С.С. ГУСЕВ

ГУСЕВ Сергей Сергеевич

В 2003 году окончил Обнинский Государственный Технический Университет Атомной Энергетики (филиал) Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ». В 2008 году окончил аспирантуру Института проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. В настоящее время является соискателем. Автор около 100 научных работ. Основные направления научных исследований: идентификация систем управления, теория управления сложными системами, математическое моделирование.

В монографии описывается процесс очистки оборудования на пищевом предприятии, который хоть и является вспомогательным технологическим процессом, однако крайне необходимо, особенно при производстве молока и кисломолочных продуктов, в котором она производится ежесуточно. Во время очистки останавливается основной процесс производства продукции, поэтому время на проведение очистки необходимо сокращать без потери качества очистки. В англоязычной литературе очистка без разбора оборудования, а именно такой тип очистки применяют на производстве, называется CIP – cleaning in place. В процессе подготовки чистящих жидкостей необходимо отслеживать многочисленные параметры процесса подготовки для сокращения времени подготовки и общей энергоэффективности процесса очистки оборудования на производстве.

В данной работе решалась задача разработки и внедрения автоматизированной системы управления очисткой трубопроводов на пищевом производстве ООО «Устюженский агропромышленный комбинат». На данном предприятии процесс очистки трубопровода производится путём пропускания через оборудование чистящих жидкостей без предварительного процесса разборки оборудования – метод CIP. На производстве уже существует система трубопровода для подготовки чистящих жидкостей, баки для хранения (выполнено из нержавеющей стали марки AISI-316L) и система пневмоventилей, однако процессом полностью управляет человек.

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОЧИСТКОЙ ТРУБОПРОВОДОВ НА ПИЩЕВОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ООО «УСТЮЖЕНСКИЙ АГРОПРОМЫШЛЕННЫЙ КОМБИНАТ»

С.С. ГУСЕВ

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОЧИСТКОЙ ТРУБОПРОВОДОВ НА ПИЩЕВОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ООО «УСТЮЖЕНСКИЙ АГРОПРОМЫШЛЕННЫЙ КОМБИНАТ»

МОНОГРАФИЯ

НАУЧНО-ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР
КРАСНОЯРСК, 2020

С.С. Гусев

**РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ОЧИСТКОЙ ТРУБОПРОВОДОВ НА ПИЩЕВОМ
ПРОИЗВОДСТВЕ ООО «УСТЮЖЕНСКИЙ
АГРОПРОМЫШЛЕННЫЙ КОМБИНАТ»**

Монография

Научно-инновационный центр
Красноярск, 2020

УДК 681.5:664.012.1:637.1
ББК 32.81+36.95
Г96

Рецензенты:

В.А. Левченко, канд. техн. наук, директор
(ООО Экспериментальный научно-исследовательский
и методический центр «Моделирующие Системы»,
г. Обнинск, Калужская область);

Е.Ф. Анисимов, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электротехника»
(ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет», Москва).

Г96 **Гусев, С.С.**
**Разработка и внедрение автоматизированной системы управления
очисткой трубопроводов на пищевом производстве ООО «Устюженский
агропромышленный комбинат»:** Монография / С.С. Гусев. Красноярск:
Научно-инновационный центр, 2020. – 170 с.

ISBN 978-5-907208-31-5

DOI: 10.12731/978-5-907208-31-5

В монографии описывается процесс очистки оборудования на пищевом предприятии, который хоть и является вспомогательным технологическим процессом, однако крайне необходимо, особенно при производстве молока и кисломолочных продуктов, в котором она производится ежедневно. Во время очистки останавливается основной процесс производства продукции, поэтому время на проведение очистки необходимо сокращать без потери качества очистки. В англоязычной литературе очистка без разбора оборудования, а именно такой тип очистки применяют на производстве, называется CIP – cleaning in place. В процессе подготовки чистящих жидкостей необходимо отслеживать многочисленные параметры процесса подготовки для сокращения времени подготовки и общей энергоэффективности процесса очистки оборудования на производстве.

В данной работе решалась задача разработки и внедрения автоматизированной системы управления очисткой трубопроводов на пищевом производстве ООО «Устюженский агропромышленный комбинат». На данном предприятии процесс очистки трубопровода производится путём пропускания через оборудование чистящих жидкостей без предварительного процесса разборки оборудования – метод CIP. На производстве уже существует система трубопровода для подготовки чистящих жидкостей, баки для хранения (выполнено из нержавеющей стали марки AISI-316L) и система пневмовентилей, однако процессом полностью управляет человек.

ISBN 978-5-907208-31-5

© Гусев С.С., 2020

© Оформление.

Научно-инновационный центр, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

Основные обозначения и сокращения	7
Введение	9
ГЛАВА I. ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ И ПРИНЦИПОВ ОЧИСТКИ ОБОРУДОВАНИЯ	11
1.1. Предприятие	11
1.2. Очистка оборудования	13
1.2.1. Проблематика	13
1.2.2. НАССР	15
1.2.2.1. Семь принципов НАССР	16
1.2.2.2. Среди внутренних выгод внедрения НАССР можно назвать следующие	17
1.2.3. Виды загрязнения на пищевом производстве	17
1.2.3.1. Загрязнения при нагреве молочных продуктов	18
1.2.3.2. Способы очистки	19
1.2.4. Предварительное ополаскивание водой	20
1.2.5. Мойка с применением моющих средств	20
1.2.5.1. Концентрация моющего раствора	22
1.2.5.2. Температура моющего раствора	22
1.2.5.3. Продолжительность мойки	22
1.2.5.4. Ополаскивание чистой водой	23
1.2.5.5. Дезинфекция	23
1.2.6. Оборудование для мойки ёмкостей	24
1.2.7. Контуры СР	26
1.2.8. Совместимые материалы системы СР	28
1.2.9. Программы систем СР	29
1.2.10. Проектирование систем СР	31
1.2.10.1. Централизованная СР	32
1.2.10.2. Децентрализованная СР	33
1.2.11. Контроль эффективности мойки	36
ГЛАВА II. ПРЕДПРОЕКТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ СР-МОЙКИ	38
2.1. Описание оборудования для очистки	38
2.2. Описание существующего алгоритма очистки	44
2.2.1. Подготовка чистящих жидкостей	44
2.2.2. Процесс очистки	45
2.3. Недостатки существующей системы очистки	47

ГЛАВА III. КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ЭТАП ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ	48
3.1. Цели создания системы	48
3.2. Пользователи системой	49
3.3. Функциональная схема	50
3.4. Структурная схема	51
ГЛАВА IV. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ	52
4.1. Исследование теплового баланса	52
4.1.1. Случай обычного алгоритма подготовки чистящих жидкостей	53
4.1.2. Случай адаптированного алгоритма подготовки чистящих жидкостей	56
4.1.3. Сравнение алгоритмов подготовки	57
4.1.4. Расчет реальной системы	57
ГЛАВА V. ТЕХНИЧЕСКИЙ ЭТАП ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ	60
5.1. Выбор компонентов системы аппаратного комплекса	60
5.1.1. Выбор промышленных сетей	63
5.1.2. Выбор ПЛК и систем распределенного ввода вывода	65
5.1.3. Выбор пневмоостровов	68
5.1.4. Выбор датчиков	71
5.1.4.1. Выбор датчиков температуры	72
5.1.4.2. Выбор датчиков концентрации	75
5.1.4.3. Выбор датчиков уровня	78
5.1.4.4. Выбор датчиков аварийного уровня	80
5.1.5. Выбор системы дозирования	81
5.2. Выбор компонентов системы программного комплекса	83
5.2.1. Выбор платформы для SCADA-системы	83
5.2.2. Человеко-машинный интерфейс	87
5.3. Проектирование схемы трубопровода	89
5.4. Проектирование алгоритма управляющей программы	90
ГЛАВА VI. ВЫБОР МЕТОДИЧЕСКОГО ПОДХОДА К ОЦЕНКЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ	91
6.1. Современное состояние развития экономики	91
6.2. Бизнес-структура развития предприятий	92
6.3. Надежность предприятия как основа формирования эффективной деятельности	99
6.4. Необходимость и возможность реализации процесса модернизации национальной экономики	103
6.4.1. Необходимость появления новых подходов	103

6.4.2. Эволюция экономики и образования России	105
6.4.3. Корпоративный подход в решении кадровой проблемы.....	108
6.5. Виртуализация социально-экономических процессов.....	110
6.6. Выводы	117
ГЛАВА VII. РАБОЧИЙ ЭТАП ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ.....	119
7.1. Описание среды программирования.....	119
7.2. Создание основной программы.....	120
7.2.1. Создание SFC секции	120
7.2.2. Создание LD секции	126
7.2.3. Программирование PID-регулятора	126
7.3. Создание подпрограммы-симулятора	128
7.4. Создание интерфейса панели оператора	131
7.5. Работа программы-симулятора	133
ГЛАВА VIII. ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	135
8.1. Организация и планирование процесса разработки.....	135
8.1.1. Расчет трудоемкости разработки технического задания	137
8.1.2. Расчет трудоемкости выполнения эскизного проекта.....	138
8.1.3. Расчет трудоемкости разработки технического проекта	138
8.1.4. Расчет трудоемкости разработки рабочего проекта.....	139
8.1.5. Расчет трудоемкости выполнения внедрения.....	140
8.1.6. Расчет суммарной трудоемкости	140
8.2. Определение стоимости разработки.....	142
8.2.1. Расчёт основной заработной платы.....	143
8.2.2. Расчёт дополнительной заработной платы.....	144
8.2.3. Отчисления на социальное страхование.....	144
8.2.4. Накладные расходы.....	144
8.2.5. Расходы на амортизацию оборудования и нематериальных активов.....	145
8.2.6. Результаты расчетов затрат на разработку программного продукта.....	145
8.3. Определение стоимости разработки системы.....	146
ГЛАВА IX. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА И ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ	147
9.1. Опасные и вредные факторы	147
9.1.1. Опасные и вредные факторы на производстве.....	148
9.1.2. Опасные и вредные факторы в диспетчерской	150
9.2. Расчет освещения в диспетчерской.....	156

9.2.1. Общие требования освещенности	156
9.2.2. Расчет освещенности	158
9.3. Экологическая безопасность	160
9.3.1. Внутренняя канализация	160
9.3.2. Условия приема сточных вод в канализационные сети	161
9.3.3. Удаление веществ из сточных вод	162
Заключение	165
Список литературы	166

ОСНОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ЧЖ – чистящие жидкости, применяемые для очистки элементов оборудования и трубопровода;

CIP – (Cleaning In Place) «очистка на месте», метод очистки оборудования и трубопровода без разбора и какого-либо демонтажа путём пропускания нагретых чистящих жидкостей;

НАССР – (Hazard Analysis and Critical Control Points) «анализ рисков и критические точки контроля», система управления безопасностью пищевой продукции и сертификации;

СДК – система диспетчерского контроля;

ПЛК – программируемый логический контроллер;

IDEF0 – (Integration Definition for Function Modeling) методология функционального моделирования и графическая нотация;

ARIS – (Architecture of Integrated Information Systems) методология и программный продукт для моделирования бизнес-процессов компании;

UML – (Universal Modeling Language) универсальный язык моделирования;

ККТ – критическая контрольная точка;

ПИД – пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор

APM – автоматизированное рабочее место;

PROFIBUS – (Process Field Bus) открытая промышленная сеть;

SCADA – (Supervisory Control And Data Acquisition) диспетчерское управление и сбор данных – программный пакет, предназначенный для разработки или обеспечения работы в реальном времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте мониторинга или управления;

ArchestrA – Системная платформа, которая предоставляет собой единую расширяемую платформу программного обеспечения для интеграции существующих систем SCADA, MES и EMI фирмы Invensys (Wonderware) в унифицированные решения оперативного управления;

TSE – терминальные сервисы;

FBD – язык функциональных блок-схем;

LD – язык лестничных диаграмм;

ST – язык структурного текста;

SFC – язык функциональных последовательных схем;

ПДК – предельно допустимые концентрации;

ПЭВМ – персональная электронно-вычислительная машина (компьютер).

ВВЕДЕНИЕ

Очистка оборудования на пищевом предприятии хоть и является вспомогательным технологическим процессом, однако крайне необходимо, особенно при производстве молока и кисломолочных продуктов, в котором она производится ежедневно. Во время очистки останавливается основной процесс производства продукции, поэтому время на проведение очистки необходимо сокращать без потери качества очистки. В англоязычной литературе очистка без разбора оборудования, а именно такой тип очистки применяют на производстве, называется CIP – cleaning in place. В процессе подготовки чистящих жидкостей необходимо отслеживать многочисленные параметры процесса подготовки для сокращения времени подготовки и общей энергоэффективности процесса очистки оборудования на производстве.

В данной работе решалась задача разработки и внедрения автоматизированной системы управления очисткой трубопроводов на пищевом производстве ООО «Устюженский агропромышленный комбинат». На данном предприятии процесс очистки трубопровода производится путём пропускания через оборудование чистящих жидкостей (ЧЖ) без предварительного процесса разборки оборудования, данный метод называется CIP – Cleaning In Place (англ. очистка на месте). На производстве уже существует система трубопровода для подготовки ЧЖ, баки для хранения (выполнено из нержавеющей стали марки AISI-316L) и система пневмовентилей, однако процессом полностью управляет человек, он управляет подготовкой ЧЖ, запускает с помощью кнопок и по программе насосы, управляет пневмовентильями и следит за параметрами жидкостей: температурой, концентрацией по индикаторам на блоке управления CIP. После подготовки ЧЖ, при первом пропускании их через трубопровод, происходит резкое уменьшение их температуры в результате того, что ЧЖ отдают свою тепловую энергию большой массе очищаемого оборудования. Восстановление температуры ЧЖ, во время пропускания их через очищаемый трубопровод, связано с увеличением времени

очистки и большими потерями тепла, связанными с большой поверхностью очищаемого трубопровода.

Цель данной работы – разработать автоматизированную систему управления подготовки и проведения очистки трубопровода и оборудования на производстве. В работе было выбрано необходимое оборудование: датчики для пищевых производств Endress+Hauser, ПЛК Schneider Modicon Premium TSX 57, систему управления пневмооборудованием – пневмоостров Festo. В системе 2 промышленных сети: Profibus и Industrial Ethernet. Используя программное обеспечение UnityPro была разработана управляющая программа. Для диспетчерского контроля и управления была выбрана системная платформа Wonderware System Platform 3.0 с системой визуализации InTouch. Проведённые исследования показали, что увеличение температуры подготовки воды на 18,5°C позволяет сократить время проведения очистки на 43.3 минуты, повысить энергоэффективность системы на 0.64 Гкал за один цикл прочистки. Для испытания управляющей программы была написана программа-симулятор очищаемого оборудования.

ГЛАВА I

ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ И ПРИНЦИПОВ ОЧИСТКИ ОБОРУДОВАНИЯ

1.1. Предприятие

Компания ООО «УСТЮЖЕНСКИЙ АГРОПРОМЫШЛЕННЫЙ КОМБИНАТ» находится в Вологодской области, город Устюжна и осуществляет следующие виды деятельности (в соответствии с кодами ОКВЭД, указанными при регистрации):

- ❖ Производство пищевых продуктов, включая напитки.
- ❖ Производство молочных продуктов.
- ❖ Переработка молока и производство сыра.

Компания работает в следующих отраслях промышленности (в соответствии с классификатором ОКОНХ):

- ❖ Промышленность.
- ❖ Пищевкусовая промышленность (без рыбной, мясной, масло-сыродельной и молочной промышленности).
- ❖ Мясная и молочная промышленность.
- ❖ Маслосыродельная и молочная промышленность.
- ❖ Маслодельная, сыродельная и молочная (без производства молочных консервов).

Компания зарегистрирована 2 сентября 1998 года регистратором: Межрайонная инспекция Министерства Российской Федерации по налогам и сборам №4 по Вологодской области. Организационная схема компании, выполненная в методологии ARIS и в программном обеспечении ARIS Express от IDS Scheer [1], представлена на рис. 1.

Компания, в своей деятельности, получает сырое молоко с фермерских хозяйств, перерабатывает его в молочные, кисломолочные и сырные продукты. Работа осуществляется 24 часа в сутки в 4 смены 365 дней в году. Производственная площадь составляет 10000 квадратных

Рис. 1. Организационная схема предприятия

Так как деятельность завода полностью ориентирована на заказы потребителей, то сначала здесь планируются объемы производства продукции, затем исходя из них, и с учетом имеющихся запасов, поставок молока с ферм и в зависимости от времени года устанавливается величина потребности в сырьевых и материальных ресурсах. После этого осуществляется их закупка либо по прямым связям, либо по договорам с поставщиками, путем предварительной оплаты. Относительная выручка компании за последние 10 лет представлена на рис. 2 [2].

На данный момент предприятие находится на стадии модернизации.

Рис. 2. Относительная выручка компании за последние 10 лет

1.2. Очистка оборудования

1.2.1. Проблематика

Мероприятия по мойке оборудования, контактирующего с продуктами, являются важной частью производства пищевых продуктов. Необходимо помнить, что производители пищевых продуктов всегда обязаны выдерживать высокие гигиенические стандарты. Это

применимо как к оборудованию, так и, конечно же, к персоналу, участвующему в производстве [3]. Эти обязательства можно разбить на следующие три группы:

- Коммерческие обязательства
- Моральные обязательства
- Юридические обязательства.

Коммерческие обязательства

Качественный, полезный продукт с высокой сохраняемостью, отвечающий санитарно-гигиеническим требованиям, безопасный для здоровья, безусловно, привлекателен для потребителя и будет неоднократно им приобретаться. Если продукт содержит загрязнения, плохо сохраняется или является объектом жалоб, есть возвраты продукта, он имеет соответственно плохую репутацию. Следует всегда принимать во внимание потенциальные последствия неудовлетворительной мойки, низких стандартов и низкого качества.

Моральные обязательства

В основном потребители продуктов никогда не видели завода-производителя и условий обработки продукта. Они доверяют фирме, ее репутации и полагают, что все операции проводятся в условиях высокой санитарии, хорошо подготовленным персоналом, который постоянно отслеживает эти факторы.

Юридические обязательства

Закон старается защитить заказчика и покупателя в отношении здоровья и качества. Невыполнение законодательных норм, местных или национальных, приводит к строгому наказанию. Процессы по поводу рекламаций могут быть очень разорительными.

Предупреждение лучше, чем исправление, и фирмы обязаны выполнять законодательные требования и выдерживать высокие стандарты. Молоко и молочные продукты по своей природе являются идеальными средами для роста микроорганизмов, включая многие патогенные виды. Поэтому свод законов, относящихся к молоку и молочным продуктам – производству, упаковке, хранению, транспортировке, продаже, – является наиболее объемным из применяемых для пищевых продуктов. В каждой стране имеются собственные национальные и иногда местные законодательные нормы.

1.2.2. HACCP

Любое предприятие, которое хочет развиваться и иметь доверие потребителей должно сертифицировать безопасность своей продукции. Что дает ему юридическую страховку, а также помогает завоевать доверие потребителей. Кроме того, современный потребитель стал предъявлять более высокие требования к безопасности продуктов питания. Он хочет не только хорошо и качественно питаться, но и быть уверенным в полной безопасности потребляемой пищи [4]. Существует ряд стандартов на производство молочной продукции, такие как СанПиН 2.3.4.551-96 (Производство молока и молочных продуктов. Санитарные правила и нормы.), которые необходимо соблюдать.

Рис. 3. Эмблема сертификата HACCP

Но, в маркетинговых целях, наиболее актуальной является – система HACCP (в английской транскрипции HACCP «Hazard Analysis and Critical Control Points», что в переводе означает «Анализ рисков и критические точки контроля») используется в основном предприятиями производителями пищевой продукции (рис. 3).

Эта система обеспечивает контроль на всех этапах пищевой цепи, любой точке процесса производства, хранения и реализации продукции, где могут возникнуть опасные ситуации. При этом особое внимание обращено на критические точки контроля, в которых все виды риска опасны для здоровья человека, связанные с употреблением пищевых продуктов, могут быть предотвращены, устранены и снижены до приемлемого уровня в результате целенаправленных мер контроля. Система НАССР не является системой отсутствия рисков. Она предназначена для уменьшения рисков, вызванных возможными проблемами с безопасностью пищевой продукции. Система НАССР является эффективным орудием управления, которое используется для защиты предприятия (торговой марки) при продвижении на рынке пищевых продуктов и защите производственных процессов от биологических (микробиологических), химических, физических и других рисков загрязнения. Система НАССР первоначально разрабатывалась для работы с рисками для безопасности пищевой продукции посредством систематического исследования каждого этапа производственного процесса, начиная от сырья и заканчивая конечным потребителем.

1.2.2.1. Семь принципов НАССР

- **Принцип 1.** Анализ рисков. Идентифицируются риски, которые сопряжены с производством продуктов питания, и меры их контроля.
- **Принцип 2.** Определение Критических Контрольных Точек (ККТ), т.е. точек в производственной цепочке изготовления пищевых продуктов (включая поставку сырья, подбор ингредиентов, переработку, хранение, транспортировку, складирование и реализацию), в которых необходимо контролировать или устранять потенциальные риски.
- **Принцип 3.** Введение критических пределов для каждой ККТ
- **Принцип 4.** Введение процедур мониторинга, позволяющих обеспечить контроль ККТ.
- **Принцип 5.** Установление корректирующих действий, которые необходимо предпринять в случае выхода за критический предел.

- **Принцип 6.** Разработка и внедрение процедур проверки (верификации), которые должны регулярно проводиться для обеспечения эффективности функционирования системы.
- **Принцип 7.** Разработка и внедрение процедур регистрации данных и документирования.

*1.2.2.2. Среди внутренних выгод внедрения НАССР
можно назвать следующие:*

- ✓ использование превентивных мер, а не запоздалых действий по исправлению брака и отзыву продукции;
- ✓ основа НАССР – системный подход, охватывающий параметры безопасности пищевых продуктов на всех этапах жизненного цикла – от получения сырья до использования продукта конечным потребителем;
- ✓ однозначное определение ответственности за обеспечение безопасности пищевых продуктов;
- ✓ значительная экономия за счет снижения доли брака в общем объеме производства;
- ✓ дополнительные возможности для интеграции с другими системами менеджмента;
- ✓ безошибочное выявление критических процессов и концентрация на них основных ресурсов и усилий предприятия;
- ✓ документально подтвержденная уверенность относительно безопасности производимых продуктов, что особо важно при анализе претензий и в судебных разбирательствах.

1.2.3. Виды загрязнения на пищевом производстве

В зависимости от продукта производства и технологии на внутренних стенках, контактируемым непосредственно с веществом, откладываются сами продукты производства; вещества и минеральные соли, находящиеся в продукте или сырье, или их производные, образованные в результате локального повышенного нагрева или времени. Многие из них плохо растворяются в воде [5]. В таблице 1 представ-

лены вещества – компоненты продукта или сырья, часто встречаемые на производстве, но трудно удаляемые с очищаемой поверхности в зависимости от температуры воздействия на продукт (пастеризации).

Таблица 1.

Сложность удаления веществ

Компонент на поверхности	Растворимость	Сложность удаления в зависимости от температуры	
		Низко/средне температурная пастеризация	Высоко температурная пастеризация
Сахар	В воде	Легко	Карамелизация, трудно
Жир	Не в воде	Трудно, в щелочи	Полимеризация, трудно
Белок	Не в воде	Очень трудно, в щелочи, немного в кислоте	Денатурация, очень трудно
Минеральные вещества	Различная в воде, большинство солей в кислоте	Различная	Различная

Как видно из таблицы 1, нагревание веществ отягощает удаление загрязнений с поверхности. Поскольку в данном проекте разрабатывается система очистки на производстве молочных продуктов, рассмотрим подробнее загрязнения, вызванные компонентами молока.

1.2.3.1. Загрязнения при нагреве молочных продуктов

При нагревании молока свыше 60°C начинает образовываться молочный камень. Это осадок фосфатов кальция (и магния), белков, жира и т.д. Рис. 4, который легко можно увидеть на пластинах теплообменника после длительного производственного цикла, в секции нагревания и в первой части секции регенерации.

Осадок прочно прикипает к поверхностям, и после восьми или более часов работы его цвет меняется с беловатого до коричневатого [5]. Для предотвращения образования молочного камня на поверхностях, подвергающихся воздействию высоких температур не все время протекания технологического процесса, необходимо производить ополаскивание водой перед нагревом.

Рис. 4. Схема молочного камня на поверхности при воздействии температуры

1.2.3.2. Способы очистки

Существует множество способов очистки компонентов оборудования, трубопроводов – всех частей, имеющих прямой контакт с пищевой, или иной средой, которая имеет свойство оставаться на стенках оборудования, портиться с течением времени самостоятельно или под действием микроорганизмов, излучений или иных факторов [6]. На рис. 5 показаны способы очистки.

Рис. 5. Способы очистки оборудования

На многих современных автоматизированных, но мелкосерийных производствах продуктов питания производится разбор оборудования и очистка вручную. Во многих случаях это экономически целесообразно. На некоторых предприятиях весь производственный процесс автоматизирован, однако, процесс очистки производится без разбора и запускается и управляется вручную. На предприятиях с широкой номенклатурой выпускаемой продукцией и работающих круглосуточно экономически целесообразно иметь полностью автоматизированный процесс очистки оборудования.

1.2.4. Предварительное ополаскивание водой

Предварительное ополаскивание водой должно проводиться немедленно после окончания производственного процесса. Иначе остатки молока высохнут и пристанут к поверхностям, что усложняет мойку. Остатки молочного жира легче всего вымываются, если вода для ополаскивания теплая, но ее температура не должна превышать 55° С для предотвращения коагуляции белков.

Предварительное ополаскивание необходимо продолжать до тех пор, пока вода, выходящая из системы, не будет чистой, так как остающиеся загрязнения повышают расход моющих средств и снижают активность хлора (если он присутствует) в моющем средстве. Если на поверхностях есть остатки засохшего молока, то замачивание оборудования будет целесообразным. Замачивание размягчает загрязнения и делает процесс мойки более эффективным.

Смесь молока и воды после предварительного ополаскивания собирают в бак для специальной переработки. Эффективная промывка удаляет не менее 90% не засохших загрязнений, причем обычно 99% от общего количества осадка.

1.2.5. Мойка с применением моющих средств

Загрязнения с нагреваемых поверхностей обычно удаляются с помощью моющих средств, содержащих щелочь или кислоту, в этом или обратном порядке, с последующей немедленной промывкой водой,

тогда как холодные поверхности обычно моются растворами щелочей и лишь иногда кислоты.

Для обеспечения хорошего контакта между щелочным моющим раствором, обычно каустической содой (NaOH), и пленкой загрязнения необходимо добавлять смачивающий агент (смачиватель), который понижает поверхностное натяжение жидкости. Обычно используют Типол (алкиларилсульфонат) – один из анионных смачивателей.

Моющее средство должно обеспечивать диспергирование загрязнений и обволакивание частиц суспензии для предотвращения образования хлопьев. Эффективными эмульгирующими и диспергирующими агентами являются полифосфаты, которые также умягчают воду. Наиболее широко распространены трифосфат натрия и комплексные фосфатные соединения.

Для обеспечения удовлетворительных результатов мойки данным моющим средством следует тщательно контролировать несколько параметров процесса. Этими параметрами являются:

1. Концентрация раствора моющего средства
2. Температура раствора моющего средства
3. Механическое воздействие на очищаемую поверхность (скорость)
4. Продолжительность мойки (время).

Рис. 6. Соотношение параметров процесса мойки

На рис. 6. показано то, что для достижения необходимой чистоты нужно сочетать параметры процесса мойки [6]. Если необходимо уменьшить один из параметров, то необходимо увеличить другой для достижения того же результата процесса мойки оборудования и трубопровода.

1.2.5.1. Концентрация моющего раствора

Количество моющего средства в растворе перед началом мойки должно быть доведено до требуемой концентрации. В процессе мойки раствор разбавляется промывочной водой и остатками молока. Имеет место также и некоторая нейтрализация. Поэтому в процессе мойки необходимо проверять концентрацию. Если этого не делать, это может серьезно повлиять на результат. Проверка может осуществляться либо вручную, либо автоматически. Дозировка всегда должна производиться в соответствии с указаниями изготовителя моющего средства, так как увеличение концентрации не всегда улучшает эффективность мойки – в действительности можно получить обратный эффект из-за пенообразования и т.п. Использование слишком большого количества моющих средств делает очистку непозволительно дорогостоящей.

1.2.5.2. Температура моющего раствора

В общем случае эффективность воздействия раствора моющего средства возрастает с ростом температуры. У смеси моющих средств всегда имеется оптимальная температура, при которой ее следует использовать.

Как правило, мойка раствором щелочи должна производиться при той же самой температуре, воздействию которой подвергался продукт, но не ниже 60°C. Для мойки раствором кислоты рекомендуется температура 68–70°C.

1.2.5.3. Продолжительность мойки

Продолжительность этапа мойки с применением моющего средства должна быть тщательно рассчитана для достижения оптимальной эффективности. В то же самое время необходимо принимать во

внимание стоимость электроэнергии, тепла, воды и рабочей силы. Недостаточно промыть трубопровод один раз моющим раствором.

Для растворения всех загрязнений моющий раствор должен циркулировать в системе достаточно долго. Требующееся для этого время зависит от толщины отложений (и температуры моющего раствора). Пластины теплообменников с осадком, включающим коагулировавшие белки, необходимо промывать циркулирующим раствором азотной кислоты в течение 20 минут, тогда как для растворения слоя загрязнений на стенках бака для хранения молока при обработке щелочным раствором достаточно 10-минутной обработки.

