

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Политехнический институт факультет Машиностроения
Кафедра «Мехатроника и автоматизация»
Направление «Автоматизация технологических процессов и производств»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
В.Р. Гасияров

2019 г.

Реконструкция системы автоматизации процесса подготовки к доставке
природного газа потребителю на газораспределительной станции № 2 г. Челябинска

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ МАГИСТРА
ЮУрГУ _____ 15.04.04.2019.207. _____ ПЗ (ВКР)

Нормоконтролер
Преподаватель
О.А. Гасиярова

2019 г.

Руководитель работы
к.т.н. доцент
С.М. Андреев

2019 г.

Нормоконтролер
Ст. преподаватель
С.С. Воронин

2019 г.

Автор работы
студент группы
А.И. Семёнов

2019 г.

АННОТАЦИЯ

Семёнов А.И. Реконструкция системы автоматизации процесса подготовки к доставке природного газа потребителю на газораспределительной станции № 2 г. Челябинска. – Челябинск: ЮУрГУ, П; 2019, 84 с. 29 ил., библиогр. список – 18 наим., 1 прил.

В процессе выполнения дипломной работы производилась автоматизация и разработка алгоритмов автоматизации узла одоризации газораспределительной станции №2 г. Челябинска.

Добавление одоранта в природный газ на выходе ГРС на момент начала дипломной работы происходило в ручном режиме, из-за чего наблюдался перерасход и отклонение от нормативных значений концентрации одоранта относительно расхода природного газа, что снижало безопасность эксплуатации газового оборудования у потребителей. Автоматизация узла одоризации газа позволила разрешить данные проблемы.

В дипломной работе приведено обоснование экономической рентабельности проекта, а также сравнение критериев эффективности с аналогичными разработками. Представлен SWOT-анализ, а также определена ресурсная и социальная привлекательность исследования.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ.....	9
1.1 Назначение и состав газораспределительной станции.....	9
1.1.1 Блок переключения.....	9
1.1.2 Блок очистки газа.....	10
1.1.3 Блок предотвращения гидратообразований.....	10
1.1.4 Блок редуцирования.....	10
1.1.5 Блок учета газа.....	10
1.5.1 Блок одоризации газа.....	11
1.2 Описание технологического процесса.....	11
1.2.1 Описание основного технологического процесса ГРС.....	11
1.2.2 Описание процесса одоризации газа на ГРС.....	14
1.2.3 Устройство одоризационной установки БАОГ.....	17
1.3 Одоризация газа.....	18
1.3.1 Введение.....	18
1.3.2 Одоранты для одоризации газа.....	19
1.3.3 Типы одорантов.....	20
1.3.3.1 Тетрагидротиофен (ТНТ).....	20
1.3.3.2 Диметилсульфид (DMS).....	21
1.3.3.3 Этилмеркаптан (ЕМ).....	21
1.3.3.4 Метилакрилат (МА) и Этилакрилат (ЕА).....	22
1.3.3.5 Смеси одорантов.....	23
1.3.3.6 Одоранты, применяемые в России.....	24
1.4 Системы одоризации.....	25
1.4.1 Фитильные одоризаторы.....	26
1.4.2 Байпасные одоризаторы (барботажные).....	26
1.4.3 Капельные одоризаторы.....	27
1.4.4 Одоризаторы с электрическими и пневматическими насосами.....	28

2 СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	30
2.1 Разработка алгоритмов управления	30
2.1.1 Анализ работы установки в ручном режиме.....	30
2.1.2 Алгоритм работы установки в автоматическом режиме.....	32
2.1.3 Разработка алгоритмов.....	34
2.1.4 Алгоритм обработки дискретных входных параметров.....	34
2.1.5 Алгоритм обработки аналоговых входных параметров.....	35
2.1.6 Алгоритм управления одоризационной установкой.....	36
2.2 Технические средства реализации системы управления.....	40
2.2.1 Установка одоризации.....	40
2.2.2 Используемый ПЛК.....	41
2.3 Обзор смонтированных технических средств АС.....	44
2.3.1 Весоизмерение ИВ1	45
2.3.2 Датчик уровня одоранта ДУ1	45
2.3.3 Клапан электромагнитный ЭК1.....	46
2.3.4 Дозирующий насос Н1.....	46
2.4 Программные средства реализации системы управления	46
2.4.1 Разработка экранных форм для АРМ.....	47
2.4.2 Разработка программы для ПЛК.....	49
2.4.3 Моделирование работы системы.....	50
3 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	52
3.1 Анализ конкурентных технических решений.....	52
3.2 Технология QuaD.....	53
3.3 SWOT-анализ.....	55
3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	57
3.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	60
3.6 Социальная ответственность.....	65
3.6.1 Производственная безопасность.....	66
3.6.2 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий	

по их устранению.....	67
3.6.3 Микроклимат в рабочей зоне.....	68
3.6.4 Повышенная загазованность воздуха рабочей зоны.....	69
3.6.5 Шум.....	71
3.6.6 Электромагнитные излучения.....	73
3.6.7 Освещенность.....	73
3.7 Система менеджмента качества.....	75
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	84
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	85
ПРИЛОЖЕНИЕ А – Блок схемы алгоритмов управления.....	87

ВВЕДЕНИЕ

Вопросы автоматизации технологических процессов в нефтегазовой отрасли занимают ключевую позицию во время подготовки объекта к эксплуатации. Удачно спроектированные системы могут работать на протяжении многих лет без критического вмешательства обслуживающего персонала. Однако в процессе проектирования систем присутствует человеческий фактор, ошибка или упущение проектировщика может не проявить себя даже на стадии ПНР и опытной эксплуатации. Подобные упущения допущенные на этапе проектирования в процессе эксплуатации однозначно будут проявляться, и оперативная реакция обслуживающего персонала зачастую может исправить внезапно возникшую угрозу нарушения техно логического процесса.

Российские компании, занимающиеся продажей, установкой и вводом в эксплуатацию нефтегазового оборудования импортного производства, не всегда предлагают послегарантийное обслуживание своих комплексов. В следствии обслуживающий персонал ведет модернизацию и/или ремонт оборудования своими силами. Эта деятельность, как правило, требует дополнительного применения технических устройств автоматизации: датчиков, устройств ввода/вывода, преобразователей интерфейсов / протоколов, управляющих устройств (контроллеров), исполнительных устройств, а также разработку алгоритмического и программного обеспечения.

На ГРС №2 г. Челябинска необходимость проведения подобных работ имеет место быть, и как правило она связана с неисправностью оборудования. Так, при отказе блока автоматической одоризации газа, оператор должен в ручном режиме дозировать поступление одоранта в трубопровод потребителя.

Одоризация является ключевой частью технологического процесса на ГРС, так как отпуск газа потребителю без одоризации газа может создать крайне опасные аварийные ситуации, как у бытового, так и промышленного потребителя. Суть состоит в том, что газ сам по себе не имеет ни цвета, ни запаха и его присутствие,

если он не одорирован, возможно определить только с помощью специальных датчиков.

Автоматические блоки одоризации типа БАОГ широко применяются на многих блочных ГРС. Они имеют электронный блок с необходимыми интерфейсами, в котором заложено программное обеспечение необходимое для автоматической одоризации. Однако электронные блоки имеют ограниченный срок работы, зачастую даже ниже срока наработки на отказ заявленного производителем.

Цель исследования: Разработать техническое решение для осуществления процесса одоризации на ГРС в автоматическом режиме, путем проектирования и создания САУ блоком одоризации.

В процессе исследования проводился анализ и синтез алгоритмов управления процессом одоризации газа на ГРС, подбор технических и написание программных средств автоматизации.

В результате исследования спроектирована САУ блоком одоризации, в которой используется авторский алгоритм.

Область применения: разработанные технические решения могут применяться на действующих газораспределительных станциях.

Экономическая значимость работы: исследование позволит восстановить нормальное функционирование БАОГ полностью в автоматическом режиме в короткие сроки, минуя дорогостоящие затраты.

