например: стабилизация и оптимизация процессов: зерноочистительного отсека, подготовки семенного материала к помолу, его хранения; наращивание объемов продаваемой продукции с улучшенным качеством; ресурсное заготовливание запасов различного типа и т.п. Трудность решения этих проблем выявляется из динамики свойств перерабатываемого семенного материала, его различие по физическим, биохимическим, физическим, механическим, органолептическим, свойствам.

Совокупность данных свойств проявляет частые колебания показателей шлифовочного, размольного, драного, ситовеечного, сортировочного и др. процессов изготовления крупы и муки, режимов работы устройств, как правило не позволяет получить качественный готовый продукт.

Способы получения муки и крупы состоят из нескольких типовых процессов, где участвует различная аппаратура по реализации оптимальной помольной партии; по очистке, хранению и увлажнению зерна и т.п. Реализация единой цепочки аппаратов автоматизации и производства, включающие в себя персональными входными данными сырья и выходными характеристиками готовой продукции, осложняет процесс автоматизирования показателей контроля качества, являющимися показателями эффективности работы устройств, качество продаваемой продукции, а также этапов её производства.

Размольный процесс является одним из важнейших технических этапов в производстве муки. В связи с этим особое внимание следует уделить созданию единого комплекса программ и аппаратов (ПАК), где реализуется диспетчеризация показателей качества семенного материала и муки. Это позволит: достигнуть высоких показателей производства муки, соблюдения необходимых технологических режимов; непрерывно, в потоке отслеживать уровень качества перерабатываемого зерна, полуфабрикатов и устанавливать нужный режим протекания технического процесса; стабильно выпускать на рынок качественную продукцию, снижая при этом расходы на эксплуатацию и человеческие ресурсы.

В данной НКР рассматриваются пути решения вышеперечисленных задач с помощью создания автоматизационного комплекса программного аппаратного (ПАК) для диспетчеризации основных критериев показателей качества семенного материала и муки, основанный на принципе работы нейросетевой модели (НСМ). НСМ выполняет работу с помощью средств искусственных нейронных сетей (НС), которые на данное время остаются

одним из перспективных направлений развития теории искусственного интеллекта.

Нейросетевая модель состоит из одного или ряда слоёв искусственных нейронов, выполняющие работу по принципу своих биологических прототипов (нервных клеток).

Главными составляющими автоматизированного ПАК являются [44]:

- устройства, реализованные на микропроцессорах для обработки, передачи и сбора информации (входят в состав автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП);
- человеко-машинный интерфейс, реализующий передачу информации между микропроцессорным устройством и диспетчером;
- система управления базами данных (СУБД);
- ПО, где основным алгоритмом является НСМ;
- шлюзовое ПО (необходимо для реализации преобразования, передачи и сбора данных между разными коммуникационными интерфейсными протоколами).

Выше сказанное позволяет подвести итог об актуальности данной диссертационной работы.

Целью НКР является увеличение производительности ТП получения полбяной муки и крупы, стабилизация автоматизации системы контроля качества готовой продукции за счёт создания, научного обоснования и разработки единой системы в поточной линии, определяющая показатели качества и основные характеристики муки и крупы, такие как влажность, цвет, размер и стекловидность с интеграцией новейшего электрооборудования и системы технического зрения.

Объектом исследования в данной работе являются технические процессы размола семенного материала при изготовлении муки и крупы.

Предмет исследования - сумма теоретических, методологических и практических проблем, проявившихся при автоматизации контроля качества

основных характеристик муки и крупы, например параметры влажности и цвета в процессе размола и реализация оборудования для реализации данных задач.

Широко изучены методы получения и обработки первичной информации о процессе размола с помощью использования интеллектуального датчика контроля качества цвета, состоящий из системы технического зрения (цифровой видеокамеры), а также виртуального датчика определения влажности, реализованного на алгоритмах нейронных искусственных сетей (ИНС).

Актуальностью научно-исследовательской работы является:

- увеличение влияния цифровизации и автоматизации в таких отсталых отраслях, как сельское хозяйство, пищевая и перерабатывающая продукты питания промышленность;
- интеграция метода, отслеживания в реальном времени влажность, цвет, размер, зернистость муки;
- внедрение способа, определяющий в режиме реального времени и способный контролировать влажность, размер частиц, цвет, стекловидность крупы;
- интеграция совокупности электрооборудования и аппаратов, для реализации «технического зрения», которое сможет поточным способом измерять и контролировать основные параметры качества муки и крупы;
- способность системы к возврату требуемого качества муки и крупы в потоке, с помощью реализации обратных связей и управляющих воздействий на основные участки линии производства (сепарация, шелушение, дробление, помол и т.д);
- минимизация рисков выхода бракованного продукта;
- популяризация полбы, как самой экологически чистой и полезной зерновой культуры.

Главные задачи, поставленные в научно-исследовательской работе:

- популяризация полбы, как самой экологически чистой и полезной культуры;
- переход сектора сельского хозяйства к устойчивой цифровизации и автоматизации технологических процессов;
- обоснование и реализация метода, контроля в режиме реального времени отслеживать такие показатели, как влажность, размер частиц, стекловидность, цвет крупы и муки;
- реализация комплекса электрооборудования, способная организовать контроль семенного материала поточным способом с помощью технологий «технического зрения» таких параметров как влажность, размер частиц, стекловидность, цвет крупы и муки;
- обоснование и реализация методов получения требуемого качества в потоке при помощи организации обратных связей (воздействий) на основные участки линии производства (сепарация, шелушение, дробление, измельчение и т.п.);
- экспериментальное подтверждение результатов на промышленном комплексе оборудования;
- реализация результатов разработки на практическом использовании.

Методы исследования.

Для решения данных проблем использовались методы и приёмы исследования: теории нечётких множеств, оптимизация и планирование результатов экспериментальных данных, приёмы сенсорной оценки и математической статистики; элементы теории принятия решений, методы технического зрения; основные теории и уравнения ИНС, математического моделирования, автоматического управления; приёмы системного анализа. Данные исследования и вычисления реализовывались в прикладных программных продуктах MATLAB, на проверенных устройствах и стандартных методик и ГОСТ.

Научная новизна представленной работы состоит из:

- разработки математической и алгоритмической проблемы автоматизации по контролю качества таких показателей, как влажность, цвет, крупность полбяной муки и крупы в потоке;
- изменение технологии компьютерного зрения, со следующей её интеграцией в систему автоматизации;
- метод автоматизированного контроля характеристик качества муки с использованием в системе управления (СУ) виртуального и интеллектуального датчика, реализованного на алгоритмах системы компьютерного зрения и ИНС. Что позволяет получить информации о состоянии цветности и влажности муки непосредственно в процессе помола на основании реологических и физико-химических показателей, выявленных на этапе производства крупы и муки, и по реализованным значениям технологических параметров данного процесса;
- предоставление методологии по разработке и интеграции ПАК для реализации контроля качества ТП размола муки, который может в автоматическом режиме определить характеристики готовой крупы и муки;
- реализации схемы регулирования и контроля качества процесса размола муки с использованием системы компьютерного зрения;
- нейросетевую модель (НСМ) процесса производства муки;
- создание наработки для дальнейшей реализации средств, для определения физико-химического состава семенного материала поточным способом.

Апробация работы.

Основные положения представленной работы докладывались, обсуждались:

- на заочном этапе конкурса министерства промышленности и торговли Республики Татарстан «Инженер года» (2019 г.);

- на очном полуфинале конкурса инновационный технопарк «ИДЕЯ» / 17-Я всероссийская молодёжная научно-техническая конференция «ИДЕЛЬ-17» в области естественных наук (2019 г.);

- на заочном этапе полуфинала конкурса УМНИК- Электроника (2019 г.);

- на заочном этапе конкурса лучший молодой учёный Республики Татарстан, в категории «аспиранты» (2019 г.).

Практическая ценность работы.

После проведения исследований будет видна возможность для реализации автоматизированного контроля основных параметров качества крупы и муки в поточной линии переработки полбы с последующим внедрением в мини-завод ООО «Полба – М» города Буинск.

ГЛАВА 1. СТРУКТУРА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРУПЫ И МУКИ

Для обоснования внедрения системы контроля качества семенного материала в производственный процесс, был проведен анализ с имеющимися приборами - аналогами с данной работой, например, прибор для автоматического контроля качества зерна ПЧП-7, белизнамер РЗ-БПЛ-ЦМ, ИДК-3М (предназначен для определения качества клейковины зерна, анализатор зерна ИК Mininfra Smart, Диафаноскоп ДСЗ-2М, анализатор показателей влажности, температуры и натуры семенного материала Мини ГАК. Экспресс анализатор белковой составляющей в семени и зерне ЦУ ТЕП ИК (ЦУ ТЕП II 13). Данные устройства способны работать только лишь для анализа отдельных взятых проб, то есть отсутствует возможность определения показателей муки и крупы поточным способ [5].

Поэтому существует необходимость организации процессов системы контроля качества, которая представлена на рисунке 1.1.

Из рисунка видно, что каждый основной узел (сепарация, шелушение, дробление, измельчение и т.д.) имеет наличие обратной связи с автоматизированной системой контроля качества. Данные связи представляют собой средства передачи цифровых (ModBus RTU, RS-485) и аналоговых сигналов (4-20 Ма, 0-10 В) с датчиков основных узлов технологического процесса с последующим воздействием на их агрегаты (измельчитель, нагнетатель, дробилку, камеру сушки и т.д.) с целью восстановить требуемое качество семенного материала.

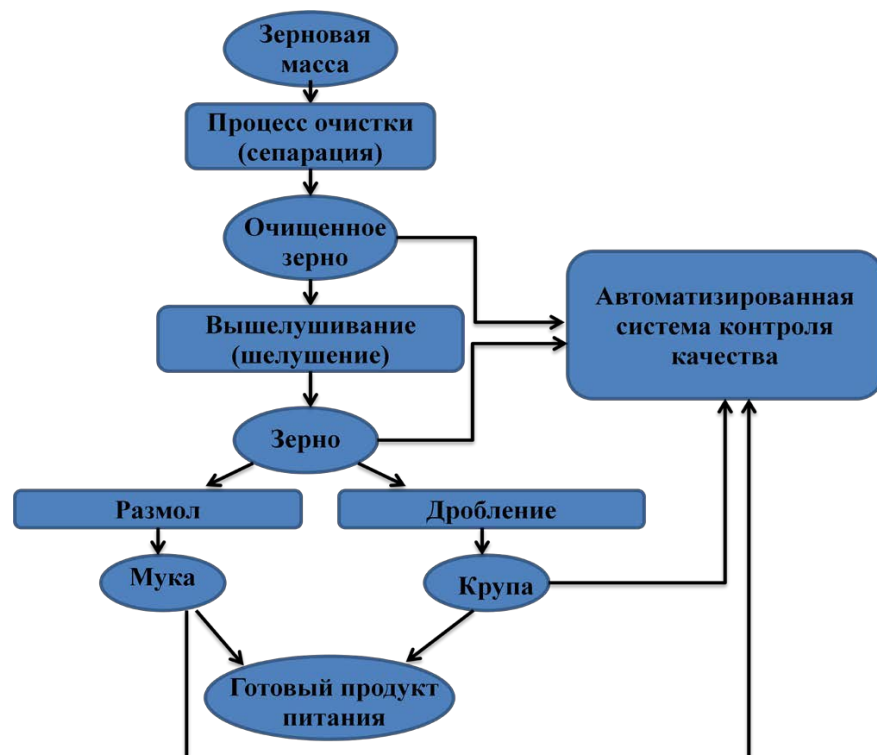


Рисунок 1.1. - Организация процессов системы контроля качества

СТРУКТУРА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА



Рисунок 2.1. - Структура системы контроля качества

Система контроля качества будет реализована, как комплекс отдельных датчиков (влажности, температуры, компьютерного зрения, диафаноскопа) установленных в корпус (например корпус распределительного щита, габаритные размеры которого будут определены после подбора основных компонентов) имеющий технологические проходы для муки и семенного материала). Они будут связаны с технологическим потоком после каждого

основного узла линии. Данные связи будут реализованы как отдельные ответвления для улавливания проб муки и семенного материала, в соотношении с основным потоком - 0.5 %. В этих каналах будут установлены вторичные агрегаты от основного оборудования, к примеру термистор датчика влажности, "фото-поле" для компьютерного зрения и т.п. Показания приборов передаются по системе ПЛК, позволяющая транслировать показания на мнемо-схему (SCADA). Если измерения приборов будут не соответствовать требуемым значениям показателей качества той или иной стадии, то действием оператором и/или интегрируемом ПО, будет возможность вернуть основной поток в предыдущую стадию (для получения требуемого качества), или же забраковать его до более подробного анализа.

Далее в работе подробно рассматривается процесс для производства муки, как один из самых сложных в данной системе.

1.1. Описания стадий и материальных потоков получения муки

Мука является конечным пищевым продуктом, который получают при измельчения зерен различных растениеводческих культур. Её можно получить из сортов зерновых культур, как рожь, гречиха, пшеница, полба и т.п. Большая часть муки приходится на пшеницу. Но основным видом муки для приготовления экологически чистых продуктов питания (хлеб, макаронные изделия) является полба [10, 21, 5].

Технический процесс (ТП) получения муки можно представить как 5 основных этапов, где используются самостоятельные виды агрегатов [45, 18, 33, 72]:

- Приёмка и хранение зерна

Семенной материал принимается, транспортируется для хранения в элеватор. Требуемый запас семенного материала должен быть не менее

месячной мощности самой мельницы. В элеваторе размещают зерно с учётом его качественных характеристик.

- Формирования партий зернового материала для процесса помола

На элеваторе также организовываются партии для помола. Перед этим семена смешивают по разным характеристикам качества, которые удовлетворяют условиям показателей качества. Готовая смесь необходима для получения муки с наилучшими качествами для хлебопечения. Качество самой муки часто зависит от грамотного распределения мелющих партий зерна.

- Подготовка зернового материала к помолу

Перед транспортировкой материала на мельницу, он очищается от различных примесей и подвергается гидротермической обработке.

- Помол семян

Помол семян - важный процесс в производстве муки, является совокупностью процессов и операционных действий над зерном. Получения муки - многоразовый процесс отделения эндосперма семян от их оболочек. Так же в данном процессе можно получить разные сорта муки, отличающиеся химическим и пищевым составом, органолептическими и техническими качествами.

- Транспортировка и хранение муки

Главная стадия ТП производства муки - хранение муки. Грамотно спроектированная конструкция насыпных и контейнерных складов для хранения играет главную роль в сохранности свойств муки.

Основные этапы ТП производства мукомольной продукции показаны на рис. 1.3.

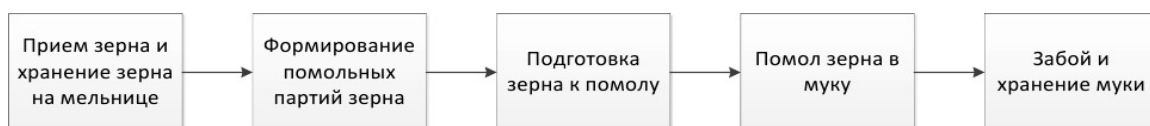


Рисунок 1.3. – Этапы ТП производства муки

Данные стадии – это набор отдельных операций, которые изменяют характеристику материалов, из которых в конечном счёте получают готовый

продукт.

Под материалом подразумевается материальные потоки, где создаётся продукт.

Структурная схема, включающая в себя набор процессов и материальные потоки процесса по производству муки, отображена на рисунке 1.4.

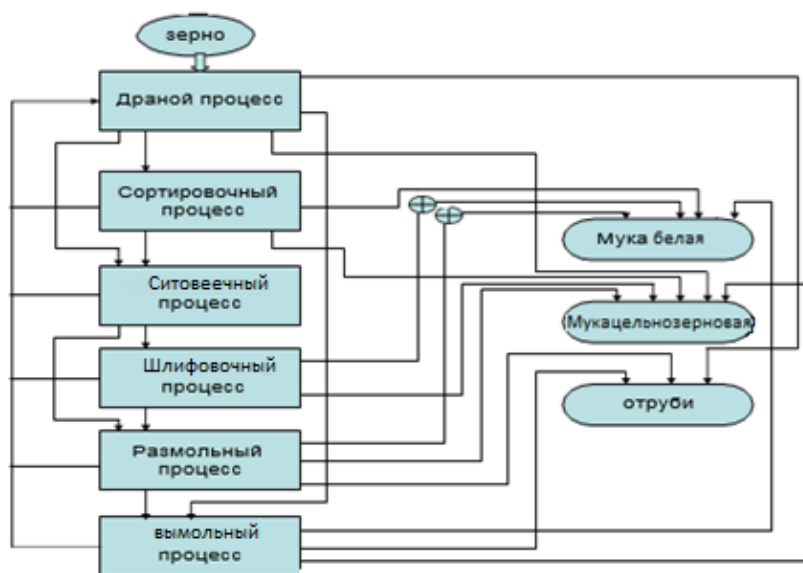


Рисунок 1.4. – Схема структурная, включающая в себя число операций и материальные потоки производства муки

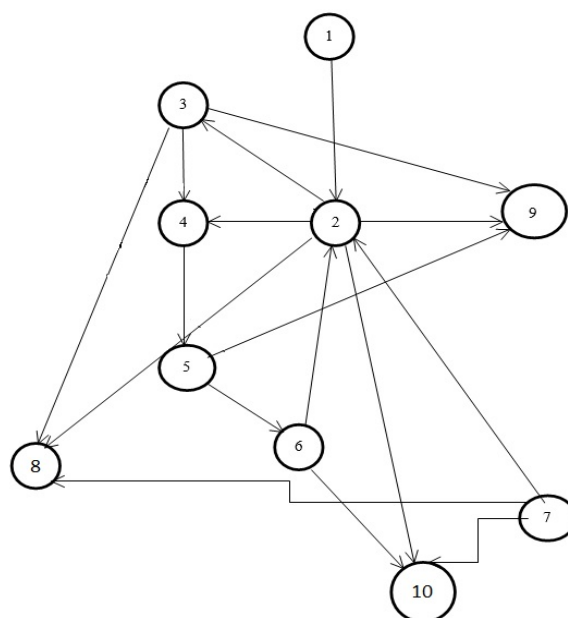


Рисунок 1.5. - Граф ТП производства мукомольной продукции

1– семенной материал, 2 – драной процесс, 3 – сортировка, 4 – ситовечная операция, 5 – шлифовка, 6 –

процесс размола, 7 – вымольная операция, 8 - мука
мелкозернистая, 9 – мука белая, 10 – отруби.

Для решения задачи по автоматизации контроля качества показателей муки в потоке, тщательно исследован главный этап производства муки- процесс помола.

1.2. Исследование и анализ процесса размола как объекта автоматизации

Данный проведённый анализ ТП размола основывается на процесс по производству муки.

Начало производственной линии входит совокупность оборудования для подготовки семенного материала к помолу, состоящие из силосов, устройств для транспортировки и регулированию, хранению и созданию малых партий семян; агрегаты и оборудования по отделения различных примесей, несхожих с зерном по габаритным размерами, формой, плотностью, магнитным характеристикам; агрегаты и оборудования для механической и гидротермической обработки поверхности семян; дозирующее оборудование, устройства контроля качества зернового материала [19, 44].

Производственная линия включает в себя зернообразующие агрегаты, содержащие роlikовое оборудование, магнитные сепараторы, ситовое оборудование и просеивающие машины. В ходе процесса от комплекса к комплексу габариты обрабатываемых частиц уменьшается. Малые фракции измельчаются в мочалках и щеточных агрегатах.

Основными комплексами оборудования являются 12 размольных агрегатов, воздействующие на магнитные сепараторы, деташеры, вальцовые станки. Все начальные комплексы (1-3) по ходу процесса служат для получения так называемой белой муки. В агрегатах с 4-6 изготавливают белую и мелкозернистую муку.

Конечный комплекс состоит из агрегатов для дозирования, взвешивания и перемешивания групповых потоков, ёмкости (тары) для хранения мукомольной продукции, весового оборудования и фасовочных машин.

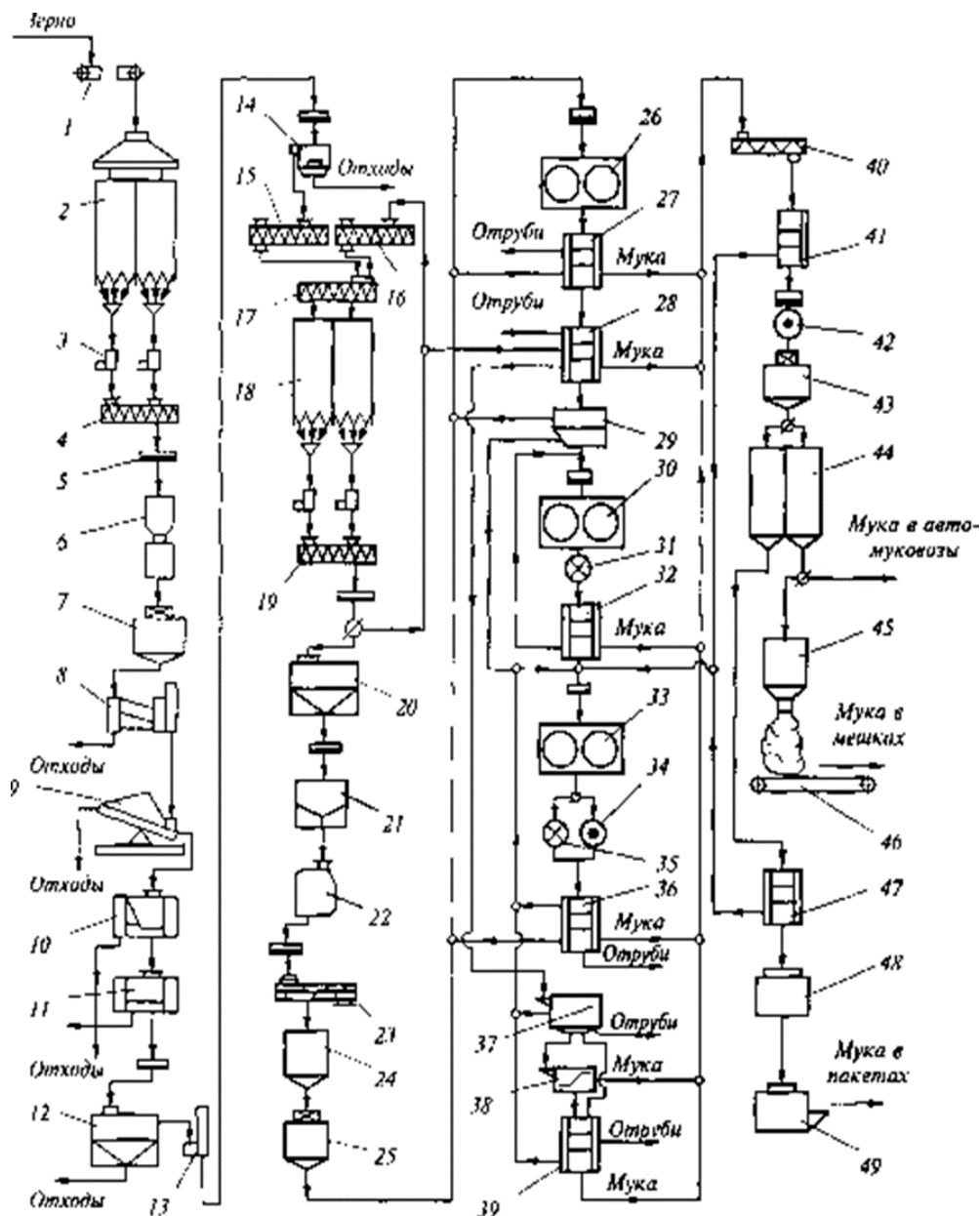


Рисунок 1.6. - Поточная линия производства муки

Состав и принцип работы производственной линии размола зерна:

Зерновой материал после предварительной очистки перемещается с элеватора цепными транспортерами 1 и подается в силосы 2. Данные агрегаты имеют датчиками уровней (верхний и нижний), связанные с пунктом диспетчеризации и управления. Материал из силосов транспортируется по гравитационным трубам, оснащёнными электропневматическими

регуляторами расхода семенного материала 3. Регуляторы и червячного транспортёра 4, формируют требуемые партии зерна.

Весь семенной материал проходит сквозь магнитные сепараторы 5, нагреватель зерен 6 и дозатор автоматического взвешивания 7. Далее материал многоступенчато очищается от вредных примесей. В отделительном сепараторе 8 формируются крупные, мелкие и лёгкие фракции (примеси). В отделении камней 9, минеральные примеси в материале уже изолированы. Далее семена подвергают очистке в дисковых триерах: овсюгоотборнике 11, куколеотборнике 10 и, после повторно в магнитном сепараторе. Верхний слой зерна очищают в упаковочном агрегате 12, а коэффициенты аспирации выделяют воздушным сепаратором 13.

После воздушного сепаратора 13, зерновой материал попадает в аппарат мокрого шелушения 14, где через магнитный сепаратор и очистительной системы червячных транспортеров 15 и 17 материал попадает в силосы 18, где производится процесс обезвоживания. Данные силосы имеют уровнемеры зерна, подключённые пункту диспетчеризации и управления. Распределительная система зернового материала реализует требуемые режимы обезвоживания с необходимой длительностью и отделением на потоки по характеристикам стекловидности и текущей влажности зерна.

Далее сквозь регулятор расхода, винтовой конвейер 19 и магнитный агрегат сыпучий материал попадает в обоечную машину 20, реализован процесс обработки. После через магнитный аппарат зерно попадает в энтолейтор-стерилизатор 21, где для отделения лёгких примесей предусмотрен воздушный сепаратор 22. Далее материал следует в увлажнительный агрегат 23 и отвлаживающий бункер 24. Затем взвешивают зерно на дозаторе 25 и транспортируют к процессу измельчения в драную систему.

Данная драновая система состоит из вальцовых станков 26, сортировочных рассевов 28, драных рассевов 27, и ситовеечных агрегатов 29. Распределение материала для измельчения драных систем выполняют по

этапно: на 1 этапе средняя и крупная крупа, а на 2 — мелкая, дунсты и мука. В ситовеечных агрегатах 29 производят процесс обогащения дунстов 1, 2 и 3 и крупок шлифовочного процесса драных систем.

Крупную и среднюю крупку подвергают процессу шлифования в вальцах 30 сразу после её обогащения в ситовеечных агрегатах 29. Верхние слои попадают в бичевые вымольные аппараты 37, проходящие через обработку в центрифугах 38.

Размол состоит из двухэтапное измельчения. Для разрушения конгломератов продукты дробления зернового материала направляют в вальцовые агрегаты 30, установленные деташеры 31, 33 и энтолейторы 34 для стерилизации ударными воздействиями.

Мелкие крупинки через рассевы 32, 36 и 39 высевают в муку, которая поступает в конвейер 40. Далее материал переходит в рассевы 41 на контрольную проверку, для реализации отделения ненужных частичек и поддержания требуемой крупности помола. Далее мука через магнитный аппарат, энтолейтор 42 и дозатор 43 поступает в функциональные агрегаты (силосы) 44, для реализации бестарного отпуска производимой муки на транспортёры. Далее весовыбойные устройства 45 распределяют муку по мешкам, и конвейерной линией 46 отправляют на отгрузку уже к покупателям. Прежде чем упаковывать, муку просеивают на агрегате 47, на фасовочной машине 48 упаковываются в специальные мешки. Далее их перераспределяют по секциям, где упаковывают по группам стрейч пленкой 49.

1.2.1. Основные процессы производства муки

Размол - это совокупность научно - обоснованных практикой приемов переработки сыпучего сырья (зерна) в качественные продукты (муку). Индивидуальные операции в ТП исполняют производственные системы, состоящие из индивидуальных агрегатов или совокупности оборудования,

комплексно выполняющие одну технологическую операцию. Основные этапы процесса размола зернового материала для производства муки отображены на рис.1.5.

Процесс измельчения берет начало с дранного процесса, где семенной материал измельчается на промежуточные продукты, такие как дунст или крупа. Дробление осуществляют на роликовых агрегатах, состоящих из пары роликов, которые вращаются с определённой скоростью. Как результат, зерновой материал разрушается и дробятся. В производственном процессе задействовано несколько роликовых систем.

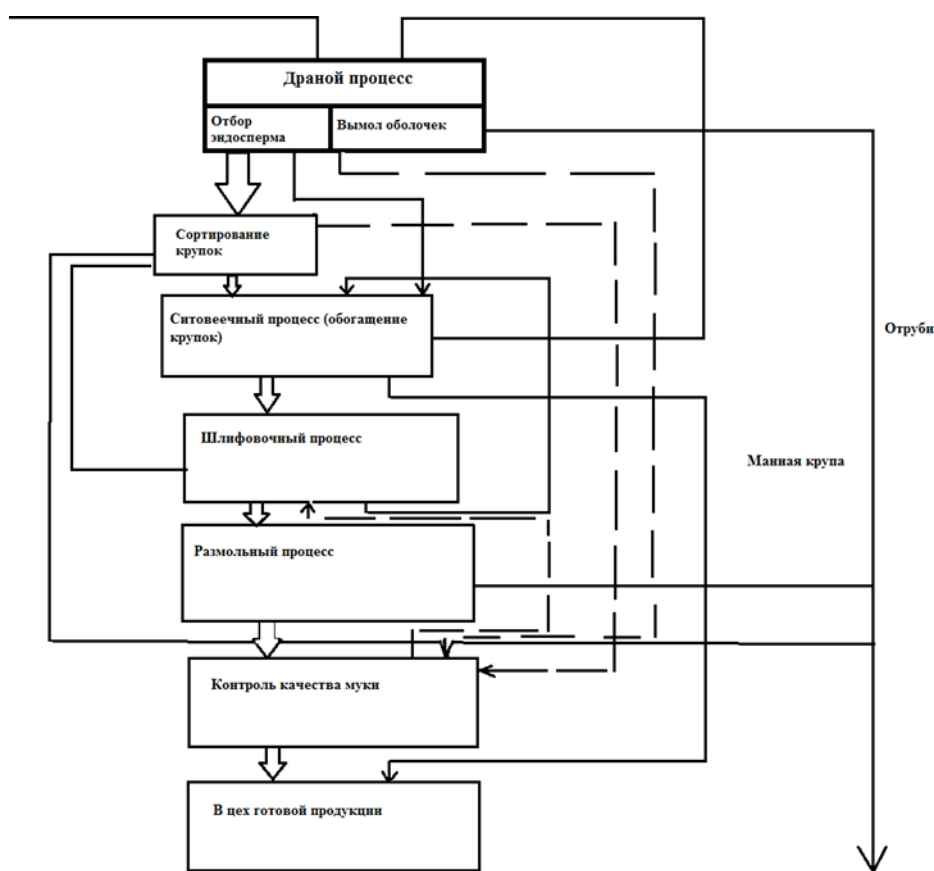


Рисунок 1.7. - Стадии технологического процесса размола зернового материала

Для сортировки по крупности зерна и дунсты, они переносятся на просеивающие агрегаты – ситные машины. Данное просеивание состоит из секционного щита, имеющий набор решетчатых рам (сит), в которых имеются отверстия разных размеров и комплекта сборных днищ, для выпуска материала.