1.2.5.4. Ополаскивание чистой водой

После циркуляции моющего раствора поверхности следует достаточно долго промывать водой для удаления всех следов моющего средства. Моющий раствор, остающийся в системе после мойки, может попасть в молоко. После ополаскивания во всех частях системы должен быть осуществлен дренаж.

Для ополаскивания предпочтительно использовать умягченную воду. Это предупреждает появление накипи на очищаемых поверхностях. Жесткая вода с высоким содержанием солей кальция должна умягчаться с помощью ионообменных фильтров до значения жесткости 2–4°рН.

Оборудование и трубопроводы после обработки концентрированными растворами щелочи и кислоты при высокой температуре являются практически стерильными.

Далее необходимо предотвратить развитие микроорганизмов в промывной воде в системе. Это осуществляется путем подкисления воды для окончательной промывки до рН менее 5 добавлением фосфорной или лимонной кислоты. Кислая среда предотвращает рост большинства бактерий.

1.2.5.5. Дезинфекция

Должным образом проведенная мойка раствором кислоты или щелочи позволяет достичь не только физическую и химическую степень чистоты, но и бактериологическую степень.

Степень бактериологической чистоты может быть в дальнейшем повышена с помощью дезинфекции, после которой оборудование фактически не содержит бактерий [7]. Для некоторых продуктов (стерилизованное молоко) необходима стерилизация оборудования до полного удаления микроорганизмов с его поверхностей. Оборудование для производства молока может быть дезинфицировано следующими способами:

- ❖ Термическая дезинфекция (кипящая вода, горячая вода, пар).
- ❖ Химическая дезинфекция (хлор, кислоты, йодсодержащие вещества, перекись водорода, и т.д.

Дезинфекция может проводиться по утрам, непосредственно перед началом переработки молока. Молоко подается сразу же после слива дезинфицирующего раствора из системы.

Если дезинфекция осуществляется в конце рабочего дня, необходимо провести ополаскивание системы, чтобы остатки дезинфицирующего раствора не воздействовали на металлические поверхности.

1.2.6. Оборудование для мойки ёмкостей

Для эффективной мойки производственных ёмкостей применяют специальные приспособления – распылитель ЧЖ по внутренней поверхности ёмкости [6].

На рис. 7 показан шаровидный распылитель ЧЖ. Он прост, но струи ЧЖ могут покрывать не всю внутреннюю поверхность очищаемого оборудования. Для обеспечения большего давления потока жидкости на внутреннюю поверхность бака применяют вращающиеся головки-распылители рис. 8 [5], называемые так же турбинами. Турбина-распылитель состоит из двух вращающихся сопел на одной трубе. Одно вращается в горизонтальной плоскости, а другое в вертикальной. Вращение достигается реактивным действием струи, выходящей из изогнутых назад сопел.

Применение вращающихся головок-распылителей обеспечива-ет большее давление на внутреннюю поверхность баков и большую скорость струи жидкости, но обрабатывает не всю внутреннюю поверхность и имеют малый расход жидкости на единицу площади и до-

статочно дороги, поэтому увеличивается время обработки. На рис. 9 показано сравнение типов головок-распылителей ЧЖ.

Рис. 7. Шаровидный распылитель

Рис. 8. Турбина-распылитель

Рис. 9. Сравнение головок-распылителей

1.2.7. Контуры CIP

Вопрос о типах оборудования, которое можно подвергать очистке в одном и том же контуре, определяется следующими факторами:

- Отложения остатков продукта должны быть одного и того же типа, так что можно использовать одни и те же моющие и дезинфицирующие средства
- Очищаемые поверхности оборудования должны быть сделаны из одних и тех же материалов или, по крайней мере, из материалов, совместимых с одними и теми же моющими и дезинфицирующими средствами
- Все элементы контура должны быть доступны для очистки в одно и то же время.

Для эффективной безразборной мойки (CIP) проектируемое оборудование должно быть включено в контур мойки, а также быть лег-

кодоступным для мойки. Все поверхности должны быть доступны для раствора моющего средства. Не должно быть тупиков, в которые не может проникнуть моющее средство или через которые оно не может циркулировать. Машины и трубопроводы должны быть смонтированы таким образом, чтобы обеспечивать эффективный дренаж. Все карманы и ловушки, откуда остатки воды невозможно слить, представляют собой зоны для быстрого размножения бактерий и приводят к серьезному риску бактериального обсеменения продукта. Особенности конструкций трубопроводов, которые обеспечивают сложности мойки, показаны на рис. 10 [5].

Рис. 10. Примеры зон, затрудняющих мойку трубопроводов

Где видно, что применение «т» образных элементов трубопровода с «глухим» концом сильно затрудняет очистку поверхности в нем. Очистка затруднена на не гладких сочленениях труб и в местах переходов труб меньшего диаметра в больший. На рис. 11 показаны пра-

вильные и не правильные сварные швы на оборудование. Для обеспечения лучшей очистки необходимо не допускать острых углов и трещин [6], а также шлифовать, и даже полировать сварной шов с поверхностью.

Рис. 11. Сварные швы на оборудование

1.2.8. Совместимые материалы системы СІР

Материалы технологического оборудования – например, нержавеющая сталь, пластмассы и резины – должны быть такого качества, чтобы предотвращать перенос запаха или привкуса в продукт [5]. Они также должны быть способны противостоять воздействию моющего или дезинфицирующего средства при температурах мойки.

В некоторых случаях поверхности трубопроводов и оборудования могут подвергаться химическому воздействию и загрязнять продукт. Медь, латунь и олово чувствительны к воздействию концентрированных растворов кислот и щелочей. Даже незначительное количество (следы) меди в молоке приводит к окисленному вкусу (маслянистому или рыбному привкусу). Нержавеющая сталь является универсальным материалом для поверхностей, контактирующих с продуктом в современных установках для переработки молока. Следовательно, проблема возникновения металлических загрязнений обычно не возникает. Однако нержавеющая сталь может подвергаться воздействию растворов хлора.

Электrolитическая коррозия обычно имеет место, если медные или латунные элементы встроены в системы из нержавеющей стали. В этих условиях риск загрязнения достаточно высок.

Электrolитическая коррозия также может возникнуть в системе, изготовленной из разных типов стали, мойка которой осуществляется катион активными средствами.

Эластомеры (например, резиновые прокладки) могут подвергаться воздействию хлора и окислителей, что вызывает их растрескивание или разрушение и приводит к попаданию частиц резины в молоко.

Пластмассовые составляющие технологического оборудования могут являться источником загрязнения. Компоненты некоторых пластмасс могут растворяться в молочном жире. Моющие растворы также могут оказывать подобное действие. Пластмассы, используемые в оборудовании для молочной промышленности, должны удовлетворять определенным критериям в отношении их состава и устойчивости.

1.2.9. Программы систем CIP

Программы CIP мойки оборудования для переработки молока различаются в зависимости от наличия или отсутствия нагреваемых поверхностей в контурах, предназначенных для мойки [8]. Программы бывают:

- Программы CIP для контуров, включающих пастеризаторы и другие виды оборудования, имеющего нагреваемые поверхности.
- Программы CIP для контуров, включающих трубопроводы, резервуары и другое технологическое оборудование, не имеющее нагреваемых поверхностей.

Основное различие между этими двумя типами состоит в том, что циркуляция кислоты всегда должна быть включена в программы первого типа с целью удаления осажденных белков и солей с поверхностей оборудования для тепловой обработки. Программа CIP для пастеризатора («горячего элемента») может состоять из следующих стадий:

- 1) Ополаскивание теплой водой в течение 10 минут.
- 2) Циркуляция раствора щелочного моющего средства (0,5–1,5%) продолжительностью около 30 минут при температуре 75°C.

- 3) Ополаскивание теплой водой в течение 5 минут для удаления остатков раствора щелочи.
- 4) Циркуляция раствора (азотной) кислоты (0,5–1%) продолжительностью около 20 минут при температуре 70°C.
- 5) Ополаскивание холодной водой.
- 6) Постепенное охлаждение холодной водой продолжительностью около 8 минут.

Кроме того, осуществляется циркуляция горячей воды при 90–95°C в течение 10–15 минут после достижения температуры потока на возврате, по меньшей мере, 85°C.

На некоторых установках после промывки водой система СІР сначала запускает программу мойки раствором кислоты для удаления отложений солей и разрушения таким образом слоя загрязнений с целью облегчения растворения белков при последующей щелочной очистке.

Если дезинфекция осуществляется с применением хлорсодержащих средств, существует опасность возникновения коррозии в случае неполного удаления раствора кислотного моющего средства. Следовательно, если начинать с мойки раствором щелочи и заканчивать раствором кислоты после промежуточной промывки водой, то установку необходимо промыть слабым раствором щелочи для нейтрализации кислоты перед началом дезинфекции с помощью хлорсодержащих средств. Программа СІР для контуров трубопроводов, баков и других «холодных элементов» может включать следующие стадии:

- 1) Ополаскивание теплой водой в течение 3 минут.
- 2) Циркуляция 0,5–1,5%-ного раствора щелочного моющего средства при температуре 75°C не больше 10 минут.
- 3) Ополаскивание теплой водой в течение 3 минут.
- 4) Дезинфекция горячей водой 90–95°C в течение 5 минут.
- 5) Постепенное охлаждение холодной водой примерно в течение 10 минут (для баков охлаждение обычно не требуется).

Одним из ключевых параметров программы мойки является время промывки. При одинаковой степени загрязнения время является функцией потока, концентрации и температуры [8] (рис. 12).

Рис. 12. Время и качество мойки, как функция температуры и концентрации

Сокращение продолжительности процесса мойки связано с увеличением количества потребляемых концентратов и, как следствие, с увеличением расходов на моющие средства. Увеличение продолжительности связано с большими расходами энергии. Хороший эффект очистки при минимальных материальных затратах зависит от сбалансированности параметров времени, концентрации и температуры.

1.2.10. Проектирование систем CIP

Установка для CIP на молочном заводе включает оборудование, необходимое для хранения, транспортировки и распределения моющих растворов в различные контуры CIP [5]. Точная схема системы определяется множеством факторов, например:

- Количеством индивидуальных контуров CIP, обслуживаемых системой.
- Собираются ли остатки вытесненного сырья?
- Какой метод дезинфекции используется? Посредством химических средств, пара или горячей воды?
- Предусмотрено ли однократное использование моющих растворов или они повторно используются?
- Каково примерное количество потребляемого пара, мгновенное и общее, для мойки и стерилизации?

CIP-мойка может быть:

- ✓ Централизованная мойка
- ✓ Децентрализованная мойка

1.2.10.1. Централизованная CIP

Централизованные системы используются главным образом на небольших молочных заводах с относительно короткими линиями коммуникаций [5]. Вода и моющие растворы подаются насосами из баков для хранения центральной станции в различные контуры CIP (рис. 13).

Моющие растворы и горячая вода хранятся в нагретом виде в изолированных баках. Требуемая температура поддерживается теплообменниками. Вода для окончательного ополаскивания собирается в бак для промывочной воды и используется в качестве воды для предварительного ополаскивания в следующем цикле мойки. Смесь воды и молока с первой стадии промывки собирается в сборный бак.

После многократного использования моющие растворы содержат значительное количество загрязнений и сливаются. Затем проводится мойка бака для хранения и заполнение свежеприготовленными растворами. Важно для предотвращения опасности загрязнения чистой технологической линии через регулярные промежутки времени опорожнять и промывать баки для хранения воды, особенно бак для промывочной воды.

Рис. 13. Общая схема центральной станции CIP

1. Бак для хранения холодной воды.
2. Бак для хранения горячей воды.

3. Бак для промывочной воды.
4. Бак для хранения раствора щелочи.
5. Бак для хранения раствора кислоты.
6. Бак для сбора вытесненного молока.
7. Пластинчатые теплообменники для подогрева.
8. Насосы линии нагнетания СІР.
9. Линии нагнетания СІР.
10. Линии возврата СІР.

Станция подобного типа обычно имеет высокую степень автоматизации. В баках имеются электроды для отслеживания верхнего и нижнего предельных уровней. Возврат моющих растворов контролируется датчиками проводимости. Проводимость пропорциональна концентрации растворов, которая обычно используется для мойки оборудования для производства молока. На стадии промывки водой концентрация моющего раствора постепенно понижается. При достижении заданного уровня клапан переключается и направляет жидкость в дренаж вместо соответствующего бака для моющего средства. Программы СІР управляются компьютерным контроллером последовательности операций. Большие станции СІР для обеспечения необходимой производительности могут быть оборудованы многосекционными баками.

1.2.10.2. Децентрализованная СІР

Децентрализованная СІР является привлекательной альтернативой для крупных молочных заводов, где расстояние между центральной станцией СІР и периферийными контурами СІР исключительно велико [5]. Большая станция СІР заменяется несколькими малыми узлами, расположенными поблизости от различных групп технологического оборудования молочного завода.

На рис. 14. показана схема децентрализованной системы СІР. Она также имеет центральную станцию для хранения растворов щелочи и кислоты, которые индивидуально распределяются по отдельным узлам СІР в основных линиях. Подача и нагрев воды для ополаскивания (и раствора кислоты в случае необходимости) обеспечиваются локально

периферийными станциями, одна из которых показана на рис. 15, оснащенный двумя баками для циркуляции и двумя насосами-дозаторами для концентрированных моющих средств, подключенными к бакам для моющего средства, и баками для сбора промывочной воды.

Рис. 14. Децентрализованная система СІР

1. Бак для хранения раствора щелочи.
2. Бак для хранения раствора кислоты.
3. Замкнутые контуры для моющих растворов.
4. Объекты мойки.
5. Модули СІР с общими баками для хранения моющих растворов.
6. Модуль СІР с собственными баками для хранения моющих растворов.

Эти станции работают в соответствии с принципом использования минимально необходимого тщательно отмеренного объема жидкости для каждой стадии программы мойки – ровно столько, сколько нужно для заполнения данного контура мойки. Для нагнетания мою-

щего раствора в контур с высокой скоростью используется мощный циркуляционный насос.

Мойка, основанная на циркуляции небольших объемов моющих растворов, имеет свои преимущества. Как мгновенное, так и общее потребление воды и пара можно значительно сократить. В этом случае вытесненные после первого ополаскивания остатки молока более концентрированы, следовательно, их легче транспортировать и дешевле выпаривать. Децентрализованные СІР снижают нагрузку на канализационные системы в сравнении с централизованными СІР, использующими большие объемы жидкостей.

Рис. 15. Модуль СІР для децентрализованной системы
с двумя линиями мойки

1. Нагнетающие насосы.
2. Теплообменник.
3. Насосы-дозаторы.

Мойка, основанная на циркуляции небольших объемов моющих растворов, имеет свои преимущества. Как мгновенное, так и общее потребление воды и пара можно значительно сократить. В этом случае вытесненные после первого ополаскивания остатки молока более концентрированы, следовательно, их легче транспортировать и дешевле выпаривать. Децентрализованные СІР снижают нагрузку на канализационные системы в сравнении с централизованными СІР, использующими большие объемы жидкостей.

Концепция однократного использования моющих растворов была внедрена в связи с появлением децентрализованных СІР в противовес обычной практике многократного использования растворов в централизованных системах. Идея однократного использования основана на предположении, что состав моющего раствора можно оптимизировать для данного контура. После однократного использования раствор считается отработанным. Однако в некоторых случаях он может быть использован в последующей программе для предварительного ополаскивания.

1.2.11. Контроль эффективности мойки

Проверка эффективности мойки должна рассматриваться как важная часть операций по мойке [7]. Существуют два типа этой проверки: визуальная и бактериологическая. Вследствие развития автоматизации современные технологические линии редко доступны для визуального осмотра.

Поэтому визуальный контроль необходимо заменять бактериологическим, сконцентрированным в нескольких критических точках линии. Результаты СІР обычно проверяются путем культивирования бактерий группы кишечных палочек. Качество мойки считается удовлетворительным, если в результате контроля исследуемой поверхности площадью 100 см² присутствует менее 1 бактерии группы кишечных палочек.

Если количество бактерий превышает это значение, качество мойки считается неудовлетворительным. Этот контроль осуществляется на поверхности оборудования после завершения программы СІР. Это применимо к бакам и трубопроводам, особенно при обнаружении исключительно большого количества бактерий в продуктах. Образцы часто отбираются из воды после окончательного ополаскивания или первого продукта, прошедшего через линию после ее мойки.

Для обеспечения полного контроля качества процесса производства проводится микробиологический контроль упакованных продуктов. Программа полного контроля качества - в дополнение к анализу содержания бактерий группы кишечных палочек - включает также определение общего числа микроорганизмов и контроль органолептических показателей (дегустацию).

Учитывая вышеописанные принципы, приступим к анализу и проектированию СІР-мойки (системы управления).

ГЛАВА II

ПРЕДПРОЕКТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ СІР-МОЙКИ

2.1. Описание оборудования для очистки

В соответствии с ГОСТ 34.601-90 произведем препроектное исследование объекта автоматизации, а именно системы очистки оборудования. Оборудование на пищевом производстве ООО «Устюженский агропромышленный комбинат» в данный момент проходит стадию модернизации. Происходит замена частей трубопровода и баков полностью на нержавеющую пищевую сталь марки: ALSI 304L (аналог 03X18H11 по ГОСТ 19903-74). Химический состав приведен в таблице 2 [9]. Производство временно приостановлено. Ведутся работы по монтажу технологического оборудования для производства кисломолочных продуктов.

Таблица 2.

Химический состав стали в %

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr
до 0.03	до 0.8	до 2	10.5 - 12.5	до 0.015	до 0.045	18 - 20

На рис. 16 видны все 4 бака для подготовки чистящих жидкостей емкостью 10000 л и элементы трубопроводной арматуры:

- Бак для воды.
- Бак для кислотных чистящих растворов.
- Бак для щелочных чистящих растворов.
- Бак для оборотной воды.

Цилиндрические баки выполнены из нержавеющей стали марки ALSI 304L. В каждом имеется датчик уровня жидкости нижнего уровня, датчик верхнего уровня, аварийный датчик верхнего уровня и термодатчик для контроля за температурой чистящей жидкости в

баке. Если в результате аварийной ситуации уровень жидкости превысит аварийный, то жидкость будет удаляться через специальную трубку в канализацию.

Рис. 16. Баки для подготовки чистящих жидкостей

Бак для оборотной воды служит для сбора воды, которая производит окончательное ополаскивание оборудования и не сильно загрязняется и дальнейшего использования её при очистке другой части оборудования.

Для циркуляции чистящих жидкостей по трубопроводам, для прохождения их через теплообменник и для перемешивания при подготовке жидкостей с определенной концентрацией применяются циркуляционные насосы GRUNFOS UPS 32-80 F 220 с датчиками давления (рис. 17). В системе их три. Каждый располагается на своем контуре СІР мойки. Технические характеристики циркуляционных насосов представлены в таблице 3.

Таблица 3.

Технические характеристики насосов GRUNFOS UPS 32-80 F 220

Макс. производительность	11м3/час
Макс. напор	8м
Макс. рабочее давление	10бар
Макс. температура жидкости	110°C
Мин. температура жидкости	-25°C
Способ установки	Наружный
Тип привода	Электропривод
Напряжение питания	220В (1 фаза)
Мощность двигателя	0,22 кВт

Рис. 17. Насос для циркуляции чистящих жидкостей

Для управления системой очистки оператор использует пульт на стене рис. 18. Может запустить циркуляционные насосы. Подавать воздушное давление на пневмовентили – управлять ими. Контроль над давлением воздуха имеется манометр. Часть вентилей оператор открывает вручную в соответствии с программой очистки.

На пульте располагаются лампы уровней баков (рис. 19), кнопки для управления. Для управления температурой чистящих жидкостей используются ПИД регуляторы JUMO iTRON 70.2043 (рис. 20), которые выступают и в качестве индикаторов концентраций чистящих жидкостей для контроля и управления оператором. Данный блок управления находится в неудобном месте, кроме того располагается на фиксированной высоте, что неудобно операторам с разным ростом.

Для измерения температуры используются датчики JUMO STI-Junior PS5R-A24, которые располагаются в баках. Первичные преобразователи датчиков концентрации чистящих веществ кондукторного типа, располагаются на трубопроводах возврата чистящих жидкостей в баки (рис. 21).

Пневмовентили AWH NC 16741 фирмы Armaturenwerk Hötensleben GmbH возвратного типа, служат для перекрытия движения жидкостей по трубопроводам (рис. 22). Управляются воздушным давлением с пульта управления очисткой.

Рис. 18. Система управления очисткой трубопровода

Рис. 19. Система управления очисткой трубопровода крупно.
Лампы и кнопки

Рис. 20. Система управления очисткой трубопровода крупно.
Регуляторы

Рис. 21. Датчик концентрации на элементе трубопровода

Рис. 22. Пневмовентиль

Все датчики концентрации и температуры работают только с оригинальными вторичными преобразователями и индикаторами. Обозначения выше описанного оборудования сведены в таблице 4.

Таблица 4.

Модели оборудования обеспечения CIP-мойки

Наименование	Модель	Количество
Насос циркуляционный	GRUNFUS UPS 32-80 F 220	3
Датчик уровня	JUMO dTRANS p30	6
Датчик температуры	JUMO HEATtemp 90.238-F25 (PL)	3
Датчик концентрации	JUMO CTI-Junior PS5R-A24	3
Регулятор	JUMO iTRON 70.2043	4
Пневмовентиль	AWH NC 16741	39

Моющие головки фирмы ARMATURENWERK HOTENSLEBEN GmbH (AWH) серий TANKO-RB-ClipOn и TANKO RB применяются для очистки ёмкостей и баков на производстве.

2.2. Описание существующего алгоритма очистки

Для поддержания необходимой чистоты и дезинфекции оборудования производства питания на предприятие ООО «Устюженский агропромышленный комбинат» периодически – раз в сутки для конкретного оборудования производят процесс очистки. Поскольку процесс очистки занимает продолжительное время, то останавливают и очищают только часть производственного комплекса, а оставшаяся часть продолжает процесс производства продуктов питания. Обычно процесс очистки проводят перед приемкой сырого молока и после приемки, для очистки трубопровода. Перед началом очистки трубопровода происходит подготовка чистящих жидкостей.

2.2.1. Подготовка чистящих жидкостей

Подготовка чистящих жидкостей подразумевает собой:

- ❖ Наполнение баков водой.

- ❖ Нагрев воды.
- ❖ Добавление в воду концентратов чистящих жидкостей (щелочного или кислотного типа).

Для подготовки ЧЖ оператор производит последовательно следующие действия: для наполнения бака водой оператор нажимает на соответствующую кнопку. Пневмораспределитель направляет сжатый воздух в пневмовентиль из сети сжатого воздуха предприятия. Пневмовентиль открывается и в бак поступает вода. Оператор следит за дискретными значениями уровня воды. То есть, когда вода дойдет до минимального уровня загорится соответствующая лампа и когда вода дойдет до верхнего уровня, тоже зажжётся лампа максимального уровня. После нажатия на другую кнопку пневмораспределитель выпускает сжатый воздух из пневмовентили и пневмовентиль закрывается.

После наполнения баков водой, рабочий добавляет концентраты ЧЖ непосредственно в баки с соответствующими ЧЖ и пускает жидкости через теплообменник, в котором они нагреваются. Жидкости циркулируют через теплообменник, нагреваются и возвращаются обратно в баки.

Когда ЧЖ циркулируют через теплообменник, они происходят через датчик концентрации, и измеряется их температура датчиком температуры.

Результаты измерений выводятся на цифровые индикаторы и регуляторы, по которым оператор следит за процессом подготовки ЧЖ. При достижении параметрами необходимых значений процесс подготовки заканчивается.

2.2.2. Процесс очистки

После подготовки ЧЖ, оператор включает циркуляцию ЧЖ через очищаемый трубопровод или иное оборудование, которое необходимо очистить.

После пропускания ЧЖ через оборудование их температура падает, из-за нагрева оборудования и потери энергии во внешнюю среду. В результате этого запускается процесс нагрева ЧЖ.

Рис. 23. Существующая схема алгоритма очистки трубопровода

Если температура и концентрация достигла необходимой величины, оператор засекает время на очистку. После промывки оборудования одной ЧЖ, оператор запускает процесс промывки следующей ЧЖ.

Схема алгоритма очистки показана на рис. 23, где видно, что в процессе очистки участвует оператор, который управляет всеми процессами. В подготовки чистящих жидкостей участвует рабочий, который подливает необходимое количество концентрата, он же подливает необходимое количество концентрата чистящих веществ во время очистки при необходимости.

2.3. Недостатки существующей системы очистки

Существующая система очистки обладает следующими недостатками:

Малая автоматизация:

- о Всеми операциями процесса очистки управляет оператор.
- о Рабочий добавляет опасные сильнодействующие вещества вручную в ёмкости с водой.
- о Параметры процесса очистки: температуру, концентрацию и время отслеживает оператор.

Нестабильные параметры процесса очистки оборудования.

Увеличенный расход чистящих средств из-за потери момента прохождения фронта чистящей жидкости и вытесняющей его воды.

ГЛАВА III

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ЭТАП ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ

3.1. Цели создания системы

Перед созданием автоматизированной системы необходимо определиться, какие цели преследует создание данной системы. К главной цели создания системы является повышение эффективности очистки трубопровода. Качественными показателями эффективности системы очистки могут быть – сокращение времени очистки, без потери качества. Этого можно достичь избавлением от труда рабочего для подготовки чистящих жидкостей (ЧЖ).

Рис. 24. Дерево целей

Для этого необходимо создавать автоматизированную систему подготовки ЧЖ и очистки трубопровода. Применение современных средств автоматизации в сочетании с диспетчеризацией позволяет увеличить надежность системы и обеспечит интеграции средств автоматизации между собой. Кроме того, необходимо улучшить такие показатели процесса как затраты тепловой энергии и расход чистящих жидкостей. Это можно достичь использованием более точными средствами измерений и применением оптимальных алгоритмов управления. Составленное дерево целей показано на плакате и на рис. 24.

3.2. Пользователи системой

Перед созданием автоматизированной системы необходимо определить, какие пользователи (операторы или другие системы) будут использовать систему. Пользователем системы, в нашем случае, будет оператор, он может аварийно остановить процесс, наблюдать за всеми параметрами процесса и управлять системой в ручном режиме. Оператор взаимодействует с системами управления (рис. 25).

Рис. 25. Пользователи системой

Системы управления разделяются на систему управления технологическим процессом на предприятии, которая является пользователем системы очистки и автоматизированная система СІР-мойки, которая является внутренней по отношению к системе.

3.3. Функциональная схема

Для понимания функционирования создаваемой системы построим функциональную схему. Главная функция системы – очистка оборудования и системы трубопровода на производстве. В соответствии с методологией IDEF0 [10], имеем на входе: очищаемую систему трубопровода, воду и концентрированные чистящие жидкости (ЧЖ). На выходе получаем очищенную систему трубопровода и отработанные ЧЖ. Функция реализуется под управлением: управляющей программы очистки и рекомендаций технолога. Под механизмом подразумевается: автоматизированная система управления, оператор и трубопроводная арматура (рис. 26).

Рис. 26. Функциональная схема

Главную функцию системы «Очистить систему трубопровода» можно декомпозировать на две: «Подготовить чистящие жидкости» и «Произвести очистку трубопровода». Функцию «Подготовить чистящие жидкости» можно декомпозировать на следующие функции: «Наполнить водой ёмкости», на вход которой подаём воду, «Нагреть воду» и «Получить необходимую концентрацию». На выходе данных функций получаем подготовленные чистящие жидкости. Функцию «Произвести очистку трубопровода» можно декомпозировать

на следующие функции: «Очистить водой», «Очистить щелочью», «Очистить кислотой» и «Промыть водой». На выходе данных функций получаем очищенную систему трубопровода.

3.4. Структурная схема

Для понимания структуры создаваемой автоматизированной системы составим структурную схему аппаратного обеспечения. Система СІР-мойки состоит из:

1. Системы подачи концентрированных ЧЖ
2. Баков для подготовки ЧЖ
3. Трубопроводной арматуры и пневмовентилей
4. Циркуляционных насосов
5. Компьютера оператора
6. Серверного оборудования
7. Системы ПЛК:
 - ПЛК
 - Пневмоостров
 - Распределенное устройство ввода-вывода
 - Блок питания для ПЛК
8. Датчиков:
 - Температуры
 - Давления
 - Уровня
 - Аварийного уровня
 - Концентрации

ГЛАВА IV

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

4.1. Исследование теплового баланса

Поскольку процесс мойки оборудования является вспомогательной операцией в технологическом процессе производства и во время мойки производство останавливается, поэтому необходимо сокращать время мойки и расход энергии на нагрев чистящих жидкостей.

Рассмотрим тепловой баланс системы, состоящей из теплообменника, чистящей жидкости, находящейся в баке и трубопровода [11]:

$$Q_{\text{то}} - Q_{\text{ж}} + Q_{\text{тр}} + Q_{\text{п}},$$

где $Q_{\text{то}}$ – теплота, передаваемая теплообменником в систему; $Q_{\text{ж}}$ – теплота, передаваемая нагреваемой чистящей жидкости; $Q_{\text{тр}}$ – теплота, передаваемая баку и трубопроводу; $Q_{\text{п}}$ – потеря теплоты в окружающую среду.