1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1.1 Назначение и состав газораспределительной станции

Газораспределительная станция предназначена для понижения высокого давления природного газа до уровня, обозначенного договором поставок газа конечному потребителю, а также для поддержания его с заданной точностью, измерения расхода и одоризации газа перед его подачей потребителю. Газ должен соответствовать ГОСТ 51.40-93. В состав ГРС включены:

1. блок очистки газа;
2. блок подогрева газа;
3. блок сбора конденсата;
4. блок редуцирования газа выхода 1;
5. блок редуцирования газа выхода 2;
6. блок подготовки газа на собственные нужды;
7. блок подготовки импульсного газа;
8. блок автоматической одоризации газа БАОГ;
9. отсек управления.

1.1.1 Блок переключения

На ГРС блок переключения предназначен для переключения, в случае необходимости, потока газа в режим редуцирования по обводной линии. А также блок содержит необходимую запорно-регулирующую арматуру для управления потоком поступающего и отходящего газа.

Блок располагается в модульном укрытии, защищающим от атмосферных осадков.

1.1.2 Блок очистки газа

Очистка газа на ГРС производится в блоке очистки газа. В этом блоке находятся две линии с фильтрами и одна байпасная линия. Фильтры позволяют, из потока газа высокого давления, отделить механические примеси, а также отделить жидкие составляющие. Тем самым повысить качество газа.

1.1.3 Блок предотвращения гидратообразований

Переназначение блока предотвращения гидратообразований - это хранение и ввод метанола в технологические трубопроводы ГРС, для защиты от образования гидратных пробок - кристаллогидратов в трубопроводе.

1.1.4 Блок редуцирования

Этот блок включает в себя несколько линий редуцирования, с регуляторами давления «после себя», запорной арматурой и обводной линии, предназначен для автоматического поддержания давления газа отпускаемому потребителю.

1.1.5 Блок учета газа

В блоке учета газа осуществляется коммерческий учет отпускаемого газа потребителям. Для измерения расходов используются технические средства, зарегистрированные в контролирующих органах и имеющие сертификаты соответствия. Данные с блока учета газа в дальнейшем поступают оператору ГРС для своевременной корректировки расхода газа и обеспечения требуемого качества поставки потребителю. Также данные расхода используются для расчета необходимой дозы одоризации.

1.1.6 Блок одоризации газа

Блок обеспечивает процесс придания запаха природному газу отпускаемого потребителю. Газ одорируется для возможности его своевременного обнаружения в случае утечек.

1.2 Описание технологического процесса

1.2.1 Описание основного технологического процесса ГРС

Технологическая схема ГРС показана на рисунке 1.

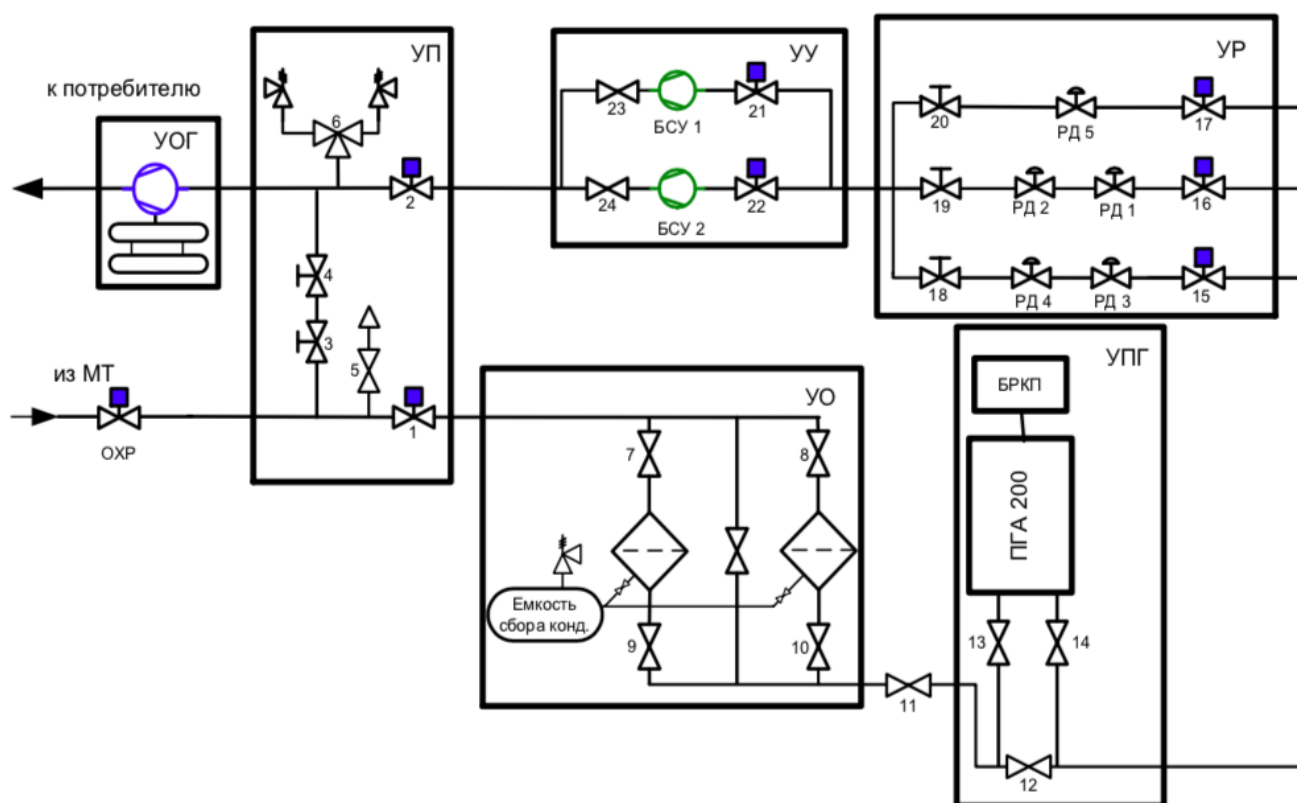


Рисунок 1 – Технологическая схема ГРС

Через отвод от магистрального газопровода, газ под высоким давлением (5,5-10 МПа), проходя через охранный кран, поступает на вход ГРС в блок переключающих устройств (см. рисунок 1) через входной кран 1. Далее газ

проходит узел очистки, на этом этапе происходит удаление механических примесей и газоконденсата на мультициклонных фильтрах-сепараторах. На фильтрах производится контроль перепада давления, для контроля исправности фильтра.

Затем газ попадает на подогреватель газа, на данной станции установлен ПГА-200, который подогревает газ с целью предотвращения образования кристаллогидратных отложений в трубопроводе низкого давления. Нагрев осуществляется в змеевике теплом отходящих газов.

Предварительно очищенный и подогретый газ поступает на вход узла редуцирования, который состоит из трех редуцирующих ниток: основной, резервной и малого расхода. Каждая нитка редуцирования выполнена по схеме:

- кран управляемый (15,16,17);
- на основной и резервной нитке последовательно установленные регуляторы давления (РД1 и РД2, РД3 и РД4) на нитке малого расхода один регулятор (РД5);
- кран ручной (18,19,20).

При нормальном режиме работы ГРС одна из редуцирующих ниток (рабочая) находится в работе, вторая (резервная) - в резерве.

Расположенные на нитках редуцирования краны 15,16,17,18,19,20 предназначены для отключения ниток при ремонтных работах и ревизии регуляторов давления.

Управляемые краны 15,16,17 предназначены для дистанционного, автоматического отключения рабочей нитки по заданному алгоритму. Данное требование необходимо для соблюдения требований безопасной эксплуатации опасного производственного объекта.

Регуляторы давления рабочей РД1, РД2 и резервной РД3, РД4 ниток настроены на различное давление:

- РД1 и РД3 - $R_{\text{вых}} + 10\% = 0,66$ МПа;
- РД2 - $R_{\text{вых}} = 0,6$ МПа;
- РД4 - $R_{\text{вых}} = 0,54$ МПа.

В рабочем состоянии открыты краны 18, 19 и управляемые краны 15, 16 рабочей и резервной линии.

Линия 1 в работе: Регулятор РД1 - открыт полностью, РД2 поддерживает давление на выходе 0,6 МПа. Линия 2 в резерве: РД3 - открыт полностью, РД4 - закрыт.