Дранные агрегаты имеют собственный рассев. Слои, не просеявшиеся сквозь начальные крупные сита, переносятся на следующие системы для повторного измельчения. Сита с мелкими отверстиями сортируют в виде муки, малых, средней и крупных частичек, мягкого и жёсткого дунста. После распределения по размерам крупки подвергаются обработке по разным принципам.

Затем крупки перемещаются в сито-веечные агрегаты, где по добротности и размерам их сортируют. Далее производится обогащением крупок, для получения на выходе так называемой белой муки при сортовых помолах. Ситовеечные машины возвратно- поступательным движением и потоками воздуха распределяют материал, проходящий через сита. Как результат, формируется псевдоожиженный слой крупок, находящийся во взвешенном состоянии. Добротные мельчайшие крупки с мало зольные, более плотны и имеют низкую парусность. Крупки через воздушные потоки, просеиваются сквозь отверстия сит и оказываются в вальцовых агрегатах, где производится домалывание в муку.

Сходом крупинки с сит попадают на дранные агрегаты для измельчения или в шлифовочные вальцовые аппараты, у которых сами вальцы не имеют рифлей. Там обрабатываются крупки имеющие оболочки, данный процесс является шлифовочным. Данные действия существенно снижают зольность крупок, после чего они снова попадают на сортировку перед процессом размола.

Крупки и дунсты после распределения домалывают в муку на вальцовых машинах, где сами вальцы мелкорифленые или микрошероховатые. Данный процесс является размольным. При сортовых помолах применяют комплексы размольных систем (от трех до двенадцати). Мучка, поступая через контрольные рассевы и направляется в мельницы (выбойное отделение). Верхним сходом исключаются отруби.

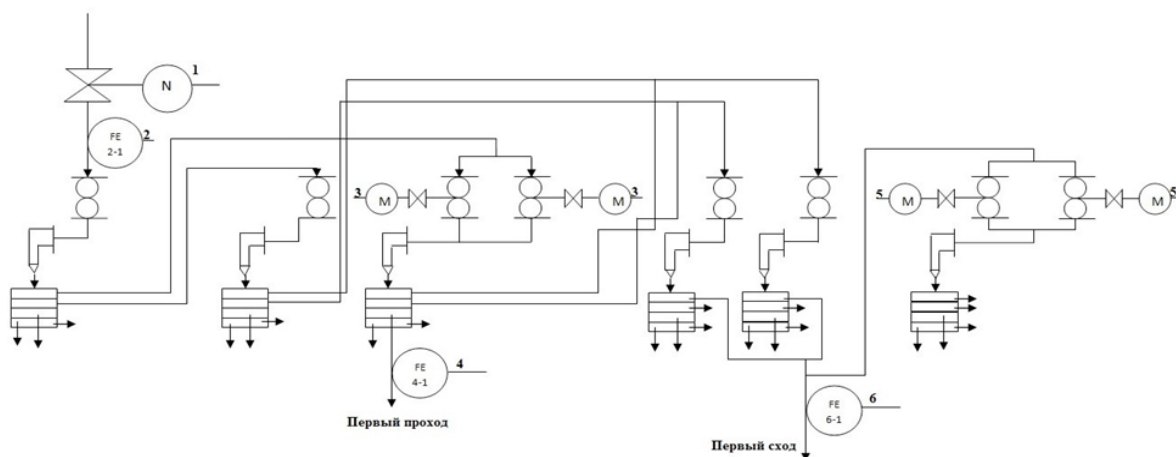


Рисунок 1.8. - Технологическая схема драного процесса на мельнице.

На рис. 1.8. изображена технологическая схема драного процесса непосредственно на мельнице для сортового помола.

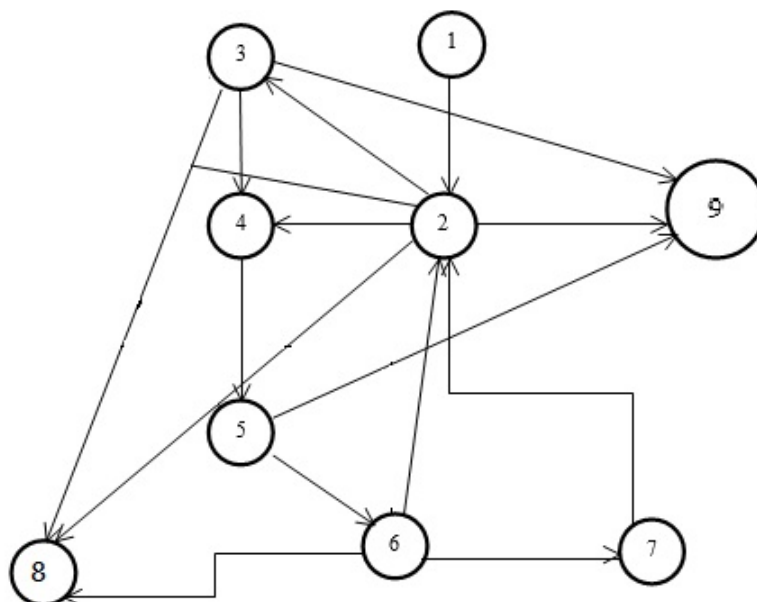


Рисунок 1.9. - Граф основных этапов размольного отделения мельницы, отображающий влияние и направление материальных потоков

1 – зерновой материал, 2 – драной этап, 3 – сортировочный этап, 4 – ситовеечный этап, 5 – шлифовочный этап, 6 – размольный этап, 7 – вымольный этап, 8 – мука белая, 9 - мука мелкозерновая.

1.2.2. Исследование влияния характеристик поступающего сырья на качество конечного продукта

Основным сырьем для производства муки является зерно. Свежей семенной материал высоко влажный, примерно 25%. Сорные примеси более влажные, их показатель достигает 45%. Исследования демонстрируют [23-29], что во время хранения такого зерна, есть вероятность перераспределение влаги между семенами и самой сорной примесью, что может привести к дополнительному расходу на осушение зернового материала.

Поэтому важно производить предварительную очистку, так как она исключает порчу самого зерна. Что касается первичной очистки зерна, то она осуществляется после предварительной и последующего подсушивания. Проблемой данных этапов является в поиске различных по размеру примесей без потери основной массы зернового материала. Перед начальной очисткой, её показатель влажности не должен превышать 18%, а наличие сорных примесей – 8 %.

Обзор имеющихся исследований показывает, что большинство потерь, возникают из-за плохого качества именно хранящегося зерна, и ведёт к снижению качества готового продукта [5, 7, 22 - 2]. Потеря зерновой массы – утрата признаков свежести (цвет, запах, вкус) и уменьшение качества получаемых из неё продуктов. [85 - 88].

Добротность зерна зависит от влажности, температуры, биохимических реакций (их интенсивность). Как показывает практика, в сухой зерновой массе (влажностью 10—12%) биохимические реакции практически прекращаются, а, следовательно, не развиваются микроорганизмы и насекомые [76]. В результате её можно хранить очень долго, а потери массы, составляют 0,01—0,04% в год. В высоковлажном зерне часто появляются вредители. Следовательно, выделение тепла большое, что может привести к

самосогреванию, потери массы (2—7%), снижению качества и даже порче конечного продукта.

Содержания примесей нормируется ГОСТ. Результатом очистки является не только увеличение качества, но сохранность целостности зерна. При предварительной очистке исключению поддаются не только все возможные компоненты, но и часть зерна, которая не соответствует требованиям качества, относящимся к сорной или зерновой примеси. Такое зерно считается испорченным или поврежденным вредителями, дробленным, недоразвитым, щуплым и т.д.

Требования к качеству зерна относятся к внешним признакам, которые предаются визуальной оценки. Их можно разделить на прямые и косвенные. Прямые показатели - пробный помол, характеризующий мукомольные свойства зернового материала, выпечка.

Косвенные показатели - характеризуют мукомольные свойства такие как: цвет, натура, стекловидность, зольность, крупность и т.д. Из-за отсутствия требований полноты оценки качества, то проверка сводится к около 30 различных методов, дополняющих друг друга. В каждой проверочной лаборатории, анализ качества зерна должен включать в себя разный объем прямых и косвенных признаков [35 - 37]. Поэтому необходим обоснованный выбор свойств и признаков сортов для их целевого пользования [44, 71].

Из-за количества методов оценки качества (например, каждая может состоять из нескольких методик с различными изменениями), практически невозможно пользоваться всеми ими в ходе оценивания потребительских свойств зернового материала.

По исследованиям многих ученых [66, 75-78] важным свойством при заготовке полбы, является натура зернового материала. А сопряженность натуры зерна с выходом мукомольной продукции варьируется от 0,65 до 0,74, то есть натура не является надежной оценкой качества выхода муки. Натура зависит от множества факторов, поэтому её нельзя считать устойчивым

признаком. Натура является не показателем качества зерна, а дополнительной оценкой для определения его мукомольных свойств. Как правило, чем выше натура, тем выше выход муки [46].

Минимальная граница качества очистки зерна в воздушно-решетных агрегатах около 60 %. Примерно 60% не отделимых примесей после очистки должны попасть в отходы. Минимальность потерь зерна в отходы при очистке не должно превышать 1,5 %.

За классификацию полбы на подтипы считают оттенки цвета и стекловидности.

Следовательно, можно подвести итог, что эксперты, проводящие оценку добротности зерна и производящие из них готовый продукт, могут столкнуться огромным количеством противоречий, предъявляемых к зерну, например, наличием показателей массы ограничений у производства муки с одной стороны, и необходимостью исследования числа параметров сырья и конечного продукта, которые выполнялись в лабораториях.

1.2.3. Методы органолептического контроля оценки качества семенного сырья

1.2.3.1 Контроль органолептических характеристик зерна

Органолептические параметры зерна - оценку добротности зерна (цвет, запах, вкус), их можно выявить при помощи сенсорных систем органов чувств. Это и является оценкой параметра свежести зерна, полноценности потребительских черт.

Органолептические показатели добротности зерна выполняют по ГОСТ 10967 - 90 «Методы определения запаха и цвета зерна». В лабораторных условиях после процесса отбора проб, переходят к определению цвета и запаха. Как правило используют специальную аппаратуру: лабораторную мельницу и весы общего пользования; пластиковая кассета с крышкой, со

съемной чашкой и металлическим экраном; чашку Петри; банку с крышкой объемом 0,5 м³; колбы объемом 0,1 м³.; доску разборную; чашу объемом 0,2 – 0,25 м³; металлическое сито с размером сетки №06; шпатель; нагреватель, обеспечивающий температуру материала до 40°C.

Параметры цвета и внешнего вида. Цвет зернового материала визуально, в соответствии с требованием ГОСТ, сравнивают с описанными там признаками. Цвет определяют под дневным светом. Нормально хранившееся, выросшие, свежее зерно, имеет характерный данной культуры окрас и гладкой отражающую поверхность. Влажные же зерна имеют матовую, белесоватую поверхность, а к примеру зерна, пленчатых культур имеют темную цветочную пленку.

Цвет и его обесцвеченность можно получить с помощью эталонов. Когда сравнивают пробы материала с его эталонами, другие тем временем прикрывают металлическим экраном для уменьшения искажений результатов выполняемой экспертизы. Оценку уровня обесцвеченности можно получить в соответствии с требованиями ГОСТ 10967-90.

Запах семенного материала, обуславливается наличием в нем летучими веществами. В добротном зерне их малое количество, а сам запах ели неощутим. Запах семенного материала изменяется из-за его порчи (самосогревания, плесневения, гниения) или из-за адсорбции имеющихся в нём запах веществ. Каждый другой запах для зерна является недопустимым, а если оно испорчено, то дефектным. В лабораторных условиях также можно изучить запах и вкус зерна.

1.2.3.2. Контроль органолептических показателей муки

Определение органолептических характеристик муки (цвет, запах, вкус и хруст) проводят в соответствии с ГОСТ 27558-88. При получении параметров органолептики муку, которую специалисты лаборатории подвергают

испытаниям, далее сравнивают с установленными образцами или эталонами, представленными в ГОСТ.

По ГОСТ 27668 находят методы отбора данных характеристик. При нахождении запаха, цвета, вкуса, хруста используют данное оборудование: весы лабораторные с допустимой погрешностью ± 1 г., термостат (ГОСТ 28498) с погрешностью измерений температуры $+ 1$ °С, химическая чаша по ГОСТ 25336, объемом 0,25 м³, стеклянные пластинки габаритами 8 x 15 см. Шпатель. Лопаточка.

Цвет муки находят в лабораторных условиях по сухой пробе, сравнивая лабораторный образец с эталонным образцом муки. Цвет эталонной муки, указана в соответствующих стандартах на данную продукцию.

Запах. Свежая мука, имеет слабый, свойственным ей запахом. Если запах затхлый или кислый, то это говорит, о том, что она уже испорчена или была произведена из несвежего семенного материала. Стоит учитывать, что мука может поглощать посторонние пахучие вещества. Для определения анализированного запаха из пробы, в лабораторных условиях отбирают часть муки весом около 20 грамм, далее по существующей методике получают завершающую оценку.

Вкус и хруст муки определяют разжевывания одно - двух навесок весом около грамма каждая. Если мука удовлетворяющего качества, то она будет со слабо сладковатым, или даже пресноватым вкусом. Слабокислый привкус указывает на несвежесть муки, а кислый или даже горьковатый вкус – сигнализирует, что она уже испорчена. Разжевыванием навеска муки определяют наличие хруста на зубах, что указывает на содержание в ней песка, земли или каких-либо минеральных примесей. Запах, вкус и хруст получают в соответствии с характеристиками, представленными в ГОСТ на муку.

1.2.3.3. Контроль характеристик при производстве муки

Контролируемые характеристики муки — это зольность, влажность, кислотность, крупность помола, количество содержащихся металлических примесей и наличие вредителей, которые на данный момент можно получить только путем лабораторных исследований [46].

Влажность.

Влажность – это один из главных параметров оценки качества. По уровню влажности мукомольной продукции выбирается метод и срок её хранения. При хлебопечении лучшая набухаемость сухой муки, поэтому тесто, полученное из неё, не пристает к аппаратуре. Влажность муки возможно получить высушиванием пяти грамм муки при температуре 130° в течении получаса.

Зольность.

Зольность — это один из главных параметров оценки сорта муки. Для каждого сорта существует свой стандарт и временное ТУ, которое определено зольностью в перерасчёте на сухое вещество. Отхождение от нормального значения допускается не выше 0,05%. Найти зольность можно в лабораторных условиях, предварительно сжигания тигле около 1,6 – 3,2 грамма муки.

Крупность помола.

Для замешивания теста очень важно, чтобы размеры крупинок были малыми. Чем меньше размер, тем быстрее она способна поглотить влагу, соответственно время образования теста уменьшается. Как правило, крупность помола – очень важный параметр. Крупность муки определяют путем просеивания контрольного образца (примерно 50 г.) сквозь набор сит, размеры решеток которых для каждого сорта указаны в ТУ на муку.

Кислотность.

Кислотность – один из наиболее объективных параметров свежести муки.

Высокая кислотность является последствием халатной организации или бестарного хранения муки. Кислотность муки определяют в градусах кислотности, другими словами, данный параметр показывает сколько кубических сантиметров нормального раствора щелочи необходимо для нейтрализации кислот, содержащихся в 100 граммах муки.

Кислотность муки определяют с помощью методов, описанных в «ГОСТ 27493 -87 определение кислотности по болтушке». Данные методы основаны на титровании гидроокисью натрия веществ кисло реагирующих в мукомольной продукции. Чтобы получить характеристику свежести нужна сначала определить кислотность жира муки.

Клейковина.

Клейковина муки представляет из себя гидратированную совокупность, содержащую белки глиадин и глютен. Глютен это основа, а глиадин является ее склеивающим началом. Оценка параметров качества клейковины находят по растяжимости, запаху, эластичности и цвету. У добротной клейковины белый, либо серовато белый оттенок цвета, еле чувствуемый, приятный запах, мука упруга и эластична, растяжимость средняя. По данным параметрам качества клейковину можно подразделить на 3 основные группы: первая — отличная упругость, длинная или средняя растяжимость; вторая — нормальная упругость и короткая растяжимость, либо удовлетворительная упругость, короткая, средняя или длинная растяжимость; третья — малая упругость, провисающая при растягивании, сильно тянущая, способна разрываться под воздействием собственного веса. В соответствии с требованиями стандарта добротность клейковины должна относиться к группе не ниже второй.

Оценивание добротности клейковины определяется при помощи — измерителя деформации клейковины ИДК-1, где на шарик клейковины весом 4 грамма начинает действовать сила в течение 30 секунд. Чем глубже погружен пуансон аппарата в клейковину, тем хуже она по качеству.

Вредные примеси в муке.

К вредным примесям можно отнести спорыню, везель, головлю, горчак и куколь. Содержание в составе муки всего выше перечисленного вместе не должно превышать 0,05% (в т.ч. горчака и везеля около 0,03%). Содержание куколя допускается не более 0,1%. Металломагнитно содержащие примеси выводятся с помощи магнита механическим или ручным способом (ГОСТ 20239-74).

Зараженность вредителями.

В муке не должно быть амбарных вредителей, таких как бабочки, клещи, жучки, личинки и т.п. Данных насекомых извлекают путем просеивания муки сквозь решетки сит или визуального обнаружения в соответствии с (ГОСТ 27559).

Контролируемые параметры при процессе производства муки.

Согласно СТБ 1666-2006 хлебопекарная мука по органолептическим и физико-химическим показателям качества требованиям и нормам должна соответствовать данным, указанным в таблице 1.1.

Анализ контроля оценки качества муки проводят по схеме, представленной на рисунке 1.10.



Рисунок 1.10. - Схема анализа контроля качества муки

Итоги проведенных анализов хранят в лабораторных книгах или документах о качестве продукции с точностью, представленной в таблице 1.1.

Таблица 1.1. - Точность записи результатов анализов

Показатели	Точность
Влажность, %	0,1
Содержание муки из проросшего зерна (учет по зерну), %	0,1
Металлопримесь, г	0,001
Крупность помола, %	1,0
Зольность, %	0,01
Содержание сырой клейковины в муке, %	1,0
Примесь муки из зерна других культур и твердой пшеницы (учет по зерну), %	0,1
Кислотность муки, град	0,1
Объемный выход хлеба из 100 г муки, мл	1,0
Расплываемость подового хлеба	0,01
Белизна, ед. прибора	1,0

Мука по органолептическим показателям должна соответствовать требованиям, представленным по ГОСТ Р 52189-2003 [31]. Методики выявления данных параметров качества муки указаны в литературе [8 - 9].

1.2.3.4 Недостатки при использовании органолептического контроля

Минусами органолептического контроля качества зернового материала и муки можно считать, метод основанный на восприятие органами чувств (осязание, вкус, обоняние, зрение и слух). Метод, который может определить органолептические характеристики качества зерна и готовой продукции, например, цвет, внешний вид, состав, вкус и запах. Объективность и

отсутствие быстрой оценки определения качественных показателей зерна, полуфабрикатов и готовой продукции – это является недостатками органолептического метода. Например, для того чтобы определить цвет муки по влажной пробе, необходимо пластинку со спрессованными отборами муки при наклоне (30 - 45 °) помещают в сосуд с водой на 1 – 2 мин. При комнатной температуре, после отсутствия пузырьков воздуха, её достают из воды. Далее в наклонном положении её держат пока не уйдёт лишняя влага. Далее начинают определять цвет муки, путём сравнения контролируемой муки с известным по параметрам образцом муки (эталонном).

Из нашего обзор работ по данному вопросу, для более достоверного установления всех цветовых оттенков, консистенции, вкуса и других органолептических параметров, исследование лучше всего выполнять в летнее время года при температуре наружного воздуха, а в зимнее – при комнатной температуре и в благоприятных санитарных условиях. Сквозняки, ветра, резкие и неприятные шумы должны отсутствовать. Иногда необходимо потратить много времени на забор и исследования образцов. Необходимо провести огромный труд, в том числе и подготовку к экспертной оценке, так, чтобы отделить элементы случайности, небрежности, непродуманности и бессистемности выполнения анализов для описания органолептических характеристик зерна и муки.

Появилась необходимость в увеличении объективности контроля качества сырья и готовой продукции фабрик, за счет использования эффективных высокоинтеллектуальных технологий в технический процесс и реализации на их основе автоматизированной системы контроля (АСК).

Использование АСК качества сырья и конечной продукции сведет к минимуму влияние человека на объективность исследования, уменьшит производственный цикл производства муки, исключив этапы органолептической оценки добротности, а также создает основу для интегрирования ее в АСУТП процесса производства муки.

Суммарные параметры качества зерна и муки получают не только органолептическими, но и физико - механическими, структурно - механическими и биохимическими параметрами зерна и муки.

1.2.4. Физико-механические, структурно - механические и биохимические параметры муки и зерна

Физико-механические, структурно - механические и биохимические характеристики зерна:

Обзор и анализ трудов в данной научной области [33, 45 - 80, 86 - 89] указал, что особенности физико-химических параметров зерна оказывают влияние на создание и ведение техники процесса производства муки.

Выполненные исследования [78 - 79] отображают, что технологические параметры зерна можно считать, как производные от группы параметров, подразделяющиеся на физико-, структурно- и биохимические.

К данным свойствам зерна подразделяют на следующие главные показатели: влажность, засоренность, натура зерна, зольность, геометрические габариты зерна, крупность зерновой массы, плотность, масса 1000 зерен, стекловидность зерна и др. Влияние всех данных показателей на качество выпускаемой муки было описано в п.1.2.2. данной работы.

Основным параметром качества зерна также можно считать его плотность, представленную как комплексную характеристику, совокупно отражающую такие характеристики физико-химических свойств зернового материала, как система, химический состав, стекловидность и т.д. Увеличением плотности мукомольные свойства зернового материала улучшаются. На плотность в большей степени оказывают влияние, такие параметры как влажность семян, их температура и иные факторы. Чем выше плотность зерна, тем выше его натура.

Влажность зерновой массы получают по совокупности свободной и физико- химически влаги, испаряющейся при высушивании образца, выраженному в процентном соотношении к весу исходного экземпляра. Количество влаги выявляют лабораторным путем. От количества содержащейся влаги в зерне, можно выделить три основных типа: сухое, средне сухое, сырое.

Биологические и химические свойства зерна можно найти его химическим и биологическим составом, либо активностью находящихся в них ферментов. А также важное влияние несет наличие в зерновой массе биологически-активных веществ. На этапе подготовки зерна к обработке биохимические характеристики могут меняться, из-за воздействию теплоты и влажности. Оператор-технолог обязан брать во внимание это и выбирать оптимальный режим процесса, включая биохимические параметры данной партии зерновой массы.

Структурно-механические параметры материала указывают на структурные особенности зерна с их реакцией на структурно-механическое воздействие. Данные параметры и определяют этап измельчения зерна.

К основным показателям оценки механических свойств зерен можно отнести их прочность и твердость. Реологические параметры зерна показывают такие свойства как углы естественного откоса, состав гранул, и их консистенция. Сейчас чтобы определить физико-механических, в том числе реологических параметры зерна и конечной продукции часто принимают во внимание такие методы и аппараты: вискозиметры, консистрометры, пластометры, приборы для измерения консистенции и угла откоса и др. [14 - 16].

Зерно следует и принимает участие в процессе обмена тепла и влага с окружающей средой. Очень стремительно данный процесс развивается при непосредственной сушке зерна. На предприятиях сырье при подготовке к процессу разлома, сначала увлажняют жидкостью комнатной температуры,

или проводят обработку паром при нормализованном атмосферном давлении. Так как значения постоянно меняются эти характеристики важны при получении муки для того чтобы подбирать необходимые технологические режимы работы, которые поддерживают наилучшую эффективность переработки конкретной группы зерна.

Перерабатываемый материал должно быть базисной кондиции и описываться такими базисными показателями оценки качества как: влажность 16,3% - 16,9%; зольность чистого зерна 17,9% - 1,95%; консистенция сорной примеси 1%, её содержание 1%, также минеральной 0.08%, вредной 0.09% (с горчанкой или вязелем - 0.045%); состав зерновой примеси не должен превышать 5%; натура 768 грамм на литр; стекловидность от 50%; содержание клейковины 25%.

На предприятиях хранения зерна, оно предварительно очищается от сорных примесей, после чего распределяют помольные партии. Итог данной подготовки материала, перемещающихся из зерновых характеристик элеватора на мукомольный предприятия, должно соответствовать перечисленным выше требованиям. Хранение материала должно приходить при его влажности около 15 %. Относительная влажность воздуха в помещениях хранения не должна превышать 70 %.

Рекомендуемая для хранения зерна температура воздуха находится в диапазоне от 5 до 15 °С. К главным требованиям к сохранности зерна можно отнести: вентиляцию и соблюдение чистоты в зернохранилищах. Если соблюдать данные правила, то материал хранит свои посевные качества до 15 лет, а технологические около 12 лет. А на практике группы зернового материала обновляются каждые 3 года.

К главным условиям, по влиянию на сохранность зерна, можно перечислить: его влажность, температуру и характеристику окружающей среды, доступность воздушной массы к зерну. Эти правила заложены в основу

состояний хранения. Используют 3 режима хранения зерна —сухое, охлажденное и без доступа воздуха.

Табл. 1.2 характеризует энергетическую ценность, которая зависит от среднего химического состав материала, транспортируемого на зерно-перерабатывающие фабрики.

Таблица 1.2. - Химический состав зерна полбы на 100 грамм веса, %

Вода	Белки	Жиры	Углеводы	Клетчатка	Зольность
66.5	5,5	0,85	26,4	2,0	0,7

Физико-механические, структурно - механические и биохимические параметры муки:

Эффективность технических процессов размолла можно определить, стадиями качества применяемого зерна, а также добротностью получаемой муки.

Добротность муки в данной степени можно определить её физическими, механическими и биохимическими свойствами, которые описываются значительными показателями, определяющих иные стороны этих свойств [9].

Так как технические процессы перерабатывания сырья в муку обуславливаются трудными физическими, механическими и биохимическими изменениями в зерне и выпускаемой продукции, знание параметров описывающие изменения показателей качества необходим для основного роста эффективности ТП муки [22, 76 - 79].

В этом разделе указаны основные физические, механические и биохимические показатели, по которым можно оценить качество муки.

К главным условиям, которые определяют хлебопекарные качества муки, можно отнести: добротность зерна; газообразующая способность; крупность помола и сила муки.

Газообразующая способность муки описывается ее углеводно - амилазной совокупностью и содержит в себе «собственные» сахара и ее сахаробразующими параметрами.

Используемый термин «сила муки» можно интерпретировать как синоним к качеству муки, и ее физико-механическим свойствам. Иначе под силой муки подразумевают её способность получать тесто с определенными характеристиками. Как правило для определения «силы» муки и применяют методы анализа структурных и механических, также реологических параметров муки. Силу муки определяют пенетрометром по консистенции самого теста. Как правило в лабораторных условиях определяют структурно-механические параметры теста, по которым можно говорить о «силе» муки.

Крупность частиц муки. Структурирование муки по габаритному признаку и сравнительный анализ полученных фракций описывает то, что фракции мелких частиц гораздо насыщенней белками, с более высокой зольностью, имеют большую газообразующую способность. Если содержание сырой клейковины также выше, а сама растяжимость ее меньше.

Консистенция жира, сахаров и клетчатки в муке большое, а именно 1,56-2,25%; 0,5-2,1% и 0,7-3,0% соответственно.

Зольность муки установлена в границах от 0,5 до 1,5%. С изменением сорта муки содержание этих веществ меняется (чем ниже сорт, тем выше содержание). Пищевая ценность муки хорошая. На состав потребительских параметров муки влияют на такие показатели как: вид зерновой культуры, качество материала, технология производства.

В данный момент главные показатели добротности муки получают лабораторными или органолептическими способами. Множество параметров муки поучают на ощупь. К примеру, при сжатии щепотки муки получают плотные комочки, как итог, мука имеет повышенную влажность (влажная мука холодит опущенную в нее руку, в отличие от сухой). На ощупь добротная

мука сухая, мелкоизмельченная, нежная, зернистая, прилипает к руке, хрустит при её сжатии.

Для получения показателей добротности муки часто применяют методы для определения механические и аэродинамические параметров муки. Под механическими параметрами зерна принимают способность его противостоять разрушению с одновременной сменой формы, т. е. упруго менять форму под воздействием внешних механических факторов. Механические параметры муки определяют, как способность к сопротивлению деформированию, разрушению и пластичности. Аэродинамические параметры муки — это характер ее поведения в воздушном пространстве. Динамически подвижная мука в воздухе получает давление (сопротивление), которое подтверждено рядом факторов.

К структурным и механическим свойствам муки, характеризующих их поведение в производственных процессах относятся [34] следующее: методы, описывающие прочность и сопротивления сыпучих веществ, методики испытаний данных материалов на сжатие и пенетрацию, косвенное оценивание структурно – механических характеристик семенных материалов, задачи определения технологических параметров сыпучих материалов.

Механические параметры муки. Под данными свойствами [21] понимают способность его не разрушаться с одновременным деформированием, т. е. упруго менять форму под действием внешних механических воздействий.

Аэродинамические параметры муки. Под этими свойствами часто понимают особенности поведения в воздушном пространстве [11]. При перемещении муки в воздухе, она встречает на своем пути сопротивление (давление), которое содержит ряд свойств. Давление воздуха и находящиеся в нём тело зависят от веса, его габаритов, формы, скорости перемещения, а также от параметров воздушной среды.

Белизна муки, как определитель оценки качества имеет более подробную характеристику в отношении ее вида сорта. Потому, белизна - это один из

главного показателей, указывающих на качество муки.

Микроскопические методы определения качества муки основаны на определении количества и геометрических параметров частиц под микроскопом в определенном объеме муки, например в 1 грамме.

Микроскопические способы анализа широко используются в лабораторных условиях при изучении микроструктуры самой муки.

Подбор и использование различных способов определения параметров сыпучих материалов зависит от цели данных замеров, этапов производства, характера производственного процесса и используемой аппаратуры [23].

Исследования применяемых методов контроля физических, механических, структурных, биохимических параметров зерна и муки [31, 38, 66, 67, 76 - 79] указал, что для контролирования достоверности протекания ТП и правильного выбора способов оценки качества сырья, полупродуктов и конечных продуктов вовремя их переработки важно учитывать их влияние на структуру их формирования наиболее важных физико-химические процессов и средств для их реализации.

1.2.5. Анализ и исследование эффективности ТП производства муки, влияние схем формирования и оборудования для их реализации на показатели качества муки

На эффективность процесса переработки зерна в муку, большое влияние оказывает использование схем формирования производственных процессов и условий работы аппаратов для их реализации, а также факторы производства и условия хранения зерна и конечной продукции на предприятиях [22, 87 - 89].

В зависимости от конкретных проблем, сортности муки и к ее выходу, параметр производственных операций, их зависимость и структурность могут отличаться [37]. По кратности этапов помола, их можно разделить на разовые и повторные. Разовые появляются в результате однократного прохождения

зерна через измельчающий аппарат. Схемы обычных помолов включают в себя один производственный этап, где большие частицы операции измельчения перемещаются на 3-4 системах. К ним можно отнести помолы пшеницы или полбы обойную муку. К простым помолам характеризуют помолы пшеницы и ржи, полбы в конкретно сортовую муку [32]. В данном случае различие в особенности ТП является состав и развитость ситовеечного технологического процесса, проблемы которого считаются формированием по качеству крупок, а также системностью шлифовочного процесса.