Для записи формулы примем ряд допущений:

- Не учитываем потери энергии через излучение нагретых тел, поскольку эта энергия будет не значительной;
- Температура жидкости, бака и трубопровода одинаковая во всей системе и равна температуре жидкости;
- Трубопровод и баки выполнены из одинакового материала с одинаковой теплоемкостью на всем протяжении;
- Все оборудование имеет одинаковый коэффициент теплоотдачи;
- Внутренняя теплопроводность элементов системы намного больше, чем коэффициент теплоотдачи (маленькое число Био), т.е. внутри устанавливается однородная температура;
- Температура окружающей среды постоянная.

Теплота Q_{Σ} , необходимая для очистки трубопроводов и оборудования предприятия складывается из двух составляющих: теплоты, затрачиваемой при подготовки чистящих жидкостей – $Q_{\text{подг}}$ и теплоты,

затрачиваемой при циркуляции чистящих жидкостей (ЧЖ) по очищаемому трубопроводу – $Q_{\text{цирк}}$:

$$Q_{\Sigma} - Q_{\text{подг}} + Q_{\text{цирк}}$$

При циркуляции ЧЖ по трубопроводу необходимо стабилизировать их температуру, и поэтому затрачивается энергия (теплота). Поскольку при заданном времени очистки и концентрации ЧЖ единственным способом уменьшения затрат теплоты, затрачиваемой при циркуляции ЧЖ, является уменьшение коэффициент теплоотдачи с поверхности оборудования, т.е. применение специальных материалов на поверхности оборудования. Но это не допустимо. Поэтому единственным способом сокращения потерь тепла является уменьшение расхода тепла на подготовку ЧЖ. Рассмотрим два случая:

4.1.1. Случай обычного алгоритма подготовки чистящих жидкостей

В данном случае задается необходимая температура в начале процесса. И процесс подготовки складывается из процесса нагрева ЧЖ и процесса стабилизации температуры ЧЖ во время начала циркуляции их по очищаемому трубопроводу. Теплота $Q'_{\text{под}}$, необходимая для подготовки ЧЖ складывается из теплоты нагрева ЧЖ – $Q'_{\text{нагр}}$ и теплоты, необходимой для стабилизации температуры ЧЖ в начале циркуляции их по очищаемому трубопроводу – $Q'_{\text{стб}}$ [12]:

$$Q'_{\text{под}} - Q'_{\text{нагр}} + Q'_{\text{стб}}$$

Теплота нагрева ЧЖ – $Q'_{\text{нагр}}$ складывается из теплоты нагрева жидкости – $Q'_{\text{ж}}$ и теплоты потерь во внешнюю среду при нагреве – $Q'_{\text{пот}}$:

$$Q'_{\text{нагр}} - Q'_{\text{ж}} + Q'_{\text{пот}}$$

Нагрев ЧЖ происходит по следующему закону [11]:

$$Q'_{\text{ж}} - c_{\text{ж}} m_{\text{ж}} (T - T_{\text{окр}}), \text{ где}$$

$c_{\text{ж}}$ – теплоёмкость жидкости,

$m_{\text{ж}}$ – масса жидкости,

$T_{\text{окр}}$ – температура окружающей среды,

$\hat{T}$ – необходимая температура жидкости для процесса очистки.

Количество теплоты потерь во внешнюю среду [11]:

$$Q_{\text{пот}}^I = K_{\delta} S_{\delta} \int_0^{t'_{\text{нагр}}} (T(t) - T_{\text{окр}}) dt,$$

где K_{δ} – коэффициент теплоотдачи с поверхности,

S_{δ} – площадь поверхности,

$t'_{\text{нагр}}$ – время нагрева,

$T_{\text{окр}}$ – температура окружающей среды,

$T(t)$ – температура в конечный момент времени в процессе нагрева, для её определения решим дифференциальное уравнение (ДУ) теплового баланса (закон Ньютона — Рихмана) [11]:

$$P dt = K_{\delta} S_{\delta} (T - T_{\text{окр}}) dt + c_{\text{ж}} m_{\text{ж}} dT,$$

где P – мощность теплообменника, K_{δ} – коэффициент теплоотдачи с поверхности, S_{δ} – площадь поверхности бака и трубопровода, T – температура жидкости и трубопровода, $T_{\text{окр}}$ – температура окружающей среды, t – время, $c_{\text{ж}}$ – теплоёмкость жидкости, $m_{\text{ж}}$ – масса жидкости.

Для этого используем программное обеспечение MATLAB [13]. Вводим в командную строку: `dsolve('DT=P/(CM-K*S*(T-TO))/CM','T(0)=TO')`

И получаем:

$$(P - P/\exp((K*S*t)/(CM) + K*S*TO))/(K*S)$$

Т.е. решением ДУ является:

$$T(t) = T_{\text{окр}} + \frac{P}{K_{\delta} S_{\delta}} \left(1 - e^{-\frac{K_{\delta} S_{\delta}}{c_{\text{ж}} m_{\text{ж}}} t}\right)$$

Найдем время, необходимое для нагрева жидкости до необходимой температуры $\hat{T}$:

$$t'_{\text{нагр}} = \frac{c_{\text{ж}} m_{\text{ж}}}{K_{\delta} S_{\delta}} \ln \frac{P}{P - (\hat{T} - T_{\text{окр}}) K_{\delta} S_{\delta}}$$

Естественно, $P - (\hat{T} - T_{\text{окр}}) K_{\delta} S_{\delta} > 0$, необходимая температура не должна превышать определенной величины, что бы мощности нагревателя хватало для нагрева: $\hat{T} < \frac{P}{K_{\delta} S_{\delta}} + T_{\text{окр}}$. На рис. 27 показаны кривые разогрева при различной мощности нагревателя, где видно, что имеется ограничение на максимальную температуру при нагреве. Это связано с тем, что мощность нагревателя стано-

вится меньше мощности потерь теплоты во внешнюю среду при этой температуре.

Рис. 27. Максимальная температура при различных мощностях нагревателя

Допустим, что нагреватель работает на полную мощность все время нагрева, то затраченная тепловая мощность будет равна:

$$Q_{\text{нагр}}^I = P \cdot t_{\text{нагр}}^I$$

$$Q_{\text{нагр}}^I = \frac{P c_{\text{ж}} m_{\text{ж}}}{K_{\delta} S_{\delta}} \ln \frac{P}{P - (\hat{T} - T_{\text{окр}}) K_{\delta} S_{\delta}}$$

После нагрева, чистящие жидкости начинают циркулировать по трубопроводу, и температура жидкости и трубопровода становятся одинаковыми и равными:

$$T_{\text{цирк}}^I = \frac{c_{\text{ж}} m_{\text{ж}} \hat{T} + c_{\text{тр}} m_{\text{тр}} T_{\text{окр}}}{c_{\text{ж}} m_{\text{ж}} + c_{\text{тр}} m_{\text{тр}}},$$

где $c_{\text{тр}}$ — теплоёмкость трубопровода,

$m_{\text{тр}}$ — масса трубопровода.

После этого необходимо вернуть температуру до необходимой $\hat{T}$.

$$Q'_{\text{стб}} = Q'_{\text{ж}} + Q'_{\text{тр}} + Q'_{\text{пот}}$$

Решением ДУ нагрева в этом случае будет:

$$T(t) = T_{\text{окр}} + \frac{P}{(K_{\delta}S_{\delta} + K_{\text{тр}}S_{\text{тр}})} \left(1 - e^{-\frac{(K_{\delta}S_{\delta} + K_{\text{тр}}S_{\text{тр}})}{(c_{\text{ж}}m_{\text{ж}} + c_{\text{тр}}m_{\text{тр}})} t} \right) \cdot \frac{(P - (T'_{\text{цирк}} - T_{\text{окр}})(K_{\delta}S_{\delta} + K_{\text{тр}}S_{\text{тр}}))}{P}$$

где $K_{\text{тр}}$ – коэффициент теплоотдачи с поверхности трубопровода,

$S_{\text{тр}}$ – площадь поверхности трубопровода.

Тогда затраченная тепловая мощность будет равна:

$$Q'_{\text{стб}} = P \cdot t'_{\text{стб}}$$

$$Q'_{\text{стб}} = \frac{P(c_{\text{ж}}m_{\text{ж}} + c_{\text{тр}}m_{\text{тр}})}{(K_{\delta}S_{\delta} + K_{\text{тр}}S_{\text{тр}})} \ln \frac{P - (T'_{\text{цирк}} - T_{\text{окр}})(K_{\delta}S_{\delta} + K_{\text{тр}}S_{\text{тр}})}{P - (\hat{T} - T_{\text{окр}})(K_{\delta}S_{\delta} + K_{\text{тр}}S_{\text{тр}})}$$

4.1.2. Случай адаптированного алгоритма подготовки чистящих жидкостей

В данном случае нагрев чистящих жидкостей произведем до температуры большей, чем необходимо, что бы в начале циркуляции температура падала до необходимой и начиналась очистка.

$$\hat{T} = T''_{\text{цирк}} = \frac{c_{\text{ж}}m_{\text{ж}}T''_{\text{нагр}} + c_{\text{тр}}m_{\text{тр}}T_{\text{окр}}}{c_{\text{ж}}m_{\text{ж}} + c_{\text{тр}}m_{\text{тр}}}$$

Вычислим необходимую температуру нагрева жидкости [13]:

$$T''_{\text{нагр}} = \hat{T} + \frac{c_{\text{тр}}m_{\text{тр}}}{c_{\text{ж}}m_{\text{ж}}} (\hat{T} - T_{\text{окр}})$$

Тогда затраченная тепловая мощность будет равна:

$$Q''_{\text{под}} = P \cdot t''_{\text{под}}$$

$$Q''_{\text{под}} = \frac{Pc_{\text{ж}}m_{\text{ж}}}{K_{\delta}S_{\delta}} \ln \frac{P}{P - (\hat{T} - T_{\text{окр}} + \frac{c_{\text{тр}}m_{\text{тр}}}{c_{\text{ж}}m_{\text{ж}}} (\hat{T} - T_{\text{окр}}))K_{\delta}S_{\delta}}$$

4.1.3. Сравнение алгоритмов подготовки

Для сравнение представленных выше алгоритмов вычтем затраченную теплоту второго алгоритма из первого:

$$\Delta Q = Q_{\text{под}}^I - Q_{\text{под}}^{II} = Q_{\text{нагр}}^I + Q_{\text{стб}}^I - Q_{\text{под}}^{II}$$

Где

$$Q_{\text{нагр}}^I = \frac{P c_{\text{ж}} m_{\text{ж}}}{K_{\text{б}} S_{\text{б}}} \ln \frac{P}{P - (\hat{T} - T_{\text{окр}}) K_{\text{б}} S_{\text{б}}}$$

$$Q_{\text{стб}}^I = \frac{P (c_{\text{ж}} m_{\text{ж}} + c_{\text{тр}} m_{\text{тр}})}{(K_{\text{б}} S_{\text{б}} + K_{\text{тр}} S_{\text{тр}})} \ln \frac{P - (T_{\text{цирк}}^I - T_{\text{окр}}) (K_{\text{б}} S_{\text{б}} + K_{\text{тр}} S_{\text{тр}})}{P - (\hat{T} - T_{\text{окр}}) (K_{\text{б}} S_{\text{б}} + K_{\text{тр}} S_{\text{тр}})}$$

$$Q_{\text{под}}^{II} = \frac{P c_{\text{ж}} m_{\text{ж}}}{K_{\text{б}} S_{\text{б}}} \ln \frac{P}{P - (\hat{T} - T_{\text{окр}} + \frac{c_{\text{тр}} m_{\text{тр}}}{c_{\text{ж}} m_{\text{ж}}} (\hat{T} - T_{\text{окр}})) K_{\text{б}} S_{\text{б}}}$$

4.1.4. Расчет реальной системы

Проведем расчет описанных выше величин для реального объекта в таблице 6.

Таблица 6.

Расчет энергетических величин

Обозначение	Название	Величина	Размерность
P	Мощность теплообменника	1300	кВт
$c_{\text{ж}}$	Теплоемкость жидкости	4,178	кДж/(кг °С)
$m_{\text{ж}}$	Масса жидкости	9500	кг
$K_{\text{б}}$	Коэффициент теплоотдачи с поверхности бака, покрытого термо материалом	2	Вт/(м² °С)
$S_{\text{б}}$	Площадь бака	22	м²
$c_{\text{тр}}$	Теплоемкость трубопровода	0,460	кДж/(кг °С)
$m_{\text{тр}}$	Масса трубопровода	40 000	кг
$K_{\text{тр}}$	Коэффициент теплоотдачи с поверхности трубопровода	20	Вт/(м² °С)
$S_{\text{тр}}$	Площадь трубопровода	1450	м²
$T_{\text{окр}}$	Температура окружающей среды	20	°С

Окончание табл. 6.

$\bar{T}$	Необходимая температура для процесса очистки	60	°C
$t'_{\text{нагр}}$	Время, необходимое для нагрева жидкости до необходимой температуры в первом случае	20,4	мин
$Q'_{\text{нагр}}$	Затраченная тепловая мощность нагрева жидкости в первом случае	0,38	Гкал
$t'_{\text{стб}}$	Время, необходимое для нагрева жидкости до необходимой температуры в ходе циркуляции жидкости по очищаемому трубопроводу в первом случае	43,3	мин
$Q'_{\text{стб}}$	Затраченная тепловая мощность нагрева жидкости при её циркуляции в первом случае	0,81	Гкал
t'_{Σ}	Суммарное время на подготовку в первом случае	63,7	мин
Q'_{Σ}	Суммарная тепловая мощность в первом случае	1,19	Гкал
$t''_{\text{под}}$	Суммарное время на подготовку во втором случае	29,8	мин
$Q''_{\text{под}}$	Суммарная тепловая мощность во втором случае	0,55	Гкал
Δt	Разница во времени подготовки	33,9	мин
ΔQ	Разность в тепловой мощности	0,64	Гкал
$\Delta t\%$	Относительная разница во времени подготовки	53,2	%
$\Delta Q\%$	Относительная разность в тепловой мощности	53,2	%

Как видно из таблицы 6 второй алгоритм подготовки чистящих жидкостей даёт выигрыш во времени на 53,2%, а поскольку нагреватель работал на полную мощность, то и энергии столько же – 53,2%.

Наиболее актуальное время – это время на которое останавливаются технологические процессы и происходит очистка трубопровода. Подготовка ЧЖ влияет на это время только добавлением времени стабилизации температуры ЧЖ в очищаемом трубопроводе. Именно время использования очищаемого трубопровода будем называть – временем очистки.

Рис. 28. Затраченное время на очистку в первом и во втором случае

На рис. 28 показано, что, сокращая время на стабилизацию, сокращается время на отключения технологического процесса.

Если учесть, что необходимо время очистки составляет 45 минут, а во втором алгоритме отсутствует время на стабилизацию температуры чистящих жидкостей в очищаемом трубопроводе, то сокращение времени на очистку составляет 43,3 минуты. Что составляет 49% от первоначально затрачиваемом времени.

Затраченная энергия может быть подсчитана, как произведение теплоты потерь во внешнюю среду на время очистки:

$$Q_{\text{оч}} = (K_o S_o + K_{\text{тр}} S_{\text{тр}})(T - T_{\text{окр}})t$$

Где T – температура очистки

t – время очистки

Энергия на очистку в первом случае составила 1,19 Гкал, а во втором случае составила 0,55 Гкал, что составляет 41,6% или 0,64 Гкал, что немного, но при ежедневной мойки существенно. Для этого необходимо нагреть жидкость до температуры 75,5°C.

ГЛАВА V

ТЕХНИЧЕСКИЙ ЭТАП ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ

Для управления системой необходимо, что бы все компоненты системы были выбраны и что бы компоненты правильно функционировали друг с другом. Часть компонентов системы, например – трубы, баки и т.д., остаются прежними в данном дипломном проекте.

Часть компонентов, например – датчики концентрации, целесообразно заменить, исходя из того, что они работают только со своими (оригинальными) преобразователями и сильно изношены в процессе эксплуатации. А часть компонентов, например – промышленный логический контроллер (ПЛК), вообще не присутствует в прежней системе и его необходимо выбрать.

5.1. Выбор компонентов системы аппаратного комплекса

Поскольку в рамках данного дипломного проекта разрабатывается система управления очисткой технологического оборудования на предприятии, то предполагается использование уже существующей системы трубопроводов для подготовки чистящих жидкостей, а также баков для подготовки, теплообменников и всех необходимых элементов нагрева (конденсатоуловителей, обратных клапанов и т.д.).

Основным элементом для управления жидкостными потоками в системе трубопроводов является вентиль. Принцип работы пневмовентиля показан на рис. 29 [14]. Для автоматизированной системы в рамках данного проекта на вентиль накладываются следующие требования:

- Автоматическое управление, реализуется подачей рабочего давления сжатого воздуха из пневмосети предприятия.
- Позиция «Безопасная поломка» (если клапан отрезан от питания, клапан переходит в безопасную позицию для предотвращения (например, слива емкости в канализацию, смешивания растворов и т.д.).
- Защищенность от воздействия агрессивной среды.
- Воздухонепроницаемое уплотнение.
- Термостойкость прокладок при мойке не менее 90°C (в установках стерилизации 120°C).
- Конструкция, позволяющая легко проводить промывку.

Рис. 29. 2-х ходовой клапан (клиновидный клапан).
Принцип работы

В составе существующей системы трубопровода для подготовки и перекачки чистящих жидкостей присутствуют дисковые затворы с пневмоприводом – пневмовентили AWH NC 16741 фирмы Armaturenwerk Hötensleben GmbH. Они прекрасно подходят для систем очистки тем, что в них отсутствуют углы поворота потока жидкости и другие локальные выступающие части, весь поток прямоком проходит через пневмовентиль и, практически, не задерживается в нём. Составные части дискового затвора показаны на рис. 30.

Данные пневмовентили (дисковые затворы) удовлетворяют всем требованиям, поэтому отставить их в создаваемой системе вполне целесообразно.

Рис. 30. Составные части дискового затвора

Перечень составных частей:

1. Пневматический привод
2. Крепежная консоль
3. Инициатор
4. Болт с шестигранной головкой
5. Выключатель
6. Позиционный индикатор
7. Диск

8. Фланец
9. Группа крепежных элементов
10. Вкладыши дисковых затворов
11. Втулка

5.1.1. Выбор промышленных сетей

Для соединения компонентов системы автоматизации между собой, а также сбора данных с датчиков можно использовать аналоговый сигнал, а можно – цифровой, те современную промышленную полевою сеть.

Промышленная сеть – сеть передачи данных, связывающая различные датчики, исполнительные механизмы, промышленные контроллеры и используемая в промышленной автоматизации [15]. Термин употребляется преимущественно в автоматизированной системе управления технологическими процессами (АСУ ТП). Описывается стандартом ИЕС 61158.

Устройства используют сеть для:

- Передачи данных, между датчиками, контроллерами и исполнительными механизмами.
- Диагностики и удалённого конфигурирования датчиков и исполнительных механизмов.
- Калибрования датчиков.
- Питания датчиков и исполнительных механизмов.
- Передачи данных между датчиками и исполнительными механизмами минуя центральный контроллер.
- Связи между датчиками, исполнительными механизмами, ПЛК и АСУ ТП верхнего уровня.
- Связи между контроллерами и системами человеко-машинного интерфейса (SCADA).

В сравнении с подключением периферийного оборудования к контроллеру отдельными проводами промышленная сеть имеет следующие достоинства:

- В несколько раз снижается расход на кабель и его прокладку.
- Увеличивается допустимое расстояние до подключаемых датчиков и исполнительных устройств.

- Упрощается управление сетью датчиков и исполнительных механизмов.
- Упрощается модификация системы при изменении типа датчиков, используемого протокола взаимодействия, добавлении устройств ввода-вывода.
- Позволяют дистанционно настраивать датчики и проводить их диагностику.

Для связи оборудования автоматизации между собой используем промышленную сеть Profibus. Сеть Profibus – одна из самых широко используемых сетей в задачах промышленной автоматизации в Европе [15]. Она предоставляет огромный выбор совместимых устройств и, в то же время, обладает быстрой и надежной передачей данных. Сеть Profibus предлагает пользователям возможность совмещать устройства разных компаний-производителей. Это сеть открытого типа, поддерживающая спектр устройств от обычных станций ввода/вывода и заканчивая сложными контроллерными станциями. Эта сеть позволяет очень быстро обмениваться данными с большим количеством ведомых устройств. Технические характеристики промышленной сети представлены в таблице 7.

Таблица 7.

Технические характеристики промышленной сети Profibus

Скорость передачи данных	до 12 Мбит/с
Максимальная протяженность сегмента шины	1200 м
Максимальное расчетное расстояние между двумя станциями	4800 м
Используемый интерфейс	RS 485

Для связи оборудования с сервером сбора данных и архивным сервером целесообразно использовать Industrial Ethernet (промышленный Ethernet) [16]. Это стандартизованный (IEEE 802.3 и 802.11) вариант Ethernet для применения в промышленности. Для обеспечения гарантированного времени реакции используют протокол реального времени Profinet, который обеспечивает обмен данными между программируемыми контроллерами и системами человеко-машинного интерфейса. Этот протокол модифицируют стандартный стек TCP/IP, добавляя в него:

- функции синхронизации.
- новые алгоритмы сетевого обмена.
- диагностические функции.
- методы само корректировки.

Канальный и физический уровни Ethernet при этом остаются неизменными. Что позволяет использовать протоколы реального времени в существующих сетях Ethernet с использованием стандартного сетевого оборудования. Технические характеристики сети Industrial Ethernet представлены в таблице 8.

Таблица 8.

Технические характеристики сети Industrial Ethernet (Profinet)

Скорость передачи данных	10Мбит/с и 100Мбит/с
Максимальная длина сегмента	100м
Тип кабеля	Медная 8ми проводная витая пара (UTP 6е)

5.1.2. Выбор ПЛК и систем распределенного ввода вывода

При выборе программируемого логического контроллера необходимо учитывать следующие основные факторы [17]:

- ✓ Характер применения (автономно, в качестве станции в распределенной сети, в качестве удаленной станции)
- ✓ Функциональное назначение (ПИД-регулирование, управление системами тепло- и водоснабжения, измерение и счет данных, терморегулирование, аварийная защита и блокировка и т.д.)
- ✓ Количество входов/выходов (цифровых и аналоговых)
- ✓ Требуемая скорость передачи данных
- ✓ Наличие автономного счетчика времени
- ✓ Условия регистрации и хранения данных
- ✓ Возможность самодиагностики
- ✓ Требования к панели оператора
- ✓ Язык программирования
- ✓ Интерфейс
- ✓ Каналы связи (проводной, беспроводной)
- ✓ Режим и условия эксплуатации

Сравнение контроллеров между собой представлен в таблице 9.

Таблица 9.

Сравнение контроллеров между собой

Производитель	Серии ПЛК	Доля мирового рынка	Поддержка IEC61131-3	Поддерживаемые промышленные сети
Siemens	S7-400, S7-300	28.8%	частично (ST+SFC)	Profibus, Profinet, Asi
Rockwell / Allen Bradley	ControlLogix, CompactLogix	19.1%	полностью	ControlNet, DeviceNet
Mitsubishi	Q series	14.3%	полностью	Melsecnet, CC-Link, Profibus, Devicenet, Asi
Omron	CS1, CV1	8.3%	частично (LD+ST+SFC+FBD)	CompoBus/S, CompoNet, Devicenet
Schneider	Premium, Quantum, M340	8.3%	полностью	Modbus, Modbus TCP, Profibus
GE Fanuc	RX7i, RX3i	3.7%	частично (IL+ST+LD+FBD)	Genius, Devicenet, Profibus
Moeller	XC100, XC200	2.4%	полностью	CanOpen
Hitachi	H series, EH-150	1.9%	полностью	Profibus, Devicenet
Sharp	JW300	1.9%	не поддерживает	Ethernet
B&R	X20	1.5%	полностью	CanOpen, Ethernet Powerlink
ABB	AC500	<1%	полностью	Profibus, Devicenet, Arcnet, Modbus, S31, Ethernet
Koyo	DL205, DL405	<1%	не поддерживает	Modbus
Beckhoff	CX range, IPC ranges	<1%	полностью	CanOpen, EtherCat
Toshiba	V seies, SE2/ST2	<1%	частично (LD+FBD)	Ethernet
LG	K series, XGT series, GM series	<1%	полностью	Ethernet
Phoenix Contact	RFC430, RFC450	<1%	полностью	Interbus
Wago	758	<1%	полностью	Profibus, CanOpen, Devicenet
Panasonic (Matsushita)	Fpsigma, FP2	<1%	полностью	S-Link, MEWNET-F
VIPA	300V, 300S	<1%	частично (ST+SFC)	Profibus
Bosch-Rexroth	CML65	<1%	полностью	Profibus, Ethernet, Ethernet/IP, SERCOS, SERCOS III
OBEH	ПЛК304, ПЛК308	<1%	полностью	Profibus, Ethernet

Проанализировав данную таблицу 9, остановим свой выбор на промышленном программируемом логическом контроллере Modicon Premium – TSX 57 фирмы Schneider, представленного на рис. 31, поскольку имеется успешный опыт применения данного контроллера на промышленных предприятиях пищевой промышленности России, благодаря интеграции большего количества данных диагностики и производственных данных, и полностью удовлетворяет нашим требованиям [18].

Рис. 31. Modicon Premium TSX 57

Кроме того, для работы контроллера необходим блок питания. Выберем модуль питания TSX PSY 5500M, который обеспечивает подключение контроллера к сети 220В. Поскольку все датчики и исполнительные механизмы имеют интерфейс промышленной сети PROFIBUS, то выбирать модули дискретных и аналоговых входов-выходов не нужно. Для управления аналоговым электроклапаном пара выбираем систему распределенных вводов/выводов Advantys STB с модулем STB NDP 2212 для подключения к сети PROFIBUS и с двумя модулями аналогового вывода STB AVO 1255 K [18] (рис. 32).

Рис. 32. Система распределенных вводов/выводов Advantys STB

5.1.3. Выбор пневмоостровов

Для управления пневмовентильми необходимо выбрать пневмоостров [19]. Пневмоостров – это устройство для управления подачей сжатого воздуха в оборудование. В пневмоострове имеются пневмораспределители, электроприводы, для управления пневмораспределителями и устройство для подключения к промышленной сети. Поскольку пневмоостров – это набор стандартных изделий: узлов распределителя, золотников, прокладок, штуцеров и т.д., то при выборе пневмоострова выбирается производитель и серия, а потом пневмоостров конфигурируется необходимым набором элементов.

Всего в проекте требуется 54 вентиля – два пневмоострова. В таблице 10 представлен обзор пневмоостровов, которые можно применить в проекте.

Таблица 10.

Обзор пневмоостровов

Производитель	Серия	Максимальное количество выходов	Интерфейс
Festo	CPA-SC	32	Profibus DP, DeviceNet, CPI система
SMC	SZ3000	30	дискретные входы
Pneumax	ENOVA	22	дискретные входы, Profibus, CanOpen, Device-Net, ASI

Окончание табл. 10.

Camozzi Spaф	Серия H	32	дискретные входы, Profibus, CanOpen, Device-Net
ASCO NUMATICS	MEGA	30	Profibus DP, DeviceNet, ASi, многопроводная шина Multipol

Рассмотрим особенности пневмоостровов серии CPA-SC фирмы Festo по сравнению с другими. На рис. 33. видно, что распределители CPA-SC имеют лучшие динамические характеристики и больший расход при меньших размерах [20].

Рис. 33. Сравнение динамических характеристик и размера

Кроме того, пневмоостров фирмы Festo имеет на 15% выше быстродействие, чем аналоги, существующие на рынке [20] (рис. 34). Поэтому была выбрана серия CPA-SC, показанная на рис. 35, технические характеристики, которого приведены в таблице 11.

Таблица 11.

Технические характеристики пневмоострова серии CPA-SC

Характеристика	Значение
Монтажный шаг клапана	10 мм
Макс. стандартный номинальный расход	180 л/мин bei 10 мм
Рабочее давление	-0,9 ... 10 бар

Окончание табл. 11.

Электрическое подключение	Fieldbus
Макс. количество распределителей	32
Макс. кол-во зон давления	2
Электрическая система вх./вых.	Да
Температура окружающей среды	-5 ... 50°C
Класс защиты	IP40
Монтажный шаг	10 mm
Функция быстрого выхлопа	не дросселируемый
Тип управления	электрический
Структура пневмоострова	Фиксированный шаг
Индикатор позиции переключения	LED
Пилотное давление	3 ... 8 бар
Пригодность для работы с вакуумом	Да
Номинальное рабочее напряжение DC	24 V
Допустимые колебания напряжения	+/- 10%
Обозначение CE (см. заявление о соответствии)	в соответствии с директивой EU по электромагнитной совместимости EMC
Классификация сопротивления коррозии CRC	1
Температура воздуха	-5 ... 50°C

Рис. 34. Сравнение времени цикла переключения

Внешний вид выбранного пневмоострова показан на рис. 36. Был использован онлайн портал [20] Festo, для окончательной конфигу-

рации пневмоострова. И были получены реквизиты заказа: тип CPA-SC-FB-VI, № изделия 538509, код заказа 82P-10-DP-PB-V-SRD-16J-E+HN.