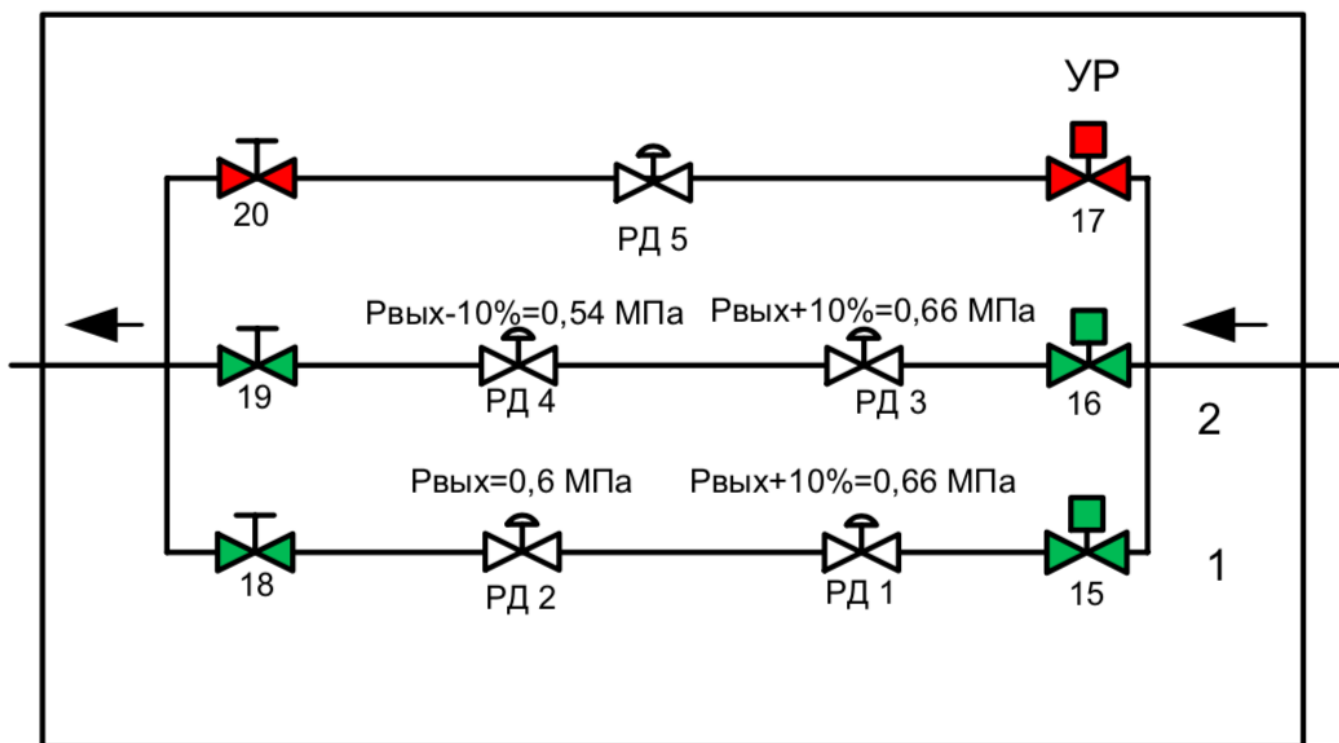


Рисунок 2 – Настройка регуляторов давления на линиях редуцирования ГРС

В блоке редуцирования, дополнительно происходит отбор газа и понижение его давления для подачи на горелки блока подогрева газа. А также газ через отвод отбирается на собственные нужды (топливо для отопительного котла, газовой плиты и пр.) до давления $P_{\text{вых}}$ 100мм - 200мм водяного столба.

Из блока редуцирования газ низкого давления проходит через узел учета, где производится учет отпускаемого потребителю газа. Прибором учета является расходомер переменного перепада давления на базе БСУ.

После узла учета газ поступает в блок переключающих устройств через выходной кран 2. В блоке переключающих устройств, установлен трехходовой кран, на отводах которого установлены два СППК, его назначением является

предотвращение возрастания давления на выходе ГРС. СППК настроен на давление $P_{раб}+12\%$.

На выходе станции газ одорируется с нормой 16 г/м³ (19,1 см³/м³) и подается потребителю с давлением 0,6 МПа.

1.2.2 Описание процесса одоризации газа на ГРС

Процесс одоризации предназначен для придания газу, подаваемому потребителю с целью своевременного обнаружения его утечек, запаха.

Среднегодовая норма одоранта, вводимого в газ, установлена на уровне 16г на 1000 м³ (при температуре 0°С и давлении 760 мм.рт.ст.).

Газ приобретает запах с помощью специальных добавок одорантов, обладающих сильным специфическим запахом. В качестве одоранта применяют этилмеркаптан C_2H_5SH - бесцветную прозрачную жидкость, представляющую собой органическое соединение серы.

При нормальном функционировании системы одоризации природный газ низкого давления, перед подачей потребителю, проходит блок одоризации, где перед подачей его потребителю одорируется специальными установками. Схематический процесс одоризации можно наблюдать на рисунке 3.



Рисунок 3 – Схема автоматической одоризации газа

Одоризация газа на станции, до момента поломки управляющего электронного устройства, производилась в автоматическом режиме, а именно регулирование степени одоризации газа осуществлялось изменением длительности интервала времени между непосредственным впрыском доз одоранта в выходной коллектор ГРС, в зависимости от объема газа, проходящего по трубопроводу.

После поломки управляющего контроллера, процесс одоризации осуществляется в ручном режиме путем настройки дозирующей капельницы оператором каждые 4 часа. Данные о расходе газа поступают с блока учета газа в автоматическом режиме на автоматизированное рабочее место оператора, после чего оператором газораспределительной станции происходит расчет дозы одоранта в соответствии с нормативными требованиями.

В газораспределительных сетях низкого давления расход газа в разное время суток существенно отличается, так как потребление газа населением осуществляется не равномерно, это можно наблюдать на рисунке 4

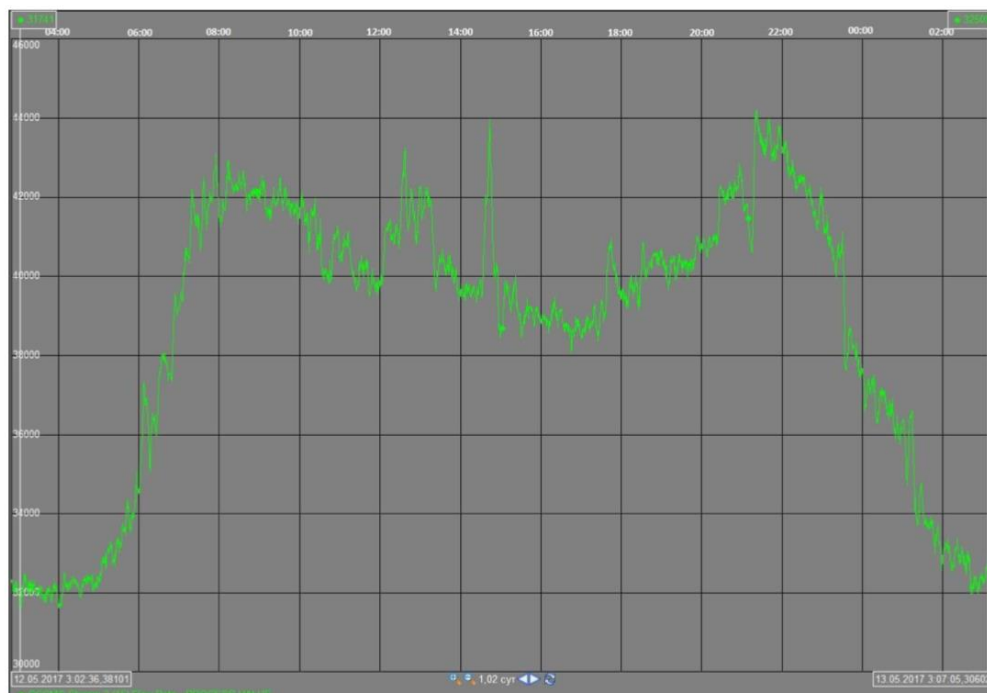


Рисунок 4 – Суточный расход газа потребителей ГРС

Следовательно, расход одоранта так же должен изменяться с течением суток. Приведем график расчетного суточного потребления одоранта (рисунок 5).