Шлифовочный этап помола также связан с ситовеечным. Их можно представлять, как единый производственный процесс обогащения крупок. Как итог, параметры разделения помолов описывает конкретные тонкости их организации, а также выбор производимой муки. С увеличением представленных требований к добротности муки трудность составляет не только процесс размола, но и схема заготовки зерна к помолу. В общепринятой системе помолов относят кратность измельчения зернового материала, число отдельных процессов в производственной схеме и степень трудности формирования ситовеечного процесса, который занимает особое значение в технологии муки [19].

Обзор и исследования трудов в области влияния структурных схем формирования аппаратуры на эффективность процесса производства муки [21, 86 - 89] указывает на то, что при выработке обойной мукальной продукции проблема состоит в измельчении до требуемой крупности, следовательно процесс размола состоит из одного этапа, где зерно тщательно измельчают в муку. При получении сортовой муки проблема измельчения заключается в существенном усложнении производственного процесса. Необходимо проводить доп. стадии, разделяющие продукты размола зерна по добротности на основе физико-химических и структурно- механических параметров зерновой массы [18, 57- 59]. Следовательно, схема процесса получения муки варьируется. Зерновая масса со слабой клейковиной до своего

помола подвергается двуэтапном влажным насыщенным пропариванием, термостатированием по истечению 20 минут при температуре 45°C. В результате этого повышаются хлебопекарные характеристики муки [28]. И как правило изменяются этапы процесса производства муки.

Сумма этапов может быть различной и определяются с учетом добротности использованного зерна и его целевого пользования.

Способности по пропуску поточных линий характеризуются производительностью лимитирующей аппаратуры. Обычно таким оборудованием считают зерносушилки или зерноочистительные агрегаты, но возможны и конвейеры, норрии и т.п.

При создании поточных линий учитывают следующее: для реализации стабильной работы аппаратуры максимальной его загрузки на каждом этапе поточной линии (после выгрузки зерна) учитывают аналогичные накопительные бункера, включающие в себя агрегатного для активного вентилирования.

Задача очистки зерновой массы является в обеспечении требуемого качества зерна, муки и крупы.

Для поддержания стабильной работы нужно, чтобы производительность зерноочистительного агрегата превышала на 30% мощность размольного оборудования, а, следовательно, обеспечивать требуемый запас неочищенного зерна именно в зерноочистительном бункере.

Типовая структура этапа подготовки зерновой массы к помолу определена следующим: зерно из самосвала транспортируют в бункер для неочищенного зерна, а его дно имеет винтовой конвейер, где поступает зерно в башмак группами и далее порцией зерновой массы переходит на первичную (предварительную) очистку в концентратор и на сепаратор для зерноочистки, где осуществляется очистка зерна от габаритных, малых и мягких примесей, пыливаемой поэтапно черной закроме.

Сепарационные отходы поступают в боксы для примесей, чищенная зерновая масса следует в камнеотборник для сепарации минеральных примесей. Затем материал следует на обоечный агрегат, производящий очистку поверхности зерна.

Зерновая масса, поступающая на дранную систему, после процесса очистки и подготовки необходимо описывать следующими параметрами качества: а) влажность, появившееся в результате кондиционирования; б) состав сорной примеси в массе не более 0.38%, в) количество проросших зерен составляет не более 3%.

1.3. Анализ и обзор современных подходов и средств оценки параметров муки

Поиск решения проблем по повышению добротности производимой муки можно рассматривать как совокупность задач, важное место среди которых занимает проблема выбора окончательного решения оценки качества производимого продукта.

Объективность данного решения проблемы зависит от полученной информации о качестве продукта. По нашему анализу:

- исследование и анализу этапов и материальных потоков при процессе производстве муки;
- обнаружение контролируемых параметров эффективности протекания ТП;
- описание влияющего воздействия (как состояния сырья) на параметры качества конечного продукта;
- проанализированы физические, структурные, механические и биохимические параметры зерна и муки;
- изучено влияние на эффективность процесса получения муки схем формирования и средств для их исполнения, указывают, что одним из главных

факторов, по которому определяют добротность выпускаемой муки - это влажность.

Нахождения значений параметров влажности зерна и муки существенно влияет на контроль хода ТП, так и при самом контроле оценки качества, выпускаемой продукции. Как правило, данное свойство в процессе помола зерна редко является постоянным параметром. Он варьируется от партии к партии и определяется многими факторами, таких как параметры качества зерна, его хранения, свойства используемой аппаратуры, условия работы, нестабильность процесса размола.

1.3.1. Современные способы и оборудования для замера влажности

Как рассмотрено в п. 1.2.3., в данное время влажность муки находят путем лабораторных исследований. Следовательно, был осуществлен анализ и анализ имеющихся современных способов и оборудования замеров влажности [6, 12, 19], выяснилось, что на рынке имеется огромный выбор различных видов влагомеров, но почти все данные аппараты предназначены лишь измерений в лабораторных условиях.

Из влагомеров применяемых в потоке, для снятия замеров влажности сыпучих сред [2, 27], подходят приборы, которые используются в иной промышленности (горной, строительной). Однако все эти средства не рассчитаны на процесс протекания размола зерна.

На этапе анализа литературы по этой теме [3, 9-12] были замечаны микроволновые измерители влаги, резонаторного типа, диэлектрические, СВЧ, емкостные, электрокондуктометрические, ультразвуковые, инфракрасные влагомеры и многие другие, но как оказалось все они имеют недостатки вышесказанные.

Анализ средств для замеров влажности именно в пищевом секторе [2, 9-15, 86 - 89] показал, что более подходящими для использования в

мукомольной промышленности, это:

Датчик влажности «testo 174Н - Мини-логгер данных влажности», поддерживает 2-х канальный режим, со встроенной памятью на 1 млн. значений с индикатором текущих значений. Способен проводить также и температурные замеры.

Датчик влажности и температуры «testo 175 Н1 – прибор для измерения температуры и влажности с внедренным внешним зондом», изображен на рис. 1.11. со встроенной памятью на 1 млн. замеров.



Рисунок 1.11. - Датчик измерения влажности и температуры

Зонды замеров влаги можно применять в рамках инфраструктуры штатной локальной сети. Это обеспечивает реализации передачи данных из самого зонда непосредственно в базовое устройство, данная функция работает при больших расстояниях. Зонды, работающие по интерфейсу Ethernet, оснащены индикатором.

Радиозонды влаги и температуры с интегрированными датчиками температуры и влажности (рис.1.12.) хороши для использования в разных областях применения. Радиозонды имеют комплектацию как с дисплеем, так и без него. На индикаторе зонда фиксируются текущие данные измерений, так же показывается уровень зарядки батареи и качество получаемого радиосигнала.

Универсальный сверхточный влагоизмеритель для замеров отношения воды в пищевом сырье, полуфабрикатах и выпускаемой продукции, ВАД-40М. В большей степени подходит для анализа влажности зерна, мукомольной продукции, пищевых концентратов ВАД-40М (новая версия).

	°C / °F и % ОВ			мА и В
				
радио	Saveris H2D	Saveris H3	Saveris H4D	Saveris U1
	Беспроводное измерение влажности с внутренним NTC сенсором	Радиозонд влажности	Беспроводное измерение влажности с 1 подключением внешнего зонда NTC	Конвертор сигнала с возможностью подключения внешнего зонда с выходным аналоговым сигналом 1-10 В или 4-20 мА

Рис. 1.12. Радиозонды определения влажности и температуры с интегрированными датчиками температуры и влажности.

Влагомер для сыпучих пищевых материалов, а также бобовых, зер новых, масленичных культур, а также подходит для замеров влажности других материалов ИВДМ-2М .

СВЧ-влагомер для замеров влажности пищевых материалов (зерно, мука) «МИКРОРАДАР-101».

Поточный СВЧ-влагомер, необходим для замеров влажности пищевого материала именно в самотеках способами микроволновой влагометрии с относительной погрешностью примерно 0,4 % «МИКРОРАДАР-113».

Печь сушильная предназначенная для лабораторных условий с антипригарным покрытием для измерения влажности пищевого материала (сушка при температуре 120-180 °С) ПСЛ 1-180.

Портативный датчик влаги Волна-5С.

Прибор портативный предназначен для быстрого определения влажности зерна полбы, пшеницы, овса, проса и т.п. по месту, при уборке, хранении и переработке пищевого материала. Имеет сертификат соответствия. Относительная погрешность измерения достигает 1,3% «Фауна».

Карманный прибор для оперативного измерения влаги зерновых и масличных материалов New-Фермер.

Прибор для исследования технологических свойств зерна-микропроцессорный аппарат, необходимый для замеров влажности, температуры и натуры семенного материала в процессе уборки, обработки, хранения и дальнейшей переработки. Имеет сертификат соответствия и внесен в государственный метрологический реестр средств измерений «АТПАЗ-01».

Определитель влажности зерновой массы цифровой с сенсором температуры, рассчитан на 15 типов зерна и семян, с функцией усреднять полученные значения и адаптировать показания прибора (Финляндия) WILE-65.

Карманный измеритель влаги зерна и мукомольной продукции Фермпойнт.

Инфракрасный измеритель влаги для сыпучей массы, поточным способом КОНВЕЛС. Используется для поточного измерения влаги сыпучих материалов, перемещающийся на конвейерной линии, а также иных главных свойств продукта (жирность, содержание белков и др.). Принцип работы основан на использование инфракрасное излучение, и считается одним из более надёжных технических решений, что подкреплено значительным опытом интеграции и надежной эксплуатации. Измеритель влаги используется в пищевой, химической, табачной сферах производств. Включает в себя весь набор нужных аналоговых и дискретных входов и выходов для передачи сигналов в АСУТП предприятия.

Для поточного контролирования влаги в процессе помола вовремя производства муки на предприятиях можно активно использовать инфракрасного термогравиметрический способ, применяющийся при проведении экстренного-анализа влаги на поточной линии производства мукомольной продукции. Этот способ основан на измерении массы образца испытуемого вещества до и после его сушки под воздействием инфракрасного света. Инфракрасные термогравиметрические измерители влаги

различных видов описываются различными источниками данного излучения, их геометрией, мощностью потока излучения; диапазоном и точностью измерений и относительной погрешностью взвешивания.

Эффект инфракрасного излучения - это результат его поглощения и состоит в процессе нагрева, выведении влаги и физико-химическим изменениям внутри облучаемых материй, а глубина влияния инфракрасного излучения может исчислять в нескольких миллиметрах. Данный способ поддерживает получение результатов замеров влажности пищевых материалов с показателем точности в границах от 0,5 до 1,2 с доверительной вероятностью 0,92. При данных границах измерений ИК-влажномеров изменяются от 10^{-4} до 100 %, температурные колебания на результат замеров влияют незначительно. Основными свойствами ИК-влажномеров можно считать высокая селективность, чувствительность, точность показаний и периодичность измерений. Способы ИК- влагометрии помогают исследовать пищевые сыпучие массы, разрабатывать автоматические и полуавтоматические средства.

Несмотря на все достоинства перечисленных выше влагомеров, они, так же, как и лабораторные способы измерения влажности, могут лишь констатировать уровень влажность исследуемых материалов. Информация, получаемая от приборов не может использоваться в управлении самом технологическим процессом в условиях реального времени, тогда как одной из главных проблем НКР заключается построение системы регулирования основных параметров качества, в том числе и влажности, в процессе получения муки.

1.3.2. Современные способы и средства для определения цветности муки

Из результатов наших исследований [8, 76 - 78] через органолептические параметры качества мукомольной продукции, более информативных и главным является ее цветовой оттенок. Для решения данной проблемы автоматизации контроля за параметрами цвета муки в потоке в НКР представлен анализ и разбор способов и технических средств, применяемых для решения данных проблем в разных отраслях промышленности [2, 9 - 12, 86 - 89].

Цвет муки имеет большое значение и, как было показано в п.1.2.3.2., служит показателем ее сорта. Чем выше сорт муки, тем светлее и равномернее цвет. Однако цвет различных партий муки одного и того же сорта может значительно колебаться в зависимости от содержания в зерне красящих веществ. Соответствие цвета муки ее сорту устанавливают при рассеянном дневном свете или ярком искусственном освещении, сравнивая исследуемый образец с эталоном.

Для объективного определения цвета муки начинают применять фотоэлектрические приборы — цветомеры. Цветность муки, определяемая такими приборами, выражается в условных единицах, связанных со способностью мучного образца отражать направленные на него световые лучи. Чем светлее мука, тем выше ее отражательная способность и тем меньше значение цветности. Как правило для муки высших сортов действует малая норма градация цвета, более чем для других ее сортов.

Исследование имеющихся в наше время способов и оборудования для измерения цветности [3, 8 - 11, 87 - 88] выявило, что в продаже имеется широкий выбор цветомеров, но как правило, во множестве своем, все они используются для анализа (лабораторных условиях) цвета сыпучих и жидких пищевых продуктов.

Среди имеющихся на рынке цветомеров наибольший интерес представляют следующие приборы:

Измеритель белизны муки с определением способности к потемнению БЛИК-РЗ с СМП предназначен для определения белизны муки по значениям измеренных зональных коэффициентов отражения видимого спектра лучей определенной длины волны от эталонов и спрессованной пробы муки; определения соотношения различных партий муки одного и того же сорта для получения смеси с заданным показателем белизны; контроля показателей белизны широкого спектра рецептурных ингредиентов, полуфабрикатов и готовых изделий (различные виды крахмалов, сахаро- и крахмалосодержащего сырья, стабилизаторов, сухого обезжиренного молока и т.д.).

Автоматический программируемый анализатор ЦУ ТЕ П-С предназначен для экспресс-измерения цветности сахара-песка в соответствии с требованиями ДСТУ 2075-92, ГОСТ 12572-93. Прибор позволяет быстро определить цветность кристаллического сахара, надежен и обыкновен в эксплуатации. Не требует проведения длительных лабораторных испытаний при определении цветности сахарных растворов. Прибор позволяет оперативно оценивать качество выпускаемой готовой продукции и измерять цветность сахара по образцам.

Готовится к введению лабораторный фотоэлектрический прибор для муки ФПМ-1. Он предназначен для объективной оценки белизны муки и оттенка цвета - «цветности» муки. Может быть использован, как в производственных лабораториях организаций перерабатывающей и пищевой промышленности, так и в научно-исследовательских лабораториях. Работа прибора основана на принципе фотоэлектрического сравнения в двух плечах оптико-электрической схемы интенсивности световых потоков, отраженных от поверхностей контролируемой муки и эталонного образца. Белизну муки определяют как среднее арифметическое из двух определений и выражают в условных единицах прибора.

Автоматический измеритель цветности по шкалам ASTM, Сейболта, АРНА, ЦНТ - Модель ACL-2 предназначена для автоматического измерения цветности в соответствии с различными международными и национальными цветовыми шкалами.

Компаратор цвета. Модель 152 50-3 Seta-Lovibond применяется для визуального определения цвета смазочных масел, печного топлива, дизельного топлива и нефтяных парафинов. Образцы сравниваются визуально через оптическую систему с двумя дисковыми калиброванными стандартными фильтрами, освещенными с помощью лампы. Диски крутятся с целью определения необходимого показателя цветности.

В данное время можно гораздо расширить назначения инструментальных способов исследования цвета, опирающихся на применении фотоэлектрических средств. Важными ограничениями в протекании существующих способов можно принимать лабораторные средства. Они полезны, но могут лишь констатировать цветность исследуемых масс. Описанные выше устройства позволяют изменять значения цвета различных масс только после подготовки пробы для анализа образцов. Подготовка пробы занимает определенное время и делает затруднительным использование представленных приемов в поточной автоматизированной линии.

Информация, предоставленная конкретными приборами, невозможна быть использована в управлении технологическим процессом в режиме реального времени.

Анализ представленного в данном разделе материала показал, что для повышения эффективности процессов производства муки – диспечеризация параметров качества зерна и муки в перспективе следует перевести полностью на инструментальные методы с использованием современных интеллектуальных технологий для автоматизации этих процессов, поскольку важнейшей характеристикой любой АСУТП является непрерывность

измерений (и как следствие непрерывность ведения электронного журнала измерений), а также защита данных от изменения или утраты.

В настоящее время и в перспективе интеллектуальные компьютерные технологии управления (КТУ) будут лежать в основе современных АСУТП на предприятиях любой промышленности, охватывая в основную очередь организацию автоматизированного контроля качества основных параметров качества сырья, полуфабрикатов и конечной продукции.

1.4. Проблемы исследования

Целью данной НКР является увеличение эффективности производства муки и стабилизация качества конечной продукции за счет выборки, научного описания и разработки аппаратно-программного комплекса для автоматизации контроля процессов в потоке, таких свойств муки с применением интеллектуальных технологий как: способы нейросетевого проектирования и системы компьютерного зрения.

Для выполнения поставленной задачи были представлены следующие проблемы исследования:

- Описание принципов выполнения задач системы автоматизации контроля основных параметров качества муки: влаги и цвета.

- Реализация совокупных экспериментальных исследований процесса размола с целью достижения стабилизации параметров качества производимого готового продукта: выполнение оценки поточности и прогрессивности производства муки, создание мат-описания этого процесса, реализация его параметрической модели, функциональной, механической и структурной схемы, обзор влияния иных факторов влияющих на ход и эффективность помола, обнаружение и выбор самых информативных характеристик автоматизированного контроля качества получаемой мукомольной продукции.

- Реализация требуемой оснащенности процесса производства муки источниками информации, выполняющий выбора важных точек контроля и регулирования параметров.

- Выполнение анализа, единство и систематизация направлений интеграции искусственных нейронных сетей (ИНС) в разных областях промышленности.

- Проведение исследования, единство и системность направлений выполнения системы компьютерного зрения (цифровой, техническая видеосъемка) во многих отраслях промышленности (в том числе и пищевой).

- Создание и описание способа, реализующий постоянство контроля влажности муки.

- Создание и описание способа, реализующий постоянство контроля цвет муки.

- Разработка математических, алгоритмов, моделей и программ для создания способов автоматизированного контроля качества влаги и цвета муки.

- Разработка системы аппаратно-программного комплекса (ПАК) для контроля качества влаги и цвета мукомольной продукции.

- Реализация обучения искусственной нейросетевой модели, интегрированных в программный продукт MatLab r2013b, основываясь на исследовательские параметры.

- Создание архитектуры совокупности нейроинтеллектуальной автоматической системы контроля цвета муки с использованием системы компьютерного зрения и НСМ для принятия конкретных решений;

- Реализация технических решений по внедрению ПАК и системы компьютерного зрения в АСУ ТП процесса размола муки.

1.5. Выводы по 1 главе

Данная глава освещает анализ настоящего состояния исследований по автоматизации контроля качества процесса получения муки. В этой главе приведены описания этапов и материальных потоков при процессе размола муки. Проанализирована производственная линия муки как объект системы автоматизации. Выражены главные этапы размольного отделения ТП муки.

Выполнен общий анализ всех свойств, оказывающих влияние на добротность зерна и муки (органолептические, физические, структурные, механические и биохимические характеристики сырья и полуфабрикатов). Выявлено и описано влияния состояния сырья на оценку качество конечного продукта. Освещены способы органолептического контроля параметров зерна и муки, исследованы показатели при производстве муки, которые необходимо контролировать. Описаны основные недостатки органолептического контроля. Проанализированы физические, структурные, механические и биохимические параметры зерна и муки.

Проанализирована эффективность процесса размола муки, влияние схем формирования и средств для их организации на качество муки на выходе. Исследованы способы применения известных инструментальных методов и оборудования контроля для автоматического распознавания в потоке важных параметров качества муки: влажности и её цвета.

Выполнен обзор и анализ источников и литературы, подчеркивающие данную проблему, и выяснилось, что на данный момент в пищевой промышленности для контроля важнейших показателей оценки качества мукомольной продукции используются лишь способы, применяемые лабораторных условиях. А также отсутствуют автоматизированной системы контроля данных свойств в потоке.

Были почёрканы проблемы невозможности или нецелесообразности применения этих способов для решения поставленных в НКР задач.

ГЛАВА 2. АНАЛИЗ ГОТОВНОСТИ ПРОЦЕССА РАЗМОЛА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МУКИ К СТАБИЛИЗАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ

Так как для стабилизации технических процессов размола муки необходима реальная, объективная, полная и достоверная информация о протекании этих процессов, была поставлена проблема создания способов и методов автоматизированного контроля влаги и цвета муки.

2.1. Оценка поточности и прогрессивности процесса размола

Для оценки стабилизации и автоматизации необходимо провести тщательный анализ технического процесса, который позволяет определить поточность и прогрессивность схемы процесса, уровень готовности к стабилизации [6]. Исследования работ, по автоматизации процесса в иных областях промышленности отобразил, оценку поточности и прогрессивности изучаемых ТП, создание моделей реализации комплекса операций средств или механизмами над предметами переработки один из самых лучших метод математического моделирования с реализацией теории графов [2, 7, 31 – 33, 61]. Данный способ позволяет использовать формальные способы анализа систем, разработать наглядные модели представленных процессов производства муки, а за основу анализа граф-моделей принято выполнить расчёт коэффициентов асимметричности K_a , поточности K_n , коэффициент наличия собственных контуров в главном потоке направления графа $K_{ск}$. Численные значения этих коэффициентов могут описывать поточность и прогрессивность систем реализованных ТП.

Для создания граф – модели данного ТП процесса производства муки и вычисление данных коэффициентов были разработаны структурные схемы главных этапов данного процесса в зерноочистительном и размольном

отделениях, принимая во внимание структурную схему (рис.1.4.), поясняющая набор этапов и материальные потоки процесса производства муки.

Зерноочистительное отделение. По данной схемы подготовки зерновой массы к помолу в данном отделении, была реализована структурная схема главных этапов процесса подготовки зерна к размолу, указанная на рис. 2.1. В этой схеме блоками отображены технологические участки, агрегаты, машины, объекты с подчеркиванием их функционального значения, а стрелками отображены векторы потоков сырья, агрегаты, их реализуемые, типы продукции, изготовленные в одной операции и являющиеся исходными во второй.



Рисунок 2.1. - Структурная схема главных этапов ТП подготовки зерна к помолу в зерноочистительном отделении.

Размольное отделение. На основании представленных выше схем получения муки (рис.1. 2.), технологической линии по производству муки (рис. 1.4.) и стадий ТП размола зерновой массы (рис. 1.5.) была выполнена

структурная схема главных этапов процесса размола зерна, отображена на рис. 2.2.

По данным структурных схем, показанных на рис.2.1. и рис. 2.2., была разработана граф-модель организации процесса производства муки (рис.2.3.). Обзор потокового графа, показанного на рис.2.3. и характеризующий его матрицы смежности, способные выявить основные характеристики матрицы смежности [18].

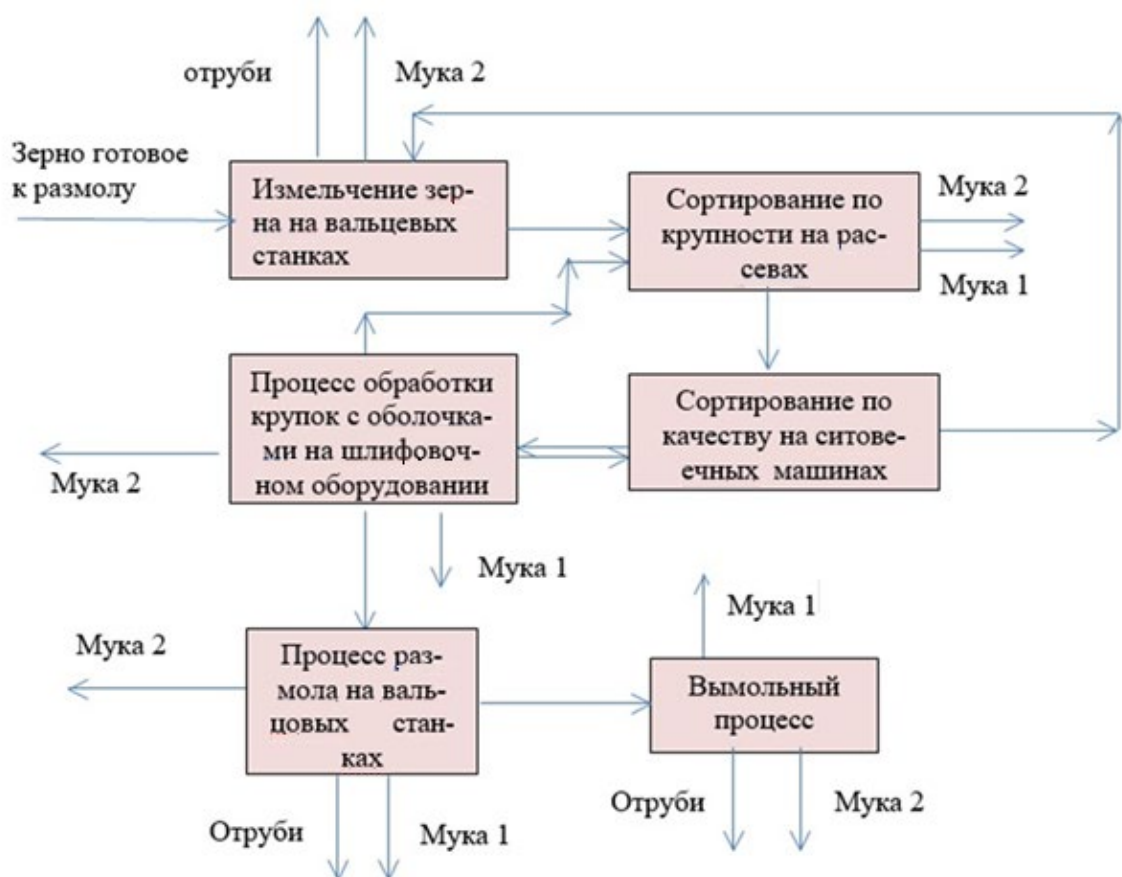


Рисунок 2.2. - Структурная схема основных этапов процессов размольного отделения

$$K_a = \frac{\sum \bar{m}_{i,j}}{\sum \bar{m}_{j,i}} \quad (2.1)$$

где $\sum \bar{m}_{i,j}$ - члены матрицы смежности расположенные снизу диагонали численно равны количеству дуг, исходящих из вершин X_i и входящих в вершину X_j ;

$\sum \bar{m}_{j,i}$ - члены матрицы смежности, расположенные сверху диагонали, отражают дуги графа прямого направления, т.е. основного потока реализации.

$$K_a = 0,1275 \quad (2.2)$$

Чем меньше числовое значение числителя, соответственно, тем меньше асимметрия самого графа.

K_a при исследовании этапов подготовки зерна к размолу в зерноочистительном агрегате создается поточность реализации данных процессов. Коэффициент поточности процесс подготовки зерновой массы к помолу можно определить выражением:

$$K_{\text{поточности}} = 1 - K_a \quad (2.3)$$

Значение коэффициента поточности выражается одним из главных параметров прогрессивности и рациональности тех. процесса, описываются реализацией их использования механизмов автоматизации для анализируемых схем.

Коэффициент поточности процессов подготовки зерновой массы к помолу

$$K_{\text{поточности}} = 0,8725 \quad (2.4)$$

Цифровое значение параметра наличия собственных контуров в главном потоке графа $K_{ск}$ характеризует степень совершенства ТП и определяется следующим выражением:

$$K_{ck} = \frac{\sum \bar{m}_i^y}{\sum \bar{m}_i^x} \quad (2.5)$$

где $\sum \bar{m}_i^y$ - сумма членов главной диагонали матрицы.

Для процесса производства муки:

$$K_{ck} = 0,312 \quad (2.6)$$

Выявленные результаты расчетов главных параметров матрицы смежности продемонстрировали отличные показатели поточности и прогрессивности анализируемой схемы процесса производства, так как эта схема имеет большой коэффициент поточности и малую величину показателя состава собственных контуров.

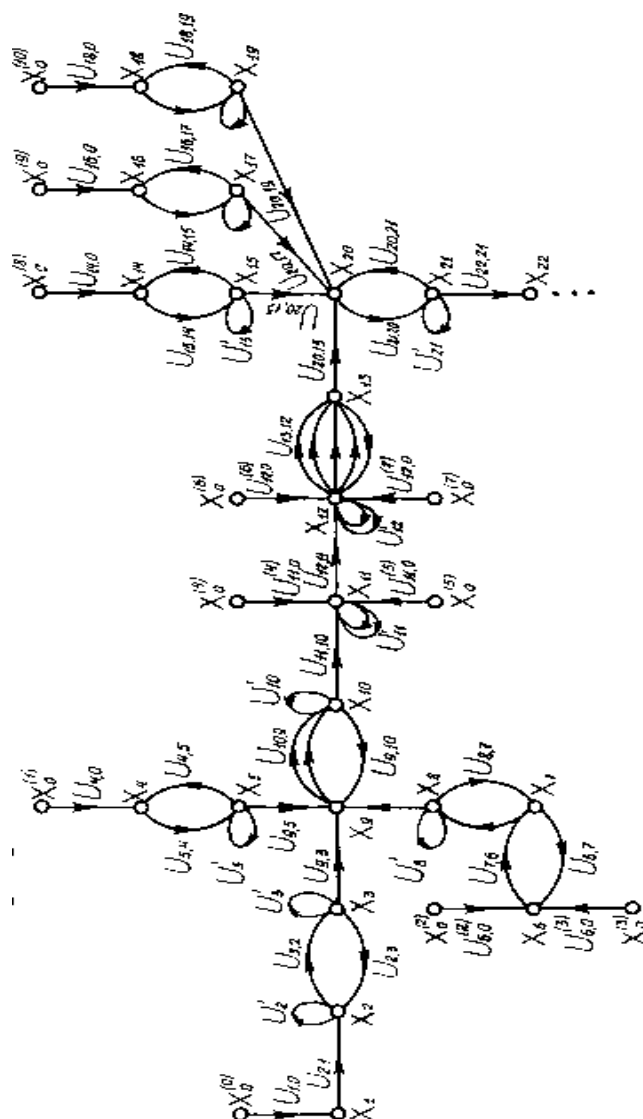


Рисунок 2.3. - Граф-модель реализации этапов тех. процессов производства муки

операций (как основных, так и вспомогательных, обеспечивающие качество и безопасность производимых пищевых масс) в их общую взаимосвязь.

Данное исследование удобно реализовывать на базе функционально-структурных схем (ФСС), в дальнейшем по ним можно построить структурные модели зависимости условий от промежуточных этапов, влияющих на добротность производимой муки. Модель, где коэффициенты передачи a_{ji} , a_{jj} и a_{ij} условно отображены блоками, а варьируемые переменные x_j и x_i линиями ветвления, описывает ФСС анализируемого процесса (выполнена в результате определения элементов графа с компонентами ФСС, благодаря этому можно от граф - модели реализации схемы процесса производства муки оперативно вернуться к ФСС этого этапа).