Рис. 35. Принцип работы пневмоострова серии CPA-SC фирмы Festo

Рис. 36. Пневмоостров серии CPA-SC фирмы Festo

5.1.4. Выбор датчиков

Для контроля над состоянием процесса [21] подготовки чистящих жидкостей и процесса очистки трубопровода на пищевом производстве необходимо использовать датчики:

- Температуры
- Концентрации
- Уровня
- Аварийного уровня
- Давления

Кроме того, датчики должны быть гигиенического исполнения, т.е. корпус датчика выполнен из материала, который отвечает всем

гигиеническим требованиям, и выдерживать воздействие агрессивных чистящих средств, которыми очищают систему трубопровода и оборудование на пищевом производстве.

Поскольку, на объекте автоматизации использовались датчики со своими (оригинальными) преобразователями и индикаторами, необходимо заменить датчики на универсальные, выбрать их тип и марку.

5.1.4.1. Выбор датчиков температуры

Для измерения температур в ходе технологического процесса необходимо применять датчики температуры с необходимым диапазоном измерений и с необходимой точностью [21].

Датчики температуры, применяемые в пищевом производстве [22], рис. 37:

- Термометр сопротивления. Это датчик для измерения температуры, сопротивление чувствительного элемента которого зависит от температуры. Чувствительный элемент может быть выполнен из металлического или полупроводникового материала. Точность измерения может достигать до $0,01^{\circ}\text{C}$. Относительно дорогой (для датчика с платиновым чувствительным элементом).
- Термопара – это датчик, чувствительным элементом которого служит пара проводников из различных материалов, соединенных на одном конце и формирующих часть устройства, использующего термоэлектрический эффект Зеебека для измерения температуры. Термопары работают в широком диапазоне температур, имеют хорошую точность (до $\pm 0,01^{\circ}\text{C}$). Однако нелинейная зависимость ТЭДС от температуры и возникновение термоэлектрической неоднородности в результате резких перепадов температур, механических напряжений, коррозии и химических процессов в проводниках, что приводит к изменению градуировочной характеристики и погрешностям (до $\pm 5^{\circ}\text{C}$) – являются недостатками термопар.
- Пирометр – это прибор для бесконтактного измерения температуры тел. Принцип действия основан на измерении мощно-

сти теплового излучения объекта измерения преимущественно в диапазонах инфракрасного излучения и видимого света.

- Биметаллические термостаты – это недорогие и небольшие размером реле датчики температуры, которые представляют собой две металлические пластины с разным коэффициентом расширения. При достижении необходимой температуры датчик может замыкать или размыкать электрические контакты. Данные датчики применяются в простейших системах термостатирования или как аварийные датчики для безопасности.
- Кремниевые датчики (полупроводниковые) – это датчик, интегрированный в полупроводниковую микросхему. В датчик может быть встроен усилитель и АЦП – что является его преимуществом. Но, нахождение интегральной полупроводниковой микросхемы вблизи нагретого объекта не может не сказаться на её работе.

В нашем случае необходимый рабочий диапазон измеряемых температур: $+5...+100^{\circ}\text{C}$ и точность: $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$, но необходимы датчики в гигиеническом исполнении, в корпусе из нержавеющей стали и способные работать в агрессивных чистящих жидкостях, по этому выбираем резистивный датчик в корпусе из нержавеющей стали. Проведем сравнение датчиков (таблица 12).

Рис. 37. Датчики температуры, применяемые в пищевом производстве

Таблица 12.

Сравнительные характеристики датчиков температуры для выбора

Наименование	ДТС015-100П.А4.80	Omnigrad M TR44	TAD096KLER12-A-DKG/US
Фирма-производитель	ОВЕН	Endress+Hauser	Ifm Electronic
Рабочий диапазон измеряемых температур (в соответствии с IEC 60751), °C	TR 44: -50...+250	TR 44: -50...+250	TAD096KLER12-A-DKG/US
Показатель тепловой инерции, не более, °C	10	2,5	9
Точность, °C	0,1	$0,10 \pm 0,0017 t ^{(1)}$	0,1
Особенности	Низкая цена	Возможность установить преобразователь на датчик с интерфейсом PROFIBUS	Интерфейс связи: IO-Link

1) $|t|$ = абсолютное значение °C

Выбираем датчик Omnigrad M TR44 фирмы Endress+Hauser с наименьшим показателем тепловой инерции и с возможностью установить преобразователь с интерфейсом PROFIBUS [23] (рис. 38).

Рис. 38. Датчики температуры Omnigrad M TR44, Endress+Hauser

5.1.4.2. Выбор датчиков концентрации

Для измерения концентрации чистящей жидкости в потоке необходимо выбрать прибор для измерения концентрации. Концентра-томер – это прибор, предназначенный для измерения концентрации жидких веществ в растворе воды [23]. Сравнение концентратометров между собой приведены в таблице 13.

Таблица 13.

Сравнение концентратометров между собой

Наимено- вание	АЖК- 3101K	АЖК-3101M	АКП-01А	Smartec CLD134	Indumax H CLS54
Диапазон измерения	H2SO4: (0...10 (15; 25)) %; (95...99) %; HCl: (0...5 (10; 15)) %; HNO3: (0...10 (20)) %; NaOH: (0...5 (10 ; 15; 20)) %; (20...40) %; KOH: (0...5 (0...5 (10; 15; 20)) %; NaCl: (0...20) %	H2SO4: (0...25 (95...99) %; HCl: (0...15 HNO3: (0...20) %; NaOH: (0...10) %; (20...40) %; KOH: (0...5 (10; 15; 20)) %; NaCl: (0...20) %	H2SO4: (0...25 (95...99) %; HCl: (0...15 HNO3: (0...20) %; NaOH: (0...10) %; (20...40) %; KOH: (0...5 (10; 15; 20)) %; NaCl: (0...20) %	H2SO4: (0...25 (95...99) %; HCl: (0...15 HNO3: (0...20) %; NaOH: (0...10) %; (20...40) %; KOH: (0...5 (10; 15; 20)) %; NaCl: (0...20) %	H2SO4: (0...25 (95...99) %; HCl: (0...15 HNO3: (0...20) %; NaOH: (0...10) %; (20...40) %; KOH: (0...5 (10; 15; 20)) %; NaCl: (0...20) %
Диапазон температур анализируемой жидкости	от +5 до +95 °С	от +5 до +95 °С	от +5 до +55 °С	от -10 до +125 °С	от -10 до +125 °С
Вязкость анализируемой жидкости	не более 0,2 Па×с	не более 0,2 Па×с	не более 0,2 Па×с	не более 0,2 Па×с	не более 0,2 Па×с
Давление анализируемой жидкости	не более 1,6 МПа	не более 1,6 МПа	не более 1,6 МПа	не более 1,2 МПа	не более 1,2 МПа
Расход анализируемой жидкости	не более 100 л/ч	не более 100 л/ч	не более 100 л/ч	не более 50000 л/ч	не более 50000 л/ч

Окончание табл. 13.

Параметры выходных сигналов:	0...5 или 4...20 мА	0...5 или 4...20 мА (по заказу)	RS-232 / RS-485 / RS-485 ModBus; 0 - 5 мА / 0 - 20 мА / 4 - 20 мА;	0/4-20 мА, HART, Profibus	Подключается к трансмиттеру
Точность измерения температуры	$\pm 0,3^{\circ}\text{C}$	$\pm 0,3^{\circ}\text{C}$	$\pm 0,3^{\circ}\text{C}$	$\pm 0,3^{\circ}\text{C}$	$\pm 0,3^{\circ}\text{C}$

Как видно из таблицы 13 сравнения концентраторов между собой диапазон измерения и типы растворов полностью удовлетворяют нашим требованиям. Однако диапазон температур у датчика АКП-01А не удовлетворяет нашим требованиям. Расход анализируемой жидкости у датчиков АЖК-3101К и АЖК-3101М нас не удовлетворяет. Если рассматривать датчики Smartec CLD134 и Indumax H CLS54 они одинаковы по параметрам, но к датчику Indumax H CLS54 необходимо использовать трансмиттер, что не очень удобно. В итоге выбираем Smartec CLD134.

Рис. 39. Датчики концентрации Smartec CLD134

Smartec CLD134 – гигиеническая система для измерения проводимости и концентрации для применений в пищевой, фармацевтической промышленности, производстве напитков, также, как и в биотехнологических процессах [23].

Преимущества:

- Гигиеническое исполнение
- Трансмиситтер выполнен из нержавеющей стали
- Быстрое измерение, что позволяет безопасное и эффективное фазовое разделение

Сетевые интерфейсы:

- Keys
- HART® ручной терминал
- PROFIBUS PA/DP
- ПК с программным обеспечением FieldCare (с технологией FDT/DTM)

Стандартная версия может быть расширена функцией удаленного переключения диапазонов измерения и таблиц концентрации.

Область применения:

Индуктивная система измерения проводимости направлена на гигиенические применения в пищевой, фармацевтической промышленности, производстве напитков, также, как и в биотехнологических процессах. Благодаря пищевому исполнению корпуса из чистого PEEK, его без зазорному и бесшовному дизайну и гигиеническому сертификату, данный датчик соответствует самым высоким требованиям выше указанных промышленностей. Доступны компактное и раздельное исполнения. CLD134 особенно подходит для следующих применений:

- Фазовое разделение продукта/воды и продукта/смеси продуктов в трубопроводных системах.
- Контроль CIP-промывки (промывка на месте) в обратном канале.
- Контроль концентрации при повторном использовании чистящих реагентов для CIP-промывки.
- Мониторинг продукта в трубопроводных системах, станции бутылочного розлива, точности.
- Мониторинг утечки в следующих промышленностях.
- Молочная промышленность.

- Пивоваренная промышленность.
- Производство напитков (вода, соки, безалкогольные напитки).
- Фармацевтическая промышленность и биотехнологии.

5.1.4.3. Выбор датчиков уровня

Для измерения уровня жидкости в баках используем датчики уровня. Существует множество способов измерения уровня жидкости [24] и разделяются на два типа:

1. Дискретного измерения
2. Непрерывное измерение

Дискретное измерение выдает дискретный сигнал о том, что жидкость в баке достигла определенного уровня. Непрерывным измерением уровня жидкости называется измерения уровня с заданной точностью в конкретный момент времени в рабочем диапазоне соответствующих приборов измерения [24]. Перечислим способы измерения уровня, способные измерять уровень в автоматизированном режиме (таблица 14).

Таблица 14.

Методы непрерывного измерения уровня жидкости

Название метода	Достоинства	Недостатки
Тросово-поплавковый	Относительная простота	Требуется механическое оборудование
Пузырьковый	Простая сборка, пригодность для коррозионных сред	Существует опасность отложений в трубке, зависит от относительной плотности продукта
Гидростатический	Простая сборка и регулировка	Зависит от относительной плотности продукта
Метод взвешивания	Может быть очень точным	Дорогой
Кондуктометрический	Простота, низкая стоимость	Ограничение на длину зонда, влияние отложений на зонде
Ёмкостной	Простота, низкая стоимость	Ограничение на длину зонда, влияние отложений на зонде
Ультразвуковой	Нет контакта с продуктом	Относительно дорогой
Микроволновый	Нет контакта с продуктом	Относительно дорогой
Радиоизотопный (метод поглощения гамма-излучения)	Полностью отсутствует контакт с процессом	Дорогой, требует применение специальных мер защиты персонала

В данном проекте используем гидростатический метод как наиболее простой в реализации и достаточно точный. Для этого выберем датчик дифференциального давления жидкости с преобразователем уровня, подходящий для пищевых производств и устойчивый к агрессивным средам, таким датчиком является: Deltapilot S FMB70 фирмы Endress+Hauser (рис. 40). Технические характеристики которого представлены в таблице 15.

Таблица 15.

Технические характеристики Deltapilot S FMB70

Рабочий диапазон	100мбар...10бар
Погрешность	0,1%
Рабочая температура	-10°C...100°C
Температура окружающей среды	-40°C...85°C
Питание	9...32В DC
Коммуникация	<ul style="list-style-type: none">• 4 ... 20 мА HART• PROFIBUS PA• FOUNDATION Fieldbus

Рис. 40. Датчик уровня Deltapilot S FMB70

5.1.4.4. Выбор датчиков аварийного уровня

Для контроля предельного уровня жидкости (аварийного уровня) вполне достаточно использовать датчик дискретного измерения уровня [24] (таблица 16). Кроме перечисленных методов, безусловно, могут применяться и методы, описанные в предыдущем пункте.

Таблица 16.

Методы дискретного измерения уровня жидкости

Название метода	Достоинства	Недостатки
Поплавковый	Простота реализации, низкая стоимость	Нестабильный уровень срабатывания, возможно образование наростов
Вибрационный	Не требуется регулировка, простота реализации	Образование наростов сильно усложняет работу
Ротационный	Не требуется регулировка, простота реализации	Образование наростов сильно усложняет работу

Рис. 41. Датчик уровня Liquiphant M FTL51H

Поскольку в данном проекте дискретный датчик уровня жидкости – аварийный, то он будет не часто срабатывать и редко находится в жидкости. При очень частом и очень редком срабатывании датчика лучше отказаться от механических методов поплавкового и ротационного датчика уровня и использовать вибрационный. Исходя из требований гигиенической частоты и требований работать в агрессивных средах выбираем датчик: Liquiphant M FTL51H фирмы Endress+Hauser (рис. 41). Технические характеристики которого представлены в таблице 17.

Таблица 17.

Технические характеристики Liquiphant M FTL51H

Рабочая температура	-50 °C ... 150 °C
Температура окружающей среды	-50 °C ... 70 °C
Питание	11 ... 36В DC
Коммуникация	PROFIBUS PA

5.1.5. Выбор системы дозирования

При подготовке чистящих жидкостей в прежней системе рабочий вручную добавлял концентраты в баки для подготовки, что увеличивало время на подготовку и создавало повышенный их расход, за счет не точного дозирования. В данном проекте создается автоматизированная система и поэтому необходимо использовать автоматизированные системы дозирования рис. 42 [25], которые должны состоять из:

1. Резервуара
2. Дозировочного насоса Grundfos Alldos DME 375
3. Приемного клапана
4. Слива
5. Датчика уровня
6. Переливного клапана
7. Предохранительного клапана

Основным устройством системы дозирования является дозировочный насос Grundfos Alldos DME 375, технические характеристики которого приведены в таблице 18.

Рис. 42. Система дозирования

Таблица 18.

Технические характеристики Grundfos Alldos DME 375

Максимальная производительность	376 л/ч
Минимальная производительность	0.47 л/ч
Максимальное давление	10 бар
Глубина регулирования	1:800
Максимальная частота ходов	160 мин ⁻¹
Питание	100-240В
Точность	±1%
Высота всасывания	4м
Максимальная вязкость	3000 мПа·с
Коммуникация	Модульсвязи Fieldbus (Genibus, Profibus)

5.2. Выбор компонентов системы программного комплекса

Поскольку в проекте был выбран контроллер Modicon Premium фирмы Schneider-electric, то единственным программным обеспечением для программирования его является Unity Pro. Unity Pro – это единая среда разработки, отладки приложений и операционная среда для контроллеров фирмы Schneider-electric. Инструменты отладки и диагностики, 5 языков IEC 61131-3 (МЭК 61131-3) позволяют Unity Pro повысить производительность разработки и упростить процесс программирования.

5.2.1. Выбор платформы для SCADA-системы

Для отслеживания состояния системы очистки необходимо выбрать SCADA-систему (Supervisory Control And Data Acquisition, Диспетчерское управление и сбор данных). Которая в режиме реального времени отображает на экране оператора состояние системы очистки и сохраняет показание датчиков в архиве. Связь с оборудованием может быть реализована по OPC технологии, которая является универсальной, или с помощью специализированных драйверов [26].

Рассмотрим следующие требования к платформе для SCADA-системы:

- Гибкая архитектура по развертыванию.
- Клиент-серверная архитектура.
- Многопользовательская разработка специалистами в своих областях специализации.
- Широкие возможности связи со всеми промышленными устройствами.
- Инкапсуляция объектов автоматизации.
- Объектно-ориентированный программный набор графических средств.

Под гибкой архитектурой по развертыванию подразумеваем возможности масштабирования системы как в рамках данного предприятия, так и миграция на аналогичные производства и объединение

производств. Это позволяет реализовать клиент-серверная архитектура построения системы, основанная на создании отдельных серверов для обработки, хранения данных и отображения информации на компьютерах операторов.

Многопользовательская разработка системы позволяет разрабатывать отдельных её частей, связанных с определенным оборудованием, специалистами по этому оборудованию (рис. 43). Это позволяет отразить все нюансы оборудования в проектируемой системе. Кроме этого необходимо обеспечить защиту разрабатываемых компонентов от других пользователей системой. Данный режим разработки позволяет создавать инкапсуляцию объектов отображения и управления, т.е. создание конечных блоков (например, переменная температуры с графическим отображением и со скриптом), из которых потом можно строить всю систему. И изменения в этом блоке повлекут собой изменения во всей системе. А сами графические элементы состоят из более простых примитивов и представляют собой технические объекты производства. Поэтому в платформе для SCADA-системы необходимо наличие объектно-ориентированный программный набор графических средств.

Рис. 43. Многопользовательская разработка системы

В таблице 19 представлены широко распространенные в мире SCADA-системы. Наиболее лучше описанным выше требованиям удовлетворяет InTouch Wonderware построенная на платформе Wonderware System Platform 3.0.

Таблица 19.

Широко распространенные SCADA-системы

SCADA-система	Фирма-производитель	Страна	SCADA-система	Фирма-производитель	Страна
IFix	General Electric		Vijeo Citect	Schneider Electric
MasterSCADA	InSAT		Sitex	Jade Software
Trace mode	AdAstrA Research Group, Ltd		WinCC	Siemens
InTouch	Wonderware		IGSS	Seven Technologies
Genesis	Iconics		SCADAInfinity	ЭлеСи
Factory Link	United States DATA Co.		КАСКАД	Каскад-АСУ
RealFlex	RealFlex Technologies, Ltd.		Круг 2000	НПФ Круг
CitectSCADA	Schneider Electric		OpenSCADA	Роман Савоченко

Структура платформы Wonderware System Platform 3.0 в иерархической структуре производства показана на рис. 44 [27].

Центром Wonderware System Platform является «Модель» – логическое представление физических процессов, управляемых и контролируемых программными системами, созданными на базе продуктов Wonderware.

Данная модель предоставляет единое последовательное описание производственной инфраструктуры, построенное с использованием понятных терминов и организованное в виде повторно-используемых шаблонов [27] (рис. 45). Модель отображает физическое оборудование, способы сбора данных и формирования алгоритмов, защиту си-

стемы и уровни доступа, а также внешние интерфейсы. Благодаря иерархической объектно-ориентированной модели, возможно, выбрать и определить абстрактное представление реальных систем, их связи и фактическое местоположение.

Рис. 44. Структура Wonderware System Platform

Мощная и эффективная интегрированная среда разработки (IDE) обеспечивает логическое определение структурных компонент, включая физическое оборудование, производственные участки, рабочие процессы, вычисления ключевых показателей эффективности, компьютеры, контроллеры и базы данных. Производственная модель предоставляет необходимый контекст для данных, существенно помогая в выявлении и устранении неисправностей, а также обеспечивая документирование структуры во время ввода в эксплуатацию и в течение всего жизненного цикла системы. Производственная модель представляет необходимое и точное отображение операционных ре-

сурсов, независимо от аппаратных вычислительных ресурсов, используемых в работе системы, а также обеспечивает повышенную гибкость приложений, что снижает риски, связанные с первоначальным внедрением. Производственная модель предоставляет возможность для быстрой доводки от прототипа до производства, также, как и систематическое внесение поправок с течением времени.

Рис. 45. Шаблоны в Wonderware System Platform

5.2.2. Человеко-машинный интерфейс

Для визуализации процесса системная платформа Wonderware System Platform использует программное обеспечение человеко-машинного интерфейса Wonderware InTouch (рис. 46) [27]. Мощные возможности системной платформы Wonderware System Platform объединяют усовершенствованную ArchestrA графику и InTouch посредством инкапсуляции графики в объекты приложения, обеспечивая

этим уникальную эффективность разработки, а также улучшая стабильность и удобство сопровождения приложений.

Рис. 46. Человеко-машинный интерфейс Wonderware InTouch

Благодаря мощной графике и поддержке .NET controls можно одновременно визуализировать производственную и бизнес-информацию, а также динамически проводить изменения. Характеристики клиентских продуктов Wonderware включают:

- Различные интерфейсы клиентов – «толстые» клиенты, терминальные сервисы (TSE) или Web-клиенты.
- Мощную визуализацию Wonderware InTouch.
- Возможности анализа информации и генерации отчетов.
- Автоматическую обработку полученных данных.

- Безопасный доступ через сетевые устройства защиты (бранд-мауэры).

Разработанные экраны человеко-машинного интерфейса представлена на плакатах. Они состоят из основного экрана, экрана с трендами и экрана, где показана вся схема трубопровода. Интерфейс обеспечивает выбор программы очистки, запуск и остановка процессов наглядное представление параметров процессов на графиках-трендах, а также общее представление о ходе процесса на общей схеме трубопровода.

5.3. Проектирование схемы трубопровода

Действующая система условного графического обозначения, установленная в ГОСТ 21.206-93 и ГОСТ 21.205-93, не отражает всего многообразия новых элементов и оборудования, широко применяемого в настоящее время. В результате проектные организации и фирмы-производители вынуждены использовать для своих проектов и каталогов индивидуальные условные обозначения, что значительно затрудняет и работу проектировщиков, и использование отечественной и зарубежной климатической техники. Поэтому при проектировании системы подготовки чистящих жидкостей были использованы не только вышеописанные стандарты ГОСТ 21 серии, но и стандарт СТО НП АВОК 1.05-2006 для обозначения всего разнообразия трубопроводной арматуры.

В схему добавлены:

- Бак и дозирующий насос для концентрированного чистящего вещества на основе щелочи (гидроксид натрия)
- Бак и дозирующий насос для концентрированного чистящего вещества на основе кислоты (азотная кислота)
- Бак и дозирующий насос для дезинфектанта (для окончательной дезинфекции)
- Изменённые датчики
- Добавленные пневмовентили

Спецификация к схеме находится в приложении к данной пояснительной записки.

5.4. Проектирование алгоритма управляющей программы

Алгоритм управляющей программы выполнен по ГОСТ 19.003-80. На нем видно, что происходит подготовка чистящих жидкостей до определенной температуры. В случае полной очистки подготавливаются щелочь и кислота. После этого происходит остановка производства и начинается очистка – циркуляция чистящих жидкостей по очищаемому трубопроводу. Далее трубопровод промывается водой и происходит обеззараживание трубопровода с помощью дезинфектантом.

ГЛАВА VI

ВЫБОР МЕТОДИЧЕСКОГО ПОДХОДА К ОЦЕНКЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ

6.1. Современное состояние развития экономики

Современное состояние развития экономики побуждает предприятия объединяться в группы, создавать интегрированные корпоративные структуры ради получения дополнительных конкурентных преимуществ, реализации масштабных проектов, преодоления возникающих проблем. Крупные интегрированные бизнес-структуры формируют вектор развития экономики и являются основой поддержания стабильности производства в развитых странах. Интеграционные процессы становятся все более значимыми и в отечественной экономике. Многоаспектность понятия «интегрированные бизнес-структуры» свидетельствует как о сложности данного объекта, так и о том, что его содержание постоянно развивается. Деятельность интегрированных бизнес-структур неоднократно становилась в центре внимания отечественных и зарубежных ученых. Изучением особенностей их функционирования, разработкой организационно-экономических механизмов их управления, обоснованием путей обеспечения эффективного взаимодействия их элементов занимались такие исследователи: И. Ансофф, М. Портер, М.А. Асаул, В.М. Горбатов, И.Г. Владимирова, Г. Баккер, А.Е. Иванов, Е.В. Ленский, О.Б. Чернега, Н.С. Скопенко, И.С. Шиткина, Н.В. Якубанис, М.А. Евневич и другие. Однако вопросы, связанные с обеспечением устойчивого развития интегрированных бизнес-структур изучены недостаточно. Следует также отметить, что обеспечение устойчивого развития интегрированных бизнес-структур посредством выбора конкретных сце-

нариев развития невозможно без объективной оценки достигнутого уровня развития как интегрированной структуры в целом, так и ее элементов в отдельности. В связи с этим актуальным представляется решение проблемы выбора методического подхода к оценке уровня развития интегрированной бизнес-структуры.

Цель исследования – обосновать выбор методического подхода к оценке устойчивого развития интегрированной бизнес-структуры. Для достижения этой цели необходимо, во-первых, рассмотреть понятие «устойчивое развитие» применительно к интегрированным бизнес-структурам, а, во-вторых, изучить существующие методические подходы к оценке развития предприятий и определить возможности их применения в отношении интегрированных бизнес-структур.

6.2. Бизнес-структура развития предприятий

Интегрированная бизнес-структура представляет собой совокупность юридических лиц различных отраслей и секторов экономики, которые в силу сложившихся между ними связей регулярно выступают в отдельных важных аспектах деятельности как единый экономический агент. Распространенность интегрированных бизнес-структур обусловила множественность подходов к их идентификации. Интегрированные бизнес-структуры классифицируются по таким признакам: цель создания, интеграционная основа, структура управления, тип критических связей, способы создания, жесткость создания (сила имущественных отношений), система участия, широта охвата, связь с государством, отрасль, степень консолидации, ресурсное обеспечение, механизм интеграции, формализация отчетности, состав участников, длительность связей, степень зависимости, рыночное положение. Наиболее распространенным классификационным признаком является выделение вертикально интегрированных, горизонтально интегрированных структур и их смешанных типов [42]. Выделяют также еще и диагональную форму интеграции [43]. Каждая форма интеграции субъектов хозяйствования имеет свои преимущества и недостатки. В связи с этим объединение предприятий в тех или иных формах зависит от целей и экономической выгоды.

Формирование направлений развития любого предприятия, в том числе и такого сложного объекта управления как интегрированная бизнес-структура, осуществляется в процессе планирования в зависимости от целей его развития, текущей и прогнозируемой рыночной ситуации, стадии жизненного цикла предприятия и множества других внешних и внутренних факторов. Определение направления развития должно основываться на результатах оценки достигнутого уровня развития. Помимо важности выбора альтернативных вариантов развития в процессе планирования, оценка сама по себе является одной из функций управления, которая дает возможность установления того, насколько эффективна деятельность бизнес-структуры, какова степень достижения поставленных целей, каких изменений в деятельности предприятий, входящих в состав интегрированной бизнес-структуры, удалось достичь в результате интеграции путем сравнения фактических текущих, прошлых и плановых показателей по определенным направлениям развития бизнес-структуры. Развитие предприятия означает качественное изменение и обновление хозяйственной системы, повышение эффективности ее функционирования на основе совершенствования техники, технологии и организации труда во всех структурных подразделениях, а также улучшения качества выпускаемой продукции [44]. В.А. Забродский и Н.А. Кизим дают более расширенное определение понятия «развитие», конкретизируя его относительно экономико-производственной системы. С их точкой зрения, развитие экономико-производственных систем представляет собой процесс перехода экономико-производственной системы в новое, более качественное состояние путем накопления количественного потенциала, изменения и усложнения структуры и состава, следствием чего является повышение ее способности сопротивляться разрушительному воздействию внешней среды и эффективности функционирования [45]. Таким образом, можно сделать вывод, что развитие приводит как к улучшению внутреннего состояния предприятия, эффективности использования его ресурсов, так и к повышению внешних преимуществ предприятия над конкурентами.

Под устойчивым развитием предприятия понимают его способность осуществлять экономическую деятельность в каждый отдель-

ный момент времени под воздействием факторов внешней среды, которые нарушают нормальное функционирование предприятия [46]. Устойчивое развитие предприятия можно трактовать как процесс постоянных изменений, при котором использование ресурсов, направление инвестиций, научно-техническое развитие, внедрение инноваций, совершенствование персонала и институциональные изменения согласованы друг с другом и направлены на повышение настоящего и будущего потенциала предприятия, удовлетворение его потребностей и достижение стратегических целей. Важным является тот факт, что предприятия должны развиваться не в обратном направлении, то есть в направлении регресса, а эффективно, стабильно и гибко, при этом их развитие должно быть постоянным. Процесс развития предприятия должен быть устойчивым и заранее спланированным, обеспеченным необходимыми финансовыми, материальными, трудовыми, информационными и другими ресурсами. Развитие интегрированной бизнес-структуры будем рассматривать с позиций концепции устойчивого развития, которая объединяет три аспекта деятельности: экономический, социальный и экологический. Экономический подход к концепции устойчивого развития основан на теории максимального потока совокупного дохода Хикса–Линдаля. Данная концепция подразумевает оптимальное использование ограниченных ресурсов и применение экологичных (природо-, энерго- и материалосберегающих) технологий, включая добычу и переработку сырья, создание экологически приемлемой продукции, минимизацию, переработку и уничтожение отходов. Социальная составляющая устойчивого развития ориентирована на человека и направлена на сохранение стабильности социальных и культурных систем, в том числе на сокращение числа разрушительных конфликтов между людьми. Важным аспектом этого подхода является справедливое распределение благ. С экологической точки зрения, устойчивое развитие должно обеспечивать целостность биологических и физических природных систем.