Рисунок 5 – Суточный расход одоранта

Видно, что изменение суточного расхода одоранта за отдельно взятый день находится в интервале от 496 до 704 грамм в час.

1.2.3 Устройство одоризационной установки БАОГ

Блок одоризации собран согласно схеме, пневматической (рис. 6) и состоит из дозирующей установки УД1 измерителя веса дозы ИВ1, емкости резервной Б2, емкости замерной Е1, емкости расходной Б1, окна смотрового СС1, капельницы КЦ1, эжектора Э1, кранов шаровых и клапанов муфтовых, предохранительного клапана КП1, настроенного на $P_{сраб.} = 1,2 P_{раб.}$ ($P_{раб.} = 1,2 \text{ МПа}$), фильтра Ф1, отстойника Ф2, клеммной коробки, взрывозащищенного нагревателя, расположенных в шкафу и блока управления, устанавливаемого в операторной. Все элементы закреплены на раме и закрыты шкафом. Шкаф имеет двери с замками и предохраняет от воздействия атмосферных осадков и от посторонних лиц.

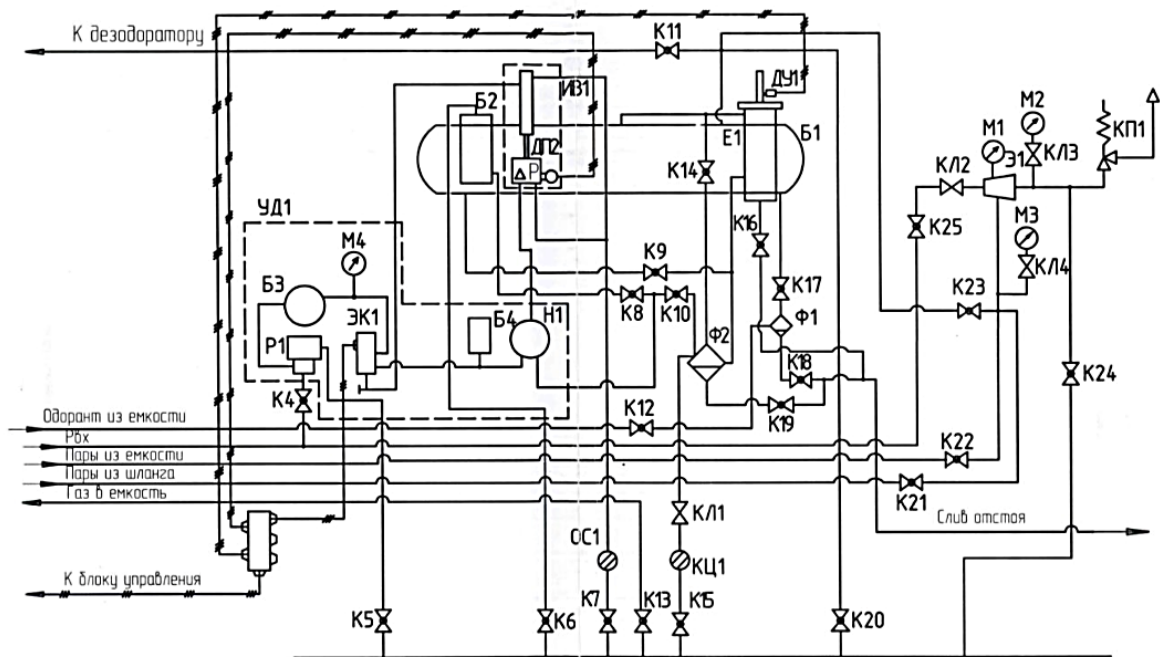


Рисунок 6 – Схема принципиальная пневматическая блока одоризац

1.3 Одоризация газа

1.3.1 Введение

Природный газ – это легковоспламеняющийся газ без цвета и запаха. Одоризация газа – это процесс придания природному газу характерного запаха, добавление одоранта, для возможности обнаружения его утечек без специальных устройств. Одорант имеет достаточно резкий и неприятный запах, для того, чтобы утечки газа могли ощущаться носом человека начиная с уровня от 20% нижнего порога образования взрывоопасной концентрации. Одоризация газа не изменяет физико-химические свойства газа, кроме изменения его запаха.

Одоризация – необходимая составляющая процесса доставки газа конечному потребителю, будь это бытовое использование или же коммерческое, одоризация снижает риски связанные с возможными возникновениями утечек газа.

Первый процесс одоризации газа был выполнен в Германии в 1880-х годах, это сделал Фон Квальо, он использовал этилмеркаптан для определения утечек в гидравлическом контуре.

Однако широкое применение процесса одоризации началось только лишь в 1930-х годах в Англии, после крупной аварии произошедшей из-за утечки газа, в результате которой было разрушено здание и 319 человек погибло. В результате этого несчастного случая, после Англии, проводить одоризацию газа начали в Канаде и США.

В настоящее время, одоризация горючих газов используется по всему миру. В разных странах степени и способы одоризации отличаются, но суть процесса осталась прежней. Обеспечение безопасной эксплуатации газового оборудования по всему миру является ключевым направлением газотранспортных предприятий, в силу чего одоризации природного газа в газораспределительных станциях уделяется повышенное внимание.

1.3.2 Одоранты для одоризации газа

Современные одоранты используемые в газовой промышленности могут быть разделены на две основные группы:

1. Серосодержащие (классические);
2. Не серосодержащие.

Серосодержащие включают в себя: меркаптаны, сульфиды и цикло-сульфиды. Не серосодержащие одоранты, на современном отраслевом рынке, имеют гораздо больше преимуществ, в том числе из-за своей экологичности, так как сгораемый газ, содержащий такие одоранты, не выделяет оксидов серы. Основные требования, применяемые к одорантам, применяемым на газораспределительных станциях:

1. Сильный запах, не похожий ни на какой другой;
2. Стойкий запах, не должен достаточно быстро выветриваться;
3. Сгорание одоранта не должно быть токсично и причинять вред окружающей среде.

Физико-химические свойства, которыми должны обладать одоранты:

- Одорант должен быть химически стабильным, не должен реагировать с газовыми компонентами;

- Должен иметь достаточно высоко давление конденсации пара;
- Не должен оказывать коррозионного воздействия на технологическое оборудование в применяемых концентрациях;
- Запах одоранта не должен быть перебит из-за наличия в газе тяжелых гомологов метана;
- Не должен содержать воду, и не окислять стенку трубопроводов;
- Не должен оставлять осадок на стенках газопровода, негативно воздействующего на физико-химические свойства металла и способствующего развитию бактериальной коррозии.

1.3.3 Типы одорантов

1.3.3.1 Тетрагидротиофен (ТНТ)

Тетрагидротиофен – является циклическим сульфидом. Один из самых стойких к окислению от трубопроводов одорантов. Имеет среднюю интенсивность запаха. В силу своих физических свойств не нашел широкого распространения на объектах газотранспортной отрасли в сетях низкого давления природного газа.

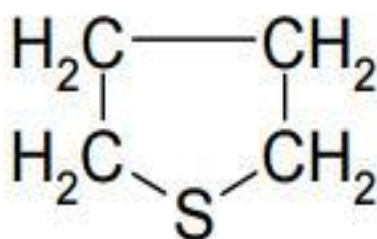


Рисунок 7 – Тетрагидротиофен

Применение данного одоранта не получило широкого распространения на опасных производственных объектах нефтегазового сектора.

Таблица 1 - Свойства одоранта тетрагидротиофен

Формула	C ₄ H ₈ S
Молекулярная масса	88.172
Регистрационный номер химического соединения по классификации CAS	110-01-0
Относительная плотность	1.000
Точка кипения	115 – 124 °C
Точка замерзания	-96°C
Температура вспышки	-7 °C
Содержание серы	36.37 (вес %)

1.3.3.2 Диметилсульфид (DMS)

Диметилсульфид – характеризуется хорошей устойчивостью к окислению. Его запах схож с запахом чеснока. Как правило используется как примесь к тетрагидротиофену.