ФСС процесса производства муки показана на рис. 2. 5. На ней символом a_{ji} промаркированы коэффициентами передач, количественно представляющие реализацию данных операций; $x_o^{(o)}$, $x_o^{(l)}$, ..., $x_1, x_2, \dots$ - формализованные показатели структуры исходного сырья и получаемых из него полуфабриката; a_{jl} - коэффициенты передач, зависят от коэффициентов потерь k_{nj} при выполнении j-й операции. Такие потери выявляются в результате отказов технологических средств или приборов контроля качества и регулирования j_i -того этапа тех. процесса и получения на необходимом этапе плохого по качеству массы (брака). Данные отказы могут быть представлены как совокупность отказов: случайное отклонений элементов ТП $K_{n(m)}$, отказы аппаратов, оборудования контроля и регулирования $K_{n(o)}$, образование продукта плохо качества $K_{n(b)}$ и т.п.

$$\text{Т.е. } a_{ji}^1 = K_{n(j)}^j = K_{n(T)}^j \cup K_{n(D)}^j \cup K_{n(S)}^j \dots = \bigcup_{i=1}^n K_{n(i)}^j \quad (2.17)$$

где n – количество элементов потерь при j – й реализации.

Значение $K_{n(s)}^j$ для $K_{n(T)}^j$ и $K_{n(o)}^j$ определяется как вероятность отказов (простоев) по формуле [15]:

$$P_{0(s)} = \frac{t_p}{t_p + t_r}; \quad (2.18)$$

где tp – средней промежуток времени работы безотказов;

tn – среднее время возвращения работоспособности.

Коэффициент $Kjn(б)$ можно представить в виде вероятности появления брака при выполнении необходимой операции:

$$P_{\dot{a}} = \frac{n_a}{n_o + n_a}; \quad (2.19)$$

где n_m – среднее число количеств конечной продукции, соответствующее требованиям качества;

n_o – среднее число количества конечной продукции плохой по качеству.

Значения n_m и n_o рассчитываются при помощи способов статистического контролирования.

a_{ji} – числовые коэффициенты передач, являющиеся показателям загрузки аппаратуры K_3^{ij} при реализации ji – го этапа. Данный показатель вычисляют по формуле:

$$a_{ij} \equiv K_3^{ij} = \frac{n_i - n_j - n_{oij}}{n_i}; \quad (2.20)$$

где n_i – числовое значение сырья или полуфабриката, переходящего на выполнение j_i – ой операции;

n_j – количество перерабатываемой зерновой массы, которая соответствует требованиям качества, произведенной в результате выполнения ji -го этапа;

n_{oji} – количество производимой зерновой массы, неудовлетворяющая требованиям качества (бракованная).

ФСС процесса производства муки, изображенная на рис. 2.5, схожа с моделью, показанной на рис. 2.3, и описывается совокупностью уравнений (2.16), по ФСС процесса производства муки можно упростить в следующий вид, отображенной на рис. 2.6.

Выполненная ФСС в упрощенном виде показывает последовательность выполнения главных этапов процесса с указанием приведенного коэффициента сложности выполнения данных операций ТП.

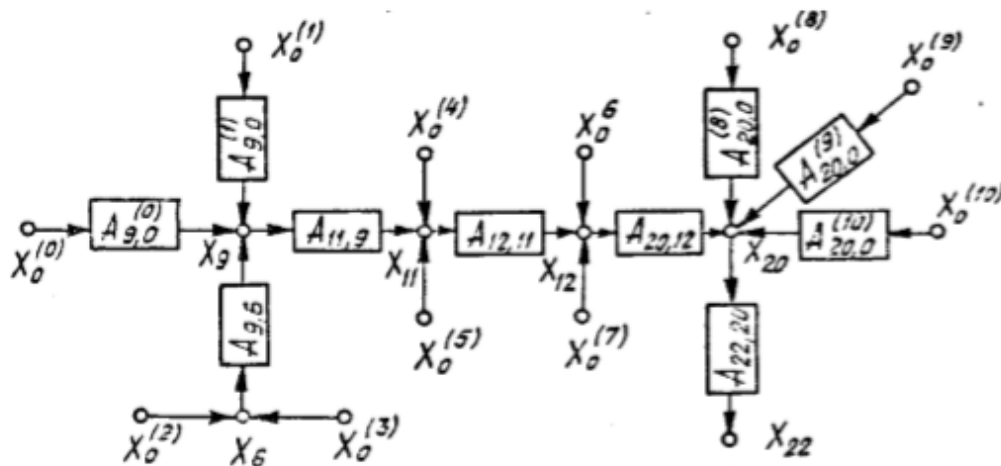


Рисунок 2.5. - Упрощенная ФСС процесса размола муки

Исследование реализуемых схем на рис. 2.5 позволяет подвести итог, о том, что процессы производства мукомольной продукции могут быть охарактеризованы 3 главными параметрами ФСС и их сочетанием. Следует иметь ввиду, что данные схемы включают в себя ряд типовых операций, схожих для самых разных процессов приготовления пищевых продуктов.

2.4. Классификация основных операций процесса размола при производстве муки и выбор факторов, позволяющих определить эффективность данных операций

Главные типовые этапы ТП производства муки и условия, влияющие на эффективность данных операций, записаны в таблице 2.1.

Эта таблица характеризует главные наработки структурных моделей, влияющих на свойства зерна, промежуточных этапов на качества производимой муки, так как с ее помощью можно определить факторы, меняющие свойства муки при реализации разных операций.

Таблица 2.1. - Важные типовые этапы процесса производства муки и условия, характеризующие эффективность данных операций

№ п/п	Название типовой операции	Характеризующие условия, зависящие от:		Наличие этапов в схемах процесса производства муки	
		работы технологических средств	параметры сырья и перерабатываемого выпускаемого продукта	В зерно- очисти- тельном агрегате	В раз- мольном отделе- нии
1	2	3	4	5	6
1	Очистка и сортировка сыпучего сырья	Производительность, кинематические и кон- структивные парамет- ры, степень извлечения примесей, скорость воздуха	Влажность, содер- жание примесей, гранулометриче- ский состав, скоро- сти витания компо- нентов смеси	+	+
3	Размол, измельче- ние, шли- фование сырья, по- луфабрика- та	Производительность, кинематические и кон- структивные парамет- ры, гранулометриче- ский состав, характер воздействия на обраба- тываемый продукт (ис- тирание, удар, раска- лывание), определяе- мый типом применяе- мых средств	Физические и структурно- механические свойства (влаж- ность, вязкость, консистенция, прочностные свой- ства и т.д.), время воздействия, тем- пература	-	+
4	Увлажне- ние, отво- лаживание термо обработка: нагрев, охлажде- ние, сушка продукции	Производительность, кинематические и кон- структивные парамет- ры, длительность обработки, температура обработки, % влажно- сти, количество зон нагрева или охлажде- ния, характер относи- тельного движения теплоносителя и про- дукта	Начальная и конеч- ная температура, наличие влаги, реол- гические параметры, гранулометриче- ский состав	+	-
5	Перемешивание	Производительность, эффективность пере- мешивания (однород- ность получаемой мас- сы), продолжитель- ность перемешивания, кинематические и кон- структивные параметры	Температура, ре- цептурный состав, реологические свойства	+	+

6	Дозирование	Производительность, кинематические и конструктивные параметры, класс точности	Масса, гранулометрический состав	+	+
7	Обогащение крупок	Производительность, Рабочее давление, длительность цикла обогащения, кинематические и конструктивные элементы	Начальная влажность, начальная температура, дисперсность, начальные реологические параметры	-	+

2.5. Обзор информативности значимости параметров эффективности процессов размола. Выбор из них контролируемых и управляемых параметров

На характеристики перерабатываемого материала и полуфабрикатов большие влияние на совокупность самых различных факторов влияют (например, параметры качества зерна, режимные свойства используемых средств и т.д.). Учитывать все данные факторы практически нереально, так как это объединено с большими трудозатратами, денежных средств и времени на выполнения такой комплексной оценки. Помимо этого, среди представленных на схемах характеристик, скорей всего, есть такие, которые объединены между собой и перекрывают друг друга. Как правило, существуют также и признаки, не влияющие протекание процесса размола при производстве мукомольной продукции.

Для поддержания стабильности прохождения процессов размола, оптимизированной настройке режимов работы агрегатов конкретной технологической линии нужна полная, всесторонняя, верная, новейшая и в тот же миг конкретная информация именно об главных параметрах, влияющих на добротность готового продукта. Следовательно, главной проблемой является оценивания информативности признаков, указанных на структурных

моделях, и разделение их на контролируемые и управляемые.

Для решения данной проблемы часто используются: 1) способ матриц влияния и 2) способ лидера к матрице смежности.

Всестороннее исследование процесса размола, выбор важных свойств, показывающие эффективность выполнения всех этапов данного процесса, нахождение необходимых точек контроля и управления, выполненные анализы с применением лидера к матрице смежности необходимы для определения наиболее информативных признаков, важных для реализации автоматизации контроля качества муки: влаги и цвета.

2.6. Основные этапы подготовки процесса размола к автоматизации контроля качества муки

Данная схема состоит из основных стадий:

1 – исследование анализируемых линий ТП размола при получении муки и содержания каждой стадии, состоящей в данном процессе;

2 – создание граф-модели имитирующая процесс размола при производстве мукомольной продукции и оценка поточности и прогрессивности состава процесса размола;

3 – реализация схемы фактор влияющих промежуточных стадий, содержащие исходный материал на добротность полуфабрикатов и мучной продукции на этапе размола;

4 – компоновка, глубокий анализ функциональной схемы изучаемого процесса и реализации математического описания этого процесса;

5 – выявление информативности характеристик процесса;

6 – выбор самых информативных управляемых параметров;

7 – рассредотачивание точек контроля;

8 – анализ законов рассредотачивания контролируемых свойств по результатам данных экспериментального исследования реального процесса;

- 9 – обзор интервалов изменения управляемых параметров;
- 10 – выбор управляемых признаков;
- 11 – выбор обобщенных широко информативных управляемых параметров добротности муки;
- 12 – заключение подготовки к широкой автоматизации процесса размола при получении муки.

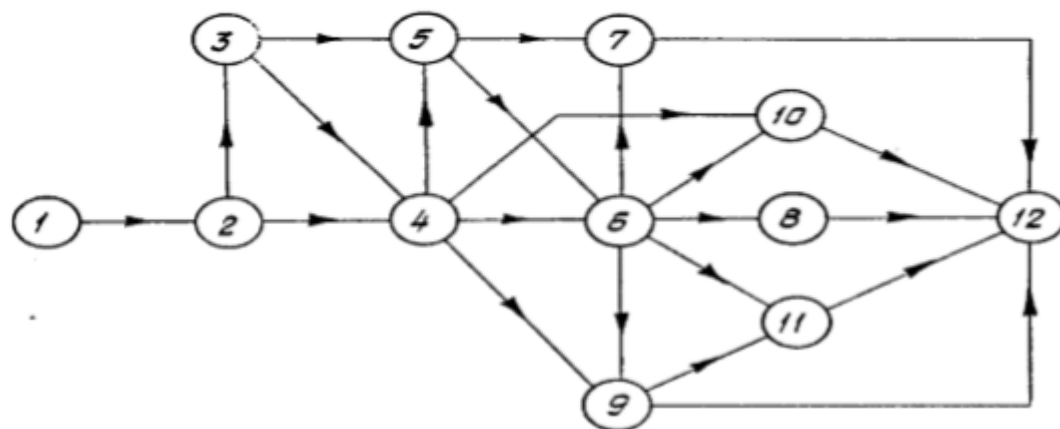


Рисунок 2.6. - Обобщенная схема последовательности действия процессов подготовки ТП размола к автоматизации контроля качества мукомольной продукции.

2.7. Выводы по 2 главе

1. Озвучены, обобщены, систематизированы и исследованы особенности и закономерности процесса размола при производстве муки, которая позволяет разработать общие подходы их анализа и реализации.

2. Для реализации исследований, взаимосвязанных с подготовкой к широкой автоматизации контроля качества (добротности) муки в процессе её производства, выполнен анализ подготовленности системы к стабилизации и дальнейшей автоматизации.

3. Выполнена и исследована граф-модель создания анализируемых ТП размола в процессе получения муки. Выполнен анализ поточности и прогрессивности системы изучаемого процесса размола.

4. Была выполнена функционально-структурная схема процесса размола при получении муки, является основой разработки структурной модели условия промежуточных операций которой, влияют на состояния исходного материала на качество производимого продукта - муки.

5. Выполнена классификация главных этапов ТП размола с выбором условий, которые определяют эффективность производственных операций.

6. Создана структурная модель, которая условиями промежуточных операций состояния исходного материала влияет на качество выходной муки в процессе размола. Применяя способ лидера к матрице смежности, выполнен анализ информативности и значимости свойств, описывающих эффективность хода процесса размола. Реализован выбор из них более качественных информативных параметров контроля добротности муки.

7. Выполнена обобщенная схема последовательности процессов подготовки исследуемого производства к стабилизации и широкой автоматизации.

ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНО – ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ГЛАВНЫХ ДЛЯ ПРОЦЕССА РАЗМОЛА ПРОИЗВОДСТВА МУКИ

Решение проблемы реализации автоматизации контроля качества параметров муки в процессе помола при её производстве, выполнима лишь при использовании математических описаний данных процессов, способствующие прогнозированию протекания ТП и нахождению требуемых режимов работы используемых средств.

Для выполнения этих условий необходимо провести экспериментальный анализ и разработать структурно-параметрические модели производственных процессов получения муки, особо влияющих на эффективность протекания процесса размола.

3.1 Структурно - параметрическое моделирование ТП отделения зерноочистки

Одним с главных этапов, влияющих на эффективность процесса размола муки и качество выпускаемого продукта, это зерноочистка. Схема приготовления зерна к помолу в зерноочистительном агрегате показана на рис. 3.1.

Этап подготовки зерна к размолу реализован по следующей схеме: зерно из грузовика поступает в бункер для неочищенного зерна, на дне которого находится конвейер винтовой, подающий зерновую массу в дозатор и затем порциями оно переходит на первичную очистку в аспиратор и на зерноочистительный агрегат сепарирования, где зерно проходит очистку от крупных, мягких примесей и мелкой пыли. Примеси из сепаратора попадают в коробки для отходов, чистое зерно отправляется в камнеотборник

фитоционного действия для отбора минеральных примесей.



Рисунок 3.1. - Схема подготовки зерна к размолу в зерноочистительном агрегате

Затем зерновая масса направляется в обоечный аппарат, где происходит очистка поверхности зерна. При данной обработке разрушаются комки земли, удаляются бородки, исключаются верхние слои плодовой оболочки и зародыши. Обработка зерновой массы в обоечном агрегате поддерживать очистку его поверхности и описываться следующими параметрами в %:

- уменьшение зольности - 0.04-0.05;
- рост числа поврежденных зерен не более 2.

В обоечном аппарате зерно попадает в кольцевой промежуток, в зазоре которого и цилиндром, как правило, из-за интенсивного ударов и большого трения производится очистка поверхности и даже шелушение. Отвод с сетчатого цилиндра направлен в коробку для отделения кормовых отходов.

Далее зерновая масса переходит в аспирационный канал для очередной очистки уже от легких примесей, затем перераспределяется в дозатор №2. Затем материал порционно, в соотношении 1-2х10 движется к винтовым конвейерам в бака для очищенной зерновой масс, с целью накопления.

Влажное зерно средством винтового конвейера поступает в бункер для

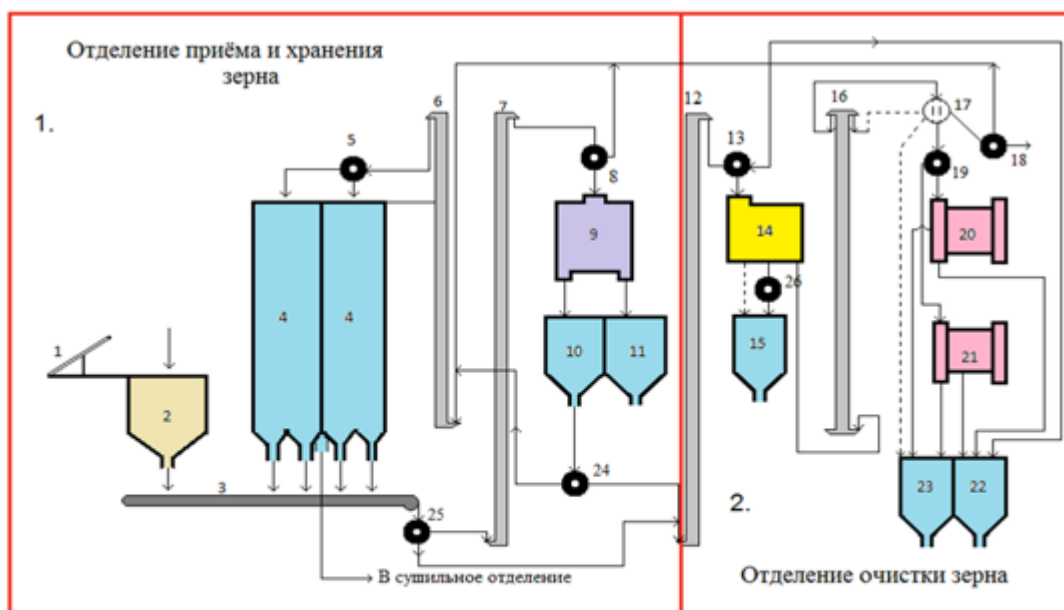
его отволаживания. В нижней части отлетных баков монтированы вибропитатели, сквозь них материал винтовым конвейером следует в пневмоприемник - обвод.

В результате исследования схемы подготовки зерновой массы к помолу в зерноочистительном агрегате (рис.3.1.) и технической схемы зерноочистки, показанной на рис. 3.2, были выявлены главные параметры этапа ТП зерноочистительного агрегата, которыми необходимо управлять и контролировать: влага и степень очистки зерна; в бункерах естественного активного вентилирования, в аппарате сушиллки, в емкостях зерноочистительного агрегата и хранилища; загруженность оборудования первичной очистки; относительная влажность окружающего воздуха, попадаемого в емкости активного вентилирования; влажность входящей и выходящей из сушиллки зерновой массы; температура в сушиллке; параметр загруженности оборудования вторичной очистки и процентное соотношение примесей выходящего материала; температура хранящегося зерна.

Как результат из выявленных экспериментальных данных, была спроектирована параметрическая модель контроля добротности процесса зерноочистки, изображенная на рис. 3.3.

Структурно-параметрическое реализация моделиэтапов зерноочистки приводится к построению матриц, связанных между сгруппированными свойствами состояния и цели отделенных функциональных блоков данной системы схожей с параметрической матрицей смежности [19].

Поэтому, основной задачей можно считать поиск сопоставимых параметрических связей между свойствами и состояниями технологической системы со следующей реализацией ситуационной модели состояния данной системы с алгоритмизацией процессов его опознованию и прогнозирования.



1 – автомобилеразгрузчик (ГУАР – 15Н); 2 – бункер-дозатор; 3 – транспортер;
 4, 10, 11, 15, 22, 23 – бункеры; 5, 13, 17, 18, 19, 24, 25, 26 – распределители;
 6, 7, 12, 16 – норрии; 9 – машина МПО-50(машина предварительной очистки);
 14 – машина ЗВС-20А(ветрорешотная очистительная машина); 20, 21 – триерные блоки.

Рис. 3.2. Технологическая схема зерноочистительного отделения

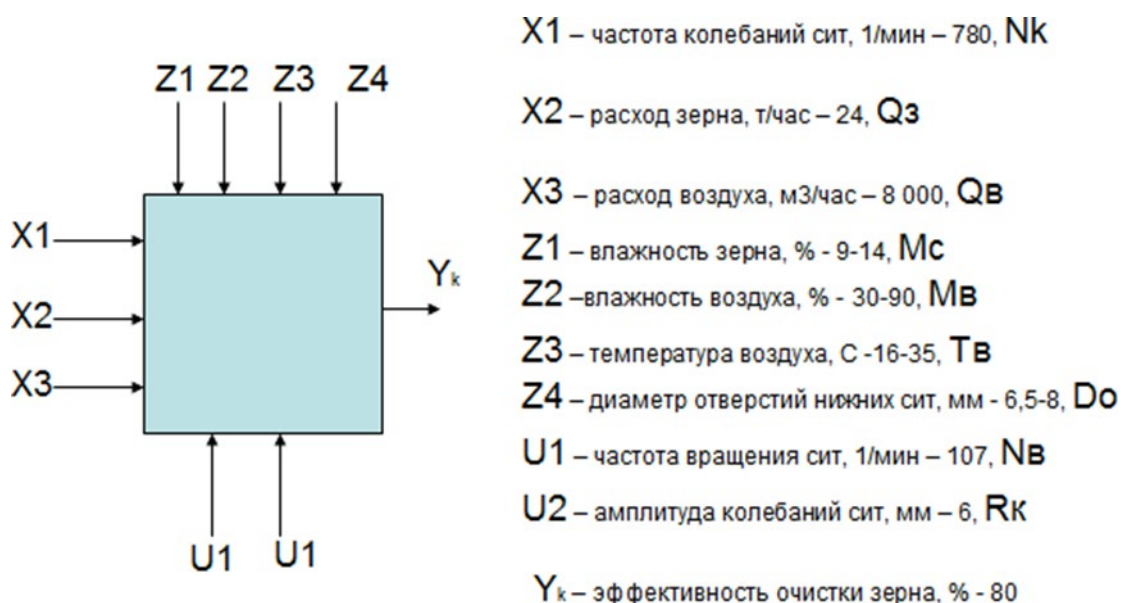


Рис. 3.3. Параметрическая модель контролирования качества зерноочистительного процесса

Известные внешние данные по процессу зерноочистки скомпонованы в виде некоего массива случайных наблюдений $x(i,j)$. Из полученных параметров при $k = 1, n; j = 1, m$ для m -свойствами в n исследованиях корреляционных связей. Поэтому используем выражение:

$$r_{ij} = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n \frac{(x_{kj} - \bar{x}_j)}{\sigma_j} \cdot \frac{(x_{ki} - \bar{x}_i)}{\sigma_i} \quad (3.1.)$$

где σ_i, σ_j - среднеквадратичные отклонения i-го и j-го параметров от их математического ожидания $\bar{X}_i, \bar{X}_j$.

Как итог, получим матрицу преобразования коэффициентов корреляции P_{ij} . Выведенная матрица коэффициентов регрессии преобразуем в матрицу безразмерных сопоставимых параметров связей:

$$c_{ij} = P_{ij} \frac{\Delta x_j^0}{\Delta x_i^0} \quad (3.2)$$

В ходе выявленных характеристических связей между свойствами, можно выбрать такие критерий качества, которые будут соответствовать требованиям к эффектуивности этапа, действующего в зерноочистительном отделении. Приведем критерии к общему виду:

$$y_k = C_1 X_1 + C_2 X_2 + C_3 X_3 + \dots + C_n X_n \quad (3.3)$$

3.2. Структурно- параметрическое моделирование процесса размольного отделения

Анализ процессов в размольном агрегате как объекта для широкой автоматизации, известных способов органолептического, физического, структурного, механического контроля параметров зерна и муки, исследованный в пп. 1.2.3...1.2.5. где учтена разработанная структурно – параметрической модели агрегата зерноочистки, помог вывести главные показатели качества, влияющие на параметры качества выпускаемой продукции в процессе размола.

Выведенные данные помогли реализовать параметрическую модель контроля добротности процесса размола зерновой массы, указанная на рис. 3.4.



Рисунок 3.4. - Параметрическая модель контроля добротности ТП размола

Структурно-параметрическая реализация процесса помола зерна сводится к созданию матриц, связанных между сгруппированными свойствами состояния и цели отдельных функциональных ячеек системы схожи с параметрической матрицей смежности. Поэтому основной проблемой можно считать поиск сопоставимых параметров связей между характеристиками состояния технической системы с дальнейшей реализацией ситуационной модели положения системы с алгоритмизацией процедур его нахождения и прогнозирования.

Внешние данные по процессу размола собраны в виде совокупности случайных наблюдений $x(i, j)$. Из приведенных данных при $k = 1, n; j = 1, m$ для m -параметров в n следствиях корреляционных связей. Далее используем следующее выражение:

$$r_{ij} = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n \frac{(x_{kj} - \bar{x}_j)}{\sigma_j} \cdot \frac{(x_{ki} - \bar{x}_i)}{\sigma_i} \quad (3.4.)$$

где σ_i, σ_j - среднеквадратичные отклонения i -го и j -го параметров от их соответствующих математических ожиданий X_i, X_j .

$$x_i = \sum_{j=0}^{n_i} P_{ind_{ij}} x_{ind_j} \quad (3.5.)$$

В итоге была выведена преобразованная матрицу параметров корреляции P_{ij} . Для отдельных уровней корреляционной матрицы P_{ij} находится индексная сумма параметров, тесно взаимосвязанных с i -м параметром, и получают коэффициенты линейной многофакторной регрессии:

Выведенная матрица регрессионных коэффициентов после была преобразована в матрицу безразмерных связанных параметрических связей:

$$c_{ij} = P_{ij} \frac{\Delta x_j^0}{\Delta x_i^0} \quad (3.6)$$

В результате выведенных связей между свойствами был выбран критерий качества, соответствующий данным требованиям к управлению технологического процесса размола муки. В общем виде данные критерии можно записать как:

$$y_k = C_1 X_1 + C_2 X_2 + C_3 X_3 + \dots + C_n X_n \quad (3.7)$$

3.3. Выводы по 3 главе

1. Выполнен экспериментальный анализ наиболее главных для процесса размола параметров производства муки, с помощью чего можно:

- выполнить выбор важных параметров оценки качества зерноочистительного процесса;
- создать параметрическую модель для оценки качества зерноочистительного процесса;
- реализовать структурно – параметрическое моделирование процесса

происходящих в зерноочистительном агрегате;

- создать математическую модель для оценки качества процесса зерноочистки;

- проанализировать влияние режимов работы составного оборудования на показатели качества зерноочистительного процесса;

- выполнить параметрическую модель контроля параметров качества процесса размола;

- реализовать структурно – параметрическую модель процессов размольного агрегата;

- выполнить математическую модель для оценки качества размольного процесса;

- создать критерий качества этапа размола, соответствующий требованиям к эффективности протекания процесса, выполняющегося в размольном отделении;

- выполнить и описать основные характеристики (режимные и технологические), наиболее влияющих на процесс размола муки.

2. Выбраны и обоснованы параметры для эффективного протекания процесса размола для реализации контроля качества: влага и цвет, данные свойства необходимо контролировать непрерывно в ходе всего процесса.

3. Найдены оптимумы настроек режимных характеристик, задействованных в процессе размола оборудования.

ГЛАВА 4. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ШИРОКОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПАРАМЕТРОВ МУКИ НА ЭТАПЕ РАЗМОЛА. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ.

Как принято [8], главным условием обеспечения стабильности определения качества производимого конечного продукта можно считать автоматизация контроля основных свойств, характеризующих эффективность поведения данных производственных этапов.

Выбранные наиболее информативные и значимые параметры процесса размола данных свойств, как влага и цвет, продемонстрировали необходимость решения этой проблемы для реализации широкой автоматизации контроля характеристик в потоке.

На данный момент в пищевой индустрии для вычисления вышеперечисленных параметров выполняют лабораторные исследования, как правило использование известных сенсоров влажности в потоке не является возможным. Отсутствие средств автоматизированного контроля этих параметров в потоке. Поэтому для выполнения стабилизации процесса размола существует необходимость объективная, достоверная и своевременная предоставленная информация о состоянии данного этапа, была решена проблема реализации автоматизации контроля показателей параметров муки (влажности и цветового оттенка) на этапе размола с применением интеллектуальных технологий.

4.1. Использование интеллектуальных технологий для непрерывного контроля показателей качества муки на этапе размола.

4.1.1. Исследование использования нейросетевого моделирования

для автоматизации ТП и разработки АСУ ТП. Область применения.

Общие сведения.

Нейросетевое моделирование одним из основных направлений создания искусственного интеллекта. Оно представлено как математический аппарат, выполняющие очень сложные реализации зависимостей. Их использование оправдано для выполнения сложнопоставленных задач, где входные параметры слабо коррелируют с аналогично выходными.

Изначально НС были представлены в работах У. Маккаллока и У. Питтса [1, 6, 9, 68]. Эти умы совершили первую попытку с эмитировать человеческие способности, классифицировать и распознавать образы.

Применение искусственных НС как моделей для анализа информации стало применяться в 80-е годы XX века. Основы данным принципам синтеза таких моделей положили многие ученые: С. Гроссберг, Т. Кохонен, Д. Хопфилд и др. [2, 6, , 78, 81].

Нейронные сети (NN - Neural Networks) часто применяются для выполнения многофакторных задач. Среди набирающих обороты областей реализации NN -обработка аналоговых и дискретных сигналов, разработка и идентификация электронных сетей и цепей. Фундаментальные теории и средства применения NN подробно реализованы в пакетном продукте MATLAB. Поэтому необходимо обратить внимание на крайнюю версию праграммы - MATLAB 9.8, где имеются GUI (Graphical User Interface – машино-графический интерфейс программы с пользователем) - NNTool. Примерами внедрения таких технологии НСС для цифровых параметров определяют: фильтрация, оценка характеристик, детектирование, распознавание систем, индентификация образов, преобразование сигналов, исследование преждевременных рядов и сжатие. Выше перечисленные виды обработки информации возможно применить к разным типам сигналов: аудио, видео, речевым, графическим, текстовым, геофизическим, локализиرونным, медицинским вычислениям и т.п.

Во всех выше сказанных приложениях НС важным параметром считают универсальную аппроксиматора функции от выбранных переменных, выполнения нелинейную функцию

$$y = f(x), (4.1.)$$

где x – это входной вектор, а y – выполнение векторной функции некоего числа переменных.

При выполнении проблем прогнозирования роль нейросетей решение состоит в предсказании следующей реакции системы по ее предыдущей поведению. Имея информацией о числовых значениях переменной x в моменты времени, предшествующие прогнозированию $x(k-1), x(k-2), \dots, x(k-N)$, сеть создает решение, наиболее явно вероятного значение последовательности в данный момент времени k . $\hat{x}(k)$

Для адаптации весовых коэффициентов сети формируется погрешность фактов прогнозирования и вычислений данной относительной погрешности в последующие моменты времени. $\varepsilon = x(k) - \hat{x}(k)$

Главные параметры НС при выполнении прикладных проблем способствуют к обучению и к обобщению экспериментальных знаний. Обученная на ограниченной совокупности обучающих выборок, сеть обладает свойством накапливать информацию и создает реакцию относящуюся к данным, не прошедшим обработку в процессе обучения.

Типовые проблемы, выполняющиеся с помощью нейрокомпьютеров и нейронных сетевых моделей:

- автоматизация этапов прогнозирования, классификации, предсказания, выполняемых решений;
- шифрование и дешифрование информации;
- управление и контроль;
- аппроксимация зависимостей и неравенств.

4.1.2. Исследование и обоснование возможности использования нейросетевых технологий для оценки добротности влажности муки

Применимость оперативного и заблаговременного получения значений влаги муки в потоке освещалась давно, но данные методы выходили либо слишком дорогими, либо вовсе не выполнимыми производственных условиях.