Изучение научной литературы показало, что на сегодняшний день существует достаточное разнообразие в методических подходах к оценке развития предприятия, что связано, прежде всего, с различными аспектами рассмотрения категории «развитие», а также со спец-

ифическими особенностями предприятий, развитие которых изучалось. Так, например, оценка уровня развития предприятия может быть основана на анализе его конкурентоспособности, изучении его потенциала, исследовании фазы жизненного цикла. Для оценки могут быть применены количественные и качественные методы, могут быть использованы частные и агрегированные показатели. Необходимо отметить, что однозначного и правильного способа и приема осуществления оценки уровня развития предприятия не существует, а приведенные подходы, примененные авторами в своих научных исследованиях с учетом их специфики и поставленной цели, имеют как преимущества, так и недостатки. Так, например, преимуществами подхода, основанного на исследовании конкурентоспособности предприятия, являются выявление ключевых факторов успеха и достаточный перечень показателей для оценки и сравнения с конкурентами. В то же время основными недостатками этого подхода является широкий спектр предлагаемых методик оценки уровня конкурентоспособности предприятия и определенная статичность оценки его конкурентных позиций при сравнении с другими предприятиями.

Ученые О. Новакова и Г. Мерзликина оценку экономического развития осуществляют по индексу развития, который рассчитывается как сумма индексов роста реализованной продукции, добавленной стоимости, собственного капитала и устойчивости, главным недостатком при этом является учет только финансовых критериев. Т. Степанова, А. Квилинский и О. Сюзяева определяют уровень развития предприятия на основе использования стоимостных показателей. Исследователи применяют показатель интенсивности стратегического развития, который рассчитывается как темп роста суммы финансового результата, рыночной стоимости предприятия и стоимости основных фондов. Интервальную методику оценки уровня развития, основанную на расчете показателя EVA, применяют Ю. Погорелов и А. Деева. Недостаток этих подходов также состоит в использовании для оценки только финансовых показателей. Р.А. Фатхутдинов предлагает оценивать организационно-техническое развитие путем расчета комплексного показателя организационно-технического уровня производства. Технический уровень производства характеризует

степень развития средств производства и прогрессивность технологии. Организационный уровень производства характеризуется степенью развития, организацией производства, труда и управления, уровнем организованности процессов. В.С. Пономаренко, О.М. Тридид и Н.А. Кизим определяют место предприятия на кривой жизненного цикла и в зависимости от этого делают выводы относительно уровня развития. При этом в качестве инструмента диагностики развития ими предлагается использовать систему диагностики банкротства предприятия (модель Е.И. Альтмана, Р. Лиса, У. Бивера, Гольдера–Конана) и интегрального показателя конкурентоспособности предприятия. Согласно этому подходу развитие предприятия определяется только на основе финансового состояния и финансовых результатов деятельности предприятия. Кроме того, данный подход не позволяет определить максимально возможные значения уровня развития предприятия и его составляющих. Отдельно можно выделить подходы, базирующиеся на оценке проектов (инноваций). Такая оценка уровня развития преувеличивает значимость потоков финансовых ресурсов, уделяя незначительное внимание материальным ресурсам, и не рассматривает вообще социальную составляющую процессов развития. В свою очередь, Ю.Б. Иванов, О.М. Тищенко, Н.А. Дробитько, А.С. Абрамова предлагают комплексно оценивать развитие предприятия с помощью таксономического анализа. В качестве составляющих используется система показателей, оценивающих технико-технологические и кадровые ресурсы, ресурсы финансового состояния и финансовых результатов. Однако данный подход основывается на сопоставлении позиций предприятий с позициями конкурентов путем использования внутренней информации. Такие внешние характеристики как доля рынка, объем реализации, цена реализации продукции и другие не учитываются. О.В. Раевнева предлагает оценивать уровень развития предприятия с помощью интегрального таксономического показателя, однако в отличие от предыдущего подхода, составляющей оценки является внутренняя среда предприятия, а именно производственная сфера, финансовая сфера и сфера труда. Г. Клейнер считает, что оценку развития предприятия следует проводить с помощью расчета экономических показателей: показателей результативно-

сти, инновационно-инвестиционного развития и деловой активности предприятия. Т. Калинеску, кроме вышеупомянутых, выделяет еще социальные показатели, которые сгруппированы по таким направлениям, как: организация и охрана труда, образование персонала, экологические показатели, взаимодействие предприятия с общественностью. В исследованиях Л. Олейника, посвященных вопросам оценки уровня научно-технического развития предприятия, внимание акцентируется на показателях технического уровня производства, отражающих объем фактического внедрения достижений техники, науки, технологии, организации управления и труда в производство, а именно: фондовооруженность труда, техническая вооруженность труда, коэффициенты обновления и выбытия основных производственных фондов, возрастные характеристики производственного оборудования, коэффициент механизации труда, коэффициент автоматизации производства. И. Максименко в качестве интегрального показателя уровня развития предприятия предлагает определять его рыночную стоимость. Интересным является подход М.А. Асаула, который предлагает оценивать устойчивость предприятия с позиций рисков и угроз. Основное внимание автор уделяет изучению и анализу факторов внешнего окружения предприятия, использованию рейтинговых показателей и формированию экономических стратегий. Основным недостатком данного подхода является то, что наряду с широким рассмотрением процесса управления рисками, социально-экономические факторы развития предприятия практически не учитываются. Сбалансированная система показателей Нортон–Каплана часто является основой для построения различных методик оценивания развития предприятия. Эта система позволяет объединить финансовые и нефинансовые индикаторы в определенных сферах (финансы, потребители, бизнес-процессы, кадровый потенциал) и является инструментом стратегического управления предприятием.

Другая система показателей – (Tableau de bord) предусматривает построение пирамиды индикаторов, которые разветвляются по всем сферам деятельности, учитывая взаимосвязи и взаимовлияния. В этой системе используются две категории показателей: целевые (определяют руководители высшего уровня управления согласно выбран-

ным стратегиям развития) и функциональные (показатели, которые существенно влияют на достижение целевых показателей). Таким образом, в настоящее время среди ученых нет единого видения относительно вопроса использования показателей для оценки развития предприятия. Наиболее популярными показателями, используемыми для оценки развития предприятия, являются финансовые показатели деятельности: рентабельность активов, рентабельность собственного капитала, коэффициент абсолютной ликвидности, коэффициент автономии, коэффициент финансовой устойчивости, коэффициент оборачиваемости капитала, коэффициент годности основных фондов, чистая рентабельность продаж, фондоотдача, средний темп прироста выработки на одного работника, удельный вес работников, повысивших квалификацию и т.п. Однако в условиях быстроменяющейся внешней среды оценки этих показателей явно недостаточно, чтобы сделать однозначный вывод об уровне развития интегрированной бизнес-структуры и формирования возможных сценариев ее устойчивого развития. Можно утверждать, что единая методика оценки устойчивого развития интегральных бизнес-структур находится в стадии формирования. Существует множество подходов к количеству и характеру показателей, которые предлагаются для оценки. Созданные подходы базируются на разных критериях, различаются по целям и предназначены для решения конкретных задач. В рамках данного исследования с учетом рассмотрения устойчивого развития интегрированной бизнес-структуры с позиций экономического, социального и экологического развития предлагается для оценки использовать интегральный показатель. Интегральный показатель будет построен объединением агрегированных показателей, отражающих экономическое, социальное и экологическое развитие. Экономическая составляющая устойчивого развития предполагает оптимальное использование ограниченных ресурсов и применение экологических технологий, создание экологически приемлемой продукции, минимизацию, переработку и уничтожение отходов. Социальная составляющая устойчивости развития ориентирована направлена на сохранение стабильности социальных и культурных систем. Экологическая составляющая устойчивого развития предполагает обеспечение целостности био-

логических и физических природных систем, от жизнеспособности которых зависит глобальная стабильность всей биосферы.

6.3. Надежность предприятия как основа формирования эффективной деятельности

В современных условиях хозяйствования, для выживания и обеспечения эффективности деятельности, предприятиям целесообразно использовать такие инструменты, которые позволяли бы повышать деловую активность, более рационально использовать свой ресурсный потенциал и привлекать инвестиции. Одним из таких инструментов выступает деловая репутация предприятия. Проблемы формирования деловой репутации предприятия с различных точек зрения изучаются как зарубежными, так и отечественными авторами, но, несмотря на значительное количество работ, вопросы формирования деловой репутации на базе надежности деятельности предприятия изучены недостаточно. Деловая репутация предприятия – это комплексное представление о предприятии как субъекте определенного вида деятельности, сформированное у участников делового оборота на базе знаний и опыта взаимодействия, накопленных за длительный период времени. Деловая репутация основывается на конкретных прошедших действиях предприятия и может быть, как положительной, так и отрицательной, так как отражает уровень доверия к предприятию. Сформированная репутация целостная и распространяется, в основном, самостоятельно [47]. Положительная деловая репутация способствует формированию внешнего и внутреннего информационного поля предприятия, созданию и привлечению дополнительных активов, формированию конкурентных преимуществ, достижению устойчивости развития, позволяет получать предприятию дополнительные выгоды, а также выступает каналом «обратной связи», для получения информации о необходимости внесения тех или иных изменений в стратегию управления развитием предприятия [48]. Она является решающим фактором для выживания предприятия в конкурентной борьбе, так как потеря положительной репутации может привести к значительным затратам

и даже к ликвидации предприятия. Следует отметить, что положительная репутация предприятия имеет практическую ценность не только для предприятия, но и для заинтересованных в его деятельности групп участников, а именно собственников и инвесторов, работников предприятия, покупателей, поставщиков, кредиторов и государственных органов управления. Так у работников положительная репутация предприятия способствует повышению удовлетворенности от выполненной работы, росту престижности труда, формированию благоприятного морально-психологического климата в коллективе. Положительная деловая репутация предприятия у покупателей формирует лояльность клиента и вызывает дополнительную психологическую склонность к приобретению товаров и услуг данного предприятия, а также позволяет экономить время на поиск товаров и услуг. Для партнеров положительная деловая репутация предприятия является гарантией надежности заключения сделок и выполнения обязательств, а также является фактором формирования своей положительной репутации [49]. Следовательно, исходя из вышесказанного можно утверждать, что основой формирования положительной репутации и индикатором для своевременного управления ею может выступать такая системная характеристика деятельности предприятия как надежность.

Согласно теории систем, надежность характеризуется, как способность системы сохранять необходимые свойства и параметры, безотказно действовать, эффективно выполнять заданные функции в течение определенного периода времени, а также обеспечивать выживание при неблагоприятных условиях [50]. Но для формирования положительной репутации особый интерес представляет изучение надежности с экономической точки зрения, согласно которой это способность предприятия своевременно и в полном объеме удовлетворять экономические претензии и требования групп интересов. Надежность отражает возможность выживания предприятия, то есть недопущение его банкротства и ликвидации, а также обеспечения процесса простого воспроизводства. Но следует расширить данный подход и учесть, что надежность деятельности предприятия должна отражать, как способность предприятия достигать целей своего функ-

ционирования и развития, так и способность обеспечить достижение целей участия в деятельности предприятия для заинтересованных групп, что и будет основой для формирования высокого уровня доверия к предприятию [51].

К созданию положительной репутации необходимо подходить комплексно, так как она зависит от субъекта, который ее воспринимает, но у нее нет целевой аудитории, следовательно, формируется для всех участников делового оборота без ориентира на какую-либо целевую группу. Она состоит из ассоциаций, образов разных субъектов, но она единственная. Создание положительной репутации предприятия целесообразно основывать на обеспечении надежности предприятия как работодателя, продавца, покупателя, заемщика, налогоплательщика и инвестиционной надежности. Выделим критерии надежности деятельности предприятия, которые способствуют формированию положительной репутации предприятия. Так предприятие как работодателя можно считать надежным, если на предприятии обеспечена гарантированная зарплата, соответствующая рыночному уровню, действуют эффективные системы мотивации и развития карьеры, созданы безопасные условия труда, предоставляются социальные блага и гарантии. Предприятие как продавец является надежным, если в срок предоставляет покупателям качественный и недорогой продукт или услугу, следовательно, критериями надежности с этой позиции являются: низкая цена, высокое качество товаров и услуг, выполнение договорных обязательств, предоставление дополнительного сервиса, снижение уровня дебиторской задолженности. Надежность предприятия как покупателя проявляется в возможности обеспечить прибыльность, взаимовыгодного и долгосрочного сотрудничества. К критериям надежности предприятия можно отнести: платежеспособность предприятия, выполнение договорных обязательств в полном объеме и в срок; обеспечение стабильности заказов, низкий уровень кредиторской задолженности. Предприятие является надежным как заемщик, если своевременно возвращает кредиты или займы с учетом процентов. Критериями надежности являются: высокий уровень финансовой устойчивости и кредитоспособности, положительная кредитная история и низ-

кий уровень или отсутствие задолженности по кредитам. О надежности предприятия как налогоплательщика можно говорить, если оно предоставляет бухгалтерскую и налоговую отчетность в установленной форме в соответствующие государственные органы, а также выплачивает налоговых обязательств перед бюджетом различных уровней в установленные сроки и в полном объеме. Если в результате своей деятельности предприятия обеспечивает стабильное получение высоких дивидендов для собственников и инвесторов, то можно утверждать, что у него высокий уровень инвестиционной надежности. Критериями инвестиционной надежности являются дивидендная устойчивость, чистая прибыль, инвестиционная привлекательность. Используя выделенные критерии можно оценить уровень надежности деятельности предприятия в целом, а также получить информацию об уровне надежности предприятия как работодателя, как продавца, как покупателя, как заемщика, как налогоплательщика и инвестиционной надежности [51]. Следовательно, если предприятие соответствует выделенным критериям, то его деятельность можно считать надежной. Уровень надежности деятельности предприятия выступает индикатором привлекательности для партнеров по бизнесу и выполнения обязательств и договоров, несмотря на изменения, происходящие как во внешней среде, так и внутри самого предприятия и должен быть положен в основу процессов формирования, управления и сохранения положительной репутации. Обеспечение и поддержание высокого уровня надежности предприятия позволит формировать высокий уровень доверия к предприятию. Следует отметить, что при организации предприятия репутация должна формироваться исходя из обеспечения критериев надежности деятельности предприятия. В дальнейшем использование результатов диагностики надежности позволит корректировать и информационно насыщать репутацию для ее сохранения. Можно утверждать, что первоначально надежность деятельности предприятия должна выступать основой формирования положительной деловой репутации, а при достижении высокого уровня доверия, репутация становится одним из факторов надежности деятельности предприятия.

6.4. Необходимость и возможность реализации процесса модернизации национальной экономики

6.4.1. Необходимость появления новых подходов

Постепенно становится очевидным, что кризисные явления стали перманентными и приводят к странному сочетанию турбулентности и стагнации в экономическом мире. Это присутствует как на глобальном уровне, так и на уровнях объединений стран и отдельных государств. В то же время существует острая необходимость экономического развития на всех уровнях. Хотя и здесь нет единого понимания. Например, [52, 53] неокейнсианские модели говорят о том, что устойчивый темп роста производства обеспечивается приростом населения, увеличением производительности труда, а также увеличением накопленного капитала. Алармистские взгляды приводят к концепции «экономического развития без роста», поскольку экономический рост приводит к нарушению биосферы жизни человека и ограничен в силу недостаточности сырьевых и топливных ресурсов планеты. Эти разночтения, на взгляд авторов, не так существенны. Важнее ответить на 2 вопроса. Во-первых, есть ли теоретические подходы, которые могут помочь, использовать существующие экономические теории во благо общества? Во-вторых, каким образом применить существующие теории в реальном масштабе времени? Ответы на эти вопросы являются нетривиальными. Позволим себе сослаться на мнение академика В.М. Полтеровича. В своем докладе [54] на научном семинаре Отделения экономики и ЦЭМИ РАН «Неизвестная экономика» он писал: «Изменчивость экономических реалий отчасти коренится в обратном влиянии экономических теорий на экономическое поведение. Выводы из экономических теорий довольно быстро становятся достоянием массы экономических агентов и влияют на формирование их ожиданий. Здесь имеется (возможно, поверхностная) аналогия с принципом неопределенности Гейзенберга: процесс познания оказывает влияние на познаваемый объект» (В.М. Полтерович ссылается на работу M. Bruno and S. Fisher (1990) *Seigniorage, operating rules, and the high inflation trap*. The Quarterly Journal of Economics, May, 353-374).

По сути, здесь скрытым образом сформулирована основная идея ответа на оба поставленных выше вопроса. Идея заключается в том, что необходимо найти непротиворечивые и практичные инварианты поведения при сохранении разнообразия научных мнений в ключевых для экономического развития сферах: экономике, технологиях, экологии, социальном и демографическом развитии общества. Такие инварианты существуют. К ним, в том числе, можно отнести закон необходимости разнообразия У.Р. Эшби [55] и взгляды Н.Н. Моисеева [56] на направляемое развитие нерефлексных систем. Согласно У.Р. Эшби у системы тем больше возможностей в выборе поведения, чем сильнее степень согласованности поведения ее частей, т.е. чем в большей степени ее можно назвать системой. При этом система должна обладать возможностью изменять своё состояние в ответ на возможное возмущение. Разнообразие возмущений требует соответствующего ему разнообразия возможных состояний. В противном случае такая система не сможет отвечать задачам управления, выдвигаемым внешней средой, и будет малоэффективной. Отсутствие или недостаточность разнообразия могут свидетельствовать о нарушении целостности подсистем, составляющих данную систему. Н.Н. Моисееву и его школе с позиций обеспечения управления удалось убедительно показать, что для иерархических нерефлексных систем, у авторов которой существуют личные и общественные интересы возможно следующее. Во-первых, в таких системах при специальном выборе управляющих воздействий, возможно реализовать компромисс по Парето, что чрезвычайно важно, поскольку принципиально снимает проблему алармизма для целого ряда практически значимых случаев. Во-вторых, число управляющих воздействий со стороны центра конечно и, сводимо к трем основным типам:

- центр передает производителю ресурс;
- центр передает производителю ресурс и правила его использования;
- центр сообщает производителю правила, по которым величина воздействия центра будет зависеть от действия производителя.

В-третьих, и это самое главное, доказано, что для нерефлексных систем существует, по крайней мере принципиально, управляемое

стремление системы к сохранению равновесия. При этом расстояние до границы области стабильности является измеримым на основе соотношения между действующим значением управляемого параметра и его допустимым минимальным (или максимальным) значением.

Если ограничиться только взглядами У.Р. Эшби и Н.Н. Моисеева (что, конечно недостаточно, например, необходимо учитывать работы Р. Солоу и его последователей), то проблему поиска непротиворечивых и практичных инвариантов поведения при сохранении разнообразия научных мнений можно решить в целом при ориентации на мульти-проектный способ экономического развития [56, 57]. В таком способе одновременно могут появиться, при определенных условиях, поле деятельности для центра, сочетание общественных и личных интересов авторов и множество возможностей для поведения. Но все было бы относительно просто, если не принимать во внимание ряд вопросов принципиального характера, из которых главными являются следующие. Во-первых, экономические системы, равно как и, применительно к рассматриваемой теме связки «экономика-образование», образовательные системы являются эволюционными, и можно ли не принимать во внимание медленные процессы? Во-вторых, что такое «центр развития», если национальное развитие является полицентричным? Ответ на первый вопрос очевиден. Пренебрежение закономерностями эволюции неизбежно приведет к гибели и экономики и образования. Ответ на второй вопрос не так очевиден, но направления деятельности можно обозначить. Несомненно, необходима регионализация экономики, т.е. расширение возможностей влияния регионов на экономическое развитие. Не менее важно преобразование университетов не только в системообразующие факторы среднесрочных социально-экономических процессов, но и в задающие центры решения долгосрочных проблем.

6.4.2. Эволюция экономики и образования России

Россия пытается войти в рыночное пространство как развитая страна, а мир, включая развитые страны, пытается понять, насколько ранее выбранный путь адекватен новому миропорядку и явно обозна-

чившемуся в посткризисное время полицентризму мирового развития. Иными словами, Россия столкнулась в своем развитии с неким дихотомическим противоречием, когда мы стремимся стать развитой страной с такой структурой экономики, которая подвергается переосмыслению тем сообществом, куда мы стремимся попасть. Здесь мы употребили термин «дихотомические противоречия» поскольку они представляют собой разнонаправленные, но не взаимоисключающие процессы.

В этой связи возникают два вполне резонных вопроса. Во-первых, каким образом выбрать такой путь развития, который не противоречил бы основной цели России стать одной из развитых стран, несмотря на то, что и состав таких стран, и характер их экономики могут сильно измениться в ближайшие десятилетия; Во-вторых, как выбрать правила осуществления конкретных действий (что непосредственно относится к предмету данной статьи) в условиях неопределенности. На взгляд авторов для реализации социально и экономически оправданных направлений развития России необходимо. Во-первых, адекватное ресурсное обеспечение, формируемое государством в рамках бюджетных возможностей и административного ресурса и обществом за счет самоорганизации и взаимного усиления различных субъектов экономики с учетом исторического опыта и национальных традиций. Во-вторых, максимально эффективно использовать в проектной режиме национальные достижения в сферах науки и образования. Опыт же показывает, что эволюция экономики в последние десять лет с одной стороны привела к очевидным успехам национальной экономики, а с другой, к росту относительно отсталых регионов. Только в период с 2005 по 2010 год число регионов с производством валового продукта на душу населения ниже среднего по стране выросло с 52 до 57 за счет утративших свои позиции «крепких середняков». Это не может не настораживать, поскольку анализ показывает, что около 98% населения производят менее 67% продукции в стоимостном выражении с соответствующими социальными последствиями и, главное, перспективами для будущего. Анализ системы образования показывает, что 2007 год был переломным для выпуска специалистов учреждений высшего и среднего профессио-

нального образования по целому ряду ключевых направлений развития реального сектора экономики. По сути, явно проявилась заложенная в 2002–2004 годах невостребованность кадров реального сектора в связи с ресурсно-биржевым сценарием развития страны. В целом, можно сказать, что крайне важные направления развития России, такие как биэкономика, обработка металлов, приборостроение и ряд других, находятся в критической зоне кадрового обеспечения. Мульти-проектный подход и матрица интеллектуальных потенциалов Формируя мульти-проектный подход (т.е. подход генерации и реализации проектов) муниципальной, региональной и национальной значимости, мы переходим к новому системному уровню самоорганизации открытой социально-экономической системы с вовлечением в этот процесс многих субъектов на разных территориях. Этот процесс должен найти свое отражение в трех измерениях.

1. Измерение «интегральный интеллектуальный потенциал» формирования проектов;
2. Информационное измерение появления необходимого энтропийного эффекта и, в конечном итоге, экономии затрат и улучшения экономического и социального состояния общества;
3. Системообразующее измерение генерации нового знания для поддержания и интенсификации проектной деятельности.

Интегральный интеллектуальный потенциал формируется на 2-х осях.

Ось «Знание и технологии». Интеллектуальный потенциал генерации научного знания о методах решения задач развития (научные организации и университеты) Интеллектуальный потенциал генерации технологических решений (прикладные НИИ, КБ и университеты).

Ось «Востребованность знания». Интеллектуальный потенциал генерации запросов на новые технологические решения (органы власти, предприятия, структуры безопасности, в том числе экологической, университеты).

Интеллектуальный потенциал использования технологических решений задач развития (предприятия, структуры безопасности, в том числе экологической, университеты). На этих осях формируется проектное поле, которое в рамках широкого спектра способов формиро-

вания коммуникативного пространства и существующих классификаторов научных знаний, технологий и инновационной деятельности, видов экономической деятельности формирует реальное и виртуальное информационное измерение. Что касается системообразующего измерения генерации нового знания для поддержания и интенсификации проектной деятельности то здесь ключевую роль должны играть университеты, тем более что они присутствуют во всех компонентах интегрального интеллектуального потенциала.

6.4.3. Корпоративный подход в решении кадровой проблемы

Появление матрицы интеллектуальных потенциалов позволяет, что вполне оправданно и необходимо, рассматривать эволюционные процессы в экономике и образовании отдельно. Это, разумеется, не означает их независимости, но позволяет найти общую платформу для согласованных изменений. Такой платформой является кадровое обеспечение развития, которое одновременно является и ресурсом и одной из целей и экономики и образования и, конечно, эволюционного развития в целом. В настоящее время возможности традиционных подходов к экономическому развитию практически исчерпаны, вследствие ресурсной ориентации экономики России в течение последних десятилетий, ряда кризисов, износа и морального устаревания основных фондов производства и целого ряда других причин.

При этом формирование новых подходов и, главное, их использование в целях устойчивого экономического роста сопряжено, в первую очередь с нетривиальным процессом одновременного вовлечения в хозяйственный оборот накопленного в стране интеллектуального капитала и подготовки кадров, способных использовать и наращивать этот капитал для решения задач развития. Возникает стратегическая задача синхронизации подготовки кадров всех уровней профессионального образования с обеспечением реализации модернизации и инновационного развития страны на новой технологической базе. При этом необходимо одновременно и согласованно развивать как общенациональную (федеральную) экономику, которая в обозримой перспективе будет носить ресурсный характер с реали-

зацией проектов технологического прорыва, так и регионы, которые должны решить множество задач развития, сопряженных с переходом к новому технологическому укладу.

Новый технологический уклад требует на региональном уровне соответствующих кадров. Поэтому одной из ключевых проблем является кадровое обеспечение регионального развития. Возникновение этой проблемы связано с сильным перекосом в профессиональном образовании в сторону гуманитарных специальностей, снижением внимания государства к учреждениям среднего профессионального образования, а также внутрироссийскими миграционными процессами. Эта проблема в период до 2020–2025 годов усугубляется последствиями снижения рождаемости в 90-е годы, в результате которого в экономику будет приходить значительно меньше молодежи, чем ранее. В последнее время интенсивно обсуждаются вопросы подготовки кадров для развития регионов, в том числе на уровне Президента РФ, но системного решения пока не найдено. Уже существующий и официально признанный дефицит кадров в России в сочетании с необходимостью регионализации модернизации и инновационного развития экономики побуждает к поиску и отработке в реальном масштабе времени методов государственно-частного партнерства по взаимодействию образовательных систем и различных институтов развития экономики. При этом должны формироваться государственно-частные образовательно-экономические корпорации [58], как инструменты взаимодействия бизнеса и систем подготовки кадров, как в реальном масштабе времени, так и на стратегическую перспективу. Мульти-проектный подход и матрица интеллектуальных потенциалов создают методологическую основу для реализации образовательно-экономических корпораций. Региональная же специфика должна быть отражена в пространственно-временной и пространственно-секторальной балансовой модели «ресурсы – результаты» подготовки кадров для модернизации и инновационного развития региональной экономики, как инструменте реализации корпоративного подхода. Дело в том, что любой регион имеет свою отраслевую специфику, которая может или сохраняться, или медленно изменяться в зависимости от ресурсной базы и потребностей рынка. Это является содер-

жанием пространственно-секторальной балансовой модели, которая принципиально является открытой и по рынкам ресурсов, и по рынкам готовой продукции. Что касается пространственно-временной модели, то она является и открытой, и консервативной. Открытость связана с кадровыми обменами. Консервативность – в сохранении или медленном изменении схем расселения. Следует подчеркнуть, что по мере техногенного экономического развития система все более становится социотехнической. Как отмечается в работе В.Н. Добрынина «Феноменологический и структурно-функциональный подход понимания управления в социотехнических системах» [59]: «В эпоху информационного общества традиционная парадигма управления, базирующаяся на кибернетических взглядах, часто не отражает научно-практический опыт управления в больших системах, в частности в социотехнических системах». И здесь в региональном аспекте на первый план обеспечения экономического развития выходит качество жизни, поскольку в регионе при сильных межмуниципальных различиях могут возникнуть дополнительные экономические дисбалансы.

6.5. Виртуализация социально-экономических процессов

Развитие компьютерной техники, информационных технологий и всемирной компьютерной сети Интернет, а также экспоненциально растущие объемы печатной, видео- и аудио- информации, привели не только к возникновению новых видов деятельности человека, но и качественно изменили условия ее существования. Глобальность происходящих социально-экономических процессов требует новых методологических подходов к их исследованию, появления новой парадигмы, позволяющей осуществить комплексные системные исследования и сделать правильный, научно обоснованный, прогноз дальнейшего развития социально-экономической системы. Основой новой методологии, на наш взгляд, может стать информационная парадигма, сочетающаяся с идеями виртуализации. Парадигма, как совокупность фундаментальных научных установок, представлений и терминов, должна содержать: систему социальных ценностей; катего-

рии и законы функционирования экономической системы общества, включая характер и структуру производства, распределения, присвоения и потребления материальных благ и услуг; общественные и экономические институты; хозяйственный механизм управления экономическими процессами.

Информационная парадигма выводит на первое место среди социальных ценностей образование, владение багажом знаний, реализует на практике известное высказывание Ф. Бэкона: «Кто владеет информацией – владеет миром». Появление информационной парадигмы в экономической теории обусловила новые виды человеческой деятельности, связанной с производством интеллектуальных услуг, информационной деятельностью, а также структурные сдвиги в экономике. В парадигме, как в доминирующей на определенном историческом этапе системе научных взглядов, существует главная категория, которая присутствует в различных своих проявлениях в действующих компонентах системы. Такой категорией в настоящее время является информация. Информатизация экономики означает ее техническое перевооружение на основе компьютерной техники и информационных технологий, а также преобразования информации в экономический ресурс первостепенного значения. Под виртуализацией понимается предоставление вычислительных ресурсов различных объемов и мощности для решения задач общества, экономики, предприятий и индивидуумов для производства, обмена и коммуникации. Концепция виртуализации появилась в 1990-х годах. Виртуализация предполагает замену реальных объектов и действий их изображениями и связями, и она касается двух основных аспектов:

- 1) виртуализации общества: традиционные институты предписывают делать реальные вещи и реальные действия, но люди вместо этого работают с виртуальными объектами - изображениями, что делает социальные институтами своего рода виртуальной реальностью;
- 2) виртуализации социальных институтов, что включает экономику, политику и культуру.