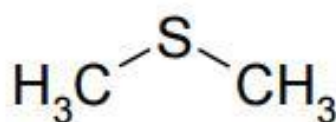


Рисунок 8 – Диметилсульфид

Таблица 2 - Свойства одоранта диметилсульфид

Формула	C ₂ H ₆ S
Молекулярная масса	62.135
Регистрационный номер химического соединения по классификации CAS	75-18-3
Относительная плотность	0.8

Продолжение таблицы 2

Точка кипения	37 °С
Точка замерзания	-98°С
Температура вспышки	-38 °С
Содержание серы	51.61 (вес %)

1.3.3.3 Этилмеркаптан (ЕМ)

Этилмеркаптан – классический одорант, применяемый на территории Российской Федерации. Норма одоризации газа составляет 16г на 1000м³.

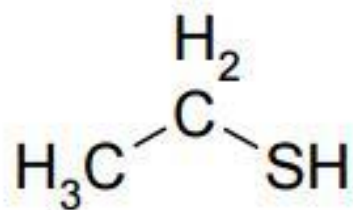


Рисунок 9 – Этилмеркаптан

Таблица 3 – Свойства одоранта этиомеркаптана

Формула	C ₂ H ₆ S
Молекулярная масса	62.135
Регистрационный номер хим. соединения по классификации CAS	75-08-1
Относительная плотность	0.839
Точка кипения	34 - 37 °С
Точка замерзания	-148 - -121°С
Температура вспышки	-48 °С
Содержание серы	51.61 (вес %)

1.3.3.4 Метилакрилат (МА) и этилакрилат (ЕА)

Метилакрилат и этилакрилат – являются не серосодержащими одорантами, в свою очередь являются экологически чистыми, однако довольно дороги в изготовлении. В силу своих физических свойств и экономической непривлекательности также не нашли широкого распространения в сетях низкого давления природного газа газотранспортных объектов эксплуатирующих предприятий. Химическая формула представлена на рисунке 10.

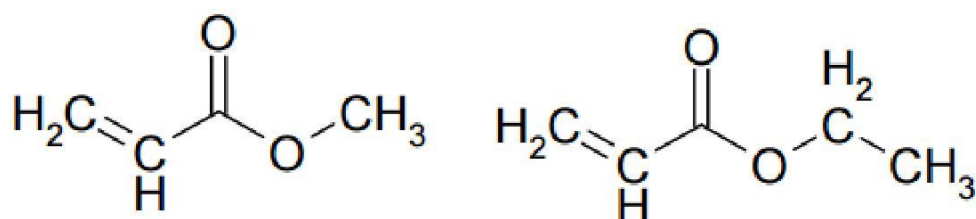


Рисунок 10 – Метилакрилат (МА) и Этилакрилат (ЕА)

Таблица 4 - Свойства одорантов метилакрилат и этилакрилат

Формула	C ₄ H ₆ O	C ₅ H ₈ O ₂
Молекулярная масса	86.0892	100.1158
Регистрационный номер химических соединения по классификации CAS	96-33-3	140-88-5
Относительная плотность	0.9535 – 0.9574	0.9
Точка кипения	78 - 81 °С	99 - 100 °С
Точка замерзания	-75°С	-72°С
Температура вспышки	-3 °С	8.3 °С
Содержание серы	- (вес %)	- (вес %)

Применение данных веществ не получило широкого распространения на объектах нефтегазового сектора при эксплуатации опасных производственных объектов.

1.3.3.5 Смеси одорантов

Используемые сегодня одоранты обычно представляют собой смеси, и они делятся на четыре основные категории:

- меркаптановые смеси;
- меркаптан / алкилсульфидные смеси;
- тетрагидротиофен / меркаптановые смеси;
- смеси акрилатов (без серы).

Основная причина смешивания одорантов - это достижение определенных свойств одоранта или для улучшения некоторых его характеристик.

1.3.3.6 Одоранты, применяемые в России

Одним из первых одорантов, который начали применять в России, являлся этилмеркаптан. Однако, этот одорант являлся химически не стабильным, и как в следствии окислялся в трубопроводах с образованием дисульфида, который имеет много меньшую интенсивность запаха. Так же он имеет растворимость в воде 7,45 г/л, норма одоризации 16 г на 1000 нм³ газа, плотность 0,847.

Начиная с 1984 года, на большинстве газораспределительных станциях России используется для одоризации смесь природных меркаптанов (СПМ). Этот одорант производится в Оренбурге и имеет многокомпонентный состав.

Таблица 5 - Процентный состав одоранта СПМ

Этил меркаптан, %	< 44
Изо-пропилмеркаптан, %	31
Бутилмеркаптан, %	11
Н-пропилмеркаптан, %	6
Трет-бутилмеркаптан, %	5
Н-бутилмеркаптан, %	1,5

Производство данного одоранта регламентировано в ТУ 51-31323949-94-2002. Норма одоризации такая же, как и у этилмеркаптана - 16г на 1000 нм³ газа. Данный параметр соответствует безопасной эксплуатации бытовых объектов с природным газом, что является ключевым параметром при выборе одоранта для применения на газораспределительных станциях нефтегазовой отрасли.

1.4 Системы одоризации

Для нормального протекания процесса одоризации необходим правильный выбор системы одоризации. Способы ввода одоранта в трубопровод делятся на 2 типа:

1. Непосредственный впрыск;
2. Испарение.

Система на основе испарения основана на диффузии одоранта в потоке природного газа. Примерами систем испарения являются фитильные одоризаторы и системы байпасного типа. Основным преимуществом этих одоризаторов является их простота, однако они, в большинстве случаев, подходят только лишь для низких и стабильных расходов газа.

Системы инъекционного типа основаны на прямой инъекции одоранта, который вводится в количестве пропорциональном потоку газа.

1.4.1 Фитильные одоризаторы

Фитильные одоризаторы применяются в основном при стабильных и постоянных расходах природного газа, когда потребление газа не изменяется в течение суток. Данный способ заключается в том, что часть газа перепускают через специальную фитильную камеру, и одорант с фитиля уносится потоком газа. Регулирование способа одоризации происходит за счет изменения потока газа через фитиль. Данные установки использовались ранее при появлении необходимости в одоризации газа на газораспределительных станциях и в данных

момент не применяются при строительстве на новых газораспределительных станциях или при модернизации уже существующих одоризирующих установок в силу малой точности одоризации, при которой возникают несоответствия с заявленной нормой перед заказчиком, а также устаревшего принципа действия (рис. 11).



Рисунок 11 – Регулируемый и нерегулируемый фитильные одоризаторы

1.4.2 Байпасные одоризаторы (барботажные)

Благодаря своей простоте, этот метод одоризации был самым используемым до 90х годов. В этих устройствах подача одоранта осуществлялась пропорционально расходу газа. Проходя через специальное сужающее устройство, газ создавал перепад давления, величина которого изменялась кратно текущему расходу газа, часть газа ответвлялась через специальный клапан и пропусклась через ёмкость с одорантом, проходя ее, газ насыщался парами одоранта, и далее после сужающего устройства возвращался снова в трубопровод. В настоящее время также не используется при строительстве современных узлов газораспределительных станций в силу устаревшей объемной конструкции, низкой эффективности, по сравнению с современными установками одоризации. Внешний вид байпасной одоризирующей установки, применяемой на

газотранспортных объектах низкого давления природного газа можно наблюдать на рисунке 12.