Иным решением такой задачи скрывается в реализации и внедрении в АСУ ТП виртуального сенсора – представляющий из себя программно-аппаратный комплекс, необходимый для обработки значения других параметров технологического этапа, так или иначе взаимосвязанных с искомым, будет характеризовать этот показатель. Но стоит отметить, что даже в обыкновенном случае реализации математической модели очень трудоемкий и еле выполнимый процесс. Реализация требуемой математической модели для данного процесса является невозможным.

Иные решением могут быть использованы для создания виртуального сенсора на основе созданной искусственной нейронной сети (ИНС) [2, 66].

С. Уилсон и Л. Триплетон в своих исследованиях [43] создали и смогли обучить НСМ, позволяющая по данным измерений физико-химических показателей качества на промежуточных этапах производственного процесса выполнить численные значения физико-химических параметров конечного продукта, создавая, таким образом, роль виртуального сенсора, с помощью чего появлялась возможность управлять протеканием процесса. Для решения такой проблемы авторы брали за основу гибридную сеть, которая входила в состав нейронной сети и генетический алгоритм, структура которого которого представлена в виде обратной связи, сводящей к минимуму ошибку сети.

Использование нейросетевых средств считаются перспективным направлением внедрения эффективных интеллектуальных методов для прогнозирования параметров качества выходной продукции в разных

областях, в том числе и производстве муки. Всё это способствует тому, что важным инструментом, обеспечивающий успешное решение проблемы по реализации автоматизации контроля влаги в потоке, можно считать использование нейросетевых технологий.

4.1.3. Анализ применения системы компьютерного зрения для автоматизации процесса и построения АСУ ТП. Область применения. Общие сведения

Системы технического (компьютерного) зрения (СТЗ) - это реализация так называемого машинного зрения для разной промышленности и производств. Сфера интересов машинного зрения применяются цифровые модули ввода/вывода и компьютерные сети, необходимые для контроля оборудования в производственной линии. Компьютерное зрение обладает некоторыми достоинствами в отличие от зрения человека. Поэтому, существует необходимость в развитии данного направления науки. В этом абзаце описываются компоненты системы компьютерного зрения, внедрение технического зрения в наше время и о последующем его использовании в области науки [4, 16, 21, 30, 52, 70, 81 - 84].

История развития компьютерного зрения берет свое начало с развитием цифровых вычислительных средств. Для обработки графики изображений необходим большой объем памяти и вычислительная мощности микропроцессора, поэтому развитие данной области значительной степени зависит с развитием компьютерных технологий и вспомогательных средств для хранения, индикации и передачи информации.

Если посмотреть с другой стороны, то развитие микроэлектроники – которая является основой компьютерного прогресса – привело и к развитию оборудования с зарядовой связью, которая и есть основа для реализации цифровых видеоаппаратов. Со временем видеокамеры уменьшились в

габаритах и в их стоимости, а качество изображения и её четкость возросла.

Дальнейшее развитие микроэлектроники, являющиеся фундаментом цифровой видеозаписи (фиксация от одного кадра до суммы последовательных кадров в одном видеоматериале) значительно снижает стоимость самих цифровых видеокамер и к применению цифровой видеосъемки в иных отраслях человеческой деятельности [8, 31, 49, 52, 50], а также в системах управления.

4.1.4. Использование компьютерного зрения в системах управления в качестве интеллектуального датчика

Эффективное применения средств компьютерного зрения в системах автоматизации в промышленных сферах можно наблюдать, как правило, на более развитых схемах с общей высокотехнологичной культурой. На более низкой стадии на СТЗ возложена роль дополнительного оборудования, расширяющего возможности и способно повысить эффективность человеческого зрения, технологического оборудования.

Цифровое видеонаблюдение выступает основой для систем ориентирования промышленных роботов и интеллектуальных систем, которые применяются для решения разных технологических проблем. В настоящий момент основными сферами действий промышленных роботов считают [18]: сварочные работы, сборочные операции, область упаковки и палетизации и др. Множество новейших промышленных роботов имеют системы компьютерного зрения, видеокамерами, передовым измерительным средствами.

На данный момент, системами видеонаблюдения является не только видеокамера, дисплей и записывающее средство, но и целостная интеллектуальная система, позволяющая выполнить самые сложные процедуры в данной области. С помощью компьютерного оборудования

можно реализовывать совершенствованные комплексы видео- слежения, которые открывают новые аспекты для автоматизации систем безопасности управления объектами нуждающихся в дополнительной охране. При этом главную роль исполняет программное обеспечение, применяемое для этапов контроля, управления, полноценного исследования аудио- и видеоинформации.

Широкое внедрение и использование технологий цифровой видеосъемки и компьютерных систем обработки цифровых фотографий и видеозаписей наблюдается в медицинской сфере: компьютерная томография, рентген, фгдс, электроэнцефалографический видеонаблюдение в палате, флуоресцентная микроскопия и т.п.

Цифровое видеооборудование и активное развитие ПО для приема и дальнейшей обработке видеоинформации (технического зрения) создают пространство для новых перспективных направлениях в системе автоматизированного управления технологическими процессами [65]. Видео камера в комплексе с микропроцессорным оборудованием можно рассматривать как интеллектуальный датчик данной системы управления. Нынешняя стоимость и свойства новейших систем компьютерного зрения таковы, что реализация автоматизированного контроля считается вполне решаемой задачей. С помощью отличия цветов, оперативностью и реализация соединений к каналам интерфейса Ethernet, как правило дешёвые видеосенсоры являются все более привлекательными, что позволяет расширять область их внедрения.

Интеллектуальный сенсор может самостоятельно выполнить настройку под условия данной эксплуатации и поточно регулировать свою чувствительность для реализации максимальной эффективности. "Так называемым интеллектом, сенсоры обязаны процессору и микроэлектронным технологиям. Микропроцессор — это ум сенсора, способствующий устройству "изучать" факторы, в которых оно функционирует. При

способности к самообучению, такой виртуальный датчик может обрабатывать большие объемы информации с максимальной скоростью.

4.1.5. Анализ и обоснование возможности применения системы компьютерного зрения для контроля цвета муки

На данный момент цифровые видео устройства в ограниченном объеме применяются в пищевой промышленности, тем более в системах автоматизированного регулирования. Возможно выделить 2 основных аспекта, в которых на данный момент применяются видеокамеры для контроля и управления этапами: обжарки, выпечки, дозирования и упаковки.

Интеллектуальные виртуальные видеосенсоры могут не только определять цвета, но и еще имеют высокоскоростную передачи информации predisposed функционировать как единая сеть.

Узкое использование цифровых видеосредств в системах управления технических этапов пищевой промышленности вполне можно объяснить: отсутствуют результаты прикладных исследований количественной связи между внешними визуальными параметрами получаемых пищевых полуфабрикатов (габариты, форма, цвет и характер поверхности) и физико-химическими признаками полуфабриката и свойствами техпроцесса.

Анализы показали, что цифровые виртуальные видеодатчики могут с высокой вероятностью точно определить цвет.

Следовательно, применение системы компьютерного зрения для автоматизации контроля цвета мукомольной продукции в потоке с организацией на их основе АСУТП можно считать востребованным и перспективным направлением.

4.2. Математическая постановка задачи автоматизации контроля влаги муки поточным способом

Функционирование НС заключается в преобразовании входных параметров в выходную информацию путём вычисления известных функций активации и нахождению весовых коэффициентов. Параметры активации могут быть различного типа, но как правило, чаще всего находят использования в качестве активационной, функция с насыщением, или по другому, логистическая функция:

$$f(u) = \frac{1}{1+e^{-au}} \quad (4.2)$$

где, a коэффициент, с его уменьшением функция становится более пологой, а при увеличении – принимает вид единичного скачка с разной величиной порога.

Математически проблему автоматизации контроля влаги муки в потоке с применением НСМ возможно решить иначе:

$$W = F(\bar{X}_{am}, \bar{X}_{lm}); \quad (4.3.)$$

$\bar{X}_{am}$ – (automation measurement) является входным вектором, описывающий характеристики технологического процесса, выведенные в результате автоматических измерений, выполняемых СУ;

$\bar{X}_{lm}$ – (laboratory measurement) является входным вектором, описывающий исходные данные качества материала и полуфабрикатов, участвующих в процессе входного контроля и определенных в результате лабораторных исследований.

Так же важно найти управляющее воздействие и ограничения, действующие на систему.

Главной проблемой системы управления будет расчет такого промежутка времени когда процесс помола, не будет выходить за рамки, указанные оператором как нижние и верхние границы продолжительности. На другие показатели протекания процесса воздействуют ограничения, указанные в

технологической инструкции.

Следующая разработка математической модели имеет вид отдельной проблемы, не решенную в рамках данной НКР.

При грамотном формировании обучающей выборки, численные параметры которой могут охватывать весь необходимый диапазон изменения данных значений.

Поэтому, нейросетевая модель, обученная по выборке, где было реализовано соответствие искомого признака и свойственных для данного процесса значений параметров типа:

$$\bar{Y} = F(\bar{X}_{am}, \bar{X}_{lm}) \quad (4.4.)$$

применяют интерполяцию значения влаги, основываясь на известных данных о процессе:

$$\bar{y}_i = F(\bar{X}_{am\ i}, \bar{X}_{lm\ i}) \quad (4.5.)$$

4.3. Основные этапы решения задачи построения виртуального датчика влажности муки

Реализация задач разработки и внедрения виртуального сенсора, спроектированного на основе НСТ в АСУ ТП, включающий в себя следующие этапы, которые отображены на рис.4.1.

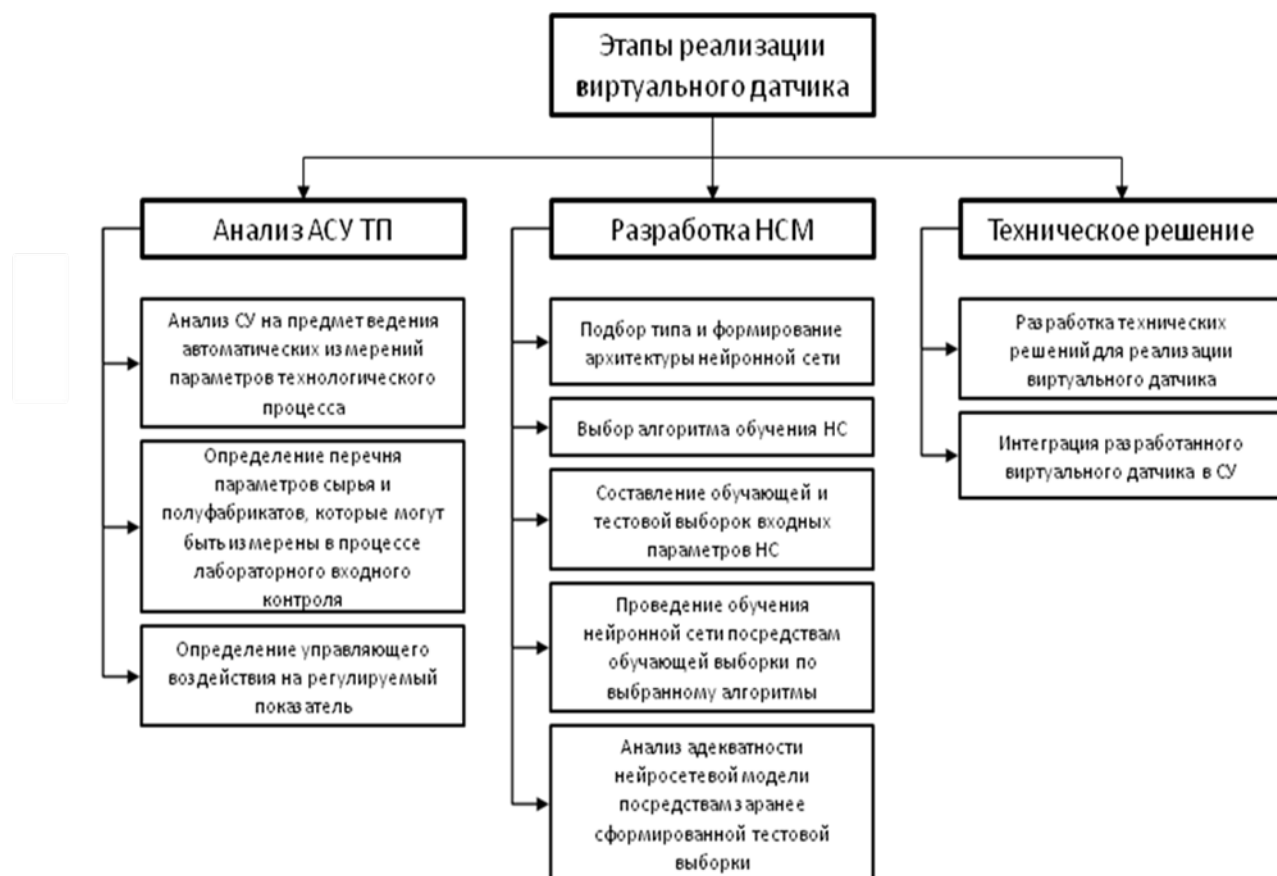


Рисунок. 4.1. - Этапы разработки и интеграции интеллектуального датчика на основе НСТ в АСУ ТП.

4.4. Математическая постановка задачи автоматизации контроля цвета муки

На данный момент увеличился диапазон математических векторов, применяемых для исследования и преобразования изображений. Помимо дискретной математики, которая считается основой для технического моделирования и обработки информации, широко применяются:

- аффинная и инженерная геометрии для восстановления 3-мерных геометрических параметров объекта по его двумерному отображению;

- вариационное исчисление, частотное исследование и теория линейных и не- линейных дифференциальных выражений для обозначения контура объекта, деление объектов (сегментация), исследования вида объекта,

повышает качество графики, получения стереоизображения и т.п.

-статистические способы и теория дифференциальных уравнений в частных производных для устранения погрешностей и восстановление изображения отсутствующих объектов изображения, особенно исключение с изображения какого-либо объекта;

-теория кодирования и вейвлет-исследования для максимально допустимого сжатия размера файла, где хранится цифровой закодированный аналог изображения, без потери качества изображения.

В математических анализах и прикладном компьютерном программном обеспечении применяют традиционную матричную запись [9, 50]:

$$A = \begin{bmatrix} a_{0,0} & a_{0,1} & \dots & a_{0,N-1} \\ a_{1,0} & a_{1,1} & \dots & a_{1,N-1} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{M-1,0} & a_{M-1,1} & \dots & a_{M-1,N-1} \end{bmatrix} = a_{i,j}. \quad (4.6)$$

Для оцифровки кадров нужно провести решения применяемых значений M и N , а также числа уровней (градаций) уровня яркости L , реализованных для каждого пикселя. Для M и N не существует каких-либо требований кроме тех, что могут быть целочисленными положительными значениями. В итоге, $M = N$, но при вырезке локального кадра графического изображения данные показатели могут различны. Значение L , по параметрам правильности построения оборудования для обработки, дискретизации, цифровизации, хранения графического изображения, часто принимают равным целочисленной степени числа два: $L = 2^k$.

Суммарное число битов b , нужны для хранения графического изображения, описывается по формуле $b = M \times N \times k$.

При применении цветной видеоаппаратуры, изображение представляет

собой объёмную матрицу $a_{i,j,k}$, индекс которой соответствует цветному фильтру, имеющий значения $k=1,2,3$.

Видеоизображение, представляют как некоторое множество n последовательно снятых с интервалом времени T кадров (изображений), в математической виде можно представить как многомерную матрицы $a_{i,j,k,n}$, если изображение цветное.

Один из применяемых способов оценки динамики графического изображения заложен в выделении одного элемента кадра $\varphi_{i,j}$ (пикселя или их совокупность) и дальнейшие наблюдение изменения его цвета по всей площади кадров. Следовательно данный математический объект можно представить как матрицу решётчатых функций $\varphi_{i,j}[n]$, отображающих динамику изменения отражения света от фотоэлементов поверхности снимаемого объекта. Поэтому на основе исследования этой матрицы можно сделать вывод о динамике самого видеообъекта, за которым происходит наблюдение.

Для исследования динамики действий наблюдаемого объекта на основе снятого цифрового видеоматериала одним из применяемых методов может быть обзор решётчатых функций $\varphi_{i,j}[n]$ составления системы при использовании разностных уравнений, которые могут учитывать как сами решётчатые функции всех данных пикселей, так и разности этих функций $\varphi_{i,j}[n] - \varphi_{i,j}[n-1]$ от видеокadra к кадру. Для пикселей, характеризующих неподвижный фон, данные разности приравнивают нулю.

Поэтому к видеоматериалу нужно применить дискретное преобразование Лапласа или Δ - преобразование, которое определяется по формуле:

$$\Phi_{i,j}^*(q) = \sum_{n=0}^{\infty} \varphi_{i,j}[n] \cdot \exp(-qn), \quad (4.7)$$

где комплексная переменная $q = \sigma + j \cdot \omega$.

Для частотного исследования динамики поведения видеоматериала

можно применять частный случай Δ - преобразования, которое известно как дискретное преобразование Фурье.

Изучение динамики видеообъекта возможно только после съёмки видеофильма. Применение цифровой видеокамеры как виртуального датчика визуальных характеристик технологического процесса после исследования динамики данных процессов, принимают зоны, где случаются наиболее частые визуальные вариации после изменения условий технологического процесса.

Задача визуального контроля средствами цифровой видеокамеры - организация постоянства визуализации графического объекта, показывающий сорт и качество этапов производства муки. При этом, применяют способ вычитания кадров, где возможны два режима работы слежения: 1) сопоставление данных кадров с визуальным выбранным эталоном и 2) сопоставление изображения текущих с изображением прошлых кадров с применением базы данных цветных изображений различных сортов муки.

Из выведенной, в данный момент времени t , матрицы графического кадра $M_{ijn}(t)$ с использованием функционалов можно определить управляющий сигнал:

$$u(t) = \bar{\Phi}_n < \dots \{ \bar{\Phi}_3 [\bar{\Phi}_2 (\bar{\Phi}_1 [M_{ijn}(t)])] \} > \quad (4.8)$$

где Φ – векторный функционал, который обеспечивает одностороннее изображения множества (матрицы) M_a , в иную совокупность (матрицу) M_e реальных чисел. Для получения решения данной проблемы сведенную трехмерной матрицы отраженную к численному методу получаемого параметра необходимости нахождения последовательности $\Phi_1 \dots \Phi_n$ изображений.

Отображения кадра, отправленного с видеосенсора на этапе наблюдения, подвержен воздействию данных функционалов и также выводится подматрица I_{kij} , состоящая из исследований локальной зоны. После примене

ния функционала, состоящая из вычитания подматрицы эталонного кадра из подматрицы следующего текущего изображения видеокadra, выявляем разностное изображение локальной зоны в виде разностной совокупности матрицы $R_{ij} = I_{kij} - I_{eij}$.

Так как эталонные кадры и выявленные отображения видеокadra снимались при одних и тех же режимах работы и одной видеокамерой, то, в случае отсутствия вариаций на наблюдаемом объекте, в разностной матрице R_{ij} все этапы будут нулевые. При визуальных изменениях в локальной зоне в разностной матрице кроме нулевых значений выявляются не нулевые значения.

Если в бинарном кадре пикселю, взаимосвязанному с объектом, задается значение 1, а пикселю, обозначающий фон, нулевое значение, то при решении разностного изображения могут возникнуть следующие варианты:

- если элемент эталонной матрицы $I_{eij} = 0$, а элемент кадровой матрицы $I_{kij} = 0$, то значение элемента разностной матрицы $R_{ij} = 0$;
- если элемент эталонной матрицы $I_{eij} = 1$, а элемент кадровой матрицы $I_{kij} = 1$, то значение элемента разностной матрицы $R_{ij} = 0$;
- если элемент эталонной матрицы $I_{eij} = 0$, а элемент кадровой матрицы $I_{kij} = 1$, то значение элемента разностной матрицы $R_{ij} = 1$;
- если элемент эталонной матрицы $I_{eij} = 1$, а элемент кадровой матрицы $I_{kij} = 0$, то значение элемента разностной матрицы $R_{ij} = -1$.

Для зрения человека значения 0 или 1 могут сопоставляться белому или чёрному цвету. В компьютерных системах: положительное значение разности кадров означает увеличение интенсивности излучения, а отрицательное - характеризует снижении данной интенсивности.

4.5. Выводы по 4 главе

В этой главе было проведен анализ возможностей использования

интеллектуальных нейросетевых систем и технологий компьютерного зрения для контроля наиболее информативно емких параметров качества муки: влаги и цвета. Был проведен анализ и обзор сфер применения нейронных сетей, выявлено некое количество решений, где нейронные сети являются основными для нахождения параметров качества зерновых масс. Проводя анализ были исследованы и раскрыты возможности применения интеллектуальных нейронных сетей для создания широкой автоматизации контроля влажности муки на этапе размола при производстве муки.

Выполненный анализ обосновал перспективность применения рассмотренных нейросетевых технологий для создания широкой автоматизации контроля параметров качества муки на этапе размола.

Создана математическое описание проблемы автоматизации определения влажности муки и обоснованы важные этапы решения представленной задачи.

Обоснована математическая постановка проблемы для широкой автоматизации определения цвета муки.

ГЛАВА 5. РАЗРАБОТКА НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО СЕНСОРА ВЛАЖНОСТИ МУКИ НА ЭТАПЕ РАЗМОЛА

Искусственные нейронные сети (ИНС) – это совокупность нейронов, объединенных друг с другом в математическую модель. Как известно, передаточные параметры всех нейронов в нейронной сети постоянны, а веса считаются характеристики нейронной сети и могут меняться. Нейроны – это специализированные клетки, которые могут передавать сигналы и образующие разветвленную систему ввода информации (дендриты), ядро и разветвляющийся выход (аксон). Аксоны клетки связаны с дендриями других клеток с помощью синапсов.

Нейросеть – являются обучаемой система, которая работает не только по заданным алгоритмам и формулам, но и опираясь на прошлый опыт. Каждая НС включается в себя 3 и более слоев, в зависимости от характера и решаемой задачи.

После получения структуры НС важно грамотно настроить весовые коэффициенты, которые выражают активность взаимосвязей нейронов. Поэтому сеть нужно «обучить». Сам процесс обучения выполняется разными методами в зависимости от конкретной задачи выбранного вида НС.

Для реализации процесса «обучения» НС генерируется выборка для обучения, в состав которой входят лабораторных данных о применяемом материале и полу-фабрикатах, параметры автоматических измерений, обосновывают состояние технологического этапа в необходимом диапазоне времени, и эталонного значения влаги в тот же промежуток времени, выведенного путем лабораторных анализов. Затем выполняется как правило сам процесс «обучения» [2, 9, 3, 21, 27, 71] по заранее выбранному алгоритму. Обучающая выборка, выполненная из параметров, зафиксированных во время технологического процесса, направляется на вход НС.

Когда, вид и состав сети определен и проведен процесс обучения важно перепроверить результаты, полученные от НСМ в режиме работы.

В результате проверки необходимо выявить, может ли спроектированная НСМ применять полученные знания.

Исследования параметров материала и полуфабрикатов, а также состояния порочесов производства муки, применяемых для обобщения параметров влажности муки, приведены в таблицах ниже.

Таблица 5.1. - Анализ характеристик материала и полуфабрикатов

Основной этап	Оборудование	Объект контроля	Характеристики контроля	Вид измерения
Хранение зерна	Силосы	Зерновая масса	Температура зерна	Авто
			Температура воздуха	Авто
			Относительная влажность воздуха	Авто
			Температура вентиляции	Авто
			Расход воздуха (вентиляция + транспортировка)	Авто
Зерноочистка	Зерноочистительно-сушильные агрегаты	Зерновая масса	Температура воздуха	Авто
			Частота колебаний сит	Авто
			Расход зернового материала	Авто
			Скорость воздушного потока	Авто
			Влажность воздуха	Авто
			Диаметр отверстий решатч. сит	Авто
			Амплитуда колебаний сит	Авто
Дозирование зерна и муки	Рецептурные весы	зерно или мука	Вес	Авто
Размол зерна в муку	Вальцевая машина	мука	Величина окружной скорости быстровращающегося Вальца	Авто
		мука	Величина межвальцевого зазора	Авто
		мука	Величина окружной скорости медленновращающегося вальца	Авто
		мука	Зависимость окружных скоростей Вальцов	Авто

Для создания входного слоя нейронной сети, а главное для выявления параметров, состоящих в обучающей выборки, исследованы все характеристики процесса производства муки, фиксируемых посредством системы автоматизации. Также был сформирован список характеристик

материала и полуфабрикатов, полученных в ходе входного контроля путём лабора торных исследований (см. таблицы 5.1. и 5.2.).

Таблица 5.2. - Список характеристик материала и полу фабрикатов

Объект кон-троля	Норматив-ная доку-ментация	Характеристики контроля	Вид измерений
Зерно	ГОСТ 3040 - 55	Вкус	Органолептика, в соответствии требованиям ГОСТ 10967-64
		Запах	Органолептика, в соответствии требованиям ГОСТ 10967-64
		Цвет	Органолептика, в соответствии требованиям ГОСТ 10967-64
		Натура	Лабораторными способами в соответствии с ГОСТ 10840-64
		Стекловидность	Лабораторными способами в соответствии с ГОСТ 10987-64
		Количество белка, крахмала, натура	Инфраматик 9500 работающий в ближнем инфракрасном диапазоне
		Содержание минеральной при- меси	Лабораторными способами в соответствии с ГОСТ 10939-64
		Клейковина	Лабораторными способами в соответствии с ГОСТ 10966-64
		Белизна	Лабораторными способами
		Кислотность	По болтушке в соответствии требованиям ГОСТ 10844-64
		Зольность	Лабораторными способами в соответствии с ГОСТ 10967-64
		Крупность	Лабораторными способами в соответствии с ГОСТ 11091-64
		Засоренность	Лабораторными способами в соответствии с ГОСТ 10841-64
		Температура усл. хранения	Дистанционно
Мука	ГОСТ Р 52809 - 2007	Вкус	Органолептика
		Запах	Органолептика
		Цвет	Органолептика
		Белизна	Рефрактометр
		Зольность	Лабораторными способами в соответствии с ГОСТ 10967-64
		Крупность помола	По требованиям ГОСТ 28467-90
		Количество и качество клейковины	По требованиям ГОСТ 26181-84
		Массовая доля минеральных примесей	По требованиям ГОСТ 25555.3-82

5.1 Типовые структуры нейронных сетей

Искусственные НС [3, 7 - 10, 22 – 27, 45] отличаются своей архитектурой, а конкретно:

- структурой взаимосвязей нейронов;
- числом её слоев;
- параметром активации нейронов;
- алгоритмом процесса обучения.

Отличие вычислительных процессов в сетях обусловлены методами связей нейронов друг с другом и как правило количеством скрытых слоев, следовательно, из них выделяют следующие типы сетей:

- Сети прямого распределения
- Рекуррентные сети
- Сети с боковыми обратными связями
- Гибридные сети
- Однослойные сети
- Многослойные сети.

Структура взаимосвязей НС можно представить в виде двух классов: сети прямого распространения – без реализации обратных связей в структуре и рекуррентные сети – с наличием обратными связями. Также есть возможность использовать гибридные сети.

Сети иного класса характеризуются динамическими, а из-за наличия обратных связей вид сети с каждым промежутком времени зависит от предыдущего состояния. На рис. 5.1. отражено детальное разделение на основные виды НС.

Более массивные и многофакторные НС имеют, как правило, огромные вычислительные мощности. Количество нейронов в любом слое имеет возможность быть любым и никак ранее не взаимосвязанно с числом нейронов в иных слоях. Теоретически количество слоев бывает

произвольным, но на практике ограничено ресурсами применяемого при вычислениях компьютерной техники или конкретной микро-схемы, на которых как правило создается НС.



Рисунок 5.1. - Классификация нейросетей

Гибридные НС [25 - 27] бывают разной архитектурой, а также возможно отнести практически к любому из изученных видов моделей сетей.

Более подробная классификация главных видов ИНС прямого действия и рекуррентных НС [47, 48] изображены на рисунке 5.2.

Преимущества нейросетевых методов:

- возможность в отказе от дорогих и сложных средств;
- крайне сокращается время на проведения измерений, регистрацию и процессы подготовки и обработки измерений;

- повышается уровень объективности анализов;
- предоставляет возможность фиксировать параметры в режиме реального времени, поточным способом.



Рисунок 5.2 – Классификация основных видов нейронных сетей

Недостатками нейросетевого моделирования считают – надобность в предварительной подстройке, сбор и обоснование главных входных и выходных информационных массивов параметров, а так же в постоянной необходимости обучения ИНС [28, 34, 67].

5.2. Анализ способности применения нейронных сетей разных видов для решения задачи реализации интеллектуального датчика автоматизированного контроля влажности муки

При грамотной реализации обучающей выборки, захватывающей весь мнимый диапазон параметров влажности муки, решение проблемы поставленной в рамках этой НКР, ведет к реализации интерполяции данных.

Как правило необходимо следовать руководствам нескольких известных принципов: способность сети увеличивается с ростом числа ячеек сети, плотности взаимосвязей и количеством выделенных слоев. Внедрение обратных связей путем увеличения возможностей сети освещает вопрос о

динамической устойчивости самой сети.

Исследование однослойных сетей продемонстрировало непригодность их для решения данной проблемы из-за её низкой вычислительной мощности.

Следующая экспериментальная часть НКР происходила с использованием многослойных НС прямого распространения, вида сети - многослойный персептрон. Сеть, данного вида имеет структуру, отображенную на рисунке 5.3.

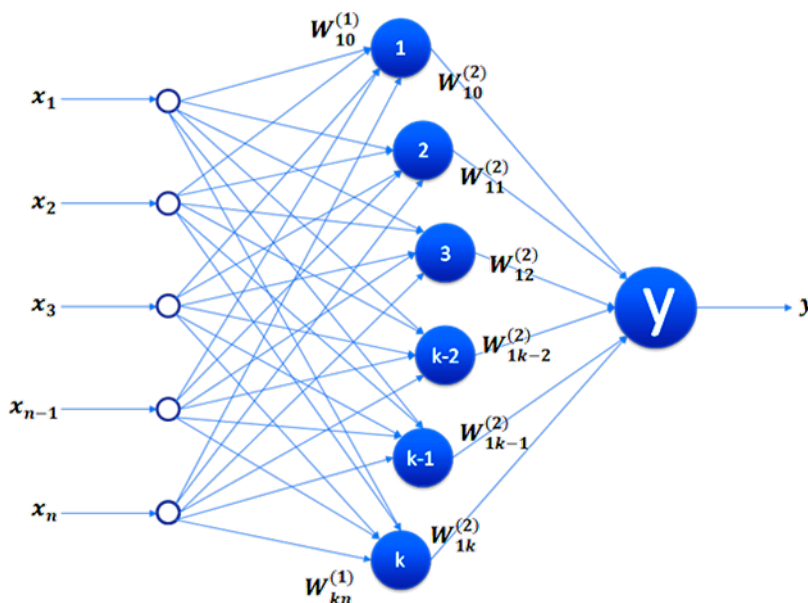


Рисунок 5.3. - Структура нейронной сети вида многослойного персептрона

Следовательно, для вычисления поставленной в данном разделе задачи исследования способности использования НС разных видов для реализации виртуального интеллектуального сенсора автоматизированного контроля (АК) влажности муки, необходимо применять сети вида многослойного персептрона с наличием одного скрытого слоя, то и будет являться оптимальной архитектурой нейронной сети.