В экономике процесс создания добавленной стоимости все больше зависит от виртуальных активов – брендов, а не от традиционных материальных активов. Политические партии и другие организации

все больше проигрывают в борьбе за власть, в то время как критически важным становится созданный в виртуальной среде образ кандидата. Культурная ценность и влияние научных или художественных проектов все больше определяются продвижением их в сетях, а не их реальная художественная или научная значимость. По данным Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации, доля социально значимых объектов инфраструктуры, имеющих возможность подключения к широкополосному доступу к сети Интернет в 2018 г. составила 36,1%, объем услуг в сфере телекоммуникаций в I квартале 2019 г. составил 54,6% в общем объеме услуг, а активность пользователей Интернет в социальных сетях в России превзошла станы ЕС (78% и 65% соответственно) [60]. Тем не менее, имеющиеся данные свидетельствуют о недостаточном развитии информатизации и виртуализации в Российской Федерации (например, использование мобильных устройств для выхода в Интернет в России составляет 67%, а странах ЕС – 65%) и о необходимости реализации Программы «Цифровая экономика Российской Федерации», принятой летом 2017 г. [61].

Из научных публикаций последних лет следует отметить работы Ю.Д. Землякова и Н.В. Ситкевича [62], М.А. Коваженкова [63], А.В. Луканина, Е.В. Еремина и С.И. Неделько [64], В.В. Ерченко [65] и И.Г. Шестоковой [66], рассматривающих парадигму информационного общества, особенности ее формирования при управлении экономическими процессами, особенности виртуализации социальных институтов, задачи и проблемы внедрения технологии виртуализации, результаты современного развития информационно-коммуникационных технологий и их влияние на процессы глобализации, а также особенности формирования новой экономики. М.А. Коваженков пишет: «доминирующей тенденцией стал переход к принципиально новой технико-технологической основе общества, т.е. возрастанию роли компьютеризации, информатизации и виртуализации всех общественных процессов, в том числе, и процессов управления, которые существенно видоизменяют механизм управленческой деятельности» [63]. Главными в управлении становятся коммуникации и диалог, которые приобретают новое качество в социальных компьютерных се-

тях, информационных системах предприятий, а также Интернет, что требует более высококвалифицированной и развитой в социальном плане личности. При этом возникает проблема гуманитаризации теории управления, потребности в людях широкой культуры, владеющих навыками общения и ведения полноценного диалога.

В информационном обществе происходит виртуализация всех сфер социально-экономической жизни, в том числе, социальных институтов в связи с переходом коммуникационных процессов в сеть [64]. Социальные институты понимаются как «устойчивый комплекс формальных и неформальных правил, принципов, норм, установок, регулирующих различные сферы человеческой деятельности и организующих их в систему ролей и статусов, образующих социальную систему» [64]. Социальные институты влияют на экономическое поведение агентов рынка, принимающих решение о покупке, инвестициях, продвижении товаров и услуг и другие. Коммуникативные функции являются основными в деятельности виртуального предприятия, особенно в условиях возрастающих потоков информации.

Исследуя задачи и проблемы внедрения виртуализация, В.В. Ерченко пишет: «Под термином «виртуализация» чаще всего понимают виртуализацию серверов, то есть размещение нескольких независимых друг от друга операционных систем на одном физическом сервере» [65]. Более широко стали понимать данный термин после перемещения в Интернет нескольких видов экономической деятельности, создания благодаря электронной коммерции виртуальных рынков. И.Г. Шестакова выделяет два главных результата современного развития информационно-коммуникационных технологий: виртуализацию и глобализацию [66]. В результате процессов виртуализации получили развитие информационных технологий и частичное перемещение в среду Интернет таких сфер деятельности, как образование, торговля, медицина, социальные услуги, развлечения и игры, коммуникации (общение) между индивидуумами и группами индивидуумов. Каждый из этих аспектов виртуализации имеет как хорошее, так и не очень хорошее воздействие на жизнь каждого человека и общества в целом, но в основном наблюдаются положительные тенденции и процессы совершенствуются технологически и организационно.

Глобализационные процессы отражают стремление человечества к всемирной экономической, политической и культурной интеграции и унификации. Исторически эти процессы поддерживались развитием транспорта (флота), связи (телеграф и телефон), но особенно бурно они стали распространяться с появлением Интернет. И.Г. Шестакова отмечает, что: «Многие мыслители, говоря о глобализации и о влиянии на этот процесс инфокоммуникаций, обычно приписывают данному процессу негативное влияние, поскольку для них процесс глобализации ассоциируется с приходом массовой культуры и усилением транснациональных компаний» [66]. Д.И. Филиппова в качестве основной особенности новой экономики отмечает глобализацию, которую видит в том, что «мир в результате обмена товарами и продуктами, информацией, знаниями и культурными ценностями становится более взаимосвязанным».

В современной экономике Интернет и другие сети, в том числе, компьютерные социальные, способствуют глобализации бизнеса, а также явного и неявного управления поведением фирм, организаций и людей. Быстрорастущая цифровая экономика выявила явный разрыв как в архитектуре, так и в операционных возможностях ИТ-систем телекоммуникаций. Сегодняшние потребители требуют персонализированных контекстных услуг, но стандартизированные подписки продолжают доминировать на рынке. Все большее число предприятий требует полного обслуживания жизненного цикла для поддержки новых цифровых бизнес-моделей, только для удовлетворения потребностей в связности и пропускной способности. Значительные возможности для бизнеса заключаются в способности операторов устранять этот разрыв между ожиданиями и возможностями сети. Для этого операторы должны сосредоточиться на переходе от модели поставщика, ориентированной на поставку, массового рынка, на предоставление новых услуг цифровой связи, основанных на потребностях, которые требуются благодаря все более цифровому образу жизни и бизнес-моделям. Все большую ценность приобретает информация, в том числе, персональные данные, позволяющие развивать маркетинг в социальных сетях.

Информация как экономический ресурс выступает в следующих видах:

- 1) конъюнктурной информации, характеризующей состояние рынка (уровень и изменение цен на товары и услуги, курсы ценных бумаг, банковские ставки, биржевые котировки);
- 2) коммерческой информации, представляющей совокупность сведений о спросе и предложении, качества товаров и услуг, их конкурентоспособности, агентах рынка, а также об импорте и экспорте, а также взаимного влияния внешнего и внутреннего рынков;
- 3) финансовой информации о платежеспособности и кредитной способности партнеров и конкурентов;
- 4) научно-техническая информация, способствующая инновациям;
- 5) статистическая информация;
- 6) массовая информация, которая способна повлиять на предпочтения потребителей и ситуацию на рынках (газеты, журналы, радио, телевидение, кино, видео, Интернет).

Информация как категория лежит в основе определения другой, не менее важной категории – знания. Знание означает осознанную информацию; фундаментальное знание, проверенное практикой и временем, формирует научные мировоззренческие основы, оно является двигателем научно-технического прогресса, материализуется в виде производственных инноваций. Применяя информационную парадигму к экономической системе современного общества, можно назвать эту экономику информационной, а также выделить основные характеристики пяти указанных подсистем. Во-первых, информационная экономика своим становлением обязана появлению новых производительных сил, которые кардинально изменили материально-техническую базу производства, добавили к ней автоматизацию, информационный ресурс и компьютерную технику с мировой системой Интернет. Последний фактор способствовал возникновению общих производительных сил, создаются и используются только коллективно. На первое место среди категорий, характеризующих производительные силы выходят знания, которые имеют идеальное и материальное воплощение: в образовании, технологиях, производственной квалификации специалистов, а также в новой технике, организационных системах, продуктах и услугах. Поскольку важнейшим ресур-

сом становится интеллектуальный капитал, средства производства будто переходят в головы новаторов, тех, кто создает новые ценности. Если в индустриальной экономике приоритет отдавался техническим средствам производства, и при этом возникла проблема отчуждения человека от результатов его труда, то в информационной экономике высокоинтеллектуальный умственный труд вернула человека на главные позиции, снял, соответственно, проблему отчуждения. Это произошло потому, что знания, вложенные в продукт труда производителем, остаются с ним и могут быть использованы многократно. Во-вторых, информационная экономика характеризуется внедрением информационных технологий в производство, торговлю и услуги, а также развитием компьютерной сети Интернет, является базой для создания сетевых предприятий и сетевого интеллекта. Информационные и сетевые технологии определяют технологический способ производства, также формируется технико-экономическими отношениями вместе с производительными силами. В-третьих, в информационной экономике меняется характер труда и связанные с этим новые формы организационно-экономических отношений. С возникновением компьютеров появился новый вид деятельности - информационный, а с ростом объемов используемых в производстве знаний и потребностей в новых знаниях, интеллектуальную деятельность стали рассматривать как экономическую. Изменению характера труда также способствуют децентрализация и деурбанизация производства. В информационной экономике появились новые формы труда и их общей характерной чертой стала полная работа (телеработа). Телеработа снижает производственные затраты, улучшает состояние окружающей среды; способствует становлению сетевой экономики является одной из форм информационной экономики; способствует увеличению занятости и частичной занятости, а также усилению позиций индивидуальных предпринимателей, маленьких фирм и микропредприятий. В-четвертых, в системе производственных отношений массовый интеллектуальный труд потребовал приоритета личности работника, поскольку такой работник свободно владеет необходимой информацией и знаниями, независимый от собственности на средства производства и имеет высокую мобильность. В связи с этим сам

труд перестает быть экономическим принуждением, а общественная организация производства подвергается значительным изменениям. В-пятых, в информационной экономике происходят структурные изменения на макро- и микроуровне системы хозяйствования, а также глобализация бизнеса. Изменение на микроуровне – это появление предприятия нового типа, функционирующего в компьютерной сети Интернет, использующего отдельно функционирующих и территориально разобщенных работников, а также почти не имеющего материальных активов. Для информационной экономики характерно также появление виртуальных корпораций. Чтобы победить в конкурентной борьбе, необходимо вступать во множество постоянно изменяющихся союзов. Устраняются посредники, продавцы прямо взаимодействуют с производителями, отменяются составы, при этом стоимостные цепочки производственных операций превращаются в стоимостные сети. На макроуровне появляется новая отрасль экономики – информационная индустрия, возникает в результате слияния отраслей вычислительной техники (производство компьютеров, программ, оказание услуг по их обслуживанию), связи (Интернет, телефон, кабельное телевидение, спутниковая связь, радио) и информационного наполнения (библиотечная, архивная и издательское дело, информационные услуги, индустрия развлечений). Информационная парадигма экономической теории позволяет исследовать изменение содержания или значения ряда основных категорий, а также прогностического содержания и важности основных факторов – индикаторов экономики. В информационной экономике меняется содержание следующих экономических категорий: стоимости, полезности, капитала, производства, производственных отношений и собственности.

6.6. Выводы

Таким образом, в ходе исследования определено, что репутация значимый нематериальный ресурс, грамотное управление которым может приносить сверхнормативную прибыль, как предприятию, так и заинтересованным в его деятельности участникам, а также является фактором устойчивого развития в современной конкурентной сре-

де и может стать источником дополнительных конкурентных преимуществ. Формирование, управление и сохранение положительной репутации целесообразно основывать на исследовании уровня надежности деятельности предприятия. Даже частичный учет соответствия выделенным критериям надежности деятельности предприятия позволит повысить уровень доверия к предприятию, разработать правила взаимодействия с заинтересованными группами при недостаточном уровне надежности принимать превентивные меры по локализации негативных тенденций в деятельности предприятия, повысить стратегическую гибкость и сохранить деловую репутацию.

Было предложено оценивать устойчивое развитие интегрированных бизнес-структур на основе расчета и анализа интегрального показателя устойчивого развития, который строится агрегированием трех комплексных показателей: показатель экономической устойчивости, показатель социальной устойчивости и показатель экологической устойчивости. О развитии интегрированной бизнес-структуры можно будет судить по динамике интегрального показателя устойчивого развития. Оценка и анализ комплексных показателей экономической, социальной и экологической устойчивости позволит определить возможные проблемы в деятельности интегрированной бизнес-структуры и сформулировать альтернативные пути ее дальнейшего развития.

ГЛАВА VII

7. РАБОЧИЙ ЭТАП ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ

7.1. Описание среды программирования

Unity Pro – единая среда разработки, отладки приложений и операционная среда для контроллеров фирмы Schneider-electric (Modicon Premium, Atrium и Quantum). Инструменты отладки и диагностики, 5 языков IEC 61131-3 позволяют Unity Pro повысить производительность разработки и упростить процесс программирования. Цикл работы программы показан на рис. 47.

Рис. 47. Цикл работы программы

Unity Pro предоставляет следующие языки программирования для создания программы пользователя:

- Функциональная блок-схема (FBD)
- Язык Лестничных диаграмм (LD)
- Список инструкций (IL)
- Структурированный текст (ST)
- Язык функциональных последовательных схем (SFC)

В данном проекте используется все данные языки за исключением IL (списка инструкций), поскольку он заменяется ST (структурированным текстом). Программа в среде Unity Pro состоит из следующих частей:

- Управляющей задачи (MAST)
- Быстрой задачи (FAST)
- От одной до четырех вспомогательных задач (AUX)
- Секций, которым соответствует одна из определенных задач
- Секций для обработки событий, управляемых временем (Timerx)
- Секций для обработки аппаратно-управляемых событий (EVTx)
- Секций подпрограмм (SR)

Для написания программы, необходимо выбрать тип контроллера и контроллер, выбрать все необходимые компоненты контроллера: сетевые модули, модули ввода-вывода и т.д. После этого необходимо заполнить таблицу символов переменных, участвующих в программе. При написании программы всегда можно добавлять новые переменные в эту таблицу. После этого можно создавать необходимые секции программы в управляющей задаче MAST.

7.2. Создание основной программы

Для управления оборудованием по алгоритму, разработанному ранее, необходимо написать управляющую программу. Для начала, создается таблица с переменными программы во вкладке: Variables & FB instances. После чего пишутся секции программы.

7.2.1. Создание SFC секции

Поскольку алгоритм работы программы является последовательность действий, т.е. последовательность состояний системы и переходов. При каждом состоянии активируются какие-либо действия, открываются/закрываются вентили, запускаются подпрограммы и т.д. А для срабатывания перехода существуют условия, ими могут быть условия по времени, по достижению определенной температуры и т.д. Поэтому управляющую программу целесообразно писать на языке функциональных последовательных схем (SFC). Это графический высокоуровневый язык. Создан на базе математического аппарата сетей

Петри. Описывает последовательность состояний и условий переходов. Секвенсор содержит ряд шагов и переходов, которые активируются в определенном порядке в зависимости от условий, разрешающих шаг. Секвенсор всегда выполняется [28] начиная с:

- Начального шага.
- Нескольких начальных шагов, расположенных в некоторых точках секвенсора пока действия шага выполняются, он активен. Если различные шаги выполняются одновременно, все они – активные шаги.

Активный шаг покидается тогда, когда: разрешен переход к следующему шагу

Шаг, следующий за разрешенным переходом, становится активным. Завершение секвенсора это:

- Скачок к любому шагу в данном секвенсоре или к другому секвенсору в этом FB. Это обеспечивает циклическую работу секвенсора.
- Конец ветви. Последовательность шагов останавливается, если достигнут остановка ветви.

Задача управления разбивается на отдельные шаги. Действия, которые формулируются для шагов, выполняются Действия, сформулированные в шагах, выполняются контроллером в определенном состоянии (например, управления выходами или активации и деактивации шагов).

Активный шаг, это шаг действия которого выполняются в данное время.

Шаг активируется в следующих случаях:

- о Условия предыдущего переходы выполняются;
- о Шаг определен как начальный, и секвенсор инициализируется;
- о Когда он вызывается действиями, зависящими от событий.

При создании секции SFC, создаются следующие три каталога в дополнение к фактической секции SFC:

- **Unused macros.** В этом каталоге хранятся все макро секции, которые были созданы, но более не используются.
- **Actions.** Этот каталог содержит все секции действий для текущей секции SFC.

- **Transitions.** Этот каталог содержит все секции переключений для текущей секции SFC.

Свойства программы SFC:

- Раздел SFC содержит максимум 200 строк и 32 столбца.
- Объекты SFC могут быть помещены в любую свободную ячейку.
- Шаги, переключения и переходы требуют по ячейке. Ветви и соединения не требуют отдельной ячейки, а вставляются в соответствующую ячейку шага или перехода. Текстовые объекты могут размещаться в любом месте окна.
- Шаги и переключения соединяются через направленные связи. Два шага не могут быть непосредственно связаны и должны всегда разделяться переключением.
- Чтобы предотвратить разделение последовательностей шагов, вертикально и горизонтально отображаются 99 связанных шагов с переключениями с блокирующим переходом со своим переключением.
- Максимум 1024 шага может быть размещено в каждой секции SFC (включая все их макро-секции).
- Максимум 100 шагов может быть активно в каждой секции SFC (включая все их макро-секции).
- Максимум 100 действий могут быть активны в каждой секции SFC (включая все их макро-секции).
- Максимум 64 шага может быть установлено одновременно в каждой секции SFC.
- Максимум 20 действий может быть назначено каждому шагу SFC.
- Процессы активного состояния сигнала размещаются вдоль направленных связей, переключающихся соединением перехода. Направление выполнения строки соответствует направленным связям и выполняется с нижней стороны предшествующего шага к верхней стороне последующего шага. Ветви выполняются слева направо.
- Проверка синтаксиса и семантики выполняется сразу после ввода оператора. Результат этой проверки отображается цветным текстом.

- Синтаксически или семантически неверные секции могут быть сохранены.

Объекты языка программирования SFC (последовательная функциональная схема) помогают разделить раздел на несколько:

- Шагов
- Макро шагов (внедренная последовательность шагов)
- Переключений (условий переключения)
- Переходов
- Альтернативная последовательность
- Параллельная последовательность

Эти объекты могут быть связаны друг с другом, используя связи.

Комментарии к логике программы могут быть добавлены с помощью текстовых объектов. Типы шагов представлены в таблице 20.

Таблица 20.

Типы шагов в SFC секции

Тип шага	Описание	Изображение
Нормальный шаг	Шаг становится активным, когда выполняется условие верхнего переключения, и обычно становится неактивным при выполнении условия нижнего переключения. Ноль или более действий принадлежат каждому шагу.
Начальный шаг	Начальное состояние последовательности характеризуется начальным шагом, который активен при инициализации проекта с секцией SFC. Начальным шагам обычно не назначаются действия. При одиночном маркере (соответствующем IEC 61131-3) только один начальный шаг разрешен на одну последовательность.
Макро шаг	Макро шаги используются для вызова макро секций, и таким образом для иерархической структуры последовательного управления.

Окончание табл. 20.

Входной шаг	Любая макро секция начинается с входного шага. Входные шаги автоматически создаются в макро секциях и не могут быть удалены или вставлены.	
Выходной шаг	Каждая макро секция заканчивается выходным шагом. Выходные шаги автоматически создаются в макро секциях и не могут быть удалены или вставлены.	

Назначение действий шагу

Каждый шаг содержит 0 или максимум 20 действий.

Следующее может быть определено для действий:

- как переменная действия
- как секция действия языков программирования FDB, LD, IL или ST
- как идентификаторы
- порядок, в котором будут выполняться определенные действия

Переключение обеспечивает условие, при помощи которого результат проверки одного или более шагов перед переключением передает управление на один или более последующих шагов по соответствующей связи. Переключения могут быть размещены в любой свободной ячейке. При помещении переключения в ячейку, уже занятую другим объектом, появляется сообщение об ошибке. При помещении переключения в ячейку, в соседних ячейках которой уже находятся переключения, появится сообщение об ошибке, потому что шаг должен размещаться между двумя переключениями

Альтернативная последовательность

Альтернативная последовательность предлагает способ программирования условных ветвей в потоке управления структурой SFC, см. также раздел Альтернативные ветви и соединения в справочном руководстве.

Альтернативные последовательности состоят из:

- Альтернативной ветви

- Для альтернативной ветви: за шагом под горизонтальной линией следует столько переключений, сколько есть различных процессов.
- Альтернативного соединения
- Все альтернативные ветви связаны с помощью альтернативных соединений или переходов с одинарной ветвью, где они продолжают обрабатываться.

Параллельная последовательность

Для параллельных последовательностей: соединение отдельного переключения ведет к параллельной активации нескольких (максимум 32) шагов (ветвей). После этой активации отдельные ветви выполняются независимо друг от друга, см. также раздел Параллельные ветви и соединения в справочном руководстве.

Параллельные последовательности состоят из:

- Параллельной ветви с помощью параллельных ветвей, столько переключений следует под горизонтальной линией, сколько есть параллельных процессов
- Параллельного соединения

В соответствии с ИЕС 61131-1, все параллельные ветви соединяются в их концах общим параллельным соединением. Переключение к параллельному соединению оценивается, когда все предыдущие шаги переключения установлены. Если параллельная ветвь объединена с помощью альтернативного соединения, это возможно только при множественном маркере.

Каждый шаг между переходами представляет собой какое-то действие – подпрограмму, написанную на одном из языков МЭК или присвоение булевой переменной значение «1». Период работы шага определяется его параметром. Параметры шага представлены в таблице 21.

Таблица 21.

Параметры шагов в SFC секции

Параметр	Смысл	Описание
N / ничего	Не хранится	Если шаг активен, то действие работает, если шаг неактивен, то действие не работает.
R	Сброс значения	Если шаг активен, то дискретное значение действия деактивируется, т.е. становится равной «0»

Окончание табл. 21.

S	Установка (сохраняется)	Набор действий остается активным, когда шаг становится неактивным. Действие становится неактивным, когда он сбрасывается в другом шаге в текущей строке последовательности с помощью классификатора R, то есть сбросить действие от другого раздела не представляется возможным.
L	Ограничение по времени	Если шаг активен, действия также активно. После завершения процесса определенной длительности, действие возвращается к «0», даже если шаг еще активен. Действие становится «0», если шаг неактивен.
D	Задержка	Действие работает определенное время после срабатывания перехода.
P	Импульс	Действие активно только в первом цикле работы программы (при активировании активности)

7.2.2. Создание LD секции

В ходе написания программы требуется сравнивать величину сигнала с заданной. Например, при наполнении бака необходимо сравнивать сигнал уровня бака с максимально допустимым, чтобы вовремя остановить заполнение. На рис. 48 показан компаратор на языке лестничных диаграмм (LD) который выявляет наполненность бака с водой.

Рис. 48. Определение заполнения бака

7.2.3. Программирование PID-регулятора

В процессе работы системы необходимо постоянно регулировать такие параметры системы как температура и концентрации чистящих веществ, для регулирования температуры применяем переменный вентиль пара и, соответственно, функциональный блок PID регулятора из библиотеки Unity Pro. Как и любой функциональный блок регулирующий контур имеет три отдельные фазы работы:

- сбор данных:
 - о измерениях (от датчиков процесса)
 - о установки (непосредственно из внутренних переменных ПЛК или из данных терминала оператора)
- выполнение регулирующего алгоритма PID
- отсылка команд, адаптированных к характеристикам исполнительных механизмов, через дискретные или аналоговые выходы

Алгоритм PID генерирует управляющий сигнал из:

- измерений от входного модуля
- установочного значения, фиксированного оператором или программой
- значений различных корректирующих параметров

Схема работы любого регулятора в среде Unity Pro показана на рис. 49.

Рис. 49. Схема работы регулятора в среде Unity Pro

Схема PID-регулятора показана на рис. 50. Где видно, что уставка (требуемая величина) регулируемой величины проходит через ограничитель и сравнивается со значением, полученным с датчика, в результате чего получается величина ошибки управления. После чего ошибка управления складывается с производной от ошибки и интегралом на некотором промежутке времени. Далее полученная вели-

чина перемножается на пропорциональный коэффициент и поступает на ограничитель выходного сигнала. После этого, в зависимости от режима работы, подается на выход.

В управляющей программе используется три экземпляра данного PID-регулятора для регулирования температуры воды, щелочи и кислоты. Вызов функционального блока PID осуществляется из секции, написанной на языке функциональных блок-схем (FBD). Данные секции являются действиями (шагами) в вышеописанной программе на языке функциональных последовательных схем (SFC).

Рис. 50. Схема работы PID-регулятора

7.3. Создание подпрограммы-симулятора

Для отладки и проверки работоспособности управляющей программы была написана подпрограмма, которая симулирует работу

системы. Управляющая программа и программа-симулятор загружаются в симулятор контроллера. Симулятор контроллера (ПЛК) – это программа, которая может быть запущена на том же компьютере, что и среда программирования UnityPro. Среда программирования UnityPro может взаимодействовать с симулятором контроллера как с реальным контроллером - загружать в него исполняемые программы.

Общие ограничения, накладываемые на симулятор ПЛК:

- о Симулятор ПЛК моделирует полный проект со всеми задачами пользователя. Однако, поведение симулятора при выполнении не может сравниваться с поведением настоящего ПЛК и не может быть использовано для получения заключения о поведении настоящего ПЛК. Это включает многозадачное выполнение и всю информацию о временах.
- о Симулятор ПЛК не поддерживает никаких входов/выходов. Хотя симулятор содержит все компоненты проекта для входов/выходов, они не обрабатываются симулятором ПЛК.
- о Доступ к входам и выходам может быть получен только через проект или через оперативные функции Unity Pro (чтение, запись, форсирование, анимация, ...).
- о Симулятор ПЛК не поддерживает срабатывание событий входов/выходов через установку/форсирование битов %I.

Симулятор ПЛК поддерживает следующие системные функции:

- Функции диагностики
- Функции чтения даты и времени
- Распространение времени задержки
- Доступ к объекту (исключая сетевые переменные)
- Premium DFB
- SFC

Следующие функции не поддерживаются:

- Управление замкнутым управляющим контуром (CLC)
- Fip IO
- BusX IO
- Quantum IO
- Конфигурация
- Связь

- Функции установки даты и времени

Ограничения коммуникации:

- Симулятор ПЛК поддерживает только основанную на TCP/IP связь (Schneider Port 502). В остальных случаях возвращается ошибка Modbus.
- Modbus, Modbus Plus или UNITE не поддерживаются симулятором ПЛК.
- Симулятор ПЛК не поддерживает связь с другими ПК или симуляторами ПЛК, ни удаленными, ни локальными.
- Симулятор ПЛК не имеет коммуникационного тайм-аута.
- Коммуникационные сети, такие как Uni-Telway, ETHWAY, FIWAY, Modbus, Modbus Plus и т.п. не поддерживаются симулятором ПЛК.

Программа-симулятор представляет собой набор функций реализации элементов объекта: пневмовентилей, труб, баков и т.д. Каждая функция преобразовывает входы: поток жидкости, её температура и концентрация в выходы в соответствии с физическими явлениями теплового баланса, потерей тепла во внешнюю среду и задержкой. На рис. 51 показано взаимодействие программы-симулятора с программой управления.

Рис. 51. Взаимодействие программы-симулятора и управляющей программы

7.4. Создание интерфейса панели оператора

Для диспетчерского контроля и управления необходимо сконфигурировать платформу развертывания SCADA-системы и создать экраны человеко-машинного интерфейса. Поскольку в проекте была выбрана платформа Wonderware System Platform 3.0 с платформой ArchestrA и SCADA-системой InTouch, то рабочий процесс конфигурации состоит из создания символов ArchestrA – отражения реальных объектов автоматизации (вентилей, баков и т.д.), конфигурации символа, связывание с тегами (сигналами), введение ограничений параметров и д.р. После этого необходимо создать или выбрать из шаблона графическое отображение объекта и присвоить параметрам графического отображения параметры символа ArchestrA. Далее необходимо сделать дубликаты символа ArchestrA рис. 53, связать их с реальными сигналами и сконфигурировать экран оператора. После этого можно протестировать символ ArchestrA на экране оператора. Процесс создания символа ArchestrA показан на рис. 52.

Рис. 52. Процесс создания символа ArchestrA

Разработанный интерфейс оператора представлен на листе 5 и 6. Он представляет собой экранные формы на мониторе компьютера оператора. Всего 6 экранов:

- Экран с баками для подготовки чистящих жидкостей
- Экран с нагревателями – теплообменниками
- Экран с хранилищами чистящих жидкостей
- Экран с алгоритмом очистки и панелью запуска программы
- Экран с трендами
- Экран с тревогами

Рис. 53. Использование символов ArchestrA

Кроме того, на каждом экране существует верхняя панель с температурами жидкостей:

- Воды
- Кислоты
- Щёлочи
- Обратной воды

На этой панели располагается индикаторы состояния программы очистки:

- «Подготовка» – процесс подготовки чистящих жидкостей
- «Водой» – очистка оборудования водой
- «Кислотой» – очистка оборудования кислотой
- «Щёлочью» – очистка оборудования щёлочью

Там же располагается панель для входа активного оператора и часы.

Если по трубе течет чистящая жидкость, то цвет окрашивается в соответствующий цвет, если вода – синий, если кислота – целеный, если щёлочь – желтый.