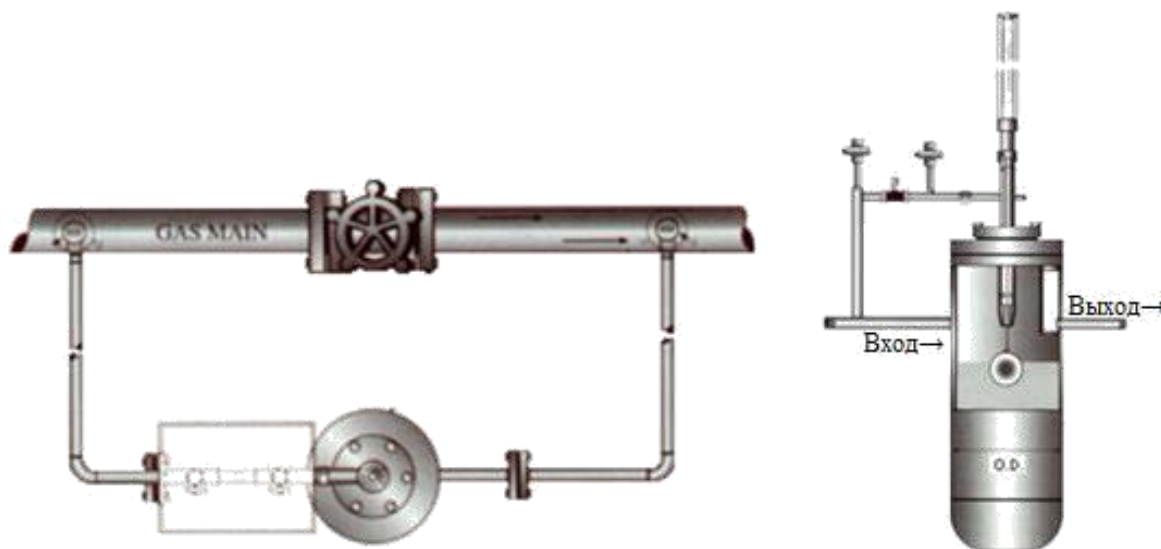


Рисунок 12 – Байпасный одоризатор

1.4.3 Капельные одоризаторы

Такие системы одоризации газа были и являются достаточно распространенными на ГРС малой производительности, при не значительных колебаниях температуры и расхода газа. Одорант капает в газ по каплям, дозировка одоранта осуществляется путем изменения положения игольчатого клапана и контролируется через смотровое окно капельницы-дозатора. Этот тип одоризации нуждается в контроле оператором, из-за возможного засорения игольчатого клапана, изменения вязкости, плотности и отложений одоранта.

В последние годы на рынке появились системы Smart Drip. Это система одоризации, основывается на проверенной временем капельной технологии в сочетании с современными измерениями, вычислительной обработкой и электроникой с обратной связью. Результатом является система точного дозирования, способная подавать одорант в широком диапазоне расходов природного газа. Внешний вид капельной установки можно наблюдать на рисунке 13.

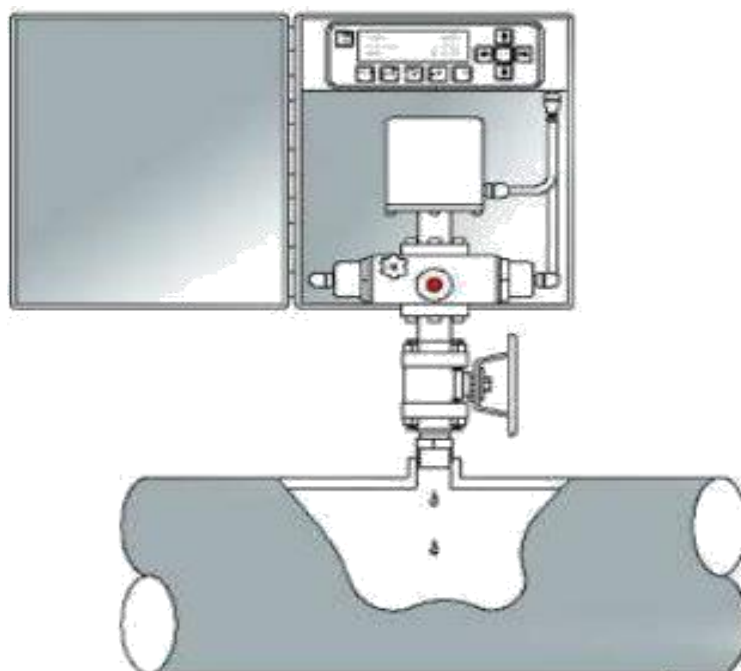


Рисунок 13 – Автоматический одоризатор капельного типа

1.4.4 Одоризаторы с электрическими и пневматическими насосами

Одорант вводится в трубопровод с газом с помощью дозирующего насоса. Насос управляется электронной системой на основе данных о расходе газа. Устройства такой конструкции подходят для расхода газа свыше $5000 \text{ м}^3/\text{ч}$ и допускают точную дозировку во всем остальном диапазоне. В первых простых устройствах энергия для привода насоса бралась с высокой стороны ГРС, путем перепуска высокого давления газа в приводную камеру насоса. Таким образом, зная текущий расход газа возможно формировать необходимые управляющие воздействия на насос, тем самым выдавать необходимую норму одоризации. Данный вид установки на сегодняшний день является самым точным и наиболее распространенным на практике (рис. 14).

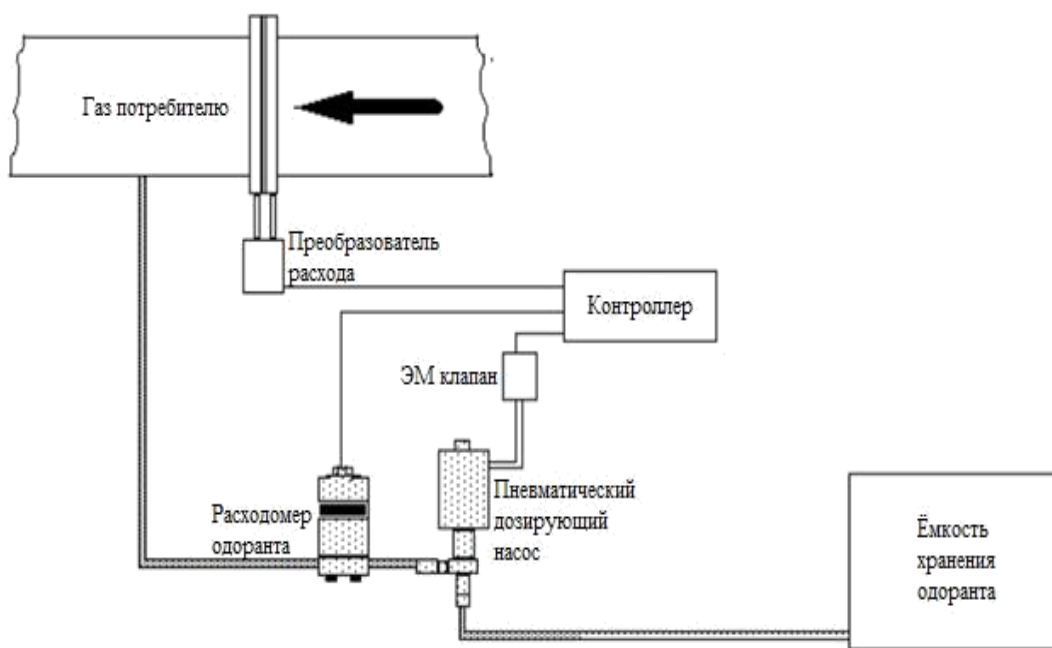


Рисунок 14 – Автоматическая насосная установка одоризации

Применяемая на газораспределительной станции № 2 Челябинского линейно-производственного управления магистральными газопроводами одоризирующая установка типа БОАГ как раз имеет данную автоматическую насосную установку одоризации со всеми необходимыми средствами автоматического управления и контроля, что соответствует современным технологическим требованиям к узлам автоматических газораспределительных станций. Задачей является подключить данную установку к ПЛК с требуемыми параметрами и разработать алгоритм автоматического управления одоризацией технологического процесса, что было реализовано в данной выпускной квалификационной работе.