5.3. Подбор количества слоев и количества нейронов каждого слоя нейронной сети

Свойство нейронной сети определять значения выходных признаков зависит от структуры самой НС и от выборки входных признаков,

используемые для ее обучения [33].

Теоретическое обоснование подбора числа скрытых слоев в сети находят с помощью теоремы Колмогорова [2, 6, 100] , где любая непрерывная функция, описывается на n -мерном единичном кубе, может иметь вид суммы $2n+1$ суперпозиций непрерывающихся и монотонных изображений единичных отрезков:

$$f(x_1 \dots x_n) = \sum_{q=1}^{2n+1} g_q \left(\sum_{p=1}^n \varphi_{pq}(x_p) \right) \quad (5.1.)$$

$$x = (x_1 \dots x_n), 0 \leq x_i \leq 1 \quad (5.2.)$$

Число скрытых слоев нейронной сети выявлялось экспериментальными исследованиями в программной среде «Matlab» [5] с учетом их теоретического описания. Во время экспериментов были выделены следующие структуры нейронных сетей:

- сеть с одним скрытым слоем (расходящаяся сеть);
- сеть с двумя скрытыми слоями (расходящаяся сеть);
- сеть с тремя скрытыми слоев (расходящаяся сеть);
- сеть с одним скрытым слоем (сходящаяся сеть);
- сеть с двумя скрытыми слоями (сходящаяся сеть);
- сеть с тремя скрытыми слоев (сходящаяся сеть).

Для создания сети, выходной сигнал i -го нейрона скрытого слоя в обобщенном виде можно представить как:

$$v_i = f \left(\sum_{j=0}^N W_{ij}^{(1)} x_j \right) \quad (5.3.)$$

Тогда для выходного слоя, где создается значение содержания влаги в муке будет целесообразно следующее:

$$y = f \left(\sum_{i=0}^K W_{1i}^{(2)} v_i \right) = f \left(\sum_{i=0}^K W_{1i}^{(2)} f \left(\sum_{j=0}^N W_{ij}^{(1)} x_j \right) \right) \quad (5.4.)$$

Так как в качестве функции активации нейронов для этой сети была подобрана сигмоидальная униполярная форма:

$$f(z) = \frac{1}{1 + e^{-z}} \quad (5.5.)$$

$$v_i = \frac{1}{1 + e^{-\sum_{j=0}^N W_{ij}^{(1)} x_j}} \quad (5.6.)$$

$$y = \frac{1}{1 + e^{-\sum_{i=0}^K W_{1i}^{(2)} v_i}} = \frac{1}{1 + e^{-\sum_{i=0}^K W_{1i}^{(2)} \left(\frac{1}{1 + e^{-\sum_{j=0}^N W_{ij}^{(1)} x_j}} \right)}} \quad (5.7.)$$

На рис. 5.4. изображена структура реализованной нейронной сети, вида многослойный персептрон с одним скрытым слоем, созданная в проектируемой системе.

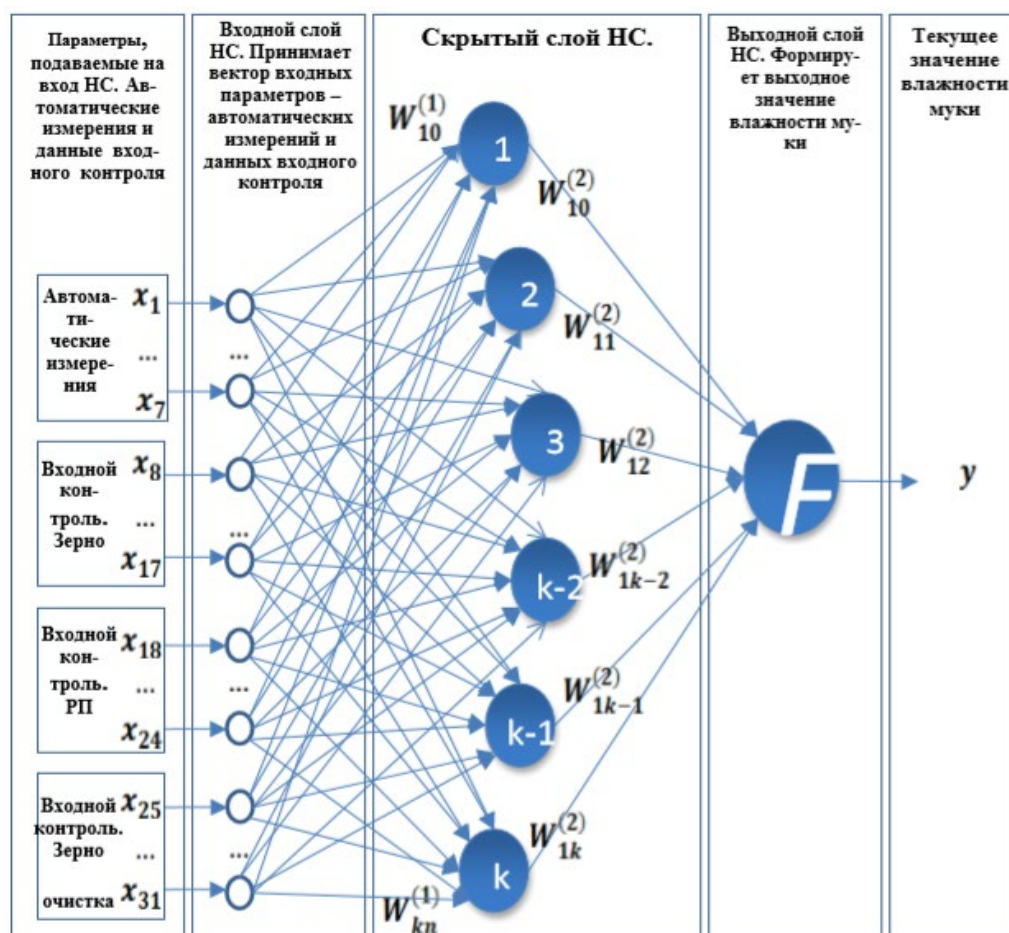


Рисунок 5.6. - Структура созданной нейронной сети, вида многослойный персептрон с одним скрытым слоем.

5.4. Подбор алгоритма и проведение обучения нейронной сети

Под обучением искусственных НС понимается процесс настройки структуры связей между нейронами и весов синаптических связей, влияющих на сигналы коэффициентов для эффективного решения поставленной задачи. Обучение НС осуществляется на некоторой выборке данных. В первом способе известны «правильные» выходы к каждому входному вектору значений, а веса подстраиваются так, чтобы минимизировать ошибку. Обучение без учителя позволяет распределить образцы по категориям за счёт раскрытия внутренней структуры и природы данных [7, 9].

В качестве алгоритма обучения сети был выбран градиентный метод обратного распространения ошибки, который является одним из наиболее эффективных методов обучения многослойных нейронных сетей. Суть данного алгоритма состоит в том, что после предъявления НС каждой обучающей выборки происходит уточнение весовых коэффициентов сети. Цель обучения состоит в подборе таких значений весов и для всех слоев сети, что бы при заданном входном векторе параметров $[x_1, x_2, \dots, x_{31}]$ получить на выходе значение влажности муки y , которые с требуемой точностью будут совпадать ожидаемым значением данного показателя.

В общем виде целевая функция может быть записана следующим образом:

$$E(W) = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^p (y^j - d^j)^2 \quad (5.8.)$$

где p – количество обучающих выборок, для решения данной задачи выбрано равным 150;

d_j - ожидаемое значение влажности увариваемого сиропа при заданном векторе входных параметров.

Согласно градиентным методам уточнение весовых коэффициентов (обучение) производится по формуле:

$$W_{ij}^{(n)} = W_{ij}^{(n)} + \Delta W_{ij}^{(n)} \quad (5.9.)$$

Таким образом, в случае реализуемой в рамках данной работы НС целевая функция будет иметь вид:

$$E(W) = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^P \left(\frac{1}{1 + e^{-\sum_{i=0}^K W_{1i}^{(2)} v_i}} - d \right)^2 = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^P \left(\frac{1}{1 + e^{-\sum_{i=0}^K W_{1i}^{(2)} \left(\frac{1}{1 + e^{-\sum_{j=0}^N W_{ij}^{(1)} x_j}} \right)}} - d \right)^2 \quad (5.10.)$$

Рассчитывается ошибка сети:

$$\delta^{(2)} = (y - d) \frac{\partial y_j}{\partial v_j} \quad (5.11.)$$

Рассчитывается изменения весов выходного слоя:

$$\Delta W_{1j}^{(2)} = -\eta \delta_j^{(2)} v_j \quad (5.12.)$$

Производим аналогичные операции для скрытого слоя, и в итоге получаем корректирующее значение для соответствующих весов:

$$\Delta W_{ij}^{(1)} = -\eta \delta_j^{(1)} x_j = -\eta \left(\left(\delta_j^{(1)} W_{ij}^{(1)} \right) \frac{\partial y_j}{\partial v_j} \right) x_j \quad (5.13.)$$

Формализовать алгоритм обратного распространения ошибки можно в следующем виде. Согласно методу наименьших квадратов, минимизируемой целевой функцией ошибки НС является величина:

$$E(w) = \frac{1}{2} \sum_{j,p} (y_{j,p}^{(N)} - d_{j,p})^2 \quad (5.14.)$$

где: $y_{j,p}^{(N)}$ – реальное выходное состояние нейрона j выходного слоя N НС при подаче на ее входы p -го образа, т.е. реальное значение влажности муки на выходе;

$d_{j,p}$ – ожидаемое значение влажности муки при заданном векторе входных параметров.

Суммирование ведется по всем нейронам выходного слоя и по всем обрабатываемым сетью образам. Минимизация происходит методом градиентного спуска, что означает подстройку весовых коэффициентов следующим образом:

$$\Delta w_{ij}^{(n)} = -\eta \cdot \frac{\partial E}{\partial w_{ij}} \quad (5.15.)$$

Здесь w_{ij} – весовой коэффициент синаптической связи, соединяющей i -ый нейрон слоя $n-1$ с j -ым нейроном слоя n ;

η – коэффициент скорости обучения, $0 < \eta < 1$.

$$\frac{\partial E}{\partial w_{ij}} = \frac{\partial E}{\partial y_j} \cdot \frac{dy_j}{ds_j} \cdot \frac{\partial s_j}{\partial w_{ij}} \quad (5.16.)$$

В этом случае под y_j , как и ранее, подразумевается выход нейрона j , а под s_j – взвешенная сумма его входных сигналов, то есть аргумент активационной функции. Так как множитель $\frac{dy_j}{ds_j}$ является производной этой функции по ее аргументу, из этого следует, что производная активационной функции должна быть определена на всей оси абсцисс. В связи с этим функция единичного скачка и прочие активационные функции с неоднородностями не подходят для рассматриваемых НС. В них применяются такие гладкие функции, как гиперболический тангенс или классический сигмоид с экспонентой. В случае гиперболического тангенса

$$\frac{dy}{ds} = 1 - s^2 \quad (5.17.)$$

Третий множитель $\frac{\partial s_j}{\partial w_{ij}}$, очевидно, равен выходу нейрона предыдущего слоя y_j ($n-1$).

Что касается первого множителя в уравнении (5.16.), он легко раскладывается следующим образом :

$$\frac{\partial E}{\partial y_i} = \sum_k \frac{\partial E}{\partial y_k} \cdot \frac{dy_k}{ds_k} \cdot \frac{\partial s_k}{\partial y_j} = \sum_k \frac{\partial E}{\partial y_k} \cdot \frac{dy_k}{ds_k} \cdot w_{jk}^{(n+1)} \quad (5.18.)$$

В таком случае суммирование по k выполняется среди нейронов слоя $n+1$.

Вводя новую переменную:

$$\delta_j^{(n)} = \frac{\partial E}{\partial y_j} \cdot \frac{dy_j}{ds_j} \quad (5.19.)$$

получится рекурсивная формула для расчетов величин $\delta_j^{(n)}$ слоя n из величин $\delta_k^{(n+1)}$ более старшего слоя $n+1$.

$$\delta_j^{(n)} = \left[\sum_k \delta_k^{(n+1)} \cdot w_{jk}^{(n+1)} \right] \cdot \frac{dy_j}{ds_j} \quad (5.20.)$$

Для выходного же слоя:

$$\delta_i^{(N)} = (y_i^{(N)} - d_i) \cdot \frac{dy_i}{ds_i} \quad (5.21)$$

Из полученного выше, можно описать уравнение (5.15.) в раскрытом виде:

$$\Delta w_{ij}^{(n)} = -\eta \cdot \delta_j^{(n)} \cdot y_i^{(n-1)} \quad (5.22.)$$

Таким образом, полный алгоритм обучения НС с помощью процедуры обратного распространения строится так:

1. Подается на вход сети один из возможных образов и в режиме обычного функционирования НС, когда сигналы распространяются от входов к выходам, рассчитываются значения последних. Зная, что

$$s_j^{(n)} = \sum_{i=0}^M y_i^{(n-1)} \cdot w_{ij}^{(n)} \quad (5.23.)$$

где M – число нейронов в слое $n-1$; $y_i^{(n-1)} = y_{ij}^{(n-1)}$ – i -ый вход нейрона j слоя n .

$$y_j^{(n)} = f(s_j^{(n)}), \quad (5.24.)$$

где f – функция сигмоидального вида.

$$y_q^{(0)} = I_q$$

где I_q – q -ая компонента вектора входного образа.

2. Рассчитать $\delta^{(N)}$ для выходного слоя по формуле (5.21.).

Рассчитать по формуле (5.22.) изменения весов $\Delta w^{(N)}$ слоя N .

3. Рассчитать по формулам (5.20.) и (5.22) $\delta^{(n)}$ и $\Delta w^{(n)}$ для всех остальных слоев, $n=N-1, \dots, 1$.

4. Скорректировать все веса в НС

$$w_{ij}^{(n)}(t) = w_{ij}^{(n)}(t) + \Delta w_{ij}^{(n)}(t) \quad (5.25.)$$

5. Если ошибка сети существенна, вернуться к шагу 1.

Формулировка алгоритма обучения НС и представленных технических решений позволит использовать полученную на предыдущих этапах работы НСМ, способную контролировать качество изготавливаемых изделий, как элемент автоматизированной системы управления технологической линией.

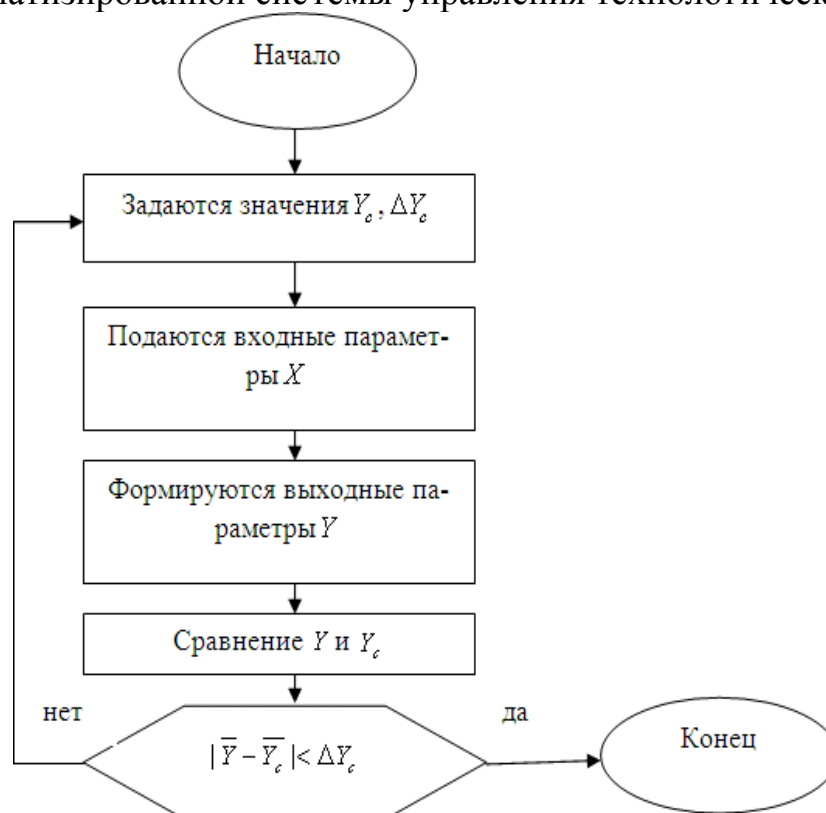


Рисунок 5.7. - Блок-схему алгоритма обучения нейронной сети

5.5. Анализ работоспособности нейросетевой модели

Обученная сеть подвергается исследованию на качество исполнения задействованных в ней функций до начала работы с производственными технологическими параметрами. Иначе говоря, обученную сеть необходимо проверить на ее работоспособность обобщать полученные данные. Под обобщением подразумевается: не выходят ли за границы результаты, выводимые сетью на выходы, входят ли в пределы погрешности, если выборка с заранее найденными значениями выходных параметров, но несхожих от обучающей выборки, подается на вход сети.

Для данной системы малая ошибка обучения составляла 1,05%, что входит границы погрешности, определяемой 1,5%.

Допустимая погрешность выбиралась и обсуждалась с технологами, отвечающими за качество получаемой муки.

5.6. Выводы по 5 главе

С целью реализации нейросетевой модели для создания интеллектуального виртуального сенсора влажности муки на этапе помола:

- Выполнена классификация основных видов структур НС.
- Выполнено исследование параметров материала (зерна) и полуфабрикатов, а также характеристик состояния процессов мукомольного производства, необходимых для измерения влажности муки.
- Сгруппированы важные информационные параметры, которые влияют на влажность муки. Проанализирован входной управляемый параметр и данные, полученные в лабораторных условиях.
- Выполнен анализ применимости нейронных сетей различных видов для решения проблемы реализации виртуального интеллектуального датчика влажности муки. Выбрана структура НС. Пояснена необходимость реализации сети вида многослойного персептрона с одним скрытым слоем для выполнения задачи измерения влажности муки.

Был выполнен выбор из числа слоев и числа нейронов для каждого слоя NS. Количество скрытых слоев выполнялось экспериментально в программной среде " Matlab " с учетом теоретического описания.

Подобрана наиболее оптимальная структура сети. Фактором, задействованным для выбора более подходящей сетевой архитектуры, была дана оценка ошибки процесса обучения.

Выполнен подбор алгоритма обучения сети: градиентный метод распространения ошибок, который считается одним из более эффективных

приемов обучения многослойных нейронных сетей.

Создан алгоритм обучения нейронной сети с применением процедуры обратного распространения.

Выполнено сравнение свойств и параметров наиболее популярных нейропакетов, что помогла получить их основные особенности, достоинства и недостатки. На основе исследований ПО, необходимого для создания нейросетевого алгоритма, был выбран программный пакет Matlab для моделирования ИНС и решения проблем оценки добротности муки.

Выполнена и обучена НСМ для реализации измерений влажности муки на этапе помола.

ГЛАВА 6. РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПРОГРАММНО - АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА МУКИ

Главными требованиями, применяемые к элементам такой системы, являются:

- надежность;
- доступность;
- наличие, использование и поддержка на территории РФ;
- наличие адекватной документации, с помощью которой сотрудники, обслуживающие данную систему, смогут сами наладить и устранить большинство возможных задач и неисправностей.

6.1. Разработка структуры и описание функций программно-аппаратного комплекса контроля показателей качества муки на этапе размола

Для автоматизированного контроля влаги и цвета муки данным комплексом необходимо выполнять следующих функций [34, 44, 57, 89, 98]:

- автоматический вывод информации о ходе технологического процесса в режиме реального времени (online);
- ввод данных в ручном режиме о материале и полуфабрикатах, средствами человеко-машинного интерфейса;
- обработка данных;
- сбор и хранения информации о характеристиках и результатах анализа;
- выборка необходимых данных;
- выполнение работы НСМ;
- статистическая обработка (обработка результатов);

- вывод данных в удобной форме для реализации диспетчеризации.



Рисунок 6.1. - Структура ПАК контроля параметров качества муки

Оборудования конвертирования различных протоколов данных, нужны для преобразования информации, полученную из средств хранения, в вид (формат), понятный и способный организовать передачу к следующему элементу структуры, а именно, средству нейросетевого моделирования.

Средство нейросетевого проектирования представляет из себя ядро системы и главным элементом структуры программно аппаратного комплекса.

Функциональная схема ПАК контроля параметров качества муки (влаги и цвета) на этапе размола показана на рисунке 6.2. В ходе процесса размола при производстве муки (1) часть полученных значений контролируемых параметров выводятся автоматически, а часть необходимо выполнить в лабораторных условиях (органолептический контроль). Лабораторное исследование выполняется в соответствии с нормативами технологического контроля [34 - 38]. Все параметры, выполненные в местных лабораториях (2), диспетчер - лаборант вводит в производственный журнал или специализированные программы производственного контроля учета (10).

Для решения проблем реализации автоматического получения информации о характеристиках технологического процесса используются микроконтроллеры (МК) (3-5) или программируемые логические контроллеры (ПЛК) (7). Достоинств одного из данных вариантов при сравнении найдено не было. Поэтому, если предприятие уже имеет какую-либо СУБД о ходе технологический этап, гораздо лучше провести внедрения в нее без изменений [3, 63].

В тех случаях, когда система настраивается с нуля, можно использовать отраслевой стандарт – на базе программируемого логического контроллера SIMATIC S7 немецкой фирмы Siemens AG. Для ручного ввода информации необходимо определиться с интерфейсом ввода и необходимо выбрать АРМ оператора (10). Диспетчер должен выполнять контроль значений технологических характеристик, если вдруг возникнут критические отклонений от нормальных условий, нужно их отладить либо сообщить начальнику отдела, актуализировать архив технологических характеристик и протоколы нарушения режимов работы оборудования с описанием причины.

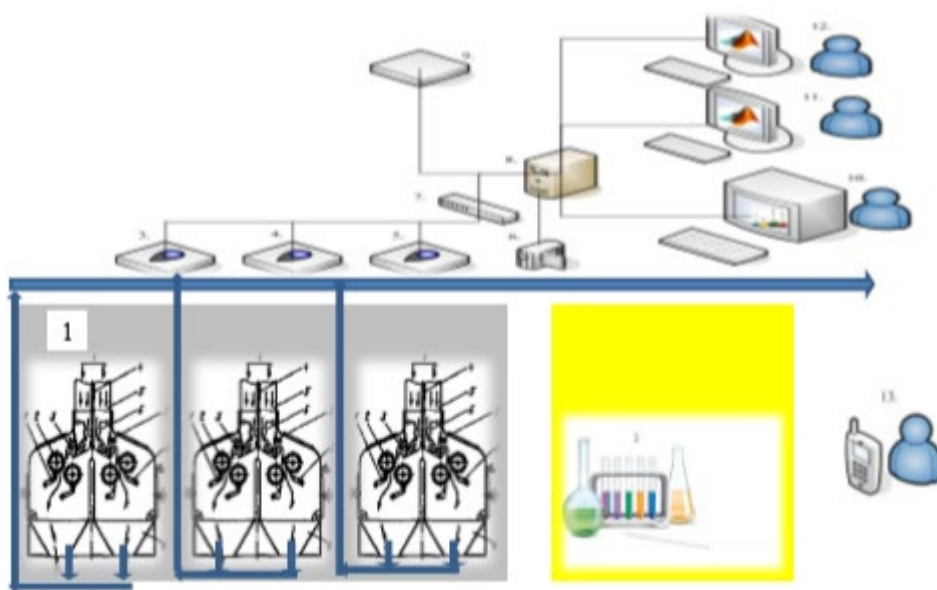


Рисунок 6.2. - Функциональная схема ПАК контроля параметров качества муки (влаги и цвета) на этапе размола

1. Технологическая линия размола 2. Лаборатория 3-5. Датчики/контроллеры
6. Видеокамера 7. Программируемый логический контроллер 8. Сервер 9. Дисковый массив для сбора и хранения данных 10. АРМ лаборанта 11-12. АРМ диспетчера 13. Рабочее место руководства.

В качестве цифрового интерфейса можно применить отраслевой стандарт – SCADA (Supervisory control and data acquisition) и штатную систему от SIEMENS - SIMATIC WinCC – Windows – выполняющая работу под управлением операционной системы (ОС) семейства Windows и с системой управления базами данных (СУБД) Microsoft SQLServer .

SCADA – система должна выполнять такие функции как:

- Сбор, обработка, накопление информации о технических признаках, ее архивирование и индикации в режиме работы реального времени на мониторах промышленных электронных вычислительных машин (ПЭВМ), персональных компьютеров (ПК).
- Вычисление аварийных ситуаций, вывод на дисплеи ПЭВМ сообщений об алармах.
- Оперативный контроль технологическим процессом.

Для реализации АРМ диспетчера можно применять промышленные персональные компьютеры, которые имеют высокие показатели защиты от вибрации, пыли, влаги и температуры.

Для хранения данных предполагается использовать СУБД под управлением MSSQL(в случае небольших объемов данных), Oracle, или Teradata (для больших объемов данных).

Для реализации нейросетевых моделей удобнее всего использовать программное обеспечение Matlab 2013a (11-12), которое обладает всеми необходимыми качествами, поддерживает большое количество вариантов архитектур нейронных сетей, алгоритмов обучения и активационных функций, имеет подробную справочную информацию и графические интерфейсы [77].

Для отображения инженерам и руководству предприятия информации о прогнозе качества муки могут применяться как средства SIMATIC Win CC, так и отчеты с использованием средств бизнес анализа Business Intelligence.

Также для руководства возможна настройка приложений дополнительного информирования о критичных отклонениях в процессе производства через электронную почту или посредством передачи смс на телефон (13) для оперативного отслеживания состояния производства.

6.2. Структурная схема системы регулирования влажности муки

В рассматриваемом случае общий вид структуры системы регулирования влажности муки будет представлять собой классическую систему регулирования с обратной связью:



Рисунок 6.3. - Схема системы регулирования влажности муки

Внедрение системы регулирования влажности муки с интегрированным в нее виртуальным датчиком позволит повысить качество муки, увеличит производительность и надежность функционирования производственного оборудования, обеспечить безопасность условий труда.

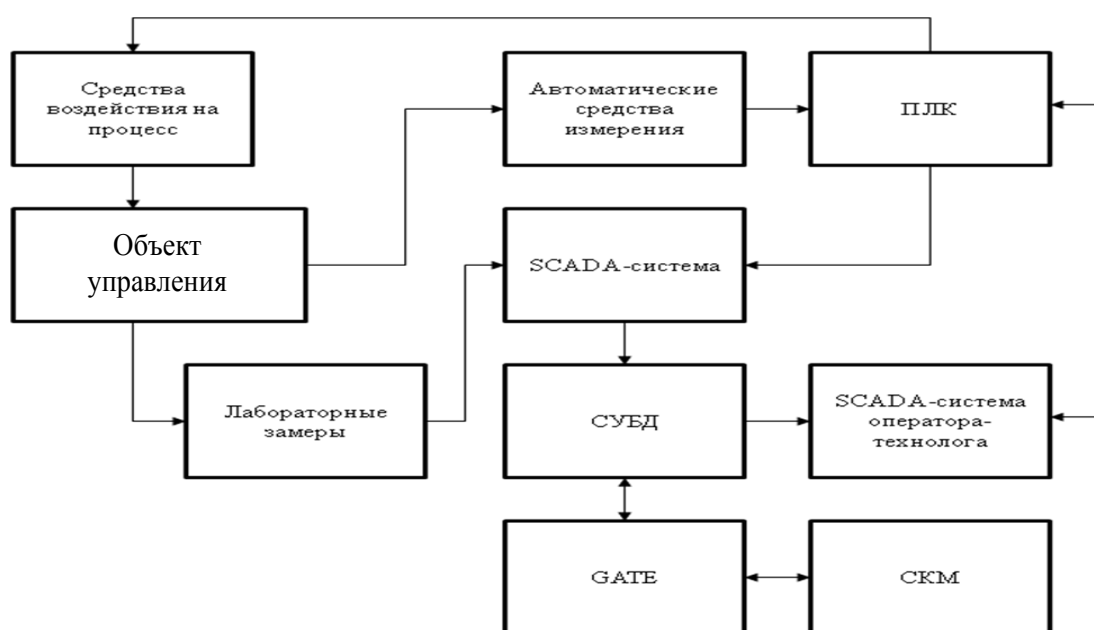


Рисунок 6.4. - Схема системы регулирования влажности муки с интегрированным в нее виртуальным датчиком.

6.3. Разработка алгоритма работы программно – аппаратного комплекса автоматизированного контроля показателей качества муки в процессе размола

По ходу ТП происходит превращение сырья и полуфабрикатов в конечный продукт, путем физических воздействий – размола. Технологический процесс является ключевым блоком схемы, поскольку вся система без него не имеет смысла.

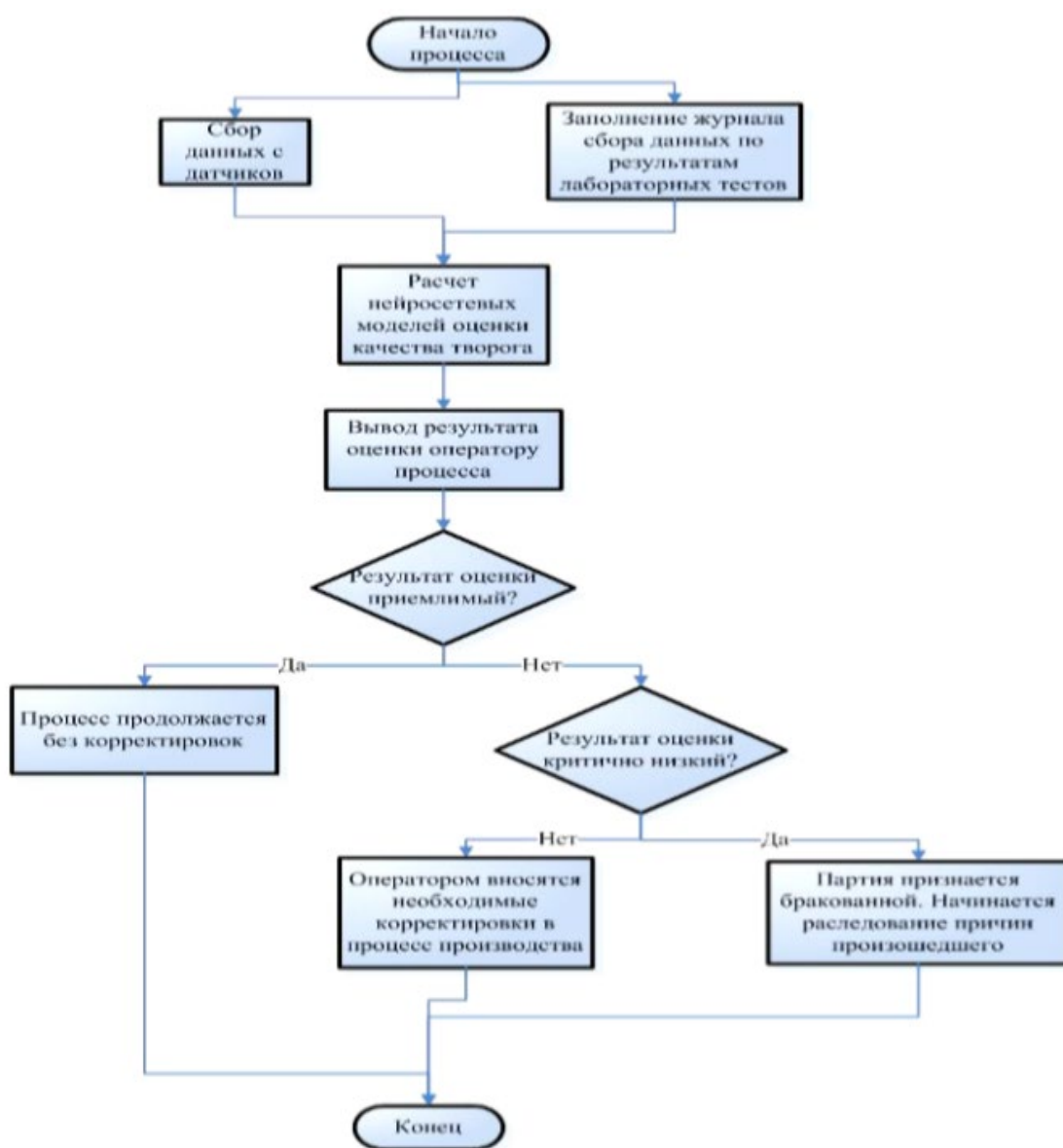


Рисунок 6.5. – Обобщенный алгоритм работы ПАК

Далее идет сбор информации о протекании технологического процесса контроллером (данные получаемые автоматически) и сотрудниками лаборатории (данные получаемые вручную).