7.5. Работа программы-симулятора

Для проверки работоспособности разработанной системы настроим все необходимые серверы на одном компьютере. Для этого запустим PLC-симулятор, откомпилируем и загрузим в него программу с помощью UnityPro. Далее сконфигурируем OPC-сервер для связи с PLC-симулятором. После этого запустим ArchestrA IDE и создаем WinPlatform на данном компьютере, после этого добавляем AppEngine и в него добавляем OPCClient, который конфигурируем для работы с OPC-сервером (рис. 54).

Рис. 54. Дерево разработки проекта ArchestrA

После этого создаем необходимые символы ArchestrA для всего оборудования. И создаем ViewEngine с экранами-формами. После этого запускаем процесс отображения форм и управляем PLC-симулятором из интерфейса панели оператора. Взаимодействие компонентов системы показано на рис. 55.

Рис. 55. Взаимодействие компонентов системы

ГЛАВА VIII

ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Для оценки затрат на разработку автоматизированной системы управления в рамках данного дипломного проекта необходимо определить ряд экономических показателей данного проекта, в том числе конечную стоимость разработки. Поскольку система управления подразумевает не только управляющее программное обеспечение, но и аппаратное обеспечение (датчики, сенсоры, исполнительные механизмы и т.д.). Поэтому в ходе расчетов вычисляется стоимость:

1. Разработки текстовой технической документации на автоматизированную систему.
2. Разработки программного обеспечения для автоматизированной системы.

8.1. Организация и планирование процесса разработки

Организация и планирование процесса разработки автоматизированной системы управления (АСУ) и программного комплекса при традиционном методе планирования [30] предусматривает выполнение следующих работ:

1. формирование состава выполняемых работ и группировка их по стадиям разработки;
2. расчет трудоемкости выполнения работ;
3. установление профессионального состава и расчет количества исполнителей;
4. определение продолжительности выполнения отдельных этапов разработки;
5. построение календарного графика выполнения разработки;
6. контроль выполнения календарного графика.

Разработка технической документации [31] включает следующие виды работ:

- получение задания и ознакомление с ним;
- подготовка рабочего места к работе;
- подбор необходимых материалов (стандартов, технической и справочной литературы и т.п.);
- предварительное выполнение оригинала конструкторского документа;
- консультации и согласование выполненной работы с заказчиком и соисполнителями;
- оформление оригинала конструкторской документации;
- сдача выполненной работы.

Исправление выявленных при приемке работ ошибок, допущенных разработчиком, производится за счет основной нормы времени.

Из ГОСТ 2.105 и других информационных источников, относящихся к правилам оформления технической документации, следует, что стандартный лист формата А4 содержит 30 строк текста, набранного шрифтом Times New Roman 14 пт с полуторным междустрочным интервалом, и содержит в каждой строке 60 символов, включая пробелы. Таким образом, на стандартном листе формата А4 располагается 1800 знаков текста с пробелами. Поэтому все расчеты количества страниц сводим к стандартному листу формата А4.

Приведем в таблице 22 перечень стадий и состава работ.

Таблица 22.

Сложность удаления веществ

Стадия разработки	Состав выполняемых работ
Техническое задание	Постановка задач, выбор критериев эффективности. Разработка технико-экономического обоснования разработки. Определение состава пакета прикладных программ, состава и структуры информационной базы. Предварительный выбор методов выполнения работы. Разработка календарного плана выполнения работ.
Эскизный проект	Предварительная разработка структуры входных и выходных данных. Разработка общего описания алгоритмов реализации решения задач. Разработка пояснительной записки. Консультации разработчиков постановки задач. Согласование и утверждение эскизного проекта.

Окончание табл. 22.

Техниче- ский проект	Разработка алгоритмов решения задач. Разработка пояснительной записки. Согласование и утверждение технического проекта. Разработка структуры программы. Разработка программной документации и передача ее для включения в технический проект. Уточнение структуры, анализ и определение формы представления входных и выходных данных. Выбор конфигурации технических средств.
Рабочий проект	Комплексная отладка задач и сдача в опытную эксплуатацию. Разработка проектной документации. Программирование и отладка программ. Описание контрольного примера. Разработка программной документации. Разработка, согласование программы и методики испытаний. Предварительное проведение всех видов испытаний.
Внедрение	Подготовка и передача программной документации для сопровождения с оформлением соответствующего Акта приема-сдачи работ. Проверка алгоритмов и программ решения задач, корректировка документации после опытной эксплуатации программного продукта.

Трудоемкость разработки автоматизированной системы управления $t_{\text{асу}}$ – определяется как сумма величин трудоемкости выполнения отдельных стадий разработки. Формула для определения трудоемкости разработки АСУ имеет вид:

$$t_{\text{асу}} = t_{\text{тз}} + t_{\text{эп}} + t_{\text{тп}} + t_{\text{рп}} + t_{\text{в}}$$

где $t_{\text{тз}}$ – трудоемкость разработки технического задания

$t_{\text{эп}}$ – трудоемкость разработки эскизного проекта;

$t_{\text{тп}}$ – трудоемкость разработки технического проекта;

$t_{\text{рп}}$ – трудоемкость разработки рабочего проекта;

$t_{\text{в}}$ – трудоемкость внедрения разработанного.

Величина трудоемкости складывается по каждому исполнителю различной квалификации.

8.1.1. Расчет трудоемкости разработки технического задания

Согласно [30], трудоёмкость разработки технического задания (ТЗ) рассчитывается по формуле: $t_{\text{тз}} = t_{\text{рз}} + t_{\text{рп}}$,

где $t_{\text{рз}}$ – затраты времени разработчика постановки задачи на разработку ТЗ, чел.-дн.;

t_{pz} – затраты времени на разработку ТЗ, чел.-дн.

$$t_{pz} = t_3 \cdot K_{pz}$$

$$t_{pn} = t_3 \cdot K_{pn}$$

где t_3 – норма времени на разработку ТЗ, чел.-дн.

Исходя из рекомендаций [30], по степени новизны разрабатываемый проект относится к группе новизны В – разработка программной продукции, имеющей аналоги, то в данном случае $t_p = 43$ чел.-дн.

K_{pz} – коэффициент, учитывающий удельный вес трудоёмкости работ, выполняемых разработчиком постановки задачи на стадии ТЗ. В случае совместной с разработчиком ПО разработки, то $K_{pz} = 0.65$.

K_{pn} – коэффициент, учитывающий удельный вес трудоёмкости работ, выполняемых разработчиком на стадии ТЗ. В случае совместной с разработчиком ПО разработки $K_{pn} = 0.35$.

$$t_{tz} = 43 \cdot 0.65 + 43 \cdot 0.35 = 43 \text{ чел.-дн.}$$

Квалификация исполнителя [34]: ведущий инженер. Размер технического задания 14 страниц ф. А4.

8.1.2. Расчет трудоемкости выполнения эскизного проекта

Согласно [31], исполнителем эскизного проекта является старший инженер, а разрабатываемый документ на этой стадии по [33] является: пояснительная записка. При объеме записки 10 листов ф. А4 и нормативе времени 0.48 чел.-дн. на 1 лист ф. А4, то трудоемкость эскизного проекта будет:

$$t_{zp} = 0.48 \cdot 10 = 4.8 \text{ чел.-дн.}$$

8.1.3. Расчет трудоемкости разработки технического проекта

Комплексом стандартов на автоматизированную систему (АС) (ГОСТ 34) предусмотрена необходимость проведения ряда работ в ходе разработки технического проекта. В таблице 23 представлены нормативы трудоемкости из источника [31].

Таблица 23.

Нормативы трудоемкости разработки технического проекта

Выполняемая работа	Норматив времени, чел.-дн.	Квалификация исполнителя
Разработка алгоритмов решения задач	0.53/лист ф. А4	Ведущий инженер
Разработка структуры программы	0.53/лист ф. А4	Ведущий инженер
Определение формы представления входных и выходных данных	0.0175/позиция	Инженер
Выбор конфигурации технических средств	0.0175/позиция	Инженер
Разработка программной документации и передача ее для включения в технический проект	0.46/лист ф. А4	Старший инженер

Для удобства, проведем расчет трудоемкости разработки технического проекта по квалификации исполнителя в таблице 24.

Таблица 24.

Расчет трудоемкости разработки технического проекта

Квалификация исполнителя	Объем работы	Трудоемкость разработки $t_{\text{тп}}$ чел.-дн.
Ведущий инженер	$6 + 8 = 14$ листов ф. А4	$14 \cdot 0.53 = 7.42$
Старший инженер	30 листов ф. А4	$30 \cdot 0.46 = 13.80$
Инженер	$68 + 7 = 75$ позиций	$75 \cdot 0.0175 = 1.41$

8.1.4. Расчет трудоемкости разработки рабочего проекта

Комплексом стандартов на АС (ГОСТ 34) предусмотрена необходимость проведения ряда работ в ходе разработки рабочего проекта. В таблице 25 представлены нормативы трудоемкости из источника [31].

Таблица 25.

Нормативы трудоемкости разработки рабочего проекта

Выполняемая работа	Норматив времени, чел.-дн.	Квалификация исполнителя
Разработка текста программного обеспечения	0.46/лист ф. А4	Старший инженер
Описание программного обеспечения	0.53/лист ф. А4	Старший инженер
Составление спецификации	0.0175/позиция	Инженер
Разработка программной документации	0.46/лист ф. А4	Инженер
Описание контрольного примера	0.46/лист ф. А4	Старший инженер

Объем работ в ходе разработки рабочего проекта представлен в таблице 26.

Таблица 26.

Объем работ в ходе разработки рабочего проекта

Выполняемая работа	Объем работ
Разработка текста программного обеспечения	85 листов ф. А4
Описание программного обеспечения	35 листов ф. А4
Составление спецификации	68 позиций
Разработка программной документации	40 листов ф. А4
Описание контрольного примера	4 листа ф. А4

Для старшего инженера трудоемкость разработки рабочего проекта $t_{\text{тп}}$ будет составлять:

$$t_{\text{тп}} = 85 \cdot 0.46 + 35 \cdot 0.53 + 4 \cdot 0.47 = 59.18 \text{ чел.-дн.}$$

Для старшего инженера трудоемкость разработки рабочего проекта $t_{\text{тп}}$ будет составлять:

$$t_{\text{тп}} = 68 \cdot 0.0175 + 40 \cdot 0.46 = 19.59 \text{ чел.-дн.}$$

8.1.5. Расчет трудоемкости выполнения внедрения

Трудоёмкость выполнения стадии внедрения может быть рассчитана по формуле [30]:

$$t_{\text{в}} = (t_{\text{рз}} + t_{\text{рп}}) \cdot K_{\text{к}} \cdot K_{\text{р}} \cdot K_{\text{з}}$$

где $t_{\text{рз}}$, $t_{\text{рп}}$ – норма времени, затраченного разработчиком постановки задач и разработчиком на выполнение процедур внедрения;

$K_{\text{р}}$ – коэффициент учёта режима обработки информации;

$K_{\text{к}}$ – коэффициент учёта сложности контроля информации;

$K_{\text{з}}$ – коэффициент учёта степени использования готовых программных модулей;

$$t_{\text{в}} = (6 + 7) \cdot 1.07 \cdot 1.26 \cdot 0.5 = 8.76 \text{ чел.-дн.}$$

Квалификация исполнителя [31] – инженер.

8.1.6. Расчет суммарной трудоемкости

Согласно требованиям ЕСКД любая техдокументация, включая ТЗ, в обязательном порядке должна подвергаться нормативному и ме-

трологическому контролю. Норматив затрат времени на проведение контроля любых текстовых документов составляет 0.025 чел.-дн. на один лист ф. А4 для каждого вида контроля [31]. Квалификация исполнителя – старший инженер.

Приведем суммарную трудоёмкость в ходе выполнения проекта в таблице 27.

Таблица 27.

Суммарная трудоёмкость

Стадия разработки	Ведущий инженер, чел.-дн.	Старший инженер, чел.-дн.	Инженер, чел.-дн.
Техническое задание	43	0.35	-
Эскизный проект	-	4.8+0.25=5.05	-
Технический проект	7.42	13.80+1.27=15.07	1.31
Рабочий проект	-	59.18+4.27=63.45	19.59
Внедрение	-	-	8.76
Всего	50.42	83.92	29.66

Для целей контроля и планирования выполнения работ в данном случае используем ленточный график, потому что разработку осуществляет небольшой, стабильный по составу коллектив исполнителей, совмещающий работу в данном проекте с работой на других проектах. Для построения ленточного графика необходимо знать срок начала работ, срок окончания работ и количество работников, участвующих на каждом этапе разработки.

Продолжительность выполнения всех работ по этапам разработки определяется из выражения [30]:

$$T_i = \frac{\tau_i + Q}{n_i},$$

где τ_i – трудоёмкость i -й работы, чел.-дн.;

Q – трудоёмкость дополнительных работ, выполняемых исполнителем, чел.-дн.;

n_i – количество исполнителей, выполняющих i -ю работу, чел.

Пусть разработка системы ведется двумя ведущими инженерами, тремя старшими инженерами, и одним инженером, то продолжительность разработки программного продукта показаны в таблице 28. Для построения календарного плана необходимо перевести рабочие дни

в календарные. Для этого длительность каждого этапа нужно разделить на поправочный коэффициент $K=0.7$.

Таблица 28.

Расчет продолжительности выполнения всех работ по этапам разработки

Стадия разработки	Кол-во участвующих человек	Продолжительность выполнения работ, раб. дня	Продолжительность выполнения работ, кал. дня
Техническое задание	2 ведущих инженера 1 старший инженер	$\frac{43}{2} + \frac{0.35}{1} = 21.85$ (работы выполняются последовательно)	32
Эскизный проект	3 старших инженера	$\frac{5.05}{3} = 1.68$	2.5
Технический проект	2 ведущих инженера 3 старших инженера 1 инженер	$\frac{15.07}{3} = 5.03$	8
Рабочий проект	3 старших инженера 1 инженер	$\frac{63.45}{3} = 21.15$	30.5
Внедрение	1 инженер	$\frac{8.76}{3} = 2.92$	5
Всего		53.62	78

8.2. Определение стоимости разработки

Для определения стоимости работ, необходимо на основании плановых сроков выполнения работ и численности исполнителей, рассчитать общую сумму затрат.

Себестоимость разработки представляет собой стоимостную оценку используемых в процессе производства продукции работ, услуг, природных ресурсов, сырья материалов, топлива, энергии, основных фондов, трудовых ресурсов, а также других затрат на ее производство и реализацию.

Затраты, образующие себестоимость разработки АСУ, группируются в соответствии с их экономическим содержанием по следующим элементам:

- Расчёт основной заработной платы;
- Расчёт дополнительной заработной платы;
- Отчисления в социальные фонды;
- Накладные расходы.

8.2.1. Расчёт основной заработной платы

В статью включается основная заработная плата всех исполнителей, непосредственно занятых разработкой АСУ, с учётом их должностного оклада и времени участия в разработке. Расчёт ведётся по формуле [30]:

$$C_{zo} = \sum \frac{Z_i}{d} \cdot \tau_i$$

где Z_i – среднемесячный оклад i -го исполнителя, руб.;

d – среднее количество календарных дней в месяце = 30 день;

τ_i – трудоемкость работ, выполняемых i -м исполнителем, чел.-дн. (определяется из календарного плана-графика).

Согласно [34] средний оклад инженера в г. Москве составляет 50 т. руб. Тогда в соответствие с [32] получаем следующий оклад для исполнителей проекта (таблица 29).

Таблица 29.

Расчет среднемесячного оклада i -го исполнителя

Квалификация исполнителя	Коэффициент по отношению к окладу инженера	Среднемесячный оклад, руб.
Ведущий инженер	1.73	86500
Старший инженер	1.36	68000
Инженер	1.00	50000

Суммарная основная заработная плата:

$$C_{zo} = C_{zo}^{вн} + C_{zo}^{сн} + C_{zo}^{и}$$

Где $C_{zo}^{вн}$ – суммарная основная заработная плата ведущих инженеров

$$C_{zo}^{вн} = 2 \cdot \frac{86500}{30} \cdot 32 + 2 \cdot \frac{86500}{30} \cdot 11 = 247967 \text{ руб.}$$

$C_{zo}^{сн}$ – суммарная основная заработная плата старших инженеров

$$C_{30}^{сн} = 1 \cdot \frac{68000}{30} \cdot 1 + 3 \cdot \frac{68000}{30} \cdot 2.5 + 3 \cdot \frac{68000}{30} \cdot 8 + 3 \cdot \frac{68000}{30} \cdot 30.5 = 281067 \text{ руб.}$$

$C_{30}^{сн}$ – суммарная основная заработная плата инженеров

$$C_{30}^{н} = 1 \cdot \frac{50000}{30} \cdot 2 + 1 \cdot \frac{50000}{30} \cdot 28 + 1 \cdot \frac{50000}{30} \cdot 12.5 = 70834 \text{ руб.}$$

Суммарная основная заработная плата: $C_{30} = 247967 + 281067 + 70834 = 599868 \text{ руб.}$

8.2.2. Расчёт дополнительной заработной платы

В данной статье учитываются все выплаты непосредственным исполнителям за время (установленное законодательством), непроработанное на производстве, в том числе: оплата очередных отпусков, компенсация за неиспользованный отпуск, оплата льготных часов подросткам и др. Расчет ведётся по формуле:

$$C_{зд} = C_{30} \cdot \alpha_d$$

где α_d – коэффициент на дополнительную заработную плату.

при $\alpha_d = 0.2$

Дополнительная заработная плата: $C_{зд} = 599868 \cdot 0.2 = 119974 \text{ руб.}$

8.2.3. Отчисления на социальное страхование

В статье учитываются отчисления в бюджет социального страхования по установленному законодательному тарифу от суммы основной и дополнительной заработной платы. Отчисления на социальные нужды производятся согласно Федеральному закону № 212-ФЗ «О страховых взносах... (редакция от 28.12.2010)» составляет 31%. Отчисления на социальное страхование можно рассчитать по формуле:

$$C_{сс} = \alpha_{сс} \cdot (C_{30} + C_{зд})$$

Отчисления на социальное страхование:

$$C_{сс} = 0.31 \cdot (599868 + 119974) = 223151 \text{ руб.}$$

8.2.4. Накладные расходы

В статье учитываются затраты на общехозяйственные расходы, непроизводительные расходы и расходы на управление. Накладные расходы определяют в процентном отношении к основной заработной плате [30]:

$$C_n = \alpha_n \cdot C_{30}$$

при $\alpha_n = 1.8$

Накладные расходы: $C_n = 1.8 \cdot 599868 = 1079763$ руб.

8.2.5. Расходы на амортизацию оборудования и нематериальных активов

Затраты, связанные с использованием вычислительной техники, аренду офиса и использование программного обеспечения [36] представим в таблице 30.

Таблица 30.

Стоимость используемых ресурсов

Наименование	Кол-во / кол-во лицензий	Стоимость, руб.
Schneider Electric Unity Pro XL v.5.0	2	100 000
AutoCAD 2013	6	120 000
Office Professional Plus 2010	6	14 800
Microsoft Windows 7 Professional	6	5 200
Компьютер Dell Optiplex 780DT, монитор DELL S2230MX	6	25 000
Итого		1 190 000

Срок службы компьютера и программного обеспечения – 5 лет. Аренда офиса на 6 человек стоит 40000руб/мес. Вычислим амортизационные отчисления и отчисления за аренду:

$$C_{ам} = 78 \cdot \left(\frac{1190000}{365 \cdot 5} + \frac{40000}{30} \right) = 154856 \text{ руб.}$$

8.2.6. Результаты расчетов затрат на разработку программного продукта

Результаты расчетов приведены ниже (таблица 31).

Таблица 31.

Результаты расчетов затрат на разработку программного продукта

Наименование статьи	Сметная стоимость, руб
Основная заработная плата	599 868
Дополнительная заработная плата	119 974
Отчисления на социальное страхование	244 747

Окончание табл. 31.

Накладные расходы	1 079 763
Расходы на амортизацию оборудования и аренду помещений	154 856
Итого	2 199 208

8.3. Определение стоимости разработки системы

Произведенный расчет показал:

- Суммарная трудоемкость продукта составляет 164 чел. дней.
- Было привлечено 6 работников: 2 ведущих инженера, 3 старших инженера и 1 инженера.
- Длительность разработки составляет 78 календарный день
- Себестоимость программного продукта составляет 2 199 208 руб.

ГЛАВА IX

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА И ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

9.1. Опасные и вредные факторы

В соответствие с ГОСТ 12.0.002-80: Опасные производственные факторы – это факторы, воздействие которых на работающего в определенных условиях приводит к травме или летальному исходу.

Вредные производственные факторы – это факторы, воздействие которых на работающего в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению работоспособности.

Создаваемая в ходе выполнения данного дипломного проекта автоматизированная система управления очисткой трубопровода на предприятии состоит из двух частей:

- Часть производственного участка, на которой располагается оборудование для подготовки и циркуляции чистящих жидкостей: баки для подготовки чистящих жидкостей, система трубопровода и вентилей, насосы для перекачки и т.д. В этой зоне выдуться только пусконаладочные и сервисные работы по мере необходимости.
- Часть диспетчерской, в которой располагается компьютер, за которым сидит оператор, и необходимое серверное оборудование.

Рассмотрим отдельно вредные и опасные факторы в каждой зоне отдельно.

В соответствие с ГОСТ 12.0.003-74 Опасные и вредные производственные факторы Классификация, перечислим опасные и вредные факторы на производстве по типам (таблица 32).

Таблица 32.

Опасные и вредные факторы на производстве

Тип	Опасные	Вредные
Физические	1. Поражение электротоком 2. Повышенная температура поверхностей оборудования при наличие водяного пара	1. Повышенная температура воздуха рабочей зоны 2. Повышенная влажность воздуха рабочей зоны 3. Повышенный уровень шума на рабочем месте 4. Повышенный уровень вибрации 5. Недостаточная освещенность рабочей зоны
Химические	3. Ожёг от концентрированных химических веществ (гидроксид натрия – NaOH и азотная кислота – HNO ₃)	6. Пары химических веществ (гидроксид натрия – NaOH и азотная кислота – HNO ₃)

И перечислим опасные и вредные факторы в диспетчерской по типам (таблица 33).

Таблица 33.

Опасные и вредные факторы в диспетчерской

Тип	Опасные	Вредные
Физические	4. Поражение электротоком 5. Пожарная опасность	7. Повышенная температура воздуха в диспетчерской 8. Повышенная влажность воздуха в диспетчерской 9. Недостаточная освещенность рабочей зоны в диспетчерской 10. Повышенный уровень шума и вибрации
Психофизиологические		11. Напряжение зрения 12. Напряжение внимания 13. Длительные статические нагрузки

Рассмотрим перечисленные факторы подробнее.

9.1.1. Опасные и вредные факторы на производстве

Поражение электротоком

Обслуживающий персонал может быть поражен электрическим током только при контакте с кабелями питания оборудования. Это может произойти лишь в случае несоблюдения техники безопасности. Все сигнальные провода и промышленные сети имеют низкое – безопасное для здоровья человека напряжение.

Повышенная температура поверхностей оборудования при наличии водяного пара

Все элементы трубопровода, содержащие перегретый водяной пар и водяной конденсат высокой температуры имеют защитные термокожухи, препятствующие сильным ожогам при контакте.

Ожёг от концентрированных химических веществ

Все концентрированные агрессивные чистящие жидкости (ЧЖ) перекачиваются в герметичных трубопроводах и разбавляются в недоступном для персонала месте, однако при добавлении концентратов ЧЖ в хранилище ЧЖ необходимо соблюдать правила техники безопасности по ПНД Ф 12.13.1-03 по работе с концентрированными кислотами и щелочами [37].

Повышенная температура и влажность воздуха рабочей зоны

Температура производственного помещения для проведения работ должна удовлетворять санитарным нормам СанПиН 2.2.4.548-96 и быть 22–24°C при относительной влажности 40–60% при категории работ Ia. Поэтому при интенсивном использовании теплообменников с водяным паром для подготовки ЧЖ не допустимо одновременное проведение работ в производственном помещении. При краткосрочном посещении производственного помещения (менее 1 часа) допустимая температура воздуха 32°C.

Повышенный уровень шума вибрации

Вибрация в производственном помещении полностью удовлетворяет санитарным нормам СН 2.2.4/2.1.8.566-96, а шум – санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96 поскольку установлено сертифицированное оборудование промышленного назначения сертифицированными специалистами. Шум не передается в другие помещения (диспетчерская) за счет использования полимерных шум поглощающих покрытий.

Недостаточная освещенность

При проведении работ в производственном помещении освещенность должна соответствовать СНиП 23-05-95, для этого используются люминесцентные лампы. При необходимости необходимо использовать местные (локальные) источники света.

Пары химических веществ

По гигиеническим нормативам ГН 2.1.6.13 1338-03 предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в воздухе

производственного помещения должны не превышать: для азотной кислоты 0.15 мг/м^3 , и для гидроксида натрия 0.4 мг/м^3 . Поэтому в помещении требуется тщательное проветривание.

9.1.2. Опасные и вредные факторы в диспетчерской

Поражение электротоком

Работа с разработанным ПО должна проводиться в офисных помещениях, относящихся, согласно ПУЭ (правилам устройства электроустановок), к классу помещений «без повышенной опасности», т.к. в помещении нет условий повышенной и особой опасности

Питание устройств ПЭВМ осуществляется от однофазной сети переменного тока с частотой 50 Гц, и напряжением 220 В.

В целях обеспечения необходимой электробезопасности при проведении работ в помещениях с ПЭВМ, необходимо выполнять следующие требования:

- для обеспечения работы операторов ПЭВМ необходимо исключить возможность случайного соприкосновения людей с токонесущими частями оборудования. Это достигается путем изоляции токоведущих частей ЭВМ и приборов и размещения их в недоступных зонах;
- не оставлять ЭВМ и другое оборудование под напряжением без наблюдения;
- не подключать разъёмы кабелей ЭВМ при включении напряжения в сети;
- сеть электропитания технических средств должна обеспечивать защитное заземление технических средств, предусмотренное их технической документацией.

Пожарная опасность

Помещение, где функционирует разработанная подсистема, относится к категории В – пожароопасные помещения, в котором имеются твердые сгораемые вещества, способные только гореть, но не взрываться при контакте с кислородом воздуха. Наиболее вероятной причиной пожара является неисправность электрооборудования и электросетей. При эксплуатации ЭВМ возможны возникновения

следующих аварийных ситуаций: короткие замыкания, перегрузки, повышение переходных сопротивлений в электрических контактах, перенапряжение, возникновение токов утечки. При возникновении аварийных ситуаций происходит резкое выделение тепловой энергии, которая может явиться причиной возникновения пожара. Требования к пожаробезопасности зданий и сооружений определяются согласно СНиП 21.01-97.

Для снижения вероятности возникновения пожара необходимо проводить различные профилактические мероприятия:

- Организационные – правильная эксплуатация электрооборудования, правильное содержание зданий и помещений;
- Технические – соблюдение противопожарных правил и норм, норм при проектировании зданий, при устройстве отопления, вентиляции освещения, правильное размещение оборудования;
- Мероприятия режимного характера – запрещение курения в неустановленных местах и т.д.;
- Эксплуатационные – своевременные профилактические осмотры и ремонт неисправного электрооборудования.

Для снижения вероятности возникновения и распространения пожара на ранней стадии необходимо:

- Установить пожарную сигнализацию с системой оповещения работников, дежурного по объекту и, желательно, автоматическое оповещение противопожарных служб;
- Иметь в наличии несколько ручных углекислотных огнетушителей (например, огнетушитель марки ОУ-3);
- Помещение должно быть планом эвакуации при пожаре и аптечкой первой помощи. В помещении должен быть ответственный за пожарную безопасность.

Повышенная температура и влажность в диспетчерской

В производственных помещениях, в которых работа с использованием ПЭВМ является основной и связана с нервно-эмоциональным напряжением, должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата для категории работ 1а в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами микроклимата производственных помещений. На других рабочих местах следует под-

держивать параметры микроклимата на допустимом уровне, соответствующем требованиям указанных выше нормативов.

В производственных помещениях, в которых работа с использованием ПЭВМ является основной, величины показателей микроклимата на рабочих местах должны соответствовать действующим санитарным нормам СанПиН 2.2.4.548-96. При использовании данной подсистемы характер труда оператора ПЭВМ относится к категории 1а, т.к. работы производятся сидя и не требуют физического напряжения, расход энергии составляет до 120 ккал/ч, следовательно, величины показателей микроклимата на рабочих местах в ПЭО должны соответствовать оптимальным величинам показателей для категории работ 1а (таблица 34).

Таблица 34.

Оптимальные величины показателей микроклимата

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С не более	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Легкая – 1а	22-24	40-60	0,1
Теплый	Легкая – 1а	23-25	40-60	0,1

Содержание вредных химических веществ в воздухе производственных помещений, в которых работа с использованием ПЭВМ является основной, не должно превышать предельно допустимых концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны в соответствии с действующими гигиеническими нормативами (Гигиенические нормативы ГН 2.1.6.13 1338-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест). ПДК среднесуточная: окись углерода – 3,0 мг/м³, окислы азота – 0,04 мг/м³.

Данный микроклимат может обеспечиваться системой общеобменной приточно-вытяжной вентиляции. В приточной ветви нужно предусмотреть использование фильтров очистки воздуха, для удаления из воздуха вредных веществ перед его подачей на рабочие места. Для повышения влажности воздуха в помещениях с ПЭВМ следует применять увлажнители воздуха, заправляемые ежедневно дистиллированной или прокипяченной питьевой водой. Также в помещениях, оборудованных ПЭВМ, должна проводиться ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы на ПЭВМ.