2 СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Разработка алгоритмов управления

2.1.1 Анализ работы установки в ручном режиме

После отказа микропроцессорного блока управления, одоризация осуществляется в ручном режиме, а именно оператор каждые 4 часа производит расчет дозы согласно текущему расходу и настраивает дозирующую капельницу. Одоризация при таком способе регулирования имеет низкую точность. Согласно ВРД 39-1.10-069-2002 норма вводимого в газ одоранта (этилмеркаптан) должна быть 16 г ($19,1 \text{ см}^3$) на 1000 м^3 газа. Сопоставим графики процесса ввода одоранта в автоматическом (расчетном) и ручном режимах. Видно, что в некоторые моменты времени разница между необходимым расходом и фактическим достаточно велика.

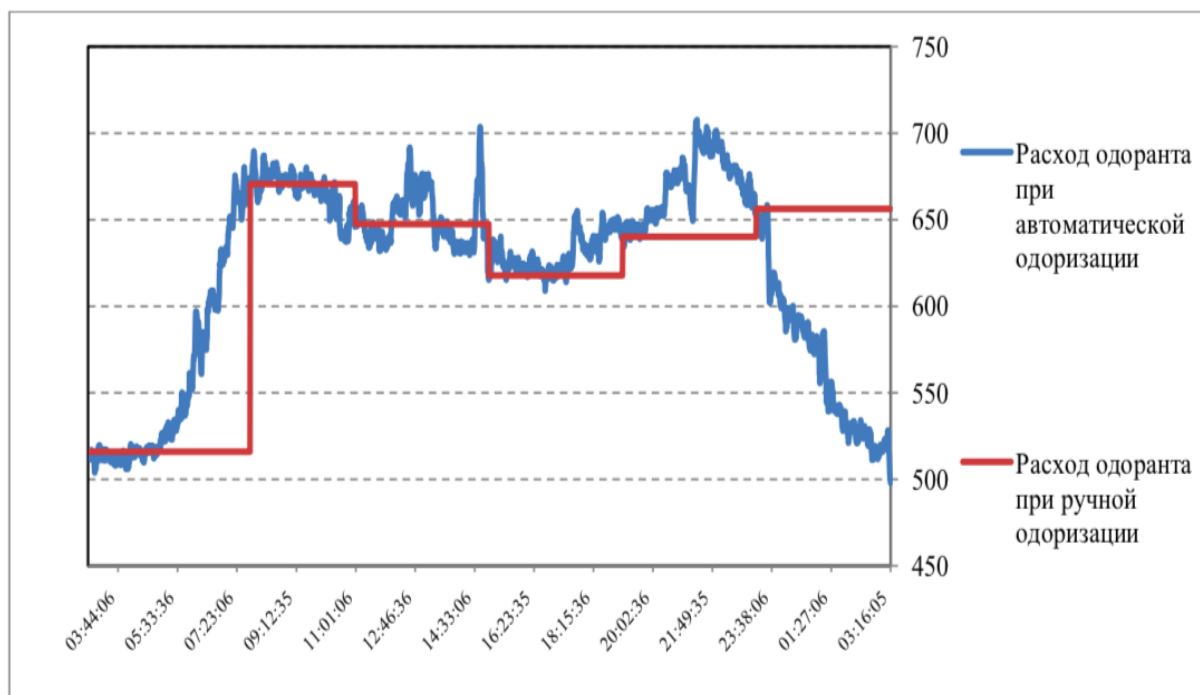


Рисунок 15 - Графики процесса ввода одоранта в автоматическом и ручном режиме

Рассчитаем объём израсходованного одоранта при данных режимах работы четырехчасовой и общих.

Таблица 6 - Расход одоранта в течении суток

Время	Расход одоранта в автоматическом-оптимальном режиме $Q_{опт}$, г	Расход одоранта в ручном-капельном режиме $Q_{руч}$, г	Разница между оптимальным и реальным значением Δ , г	Отклонение от оптимума Δ , %
03:00-07:00	2654,3456	2459,294933	-195,050667	7,34835234
07:00-11:00	2068,2332	2077,5464	9,3132	0,450297384
11:00-15:00	2556,924667	2547,167067	-9,7576	0,381614684
15:00-19:00	2478,75	2429,978533	-48,771467	1,967583137
19:00-23:00	2631,900267	2517,524533	-114,375734	4,34574727
23:00-03:00	2246,791867	2603,394133	356,602266	15,87161994
ОБЩ	14636,9456	14634,9056	-2,04	0,01393733

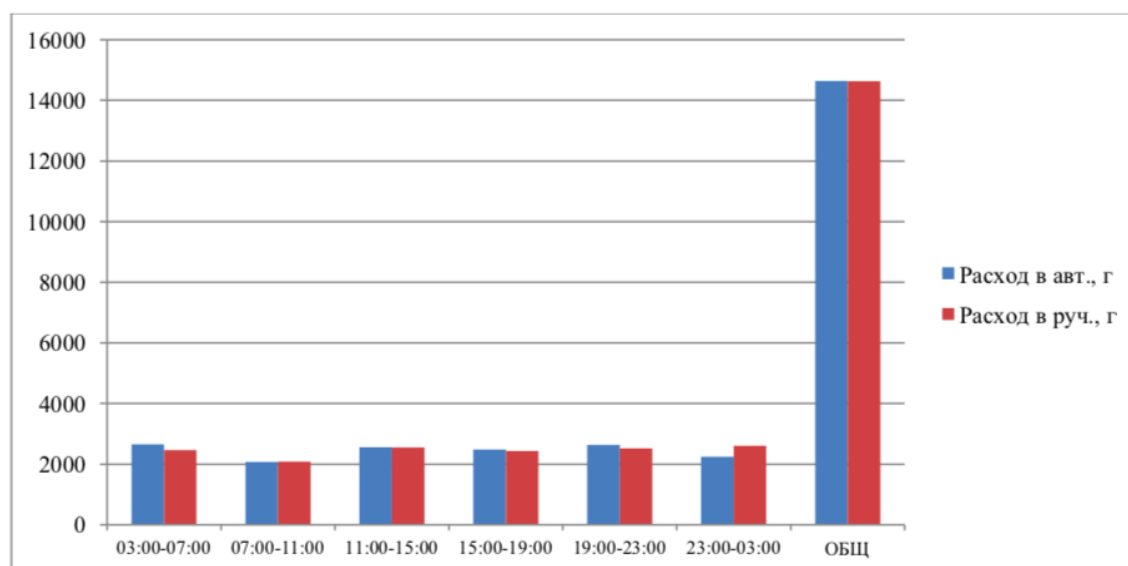


Рисунок 16 – Четырех часовые и суточный объемы расхода одоранта в разных режимах

Из данных расчетов можно сделать выводы:

1. Среднесуточное отклонение весового расхода одоранта при капельной (ручной) одоризации остается довольно низким - менее 1%, это означает что при контроле оператором норм одоризации используя среднесуточные расходы фактическая норма совпадает с расчетной.

2. Четырехчасовые расходы сильно отличаются от расчетных, недоодоризация / переодоризация достигает 7,34 / 15,87 % соответственно, происходит неравномерная одоризации газа в суточном цикле, что является нарушением договорных условий поставок газа потребителю.

3. При резких изменениях расхода точность одоризации в ручном режиме будет низкой, а при незначительных часовых колебаниях условно приемлемой.

4. Восстановление процесса одоризации в автоматическом режиме является необходимым мероприятием, направленным на соблюдения условий договора поставок газа.

2.1.2 Алгоритм работы установки в автоматическом режиме

При движении газа по трубопроводу через блок учета на диафрагме БСУ возникает перепад давления P , изменяющийся пропорционально расходу газа через трубопровод. Датчиками перепада давления, давления, температуры производится замер параметров газа, преобразуя значения в аналоговые токовые сигналы 4-20 мА. Эти сигналы поступают на электронный вычислитель блока учета, где производится расчет расходов газа. Далее токовый сигнал значения расхода от вычислителя блока учета поступает в блок управления одоризатором. Одновременно с началом отсчета расхода газа выдается управляющий сигнал на электромагнитный клапан дозирующей установки УД1, который приводит в действие дозирующий насос, путем подачи на заданный промежуток времени (5 сек) повышенного давления в его приводную камеру. Поданная насосом доза поступает в плюсовую камеру датчика ДП2 измерителя веса ИВ1, состоящего из мерной трубки определенной конструкции и датчика разности давлений, который определяет давление столба

поданной дозы. Затем управляющий сигнал на электромагнитный клапан снимается, избыточное давление из приводной камеры насоса сбрасывается через мерную трубку измерителя веса, выдавливая дозу в установленный на трубопроводе распределитель одоранта, рабочая часть которого расположена в потоке газа.