Контроллер собирает данные с первичных преобразователей – в основном это данные о физических параметрах процесса (температура, РП оборудования, скорость работы линии и т.д.). По этим данным осуществляется управление технологическим процессом размола. Лаборатория же получает данные путем различных замеров и расчетов. Эти данные представляют собой органолептические, физико-химические и структурно – механические параметры приготавливаемого продукта, а так же контролируют правильность показаний автоматических систем измерения путем сравнения их с показаниями эталонных приборов. После проведения результатов замеров и расчетов оператор-технолог вводит полученные данные в SCADA-систему.

Далее, в случае работы системы в режиме обучения НС блок GATE формирует вектор данных из обучающей выборки для настройки системы под конкретный объект. Это продолжается до того момента, пока сеть не будет научена, а система, соответственно настроена, после чего можно переходить в режим работы.

В режиме работы GATE будет формировать уже не вектор обучающей выборки, а вектор данных для оценки влажности муки, который, переданный в среду Matlab, послужит основой для получения оценки влажности приготавливаемого продукта.

Алгоритм работы контроллера.

Работа контроллера заключается в следующем:

1. Цикличном опросе входов – сбор данных с датчиков для получения информации о состоянии системы.
2. Исполнении цикла программы. В исполнении цикла программы происходит обработка данных, полученных на предыдущем этапе. И, в соот-

ветствие с логикой, заложенной в контроллере, происходит формирование выходных сигналов.

3. Так же обработанные данные о состоянии технологического процесса, полученные от датчиков, передаются коммуникационному процессору, который, в свою очередь, с заданной дискретностью отправляет эти данные на последующие элементы структуры.

4. Далее происходит передача сформированных выходных сигналов исполнительным механизмам и регулирующим органам, после чего цикл работы контроллера начинается заново.

Алгоритм работы нейросетевой модели.

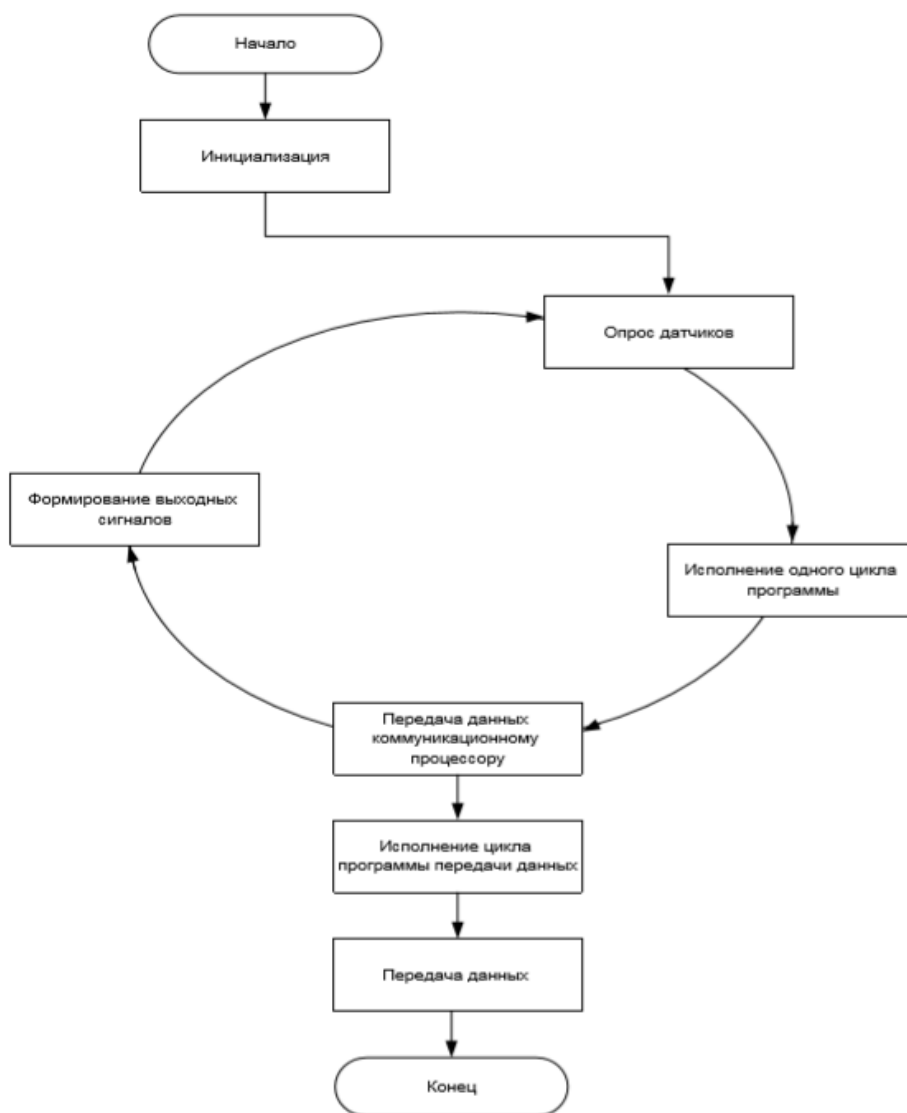


Рисунок 6.6. - Алгоритм работы контроллера

Из GATE данные в формате OPC передаются на персональный компьютер, на котором функционирует пакет прикладных программ Matlab, имеющий в своем составе OPC toolbox для получения этих данных. OPC осуществляет взаимодействие с системами распределенного управления, диспетчерского контроля, захвата данных и с контроллерами программируемой логики.

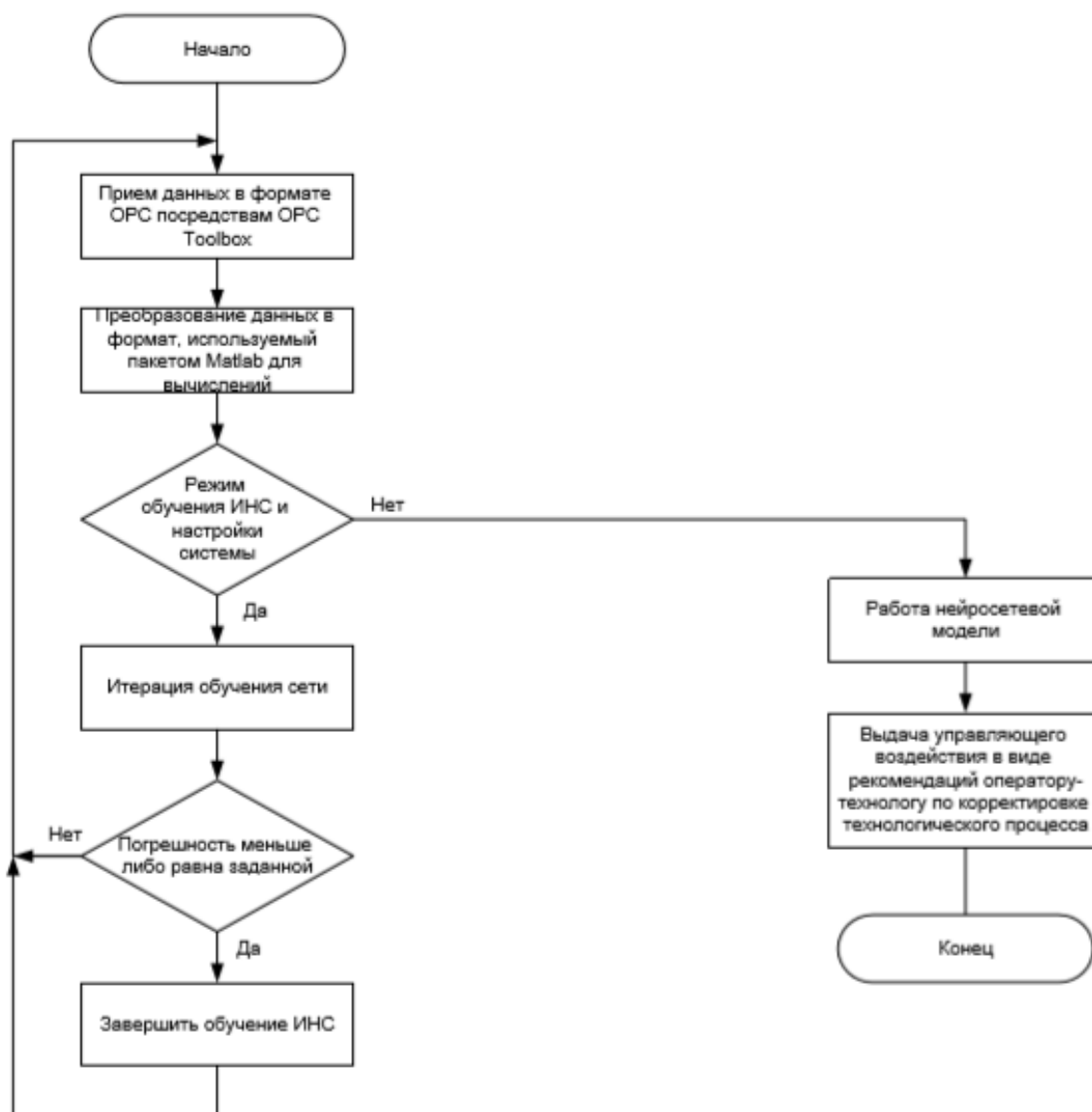


Рисунок 6. 7. - Алгоритм работы HCM

Для адекватного обучения НС необходимо не менее 100 выборок, еще около 100 выборок необходимо для проверки точности получаемых результатов, т.е. качества обучения сети. При этом стоит помнить, что сеть возможно как недоучить, так и переучить, подав на нее слишком большое количество обучающих векторов. После того, как сеть обучена можно подать на ее вход вектора данных для расчета. После получения оценки о влажности муки Matlab отправит данные на АРМ оператора, где помимо вывода данной оценки проводится ее анализ и формируются рекомендации оператору-технологу.

Алгоритм работы GATE.

Алгоритм работы GATE представлен на рис. 6.8. Во время функционирования разработанной системы программное обеспечение GATE по мере необходимости формирует SQL-запрос в СУБД для получения очередного вектора данных. Далее программа осуществляет проверку целостности данных и в случае обнаружения несоответствий в СУБД отправляется повторный запрос на получение желаемого вектора.

В случае же если проверка целостности пройдена, то данные преобразуются в формат OPC. Далее следует дополнительная проверка достоверности данных, прохождение которой позволяет осуществить передачу данных в пакет прикладных программ Matlab.

Если же преобразованные данные не прошли проверку на достоверность, программа повторно производит конвертирование в формат OPC. Это продолжается до тех пор, пока проверка не будет пройдена.

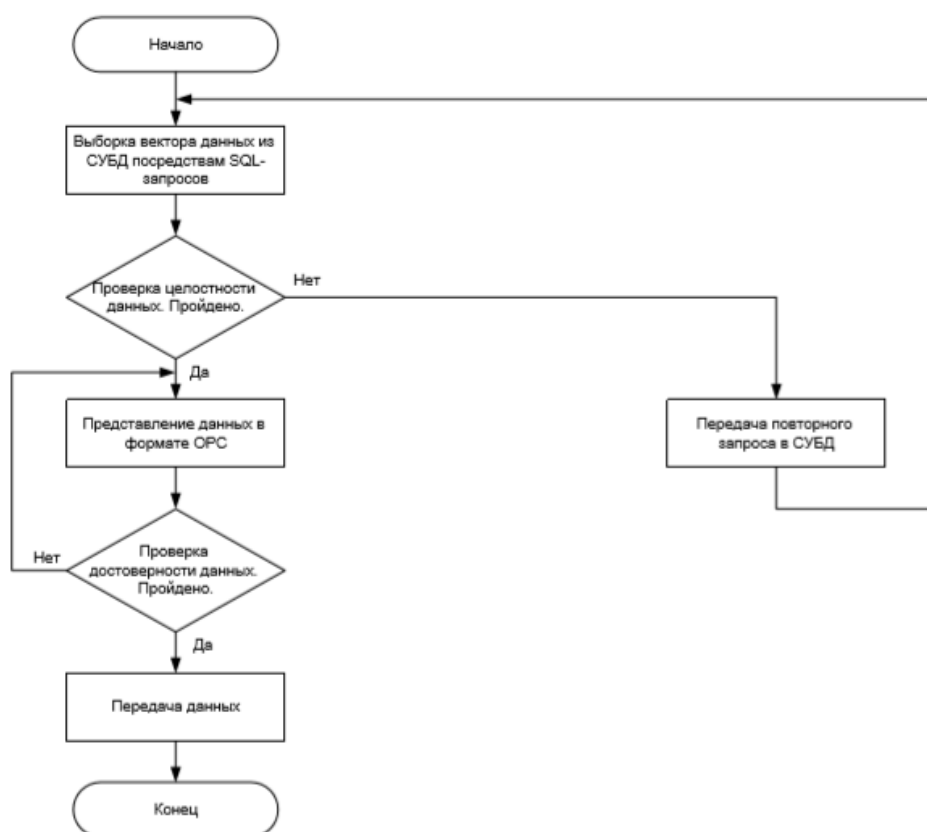


Рисунок. 6.8. - Алгоритм работы GATE

6.4. Структурная схема автоматизированной системы контроля цвета муки в процессе размола с использованием цифровой видеокамеры

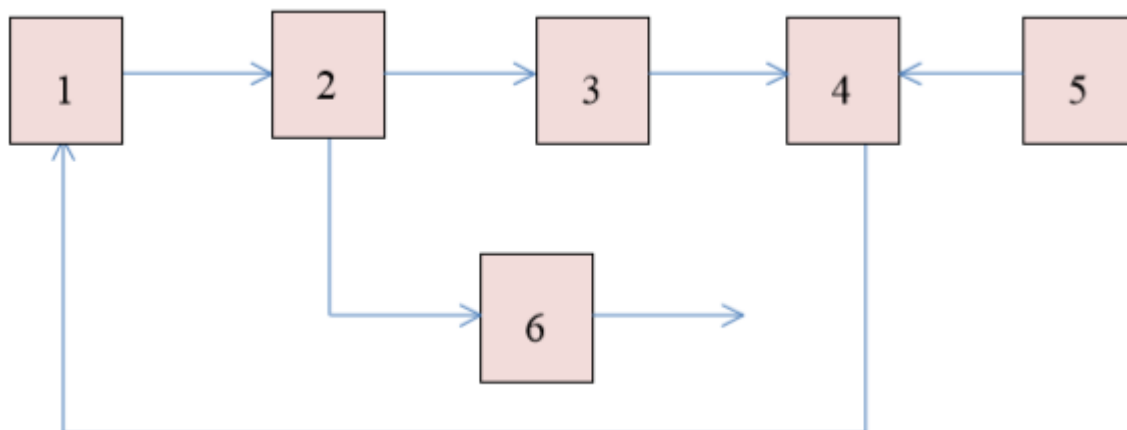


Рисунок 6.9. - Структурная схема системы автоматизации контроля цвета муки с использованием интеллектуальной цифровой видеокамеры.

1 – ТП размола; 2 – мука; 3 – цифровая видеокамера; 4 – интеллектуальная система принятия решения о цвете муки; 5 – база данных эталонных образцов различных сортов муки; 6 – транспортёр, передающий муку на дальнейшие операции.

Информация от цифровой видеокамеры 3 поступает на вход интеллектуальной системы 4 принятия решения о цвете муки, в которой проводятся следующие операции:

- обработка видеок кадров, поступающих на вход системы;
- сравнение видеок кадра с эталонным кадром-задатчиком 5, в котором представлена база данных эталонных образцов различных сортов муки;
- определение цвета муки по отклонению текущего параметра от эталонного значения;
- принятие решения о сорте муки.

6.5. Обобщенная функциональная схема автоматизированного контроля цвета муки в процессе размола с использованием цифровой видеокамеры

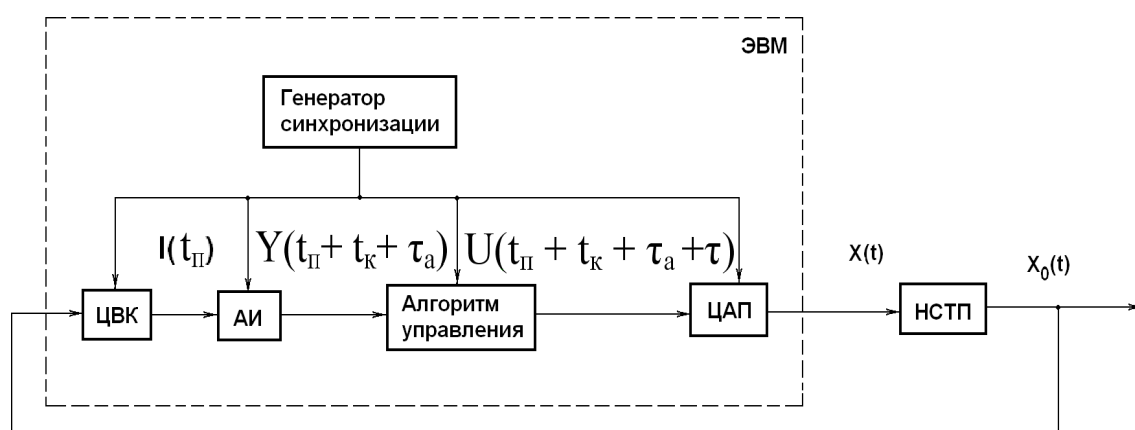


Рисунок 6.10. - Обобщенная функциональная схема автоматизированного контроля цвета муки с использованием цифровой видеокамеры

Функциональная схема позволяет выделить ряд особенностей системы автоматизации контроля цвета муки с использованием ЦВК. Во-первых, информация о поведении объекта поступает на ЭВМ лишь в дискретные моменты времени. Система контроля является разомкнутой. Во-вторых, для системы, содержащей ЦВК в составе ЭВМ, характерна последовательность выполнения операций обработки и передачи информации, и, как следствие, в рассматриваемой системе существуют временные запаздывания t_k , τ_a и τ . Время

запаздывания $t_k + \tau_a$ возникает в связи с получением изображения и проведением математической операции по его анализу. Эта операция осложняется тем, что анализировать приходится не линейный сигнал, а матрицу изображения, получаемого посредством ЦВК. В свою очередь, время запаздывания τ тратится на формирование блоком управляющей последовательности кадров для последующей передачи на блок ЦАП.

Из произведенной видеозаписи выбирается видеокادر, который математически обрабатывается, при этом определяются необходимые эталонные значения параметров цвета муки. Полученная информация заносится в БД. Во время рабочего режима размола каждый кадр проводимой видео съёмки, если имеется необходимость, может быть подвергнут математической обработке, с целью повышения четкости изображения границ визуальных объектов.

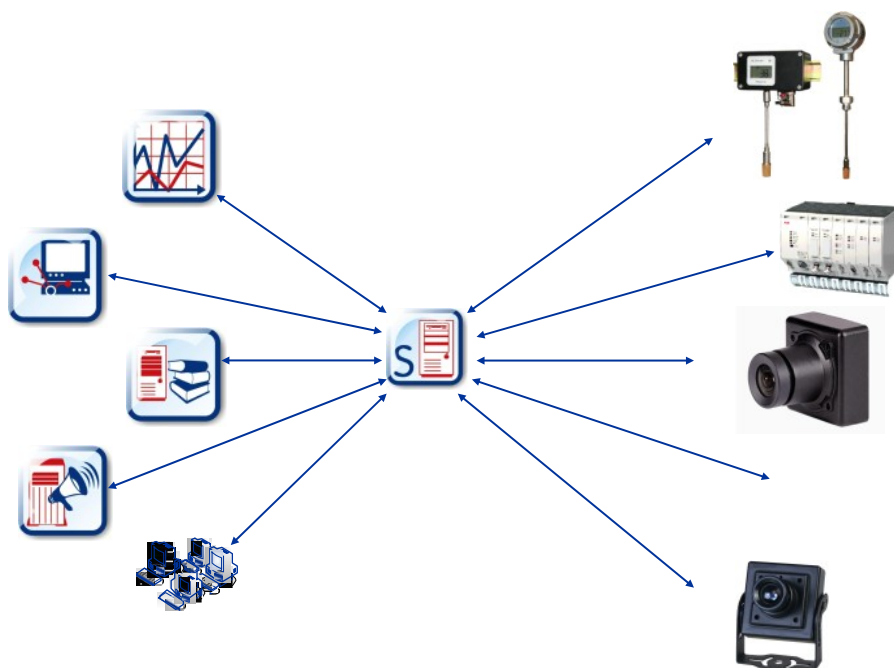


Рисунок. 6.11 - Схема включения ЦВК в единую сеть управления

6.6. Подбор технических средств для реализации программно-аппаратного комплекса контроля показателей качества муки

Основой разрабатываемой системы контроля является ПАК для определения показателей качества муки (рис.6.12.), поэтому объектом управления в данном случае выступает технологический процесс размола.

Как было описано ранее, линия размола отделения по производству муки, представляет собой некоторое количество взаимосвязанных агрегатов, действие которых направленно на преобразование определенного вида сырья с заданными начальными свойствами в конечный продукт заданного качества. Данные о ходе ТП размола собираются посредством датчиков (автоматическое измерение) и при помощи лабораторных анализов (ручные замеры).

Данные, измеряемые лабораторией, чаще всего включают в себя органолептические, физико-химические и структурно- механические показатели приготавливаемой массы на определенных стадиях технологического процесса, измеряемые с заданной дискретностью, а так же начальные данные сырья и полуфабрикатов. На основе лабораторных анализов принимается решение о соответствии готового продукта заданным требованиям качества. Эти данные не задействованы в процессе управления линией, но, опираясь на них, технологи или сотрудники лаборатории могут давать рекомендации оператору про извести корректировку некоторых режимных параметров машин и агрегатов.

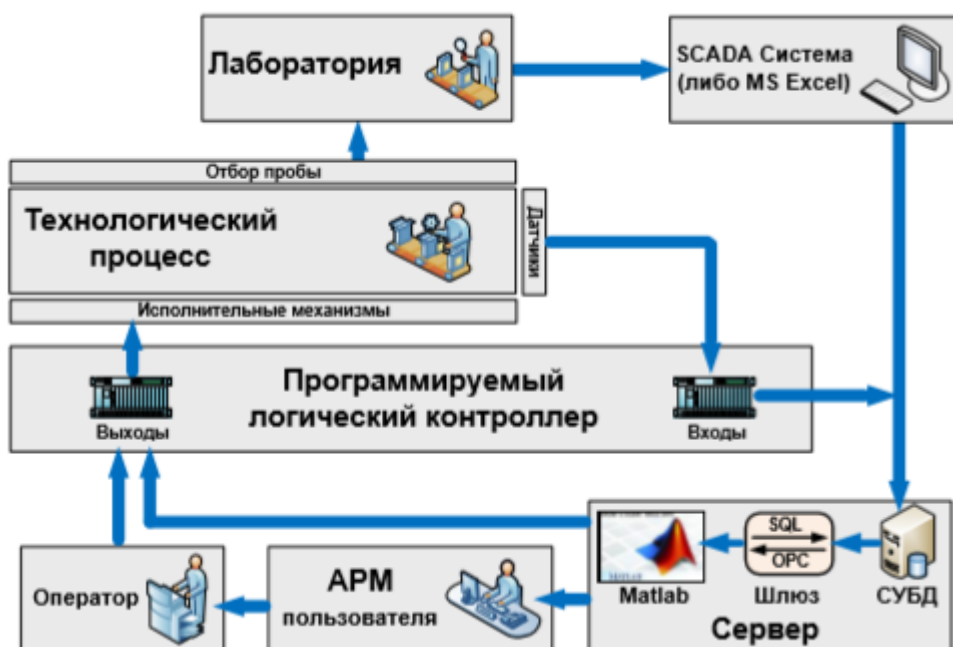


Рисунок 6.12. - Реализация ПАК

Так же сотрудники лаборатории с заданной дискретностью проводят замер физических параметров ручными приборами для того, чтобы подтвер-

дить достоверность данных, поступающих в автоматизированную систему контроля.

Контроллер. Являясь центром и основой автоматизированной системы контроля и управления, программный логический контроллер [74] представляет собой устройство, в котором реализована логика работы всей технологической линии размольного отделения, включающего определенное количество используемых в данном отделении машин и агрегатов. Опираясь на данные о технологическом процессе, полученные в результате автоматических измерений параметров протекания ТП, а так же команды операторов линии, задаваемые при помощи средств человеко-машинного интерфейса, контроллер осуществляет управление работой оборудования выдавая выходные сигналы на исполнительные механизмы и регулирующие органы в соответствии с заложенной в нем программой по заданному алгоритму. Снабженный коммуникационным процессором контроллер способен обеспечивать передачу информации в различные информационные локальные сети, в том числе и Ethernet по протоколу TCP/IP.

Для практического построения разработанной системы был выбран контроллер Simatic S7-300 фирмы Siemens - это модульный программируемый контроллер, предназначенный для построения систем автоматизации низкой и средней степени сложности. Модульная конструкция, работа с естественным охлаждением, возможность применения структур локального и распределенного ввода-вывода, широкие коммуникационные возможности, множество функций, поддерживаемых на уровне операционной системы, удобство эксплуатации и обслуживания обеспечивают возможность получения рентабельных решений для построения систем автоматического управления в различных областях промышленного производства.

В данном случае, помимо модулей входов-выходов, необходимых для нормального функционирования технологической линии, в состав контроллера необходимо включить коммуникационный процессор Simatic CP

Lean, осуществляющий доступ к информации о работе линии,

хранящейся внутри контроллера по сети Ethernet TCP/IP.

CP 343-1 Lean оснащен встроенным микропроцессором и обеспечивает независимую передачу данных через Industrial Ethernet с использованием стандартных транспортных уровней. Он способен работать в комбинированном режиме, обеспечивая одновременную поддержку транспортных протоколов TCP/IP и UDP.

SCADA-система (Supervisory Control And Data Acquisition- централизован- ный контроль и сбор данных) - система предназначенная для ручного ввода данных, полученных лабораторией во время проведения ручных замеров, а так же показателей качества сырья и полуфабрикатов, используемых в техно- логическом процессе [79]. Устройство человеко-машинного интерфейса, на котором реализована SCADA-система (в данном случае это персональный компьютер) должно быть снабжено сетевой картой, при помощи которой вве- денные данные по сети Ethernet передаются в следующий элемент структур ной схемы – СУБД.

В качестве SCADA-системы для построения данной системы был выбран программный продукт Simatic WinCC (Windows Control Center) реализованный на персональном компьютере достаточной мощности и имеющем в своем составе сетевую карту Gigabit Ethernet. Simatic WinCC - это компьютерная система человеко-машинного интерфейса, работающая под управлением операционных систем Windows 2000/XP/Wista/7 и предоставляющая широкие функциональные возможности для построения систем управления различного назначения.

Базовая конфигурация системы включает в свой состав набор функций, позволяющих выполнять управляемую сигнализацию, архивирование результатов измерений, регистрировать технологические данные и параметры настройки конфигурации, функции управления и визуализации.

С помощью встроенных ANSI-C компилятора и VisualBasic-script может быть реализован целый ряд функций: от простейших операций до полного доступа к системным функциям SIMATIC WinCC. Кроме того, базовая система

может дополняться опциональными пакетами WinCC и WinCC Add-ons.

Как уже было обозначено ранее в данном проекте SCADA-система предназначена для ввода данных, полученных лабораторией, в СУБД и представляет собой интерфейс пользователя с реализацией необходимых функций ввода и передачи информации.

СУБД (Система Управления Базой Данных) – программный продукт, реализованный на серверном компьютере. СУБД принимает данные о ходе технологического процесса от контроллера и данные о качестве сырья, полуфабрикатов и готового продукта, полученные лабораторией, и осуществляет их структурированное хранение.

В качестве СУБД в данной системе была выбрана MS SQL SERVER, с которой легко осуществить взаимодействие, как программного логического контроллера, так и SCADA-системы WinCC.

MS SQL SERVER - система управления реляционными базами данных (СУБД), разработанная корпорацией Microsoft. Основным используемый язык запросов — Transact-SQL, создан совместно Microsoft и Sybase. Transact-SQL является реализацией стандарта ANSI/ISO по структурированному языку запросов (SQL) с расширениями.

Язык запросов Transact-SQL (сокращённо T-SQL) – версия языка SQL , являющаяся реализацией SQL-92 (стандарт ISO для SQL) с множественными расширениями. T-SQL позволяет использовать дополнительный синтаксис для хранимых процедур и обеспечивает поддержку транзакций (взаимодействие базы данных с управляющим приложением). Microsoft SQL Server и Sybase ASE для взаимодействия с сетью используют протокол уровня приложения под названием Tabular Data Stream (TDS, протокол передачи табличных данных).

Server 2005 обеспечивает возможность подключения пользователей через веб- сервисы, использующие протокол SOAP. Это позволяет клиентским программам, не предназначенным для Windows, кроссплатформенно соединяться с SQL Server. Microsoft также выпустила

сертифицированный драйвер JDBC, позволяющий приложениям под управлением Java (таким как BEA и IBM WebSphere) соединяться с Microsoft SQL Server 2000 и 2005.

SQL Server поддерживает зеркалирование и кластеризацию баз данных. Кластер сервера SQL — это совокупность одинаково конфигурированных серверов. Такая схема помогает распределить рабочую нагрузку между несколькими серверами. Все сервера имеют одно виртуальное имя, и данные распределяются по IP адресам машин кластера в течение рабочего цикла. Также в случае отказа или сбоя на одном из серверов кластера доступен автоматический перенос нагрузки на другой сервер.