Повышенный уровень шума и вибрации

В производственных помещениях при выполнении основных или вспомогательных работ с использованием ПЭВМ уровни шума на рабочих местах не должны превышать предельно допустимых значений, установленных для данных видов работ в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 (таблица 35).

Таблица 35.

Допустимые значения уровней шума

Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука в дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Снизить уровень шума в помещениях с ПЭВМ можно использованием подвесных акустических звукопоглощающих панелей с максимальными коэффициентами звукопоглощения в области частот 250–1000 Гц. Дополнительным звукопоглощением служат однотонные занавеси из плотной ткани, гармонирующие с окраской стен и подвешенные в складку на расстоянии 15–20 см от ограждения. Ширина занавеси должна быть в 2 раза больше ширины окна.

Шумящее оборудование (печатающие устройства, серверы и т.п.), уровни шума которого превышают нормативные, должно размещаться вне помещений с ПЭВМ.

В помещениях, в которых работа с ПЭВМ является основной, уровень вибрации на рабочих местах не должен превышать допустимых значений для жилых и общественных зданий в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами СН 2.2.4/2.1.8.566-96 (таблица 36).

Таблица 36.

Допустимые значения уровней вибрации

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	Допустимые значения оси X, Y			
	по виброускорению		по виброскорости	
	м/с ² × 10 ⁻³	дБ	м/с × 10 ⁻³	дБ
2	10	80	0,79	84
4	11	81	0,45	79

Окончание табл. 36.

8	14	83	0,28	75
16	28	89	0,28	75
31,5	56	95	0,28	75
63	110	101	0,28	75
Корректированные значения и их уровни	10	80	0,28	75

Для снижения вибрации в помещениях оборудование, аппараты и приборы, являющиеся источниками вибрации, необходимо устанавливать на амортизирующие прокладки.

Психофизиологические факторы

При размещении рабочих мест с ПЭВМ расстояние между рабочими столами с видеомониторами (в направлении тыла поверхности одного видеомонитора и экрана другого видеомонитора) должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов – не менее 1,2 м.

Рабочие места с ПЭВМ при выполнении творческой работы, требующей значительного умственного напряжения или высокой концентрации внимания, рекомендуется изолировать друг от друга перегородками высотой 1,5–2,0 м.

Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600–700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов.

Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы. При этом допускается использование рабочих столов различных конструкций, отвечающих современным требованиям эргономики. Поверхность рабочего стола должна иметь коэффициент отражения 0,5–0,7.

Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Тип рабочего стула (кресла) следует выбирать с уче-

том роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПЭВМ.

Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья, при этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию.

Поверхность сиденья, спинки и других элементов стула (кресла) должна быть полумягкой, с нескользящим, слабо электризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнений.

Высота рабочей поверхности стола для взрослых пользователей должна регулироваться в пределах 680–800 мм; при отсутствии такой возможности высота рабочей поверхности стола должна составлять 725 мм.

Модульными размерами рабочей поверхности стола для ПЭВМ, на основании которых должны рассчитываться конструктивные размеры, следует считать: ширину 800, 1000, 1200 и 1400 мм, глубину 800 и 1000 мм при нерегулируемой его высоте, равной 725 мм.

Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной – не менее 500 мм, глубиной на уровне колен – не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног – не менее 650 мм.

Конструкция рабочего стула должна обеспечивать:

- ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм;
- поверхность сиденья с закругленным передним краем;
- регулировку высоты поверхности сиденья в пределах 400–550 мм и углам наклона вперед до 15 град, и назад до 5 град.;
- высоту опорной поверхности спинки 300 +20 мм, ширину – не менее 380 мм и радиус кривизны горизонтальной плоскости – 400 мм;
- угол наклона спинки в вертикальной плоскости в пределах +30 градусов;
- регулировку расстояния спинки от переднего края сиденья в пределах 260–400 мм;
- стационарные или съемные подлокотники длиной не менее 250 мм и шириной – 50–70 мм;

- регулировку подлокотников по высоте над сиденьем в пределах 230 ± 30 мм и внутреннего расстояния между подлокотниками в пределах 350–500 мм.

Рабочее место пользователя ПЭВМ следует оборудовать подставкой для ног, имеющей ширину не менее 300 мм, глубину не менее 400 мм, регулировку по высоте в пределах до 150 мм и по углу наклона опорной поверхности подставки до 20° . Поверхность подставки должна быть рифленой и иметь по переднему краю бортик высотой 10 мм.

Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100–300 мм от края, обращенного к пользователю или на специальной, регулируемой по высоте рабочей поверхности, отделенной от основной столешницы.

Лица, работающие с ПЭВМ более 50% рабочего времени (профессионально связанные с эксплуатацией ПЭВМ), должны проходить обязательные предварительные при поступлении на работу и периодические медицинские осмотры в установленном порядке.

Женщины со времени установления беременности переводятся на работы, не связанные с использованием ПЭВМ, или для них ограничивается время работы с ПЭВМ (не более 3-х часов за рабочую смену) при условии соблюдения гигиенических требований, установленных СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. Трудоустройство беременных женщин следует осуществлять в соответствии с законодательством Российской Федерации.

9.2. Расчет освещения в диспетчерской

Поскольку диспетчерская – это то место, где постоянно находятся люди, поэтому проявление вредных факторов здесь наиболее существенно. Одним из них является освещенность рабочего места, который следует рассмотреть подробнее.

9.2.1. Общие требования освещенности

Рабочие столы в диспетчерской следует размещать таким образом, чтобы видео дисплейные терминалы были ориентированы боковой

стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал преимущественно слева.

Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300–500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк.

Следует ограничивать прямую блёкость от источников освещения, при этом яркость светящихся поверхностей (окна, светильники и др.), находящихся в поле зрения, должна быть не более 200 кд/м².

Следует ограничивать отраженную блёкость на рабочих поверхностях (экран, стол, клавиатура и др.) за счет правильного выбора типов светильников и расположения рабочих мест по отношению к источникам естественного и искусственного освещения, при этом яркость бликов на экране ПЭВМ не должна превышать 40 кд/м² и яркость потолка не должна превышать 200 кд/м².

Показатель ослеплённости для источников общего искусственного освещения в производственных помещениях должен быть не более 20. Показатель дискомфорта в административно-общественных помещениях – не более 40.

Яркость светильников общего освещения в зоне углов излучения от 50 до 90 градусов с вертикалью в продольной и поперечной плоскостях должна составлять не более 200 кд/м², защитный угол светильников должен быть не менее 40 градусов.

Светильники местного освещения должны иметь не просвечивающий отражатель с защитным углом не менее 40 градусов.

Следует ограничивать неравномерность распределения яркости в поле зрения пользователя ПЭВМ, при этом соотношение яркости между рабочими поверхностями не должно превышать 3:1–5:1, а между рабочими поверхностями и поверхностями стен и оборудования – 10:1.

В качестве источников света при искусственном освещении следует применять преимущественно люминесцентные лампы типа ЛБ и компактные люминесцентные лампы (КЛЛ). При устройстве отра-

женного освещения в производственных и административно-общественных помещениях допускается применение металлогалогенных ламп. В светильниках местного освещения допускается применение ламп накаливания, в том числе галогенных.

Для освещения помещений с ПЭВМ следует применять светильники с зеркальными параболическими решетками, укомплектованными электронными пускорегулирующими аппаратами (ЭПРА). Допускается использование многоламповых светильников с электромагнитными пускорегулирующими аппаратами (ЭПРА), состоящими из равного числа опережающих и отстающих ветвей.

Применение светильников без рассеивателей и экранирующих решеток не допускается.

При отсутствии светильников с ЭПРА лампы многоламповых светильников или рядом расположенные светильники общего освещения следует включать на разные фазы трехфазной сети.

Общее освещение при использовании люминесцентных светильников следует выполнять в виде сплошных или прерывистых линий светильников, расположенных сбоку от рабочих мест, параллельно линии зрения пользователя при рядом расположении видео дисплейных терминалов. При периметральном расположении компьютеров линии светильников должны располагаться локализованно над рабочим столом ближе к его переднему краю, обращенному к оператору.

Коэффициент запаса (K_z) для осветительных установок общего освещения должен приниматься равным 1,4.

Коэффициент пульсации не должен превышать 5%.

Для обеспечения нормируемых значений освещенности в помещениях для использования ПЭВМ следует проводить чистку стекол оконных рам и светильников не реже двух раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп. (СанПиН 2.2.2/2.4. 1340-03).

9.2.2. Расчет освещенности

Для расчета общего равномерного освещения используем метод коэффициента использования светового потока, учитывающий, как

световой поток источников света, так и световой поток, отраженный от потолка, стен и других поверхностей помещения.

Размеры помещения: $3 \times 5 \text{ м}^2$ при высоте 2.5 м. Высота подвеса светильника общего освещения – 2 м.

Световой поток лампы $\Phi_{\text{л}}$ (лм) одного светильника находится по формуле:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{100 \times E_{\text{н}} \times K_3 \times S \times z}{N \times \eta},$$

где $E_{\text{н}}$ – минимальная нормированная освещенность, лк;

В нашем случае: $E_{\text{н}} = 300$ (лк) (по СанПиН 2.2.2/2.4. 1340-03).

K_3 – коэффициент запаса, принимается в зависимости от загрязненности воздуха в помещении.

В нашем случае: $K_3 = 1,4$ (СанПиН 2.2.2/2.4. 1340-03).

S – площадь помещения;

В нашем случае: $S = 3 \times 5 = 15 \text{ (м}^2\text{)}$

z – коэффициент, учитывающий отношение средней освещенности к минимальной,

Принимаем: $z = 1,15$ (СанПиН 2.2.2/2.4. 1340-03).

N – число светильников, $N = 6$.

η – коэффициент использования светового потока ламп (%), зависящий от типа светильника, коэффициента отражения потолка $R_{\text{оп}}$ и стен $R_{\text{ос}}$ и индекса i формы помещения.

Индекс помещения:

$$i = \frac{A \times B}{h \times (A + B)},$$

где A и B – ширина и длина помещения; h – высота подвеса светильников над рабочей поверхностью. Для нашего случая:

$$i = \frac{3 \times 5}{2 \times (3 + 5)} \approx 0,94$$

По таблице 4 из литературы [38] (стр.128) для помещения $R_{\text{оп}} = 70\%$ (побеленный потолок), $R_{\text{ос}} = 50\%$ (чистые светлые стены) находим коэффициент использования светового потока для светильника типа «Астра»: $\eta = 48\%$.

Находим световой поток одного светильника:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{100 \times 300 \times 1,4 \times 15 \times 1,15}{6 \times 48} = 2515 \text{ (лм)}$$

По таблице 5 [39] из литературы [38] выбираем лампы накаливания Г 215–225–200 со световым потоком 2920 лм.

Отклонение рассчитанного светового потока от выбранного составляет +16,1%, что является допустимым.

9.3. Экологическая безопасность

Поскольку после очистки оборудования методом СІР-мойки остаётся большой объём жидкости, участвующей в очистке, то наиболее актуальным является рассмотрения вопроса удаления и утилизации этой жидкости безопасным и безвредным для окружающей среды методом. Единственным методом избавления от отработанных чистящих жидкостей является их слив в канализацию.

Канализация является одним из видов инженерного оборудования, обеспечивающего необходимые санитарно-гигиенические условия производственного цикла. Под канализацией понимается комплекс оборудования, сетей и сооружений, предназначенных для организованного приема и удаления по трубопроводам за пределы промышленного предприятий загрязненных сточных вод, а также для их очистки и обезвреживания перед утилизацией или сбросом в водоем [39].

9.3.1. Внутренняя канализация

Внутренняя канализация служит для приема сточных вод в местах их образования и для отведения за пределы здания в наружную канализационную сеть. Наружная канализация предназначена для транспортирования сточных вод за пределы промышленных предприятий на очистные сооружения, которые служат для обезвреживания сточных вод, выпуска очищенных вод в водоем без нарушения его естественного состояния и обработки осадка в целях дальнейшей его утилизации. Сточными называются воды, использованные на производственные или другие нужды и загрязненные при этом дополнительными примесями, изменившими их первоначальный химический состав и физические свойства.

Для безопасности производства продуктов питания и облегчения очистки сточных вод от бактерий, необходимо, согласно СНиП 2.04.01-85 («к канализационной сети следует предусматривать присоединение с разрывом струи не менее 20 мм от верха приемной воронки») предусмотреть использование воронок с разрывом струи для слива отработанных чистящих жидкостей во внутреннюю канализацию. Схема сливной воронки с разрывом трубы и сифон-воронка показана на рис. 56.

Рис. 56. Схема сливной воронки с разрывом трубы и сифон-воронка

9.3.2. Условия приема сточных вод в канализационные сети

Возможность приема различных категорий сточных вод в канализационные сети раздельной и общесплавной систем канализации определяется исходя из состава загрязнений этих вод и целесообразности совместной их очистки с учетом санитарно-гигиенических и технико-экономических показателей. Совместные отведение и очистка бытовых и производственных сточных вод, как правило, являются наиболее целесообразными по технико-экономическим показателям,

однако в ряде случаев оказываются недопустимыми из-за наличия в производственных сточных водах вредных и ядовитых веществ [40].

Предельные допустимые концентрации (ПДК) различных ядовитых веществ приводятся в СНиП, в правилах технической эксплуатации канализации и правилах приема производственных сточных вод в общегородские канализации. Предельно допустимая концентрация продуктов производства в воде не должно превышать 50 мг/л [40].

В случае, когда отведение производственных вод не удовлетворяет указанным условиям, они отводятся и очищаются, и могут быть приняты в канализационные сети только после предварительной очистки.

В городские канализации не принимают без предварительной очистки производственные сточные воды, содержащие жиры, масла, смолы, бензин, нефтепродукты, ядовитые вещества в концентрациях, препятствующих биологической очистке и сбросу в водоемы, нерастворимые примеси с большим удельным весом, а также воды с волокнистыми и объемными примесями, которые засоряют и закупоривают сети, затрудняют работу насосных станций, нарушают процессы биологической очистки сточных вод и обработку осадка, а также оказывают разрушающее (корродирующее) действие на материал труб и элементы сооружений канализации. Температура производственных сточных вод не должна быть выше 40°C. Не допускается также сброс воды, которая может выделять ядовитые или взрывоопасные газы, а также стоков предприятий тяжелой промышленности. Производственные сточные воды в смеси с бытовыми при подходе к биологическим очистным сооружениям не должны иметь активную реакцию pH ниже 6,5 и выше 9 и не должны иметь концентрацию взвешенных веществ и всплывающих примесей более 500 мг/л.

9.3.3. Удаление веществ из сточных вод

Одним из веществ, которое может попасть в сточные воды является – животный жир из молочной продукции. Он более легкий чем вода, и поэтому может быть легко отделен в сооружениях, называемых жироловушками (сепараторами жира). Сточные воды с жирами самотеком поступают в жироуловитель, где происходит осаждение взвешенных веществ и гравитационное отделение жиров на поверх-

ность. Перегородки в жироседелителе служат для замедления потока и увеличения времени на отделение жиров и масел. Они установлены поперек потока сточной воды в результате чего жир собирается на них в виде плотной массы. Слой жиров собирается в накопителе жира, где жир находится до момента его удаления. Устройство сепаратора жира не требует никаких источников энергии, а его эксплуатация заключается в периодическом удалении жира.

Кроме этого в канализационные стоки попадает разбавленная азотная кислота и щелочь (гидроксид натрия), что является недопустимым для сброса в канализацию общего пользования [40]. Для предотвращения этого и для нормализации величины pH сточных вод необходимо производить реакцию нейтрализации, путем их смешивания в баке системы нейтрализации.

В результате реакции получается: $\text{HNO}_3 + \text{NaOH} = \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$.

Согласно тех. процессу, концентрации чистящих веществ составляет 1% для азотной кислоты и 1.5% для щелочи. Поэтому в раствор необходимо добавлять концентрат кислоты для полной нейтрализации. Отработанные чистящие жидкости имеют меньшую концентрацию и поэтому необходимо использовать прибор pH-метр для отслеживания процесса нейтрализации.

Рассчитаем концентрацию получившегося в результате реакции гидроксида натрия:

- Молярная масса азотной кислоты: $M(\text{HNO}_3)=1+14+16\cdot3=63$ г/моль
- Количество вещества в литре: $\mu(\text{HNO}_3)=1/63=0.016$ моль
- Молярная масса щелочи: $M(\text{NaOH})=23+16+1=40$ г/моль
- Количество вещества в литре: $\mu(\text{NaOH})=1.5/40=0.037$ моль
- Молярная масса гидроксида натрия: $M(\text{NaNO}_3)=23+14+16\cdot3=85$ г/моль
- Молярная масса воды: $M(\text{H}_2\text{O})=16+1\cdot2=18$ г/моль

При реакции 0.037моль щелочи с кислотой получается 0.037моль гидроксида натрия, что составляет массу: $m(\text{NaNO}_3)=85\cdot0.037=3.145$ г.

Кроме того в реакции выделяется 0.037 моль воды, что составляет $m(\text{H}_2\text{O})=18\cdot0.037=0.667$ г, что пренебрежительно мало. Поскольку в реакции участвует 2 литра жидкости, то итоговая концентрация составляет 1.57 г/л.

Для смыва этой жидкости в общую канализацию [40] необходимо разбавлять другой оборотной водой, применяемой при очистке, в 10 раз.

Кроме этого, согласно [41], можно выделить аммиак из раствора, который может быть собран, и, выпадающий в осадок, гексагидроксиалюминат натрия, который может быть использован в промышленности для производства керамики. Растворимость аммиака в воде резко снижается при повышении температуры, и при нагревании выше 60°C удается достичь практически полного удаления аммиака из раствора за относительно короткое время. Уравнение реакции:

В качестве реагента для нейтрализации нитрита наиболее экономично использовать алюминиевую стружку, которая является отходом механической обработки алюминия и его сплавов различных марок, например, Д16, В95, АМг2, АМц, АД3. Что значительно снижает материальные затраты на нейтрализацию.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблемы существующего способа очистки связаны с тем, в процессе подготовки чистящих жидкостей и проведением очистки участвует оператор и рабочий, который работает с концентратами чистящих жидкостей. Для решения этих проблем была разработана концепция автоматизированной подготовки чистящих жидкостей и проведения очистки. Была разработана схема трубопровода системы подготовки ЧЖ, схема локальной сети компьютерных серверов сбора, хранения и отображения информации о процессе. В работе было выбрано необходимое оборудование: датчики для пищевых производств Endress+Hauser, ПЛК Schneider Modicon Premium TSX 57, систему управления пневмооборудованием – пневмоостров Festo. В системе 2 промышленные сети: Profibus и Industrial Ethernet. Используя программное обеспечение UnityPro была разработана управляющая программа. Для диспетчерского контроля и управления была выбрана системная платформа Wonderware System Platform 3.0 с системой визуализации InTouch. Были разработаны 6 экранов интерфейса пользователя. Проведённые исследования показали, что увеличение температуры подготовки воды на 18,5°С позволяет сократить время проведения очистки на 43,3 минуты, повысить энергоэффективность системы на 0,64 Гкал за один цикл прочистки. Для испытания управляющей программы была написана программа-симулятор очищаемого оборудования. Затраты на разработку и написание управляющей программы составили 2 199 208 руб. Таким образом, поставленная цель дипломного проекта достигнута в полном объеме.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ARIS Express // Журнал КомпьютерПресс. 2010. №11.
2. По данным портала Первого Независимого Рейтингового Агентства [Электронный ресурс] <http://www.fira.ru>, 23.03.2012.
3. [Электронный ресурс] <http://doiarka.ru>
4. [Электронный ресурс] <http://ru.wikipedia.org/wiki/НАССР>
5. Технология производства молочных продуктов: справочник // Tetra Pak, 2010. 440 с.
6. Тамим А.И. СІР-мойка на пищевых производствах: перевод с англ. М.: Издательство: Профессия, 2009, 288 с.
7. Ушакова В.Н. Мойка и дезинфекция. Пищевая промышленность, торговля, общественное питание. М.: Издательство: Профессия, 2009. 288 с.
8. [Электронный ресурс] <http://milk-prom.ru>
9. [Электронный ресурс] <http://divametal.ru/news/1>
10. Руководящий документ. Методология функционального моделирования IDEF0. М.: Госстандарт России, 2000. 75 с.
11. Тепломассообмен: учеб. пособие для вузов / Ф.Ф. Цветков, Б.А. Григорьев. М.: МЭИ, 2006. 550 с.
12. Теплотехника: учеб. для вузов / В.Н. Луканин, М.Г. Шатров, Г.М. Камфер и др.; под ред. В.Н. Луканина. М.: Высшая школа, 2006. 671 с.
13. Дьяконов В.П. MATLAB 6.5 SP1/7.0 + Simulink 5/6 в математике и моделировании. / Библиотека профессионала. М.: Солон-Пресс., 2005. 576 с.
14. [Электронный ресурс] <http://moika-cip.ru>
15. Коммуникация в технике автоматизации / Бойерле Х.П., Бах-Беценар Г. Берлин, Мюнхен: АО Siemens, [отд. изд.], 1991. 154 с.
16. The Industrial Ethernet Networking Guide / Sterling D.J., Wissler S.P. Godfrey Lancaster Pennsylvania: Delmar Cengage Learning, 2002. 352 p.
17. Программируемые логические контроллеры. Практ. руко-во для начинающего инженера. / Минаев И.Г., Самойленко В.В. М.: АГРУС, 2009. 100 с.
18. [Электронный ресурс] <http://www.schneider-electric.ru>
19. Трофимович Ф.Г., Пневмоострова – современное средство управления пневматическими механизмами // «Гидравлика. Пневматика. Приводы». 2010. №1.

20. [Электронный ресурс] <http://www.festo.com>
21. Arnold Zankl: Milestones in Automation: From the Transistor to the Digital Factory, Wiley-VCH, 2006. 248 с.
22. [Электронный ресурс] <http://www.sensor.ru>
23. [Электронный ресурс] <http://www.ru.endress.com>
24. Уим ван де Камп, Теоритические и практические аспекты измерения уровня: Пер. с англ. М.: ООО «Эндресс+Хаузер», 20-е издание 2006. 198 с.
25. [Электронный ресурс] <http://solid-systems.ru>
26. SCADA-системы: взгляд изнутри / Андреев Е.Б., Куцевич Н.А., Синенко О.В. М.: Издательство «РТСофт», 2004. 176 с.
27. [Электронный ресурс] <http://www.wonderware.ru>
28. Справочное руководство по языкам программирования.
29. OPC.
30. Арсеньев В.В., Сажин Ю.Б. Методические указания к выполнению организационно-экономической части дипломных проектов по созданию программной продукции. М.: изд. МГТУ им. Баумана, 1994. 52 с.
31. [Электронный ресурс] <http://tdocs.su/> Глаголев В.А. Стоимость разработки технической документации. Часть I.
32. [Электронный ресурс] <http://tdocs.su/> Глаголев В.А. Стоимость разработки технической документации. Часть II.
33. Процесс создания документации пользователя программного средства. ГОСТ Р ИСО МЭК 15910-2002
34. [Электронный ресурс] <http://www.rabota.ru>
35. Фонд социального страхования Российской Федерации [Электронный ресурс] <http://www.fss.ru>
36. [Электронный ресурс] <http://market.yandex.ru>
37. «Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общее положения). Методические рекомендации. ПНД Ф 12.13.1-03» (утв. ФГУ «Центр экологического контроля и анализа» 04.09.2003).
38. Охрана труда в машиностроении: Учебник для машиностроительных вузов / Е.Я. Юдин, С.В. Белов, С.К. Баланцев и др. 2-ое изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1983. 432 с.
39. Канализация / С.В. Яковлев и др. 5-ое изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1983. 632 с.
40. «Правила приема производственных сточных вод в системы канализации населенных пунктов». 5-е изд, доп. Отдел научно-технической информации АКХ. М.: 1989.

41. Патент RU 2347757 С2, Афонин Е.Г.
42. Плиева Ю. Своевременная инъекция // Компаньон. 2004. № 22. С. 11–15.
43. Паппэ Я.Ш. Олигархи: Экономическая хроника / Я.Ш. Паппэ. М.: ГУ-ВШЭ, 2000. 232 с.
44. Воронков Д.К. Розвиток підприємства: управління змінами та інновації: монографія / Д.К. Воронков, Ю.С. Погорелов. Харків: АдвАтм, 2009. 436 с.
45. Забродский В.А. Развитие крупномасштабных экономико-производственных систем / В.А. Забродский, Н.А. Кизим. Харьков: Бизнес Информ, 2000. 72 с.
46. Квятковська Л.А. Реалізація принципів концепції сталого розвитку в діяльності підприємства / Л.А. Квятковська // Вісник соціально-економічних досліджень. 2013. Вип. 1. С. 85–89.
47. Быкова Ю.Н. Деловая репутация как критерий финансовой устойчивости компании: автореф. дис. ...канд. экон. наук: 11.02.2009, 15.08.2008 / Ю.Н. Быкова. Москва, 2008. 27 с.
48. Горин С.В. Деловая репутация организации / С.В. Горин. Ростов н/Д.: Феникс, 2006. 256 с.
49. Сметанин А.М. Оценка гудвилла в принятии финансовых решений: дис. ... канд. экон. наук / А.М. Сметанин. Волгоград, 2005. 208 с.
50. Сулыма А.И. Формирование системы показателей для оценивания надежности деятельности предприятия / А.И. Сулыма // Научный вестник: Финансы, банки, инвестиции. 2018. № 3 (44). С. 94–103.
51. Шумилова Ю.А. Управление надежностью экономики предприятия на основе диагностики его состояния: Дис. ... канд. экон. наук: спец. 08.00.05 / Ю.А. Шумилова. Тюмень, 2003. 170 с.
52. Кулясова А.А. Социально-экономический анализ экологически устойчивого развития. Диссертация. СПб: СПбГУ. 2001. 140 с.
53. Довбенко М.В., Осик Ю.И. Современные экономические теории в трудах нобелиантов, Издательство «Академия Естествознания», 2011.
54. Полтерович В.М. Кризис экономической теории, Доклад на научном семинаре Отделения экономики и ЦЭМИ РАН «Неизвестная экономика», <http://ts1.cemi.rssi.ru/rus/publicat/e-pubs/d9702t/d9702t.htm>.
55. Ashby W.R. «Principles of the Self-Organizing Dynamic System», Journal of general Psychology, V. 37, pp. 125–128.

56. Моисеев Н.Н. Кибернетическое описание эколого-экономических систем // Избранные труды в 2-х томах. Т.1. Гидродинамика и механика. Оптимизация операции и теория управления. М.: Тайдекс Ко, 2003. 346 с.
57. Александрович И.М., Щеулин А.С. Оценка эффективности инвестиций в науку. Дубна: Междунар. у-ет природы, о-ва и человека «Дубна», 2006, 192 с.
58. Денисова Н.Н. О методике создания образовательного кластера в регионе РФ, сб. материалов Международной научно-практической конференции. «Наука и образование в жизни современного общества», Ч. 10. Тамбов: Изд. «Бизнес-Наука-Общество», 2012.
59. Добрынин В.Н. Феноменологический и структурно-функциональный подход понимания управления в социотехнических системах, Информационные технологии в науке и образовании, ноябрь, 2009.
60. Федеральная служба государственной статистики Российской Федерации // URL: <http://www.gks.ru/>
61. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации» от 28.07.2017 г. // URL: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4Ps-B79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf>
62. Земляков Ю.Д., Ситкевич Н.В. Ценностные трансформации мировоззренческой парадигмы информационного общества // Вестник Международной академии системных исследований. Информатика, экология, экономика. 2016. Т. 18. № 2. С. 100–105.
63. Коваженков М.А. Особенности формирования современной парадигмы управления экономическими процессами // Primo Aspectu. 2015. Т. 24. № 10 (174). С. 21–26.
64. Луканин А.В., Еремина Е.В., Неделько С.И. Особенности виртуализации социальных институтов в информационном обществе // Власть. 2016. № 1. С. 41–46.
65. Ерченко В.В. Задачи и проблемы внедрения технологии виртуализации // Информатика и прикладная математика: межвузовский сборник научных трудов. 2016. № 22. С. 44–48.
66. Шестакова И.Г. Результаты современного развития ИКТ: глобализация и виртуализация // Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики. 2015. № 12–3 (62). С. 196–198.

Научное издание

Гусев Сергей Сергеевич

**РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ ОЧИСТКОЙ ТРУБОПРОВОДОВ
НА ПИЩЕВОМ ПРОИЗВОДСТВЕ
ООО «УСТЮЖЕНСКИЙ
АГРОПРОМЫШЛЕННЫЙ КОМБИНАТ»**

Монография

Книга издана в авторской редакции.

Компьютерная верстка, обложка *Р.В. Орлов*

ISBN 978-5-907208-31-5

9 785907 208315

Подписано в печать 19.06.2020.

Формат 60×84 1/16. Усл. печ. л. 12,11.

Бумага типографская. Заказ №1906РВ.

Тираж 500 экз.

По вопросам приобретения
и издания литературы обращаться по адресу:
Издательство «Научно-инновационный центр»
ул. 9 Мая, 5/192, г. Красноярск, 660127 Россия
тел. +7 (923) 358-10-20

Электронная почта: monography@nkras.ru

Дополнительная информация на сайте: www.nkras.ru