SQL Server поддерживает избыточное дублирование данных по трем сценариям:

- Снимок: Производится «снимок» базы данных, который сервер отправляет получателям.
- История изменений: Все изменения базы данных непрерывно передаются пользователям.
- Синхронизация с другими серверами: Базы данных нескольких серверов синхронизируются между собой. Изменения всех баз данных происходят независимо друг от друга на каждом сервере, а при синхронизации происходит сверка данных. Данный тип дублирования предусматривает возможность разрешения противоречий между БД.

В SQL Server 2005 встроена поддержка .NET Framework. Благодаря этому, хранимые процедуры БД могут быть написаны на любом языке платформы.

GATE – (шлюз) – программный продукт, обеспечивающий выборку необходимых данных из СУБД по средствам SQL-запросов и предоставление их следующему элементу комплекса – Matlab. В задачи GATE так же входит проверка целостности полученных из базы данных, а так же преобразование их в формат OPC с последующим контролем достоверности полученной информации.

Matlab (сокращение от англ. «*Matrix Laboratory*») — пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений, а так же интерактивная среда разработки алгоритмов и современный инструмент анализа данных. MATLAB представляет собой основу всего семейства продуктов MathWorks и является главным инструментом для решения широкого спектра научных и прикладных задач, в различных областях.

В состав пакета входит инструмент для синтеза, обучения и анализа НС (Neural Network Toolbox). При помощи данного инструмента была создана НС вида «многослойный персептрон», которая в дальнейшем была обучена по методу обратного распространения ошибки для возможности исполнения своих функций в данной системе. Задачей этой искусственной НС является получение с определенной дискретностью данных из СУБД и преобразование их в данные о вкусовых качествах приготовленного продукта. При этом, поскольку и СУБД и Matlab функционируют на отдельных ПВМ, то задача хранения и обработки данных, и произведения расчетов и вычислений становятся разделенными, что позволяет существенно снизить время, затраченное на расчеты.

Необходимо так же отметить, что разработанная система могла быть реализована также на базе программного логического контроллера, однако, работа таковой системы занимала бы значительное количество времени и отнимала бы большее количество ресурсов контроллера, что несомненно привело бы к нестабильности ее работы в целом.

Автоматизированное рабочее место (АРМ) — программно-технический комплекс, предназначенный для автоматизации деятельности определенного вида. При разработке АРМ для получения данных об основных показателях качества приготовляемой муки: влажности и цвете была использована SCADA-система Simatic WinCC 2007.

АРМ является, пожалуй, одним из самых важных элементов комплекса. Оно предназначено для вывода показателей влажности и цвета приготовляемой муки, а так же для определения действий оператора в случае необходи

мости принятия запрограммированного круга решений и вывода данных операций на экран в удобной форме. При этом, SCADA-система технолога и программа для вывода результатов могут располагаться на одной и той же рабочей станции.

Средства конвертирования протоколов.

Наиболее широко применяемым средством обмена данными между программным обеспечением различных производителей является открытый протокол OPC. В качестве конвертера протоколов было выбрано специализированное программное обеспечение, позволяющее без потери производительности преобразовывать информацию, полученную при помощи прямых SQL запросов к базе данных в данные формата OPC.

Средства нейросетевого моделирования .

В качестве средства нейросетевого моделирования был выбран пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений, а так же интерактивная среда разработки алгоритмов и современный инструмент анализа данных Matlab. В состав пакета входит инструмент для синтеза, обучения и анализа НС Neural Network Toolbox. При помощи этого инструмента реализуется интеллектуальный модуль ПАК, позволяющий осуществить разработку и функционирование НСМ типа многослойный персептрон, которая является ключевым элементом для автоматического контроля вкуса шоколадных изделий.

Средства отображения информации.

Результаты полученные с помощью работы НСМ представляют набор последовательностей данных и не вызывают у пользователя никакого интереса. Для представления рассчитанной информации в удобном и понятном виде используется средства человеко-машинного интерфейса в виде SCADA-системы.

Устройства управления.

Устройствами, осуществляющими выдачу управляющих воздействий на исполнительные механизмы технологической линии, являются модули

вывода программируемых логических контроллеров. Информационный сигнал, поступающий от интеллектуального модуля нейросетевого моделирования, обрабатывается программой контроллера, вследствие чего выдается управляющее воздействие на конкретный исполнительный механизм и тем самым происходит корректировка технологического процесса в соответствии с рассчитанными данными.

Наряду с таким видом управления, возможна реализация более прозрачного, с точки зрения оператора, вида воздействия на технологический процесс. Информация о показателях качества муки - готового изделия с помощью интерфейса пользователя становится доступной оператору линии как совокупность рекомендаций, следуя которым, оператор имеет возможность вмешаться в технологический процесс посредством человеко-машинного интерфейса с панели оператора, расположенной непосредственно на технологическом оборудовании.

Универсальность разработанной структуры и подобранные под нее технические средства автоматизации позволяют использовать разработанный ПАК для автоматического контроля показателей качества других продуктов питания. Для этого потребуется проведение ряда экспериментальных работ по адаптации НСМ под конкретный вид продукции.

6.7. Выводы по 6 главе

В шестой главе в общем виде разработан алгоритм ПАК АСК показателей качества муки в процессе размола, описана структура этой системы. Разработаны подробные алгоритмы работы каждого из элементов этой структуры в отдельности.

Разработаны интерфейсы пользователя для ввода данных в систему и аналитической обработки полученных результатов.

Ввод измеренных значений в лаборатории, а также вывод результатов работы НСМ реализованы с помощью разработанного человеко-машинного

интерфейса. Средством разработки послужила SCADA-система, и как альтернативный, более бюджетный вариант формы MS Excel с поддержкой языка программирования VBA. Согласование функций, которые должна выполнять программа, было проведено с эксплуатационным персоналом.

Также разработана структурная схема АСК цвета муки в процессе размола с использованием в качестве интеллектуального датчика цифровой видеокамеры.

Предложена функциональная схема АСК контроля цвета муки в процессе размола с использованием цифровой видеокамеры.

Для физической реализации разработанной структуры ПАК АСК показателей качества муки осуществлен подбор комплекса технических средств, позволяющих реализовать все описанные функции применительно к размольной линии по производству пшеничной муки. Даны рекомендации по их подбору.

ПАК условно можно разделить на 3 блока:

- блоки ввода и обработки данных (АРМ лаборанта; датчики и контроллеры, автоматически снимающие показания в ходе технологического процесса);
- нейросетевой блок (АРМ оператора, состоящего из промышленного персонального компьютера с установленным ПП MatLab Neural Toolbox);
- блок анализа результатов (АРМ оператора, сервер, рабочее место руководящего персонала).

Проведена интеграция виртуального датчика влажности и интеллектуального датчика (ЦВК) цвета в структуру ПАК АСК. Представленная интегрированная структура ПАК АСК показателей качества муки позволяет реализовать функции присущие АСУ ТП и обеспечивает получение данных о влажности и цвете муки в режиме реального времени.

Разработанный комплекс программно-технических средств является универсальным и может быть адаптирован под измерение других технологических параметров различных техпроцессов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

- Проведен анализ современного состояния исследований по автоматизации контроля ТП производства муки. Представлена характеристика стадий и материальных потоков при производстве муки. Исследована и проанализирована линия производства полбяной муки как объект автоматизации.

- Разработана и проанализирована граф-модель реализации исследуемых ТП размола при производстве муки. Проведена оценка поточности и прогрессивности структуры исследуемого процесса размола.

- Разработаны: функционально-структурная схема, характеристическая и структурная модели ТП размола с оценкой влияния факторов промежуточных операций, состояния исходного сырья на качество производимой муки в процессе размола.

- Разработана обобщенная схема последовательности этапов подготовки изучаемого процесса к стабилизации и автоматизации.

- Проведено комплексное экспериментальное исследование наиболее важных для размола процессов производства муки, позволившее:

- разработать параметрические модели контроля качества процессов зерноочистки и размола;

- осуществить структурно – параметрическое моделирование ТП зерноочистки и размола;

- разработать математические модели контроля качества ТП зерноочистки и размола;

- определить и обосновать основные параметры (режимные и технологические), оказывающие наибольшее влияние на ТП размола.

- Выбраны и обоснованы для эффективного ведения процесса размола наиболее информативные технологические параметры контроля качества: влажность и цвет муки, которые необходимо определять непрерывно в ходе ТП размола.

- Систематизированы и обоснованы решения проблемы автоматизации контроля влажности и цвета муки с применением интеллектуальных технологий.

- Проведен анализ, обобщение и систематизация направлений использования аппарата НС в различных отраслях (пищевой) промышленности. Обоснованы наиболее перспективные направления автоматизации контроля влажности на основе применения аппарата искусственных НС. Сформулированы предложения для обеспечения широкого использования аппарата искусственных НС.

- Разработаны методологические основы создания АСК показателей качества муки.

- Проведены экспериментальные исследования и проанализированы ТП производства муки (на примере линии по производству пшеничной муки). На основе исследования экспериментальных данных разработан классификатор измеряемых в процессе размола муки параметров с точки зрения способов обработки информации.

- Сформулирована математическая постановка задачи автоматизации контроля влажности муки.

- Разработана и оптимизирована НСМ принятия решений о влажности муки в процессе размола в условиях последовательной и параллельной обработки данных от произвольного числа информационных источников и влияния неопределенности.

- Разработано алгоритмическое и математическое обеспечение задачи автоматизации контроля влажности муки.

- Разработан и апробирован метод автоматического контроля влажности муки, основанный на работе НСМ.

- Разработан и апробирован способ автоматического контроля влажности муки в потоке, основанный на внедрении в АСК технологическим процессом виртуального датчика, построенного на алгоритмах ИНС.

- Разработана нейросетевая модель процесса размола муки.

- На основе нейросетевых алгоритмов разработан и апробирован виртуальный датчик автоматического контроля влажности муки в процессе размола.

- Даны рекомендации по применению разработанного способа для построения системы регулирования влажности в процессе размола для приготовления муки.

- Выполнен анализ и обоснована возможность использования цифровой видеокамеры (ЦВК) в качестве интеллектуального датчика для АСК цвета муки.

- Разработана математическая модель АСК цвета муки с использованием эталонного видеокadra в качестве задатчика в программной среде MATLAB.

- Разработаны алгоритмы: 1) получения первичной информации из исходного цветного изображения видеокadra; 2) принятия решений для определения сорта муки на основе анализа видеоизображения.

- Разработана схема АСК цвета муки с использованием ЦВК в качестве интеллектуального датчика.

- Предложен способ контроля цвета муки с применением цифровой видеокамеры в качестве интеллектуального датчика.

- Спроектирована структура ПАК для автоматизации контроля показателей качества муки: влажности и цвета. Проведена экспериментальная проверка результатов исследования на экспериментальном и промышленном оборудовании линии по производству пшеничной муки высшего сорта.

- На базе современного программного и аппаратного обеспечения разработаны технические решения и практические рекомендации по функционированию ПАК АСК показателей качества муки в автоматическом режиме.

- В результате проведения исследований будет показана возможность осуществления автоматического контроля основных показателей качества крупы и муки в поточной линии переработки полбы с последующим внедрением в мини-завод ООО «Полба – М» города Буинск.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

АК – автоматический контроль

АРМ – автоматизированное рабочее место

АСУ ТП – автоматизированная система управления технологическим процессом

ИНС – искусственные нейронные сети

ЛВС – локальная вычислительная сеть

НС – нейронная сеть

НСМ – нейросетевая модель

ПАК – программно-аппаратный комплекс

ПЛК – программируемый логический контроллер

ПО – программное обеспечение

СУ - система управления

СУБД – система управления базами данных

ТП - технологический процесс

ЦВК – цифровая видеокамера

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ РАБОТЫ

Штягин С.Н. / Анализ предложенных путей совершенствования технологий послеуборочной обработки зерна / С.Н. Штягин, Р.А. Сабиров // АГРОИНЖЕНЕРНАЯ НАУКА XXI ВЕКА, Издательство: Казанский государственный аграрный университет, 2018 г. 290-295 с.;

Штягин С.Н. / Обзор существующих систем освещения при производстве продукции растениеводства в условиях защищенного грунта / С.Н. Штягин, Р.А. Сабиров // АГРОИНЖЕНЕРНАЯ НАУКА XXI ВЕКА, Издательство: Казанский государственный аграрный университет, 2018 г. 212-217 с.;

Статья «Обзор существующих технических средств послеуборочной обработки зерновых культур на примере полбы» (находиться в печати);

Статья в соавторстве с Сабировым Р.А. «Энергосберегающие технологии при производстве продукции растениеводства в условиях защищённого грунта» (находиться в печати);

Статья в соавторстве с Сабировым Р.А. «Применение фитоламп в условиях защищённого грунта» (находиться в печати).

ПРИЛОЖЕНИЯ



2019



МИНИСТЕРСТВО
ПО ДЕЛАМ
МОЛОДЕЖИ РТ
ТР ЯШЛАР ЭШЛАРЕ
МИНИСТРАЛЫГЫ



РЕГИОНАЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ РТ

СЕРТИФИКАТ УЧАСТНИКА
КОНКУРСА
ЛУЧШИЙ МОЛОДОЙ УЧЕНЫЙ
Республики Татарстан

В НАПРАВЛЕНИИ «ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ»
КАТЕГОРИЯ: АСПИРАНТЫ

Штягин Сергей Николаевич

Казанский Национальный Исследовательский Технологический Университет

Председатель исполкома Движения
молодых ученых и специалистов РТ

Ю. Р. Кареева

г. Казань

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адилов Р. М. Исследование и разработка методов анализа многоградиционных растровых изображений в системах технического зрения: Дис.канд. техн. наук : 05 13.17/ Пенза, 2005.
2. Ануфриев И., Смирнов А., Смирнова Е. MATLAB 7.0 в подлиннике – Новая техническая книга, 2005.
3. Андреев Е. SCADA-системы: взгляд изнутри – М.: Москва, 2004.
4. Барский, А. Б. Нейронные сети: распознавание, управление, принятие решений [Текст] / А. Б. Барский. — М. : Финансы и статистика, 2004. 176 с. — ISBN 5-279-02757-X.
5. Барцев, С.И. Адаптивные сети обработки информации [Текст] / С. И. Барцев, В. А. Охонин. — Красноярск: Ин-т физики СО АН СССР, 1986. -64 с.
6. Бегунов А.А. Метрологическое обеспечение производства пищевой продукции. – СПб.: МП издатель, 1992.
7. Берестнев Е.В., Петриченко В.Е., Новицкий В.О. Рекомендации по организации и ведению технологического процесса на мукомольных предприятиях. – М.: ДеЛи принт, 2008. –176 с
8. Боровиков, В. В. Нейронные сети. STATISTICA Neural Networks. Методология и технологии современного анализа данных/ В. В. Боровиков. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Горячая линия - Телеком, 2008. — 288 с.
9. Буряк Д. Ю. Метод автоматизированного конструирования процедур анализа изображений с использованием генетических алгоритмов: Дис.... канд. физ.-мат. наук: 05.13.11/ М., 2004
10. Ватанабе С. Разложение Карунена-Лоэва и факторный анализ. Теория и приложение. // Автоматический анализ сложных изображений. – М.: Мир, 1969. – с. 254-275.
11. Волчихин, В. И. Основы обучения искусственных нейронных сетей: учеб. пособие / В. И. Волчихин, А. И. Иванов ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Пенз. гос. ун-т. — Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2004.

— 112с.

12. Вороновский, Г. К. Генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети и проблемы виртуальной реальности : монография / Г. К. Вороновский — Харьков : Основа, 1997. — 111 с.

13. Втюрин, В. А. Автоматизированные системы управления технологическими процессами. Основы АСУТП : учеб. пособие / В. А. Втюрин. — СПб: СПбГЛТА, 2006. — 152с.

14. Галушкин, А. И. Нейронные сети: основы теории: монография / А. И. Галушкин. — М. : Горячая линия - Телеком, 2012. — 496 с.

15. Галушкин А.И. Теория нейронных сетей. Книга 1. — М.: ИПРЖР, 2000.- 147 с.

16. Гилл Ф., Мюррей У., Райт М. Практическая оптимизация. — М.: Мир, 1985. - 509 с.

17. Гитис Л.Х. Кластерный анализ в задачах классификации, оптимизации и прогнозирования. — М.: Издательство Московского государственного университета, 2001. — 104 с.

18. Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB. — М.: "Техносфера", 2006. — 616 с.

19. Горбань А.Н. Обучение нейронных сетей. — М.: СП "ParaGraph", 1990.

20. Горбань, А. Н. Нейроинформатика: кто мы, куда мы идем, как путь наш измерить / А. Н. Горбань // Вычислительные технологии. Машиностроение. — 2000. — № 4 — С. 10-14.

21. Горбань, А. Н. Нейронные сети на персональном компьютере / А. Н. Горбань, Д. А. Россиев. — Новосибирск : Наука : Сиб. изд. фирма, 1996. — 270 с.

22. Гришин В.Г. Образный анализ экспериментальных данных. — М.: Наука, 1982

23. ГОСТ Р ИСО 3972-2005 «Органолептический анализ. Методология. Метод исследования вкусовой чувствительности».

24. ГОСТ 12183-66 Мука ржано-пшеничная и пшенично-ржаная обойная

хлебопекарная. Технические условия

25. Даваев Е.В. Интеллектуальная система видеонаблюдения ВидеоIQ7. - "Грани безопасности". – № 6 (42), 2006. – с. 76-80. Денисенко В.В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием. – М.: Горячая линия-телеком, 2009.

26. Деркачев, А. Н. Нейросетевое моделирование процессов многомерной классификации объектов с разнородными признаками: дис канд. техн.

наук: 05.13.11 / Деркачев Александр Николаевич. — Воронеж, 2006. — 128 с.

27. Дикий Б.Ф. Автоматический контроль состава и свойств пищевых продуктов – М.: Пищевая промышленность, 1968. – 218 с.

28. Джонсон М., Лион Ф. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. – М.: Мир, 1980. – 510 с.

29. Донской, Д. А. Моделирование искусственных нейронных сетей в системе MATLAB. Часть 2. Линейные сети: метод. указания к выполнению лабораторных работ / Д. А. Донской [и др.]. — Пенза: Пензенский гос. ун-т, 2005. — 33 с.

30. Донской, Д. А. Моделирование искусственных нейронных сетей в системе MATLAB. Часть 3. Радиальные базисные сети: метод. указания к выполнению лабораторных работ / Д. А. Донской [и др.]. — Пенза : Пензенский гос. ун-т, 2005. — 63 с.

31. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления: Перевод с английского – Лаборатория базовых знаний, 2002.

32. Дубровский С. А., Гольдштейн Э. С., Мизин В. Г., Коршунов О. А. Факторный анализ в описании технологических процессов // Статистика качества продукции. – М.: Наука, 1973. – с. 175 – 184.

33. Дьяконов, В. П. Matlab 5.3.1 с пакетами расширений: монография / В. П. Дьяконов, И. В. Абраменкова, В. В. Круглов; под ред. В. П. Дьяконова Нолидж, 2001.

34. Дьяконов, В. П. MATLAB 6.5 SP1/7/7 SP2 + Simulink 5/6. Инструменты

искусственного интеллекта и биоинформатики./ В. П. Дьяконов, В. В. Круглов ; Серия «Библиотека профессионала». — М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2009. — 456 с.

35. Дьяконов В., Круглов В. Математические пакеты расширения MATLAB. Специальный справочник. – СПб: Питер. 2001. – 480 с.

36. Жукарев В.А. Микропроцессоры и некоторые возможности их применения в измерительной технике // Труды МЭИ. - Вып. 322. – Информационно-измерительная техника.: 24-30. - М.: МЭИ, 1977.

37. Заенцев, И. В. Нейронные сети: основные модели / И. В. Заенцев — Воронеж, 1999. — 76 с.

38. Захалев А. И., Панов Д. П. Контроль технологических процессов с применением метода главных компонент в микропроцессорных системах управления. // Конференция “Микропроцессорные системы управления технологическими процессами в гибких автоматизированных производствах”. Тез. Докл. – М., 1985. – с. 26 – 27.

39. Иванов, Я. В. Математическое и алгоритмическое обеспечение автоматизации процесса формования кондитерских масс с использованием цифровой видеосъемки: дис канд. техн. наук : 05.13.06 / Иванов Яков Викторович. — М., 2008. — 179с.

40. Иглин С.П. Теория вероятностей и математическая статистика на базе MATLAB – Харьков: Издательство НТУ "ХПИ", 2006.

41. Ильченко В.Д. Методы исследования процессов и аппаратов пищевых производств. – Ростов-на-Дону.: ДГТУ, 1998.

42. Казакова И.Е. Моделирование технологического качества зерна методом факторного анализа // Известия Высших учебных заведений. Пищевая технология. 1975, № 3. – с. 88 – 90.

43. Калач А.В., Коренман Я.И., Нифталиев С.И. Искусственные нейронные сети – вчера, сегодня, завтра. Воронеж: ВГТА, 2002.

44. Калацкая, Л. В. Организация и обучение искусственных нейронных сетей: учеб. пособие / Л. В. Калацкая, В. А. Новиков, В. С. Садов . — Минск : БГУ, 2003. — 75 с.

45. Каллан Р. Основные концепции нейронных сетей. – М.: Издательский дом “Вильямс”, 2003. - 189 с.
46. Кантере В.М., Матисон В.А., Фоменко М.А. Сенсорный анализ продуктов питания. – М.: Типография РАСХН, 2003.
47. Катралл Р.В. Химические сенсоры, М.: Научный мир, 2000.
48. Карпин Е.Б. Автоматизация технологических процессов пищевых производств – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
49. Ключев А.С., Глазов Б.В., Дубровский А.Х., Ключев А.А. Проектирование систем автоматизации технологических процессов – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 286 с.
50. Комашинский В.И., Смирнов Д.А. Нейронные сети и их применение в системах управления и связи – М.: Горячая линия-телеком, 2003. – 126 с.
51. Комашинский В.И., Смирнов Д.А. Введение нейро-информационные технологии – СПб.: Тема, 1999.- 98 с.
52. Кондрашов В., Королев С. Matlab как система программирования научно-технических расчетов – М.: Мир, 2002. - 254 с.
53. Кононов Н.К. Разработка методов получения и цифровой обработки рентгеновских изображений. – автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. – М.: Институт ядерных исследований РАН, 2006. – 27 с.
54. Коротнев В.Д., Винничек Л.Б., Кочетова Г.Н. и др. Организация и управление производством – М.: Колосс, 2005. – 316 с.
55. Круг, П.Г. Нейронные сети и нейрокомпьютеры: учеб. пособие / П. Г. Круг. — М.: Изд-во МЭИ, 2002. — 176 с.
56. Круглов, В. В. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети: учеб. пособие / В. В. Круглов, М. И. Дли, Р. Ю. Голунов. — М. : Физматлит, 2001. — 224 с.
57. Круглов В.В., Борисов Н.Н. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001. – 382 с.
58. Кулясов С. М. Математические методы преобразования изображений с

целью выравнивания освещенности и контрастирования слаборазличимых объектов: Дис канд. физ.-мат. наук: 05.13.17/ М., 2003.

59. Лазарев, В.М. Нейросети и нейрокомпьютеры: монография / В. М. Лазарев, А. П. Свиридов. — М. :МИРЭА, — 2011. — 131 с.

60. Логовский, А.С. Зарубежные нейропакеты: современное состояние и сравнительные характеристики / А. С. Логовский // Нейрокомпьютер. — 1998. — № 1-2. — С. 17—24.

61. Ляховец М.В., Огнев С.П., Шипунов М.В., Глазунов Е.А. Опыт внедрения системы теленаблюдения для контроля технологического цикла обогащения угля . — М.: БИНОМ. 2006. — 752 с.

62. Маслов, А. В. Структурно-механические характеристики пищевых продуктов: справочник / под ред. А.В. Горбатова. — М. : Легкая и пищевая промышленность, 1982. — 294 с. : ил. ; 20 см. — Библиогр.: с.268-286.

63. Матисон, В. А. Органолептический анализ продуктов питания: учебник / В. А. Матисон, Д. А. Еделев, В. М. Кантере, М. : Изд-во РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева, 2010. — 294 с.

64. Медведев, В. С. Нейронные сети MATLAB 6 / В. С. Медведев, В. Г. Потемкин. — М. : Диалог - МИФИ, 2002 . — 496 с.

65. Мелихов М. В. Разработка и исследование алгоритмического аппарата обработки видеоинформации, распознавания объектов и сцен в предопределенной ситуации: Дис канд. техн. наук: 05.13.01/ М., 2005.

66. Методы классической и современной теории автоматического управления. Т.1: Математические модели, динамические характеристики и анализ систем автоматического управления. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. — 656 с.

67. Методы компьютерной обработки изображений / Под ред. В.А. Сойфера. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. — 784 с.

68. Минский, М. Пейперт С. Перцептроны. — М.: Мир, 1971. — 264 с.

69. Митин, Г. П. Системы автоматизации с использованием программируемых логических контроллеров : учебн. пособие / Г. П. Митин, О. В. Хазанова.

— М. : ИЦ МГТУ "Станкин", 2005. — 136 с.

70. Мишель Ж. Программируемые контроллеры. Архитектура и применение./ Пер. с франц. И.В. Федотова; Под ред. Б.И. Лыткина. - М.: Машино-строение, 1992. - 320 с.

71. Наджафи М. М. Проекционный метод решения некоторых задач обработки и анализа изображений: Дис.... канд. физ.-мат. наук : 05.13.18. - М., 2004. – 148 с.

72. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Методическое пособие. Книга 1–СПб.: Деан, 2006.

73. Николаев, А.Б. Нейросетевые методы анализа и обработки данных: учеб. пособие / А. Б. Николаев, И. Б. Фоминых. — М. : МАДИ (ГТУ), 2003. — 95 с.

74. Николайчук О.И. Современные средства автоматизации. – М.: Солон-пресс, 2006. – 162 с.

75. Новицкий В.О. Исследование и моделирование сложных систем управления для зерновых и зерноперерабатывающих предприятий и компаний. Сборник научных трудов МПА: Вып. IX: Под ред. В.А.Бутковского.- М.: Троицкий мост, 2011.

76. Новицкий В.О. Исследование объектов и постановка задач управления для зерновых и зерноперерабатывающих компаний на основе методологии системного анализа. Сборник научных трудов XIII Международной науч.-практ. конф. Ч. 1. – СПб.: Изд-во Политехнич. ун-та, 2009.

77. Новицкий В.О. Модели и методы оптимального управления производством для зерновых и зерноперерабатывающих компаний. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. М.: МГУПП, 2010. – 162 с.

78. Новицкий В.О. Разработка банка математических моделей задач управления для зерноперерабатывающих предприятий. Сборник научных трудов XIII Международной науч.-практ. конф. Ч. 1. – СПб.: Изд-во Политехнич. ун-та, 2009.

79. Новицкий В.О. Системный подход к управлению на предприятиях и в компаниях по хранению и переработке зерна. Хлебопродукты.- 2009.-

№7, С.54-56.

80. Новицкий В.О. Современные методы и системы управления для зерновых и зерноперерабатывающих компаний в российских условиях. Материалы Первой международной конференции «Модернизация системы зернохранилищ России. Новые аспекты развития» / Международная промышленная академия, - М.: Пищепромиздат, 2011.

81. Об утверждении и введении в действие правил организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах. Приказ государственной комиссии Минсельхоза РФ по продовольствию и закупкам от 1 февраля 2001 года.

82. Олефирова, А. П. Идентификация пищевых продуктов (органолептическая оценка) при обязательной сертификации. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине "Сертификация пищевых продуктов"— Улан-Удэ : ВСГТУ, 2002. — 27 с.

83. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации = Sieci neuronowe do przetwarzania informacji (польск.) / Станислав Осовский ; пер. с пол. И. Д. Рудинского. — М. : Финансы и статистика, 2004 — 343 с. : ил.; 24 см. — ISBN 5-279-02567-4.

84. Олссон Г., Пиани Д. Цифровые системы автоматизации и управления —СПб.: Невский диалект, 2001.

85. Панищев В. С. Методы, высокопроизводительные алгоритмы и устройства обработки изображений с использованием нейроподобных структур: Дис. канд. техн. наук: 05.13.05 / Курск, 2005, 148 с.

86. Парр Э. Программируемые контроллеры. Руководство для инженера — М.: Бином. Лаборатория знаний, 2007. — 248 с. Петров И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и инструменты. — М.: Солон-Пресс, 2003.

87. Подлегаева, Т. В. Методы исследования свойств сырья и продуктов

питания : учеб. пособие / Т. В. Подлегаева, А. Ю. Просеков. — Кемерово : КемТИПП, 2004. — 101 с.

88. Пожарникова, Е. Н. Сенсорный анализ продовольственных товаров: курс лекций / Е. Н. Пожарникова, Н. А. Феоктистова, Д. А. Васильев. — Ульяновск : УГСХА, 2008. — 87 с.

89. Поршнев С.В. MATLAB 7. Основы работы и программирования. Учебник – М.: "Бином. Лаборатория знаний", 2006г.

90. Потемкин В.Г. Вычисления в среде MATLAB – М.: Диалог-МИФИ. 2004.

91. Потемкин В.Г. Система MATLAB. Справочное пособие – М.: Диалог-МИФИ, 1997.

92. Ребрин, Ю.И. Управление качеством : учеб. пособие / Ю. И. Ребрин. — Таганрог: ТРТУ, 2004. — 174 с.

93. Рейер И. А. Методы анализа формы изображений на основе непрерывно- го гранично-скелетного представления: Дис. ... канд. техн. наук: 05.13.11/ М., 2004. – 168 с.

94. Родина Т.Г., Вукс Г.А. Дегустационный анализ продуктов. – М.: Колос, 1994. – 128 с.

95. Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский ; пер. с пол. И. Д. Рудинского. — М. : Горячая линия - Телеком, 2008. — 383 с.

96. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы – М.: Горячая линия-телеком, 2006.

97. Селиванова, А. А. Сенсорометрический метод в оценке качества пищевых жиров и масел: дис. канд. хим. наук : 02.00.02 / Селиванова Анна Александровна. — Воронеж, 2011. — 137 с.

98. Серебренников, Л.А. Сравнительный анализ нейросетевых пакетов и место среды Signifiso среди них. Краткое описание среды / Л.А. Серебренников // Проблемы интеллектуализации и качества систем информатики: сб.

науч. тр. / Институт систем информатики имени А.П.Ершова СО РАН. — Новосибирск, 2006. — С. 192-206. — Библиогр.: с. 206.

99. Синенков Д. В. Методы и средства формообразования объектов изображения: Дис. канд. техн. наук: 05.13.17 / Н.Новгород, 2003

100. Сорокопуд, А. Ф. Технологические линии и специальное оборудование для производства пищевых продуктов: учеб. пособие для студ., обуч. по напр. 260600 "Пищевая инженерия" / А. Ф. Сорокопуд, С. Д. Руднев, В. В. Сорокопудэ. — Кемерово: КемТИПП, 2006. — 168 с.