Датчиком вновь измеряется давление столба, оставшегося в мерной трубке одоранта. По разности давлений столбов и площади живого сечения трубки определяется вес поданной дозы. По весу дозы и весу нормы одоранта на 1000 м³ газа блоком управления рассчитывается объем газа, на который приходится поданная доза и по его прохождении вновь подается команда на подачу дозы.

При отсутствии измерителя веса или он по каким-либо причинам не работает и соответственно функция определения веса дозы в блоке управления отключается, исходя из введенных значений объема дозы, установленной на дозирующем насосе, и объема нормы одоранта на 1000 м³ газа рассчитывается объем газа, приходящийся на подаваемую в поток газа дозу. Контроллер считает расход газа и при прохождении рассчитанного объема выдается управляющий сигнал задаваемой длительности (5 сек) на электромагнитный клапан дозирующей установки УД1 происходит подача дозы в поток газа и вновь начинается отсчет объема проходящего газа.

Дозирующая установка УД1 состоит из дозирующего мембранного насоса Н1, электромагнитного клапана ЭК1, подающего в привод насоса управляющее давление, баллонов Б3, Б4 и редуктора перепада Р1, поддерживающего в баллоне Б3 давление, превышающее давление и трубопроводе на 0,5-0,8 МПа (5-8 кгс/см²). Дозирующая установка является одним из основных технологических узлов одоризирующего устройства типа БОАГ.

2.1.3 Разработка алгоритмов

В ходе проектирования существует необходимость разработки алгоритмов обработки данных с датчиков и алгоритма управления ОУ. Алгоритм контроллера предназначен для:

- а) автоматического управления технологическим процессом;
- б) дистанционного наблюдения и управления работой оборудования;
- в) своевременного обнаружения аварийных ситуаций;
- г) формирование предупредительной и аварийной сигнализации;
- д) остановка оборудования при обнаружении неисправности или аварийной ситуации.

Алгоритм описывает логику работы прикладной программы контроллера и не касается системных функций встроенного программного обеспечения, например, логики передачи и приёма содержимого памяти, диагностических регистров и т.п.

Для корректной работы ПЛК предлагается использовать следующие алгоритмы.

2.1.4 Алгоритм обработки дискретных входных параметров

Предустановки - инициализация начальных значений происходит при выполнении первого сканцикла.

Существует два режима обработки параметра:

- а) режим обработки полевого значения;
- б) режим имитации.

Режимы обработки устанавливаются с АРМ оператора и являются взаимоисключающими.

В режиме имитации полевой сигнал не контролируется; параметру присваивается значение, заданное оператором.

В режиме обработки полевого значения параметру присваивается текущее значение со входа дискретного модуля.

При включении инверсии, значение параметра, получаемое от модуля, изменяется на противоположное.

Блок схема алгоритма обработки дискретных входных параметров приведена в Приложении А.

2.1.5 Алгоритм обработки аналоговых входных параметров

Входной величиной для обработки аналоговых входных сигналов, а именно: значение текущего расхода, значение перепада давления на измерителе веса одоранта, является код АЦП, получаемый с канала аналогового входного порта контроллера.

При обработке аналогового входного сигнала анализируется неисправность (обрыв цепи или короткое замыкание) на канале аналогового входного порта. При выявлении неисправности формируется сигнализация о неисправности входного канала. Выходными величинами подпрограммы обработки аналоговых входных параметров являются:

1. значение параметра в инженерном виде;
2. формирование предупредительной или аварийной сигнализации;
3. формирование сигнализации о неисправности.

Все вышеперечисленные параметры соответствуют современным требованиям автоматизации технологических процессов.

Блок схема алгоритма обработки аналоговых входных параметров приведена в Приложении А.

2.1.6 Алгоритм управления одоризационной установкой

Для одоризационной установки предусмотрено 3 режима работы:

- а) автоматический;

б) ручной;

в) сервис.

Алгоритм выбора режима работы установки представлен в приложении А.

Режимы работы «Автоматический» и «Ручной» являются взаимоисключающими. Режим работы «Сервисный» может быть установлен как самостоятельно, так и совместно с любым другим. Режимы переключаются при помощи вызываемой экранной формы на АРМ оператора.

Режим работы «Автоматический» - будет являться основным режимом работы дозатора. При включении режима «Автоматический» - происходит:

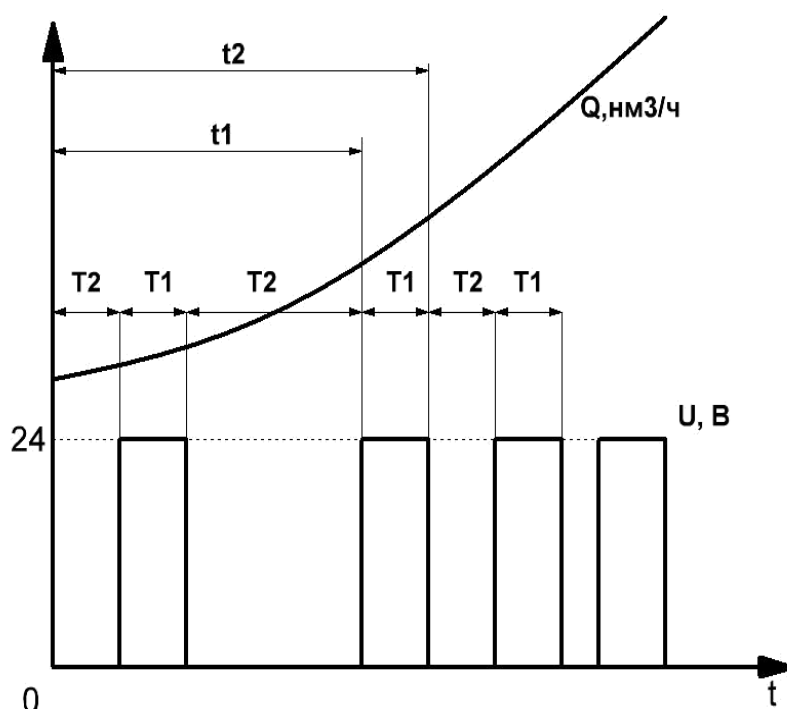


Рисунок 17 - Формирование сигналов блока управления в автоматическом режиме

Алгоритм работы в автоматическом режиме представлен в приложении Б. Если значение расхода выше минимального для работы в режиме «Автоматический», подается команда управления на ЭМ клапан, который в свою очередь приводит в движение привод дозирующего насоса, происходит впрыск в трубопровод разовой дозы одоранта. Порция одоранта рассчитывается путем измерения перепада давления столба в ИВ1 или, если функция «измерение

расхода по весу одоранта» отключена, задается оператором по значению объема одоранта в мензурке ОС1. Объем дозы будет равен:

$$m_{\text{д.о.}} = \frac{\Delta P \cdot S}{g}, \quad (1)$$

где $m_{\text{д.о.}}$ - масса дозы одоранта, г;

ΔP - перепад давления в трубке весоизмерителя, Па;

S - площадь сечения весоизмерительной трубки, см³;

g – ускорение свободного падения $9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$;

Из соотношения, 16 г одоранта – 1000 нм³ газа, рассчитаем количество газа, для которого была введена доза.

$$Q_{\text{г.д.}} = m_{\text{д.о.}} \cdot N \quad (2)$$

где $Q_{\text{г.д.}}$ - объем газа, который одоризируется при единичном впрыске одоранта, м³

$m_{\text{д.о.}}$ - масса дозы одоранта, г;

N - норма одоризации газа для этилмеркаптана, равная $62,5 \frac{\text{нм}^3}{\text{г}}$,

Если значение расхода ниже минимального установка не запустится, выдается информационное сообщение оператору.

После впрыска, начинается подсчет накопительного расхода для подсчета будем использовать численное интегрирование, а именно метод левых прямоугольников.

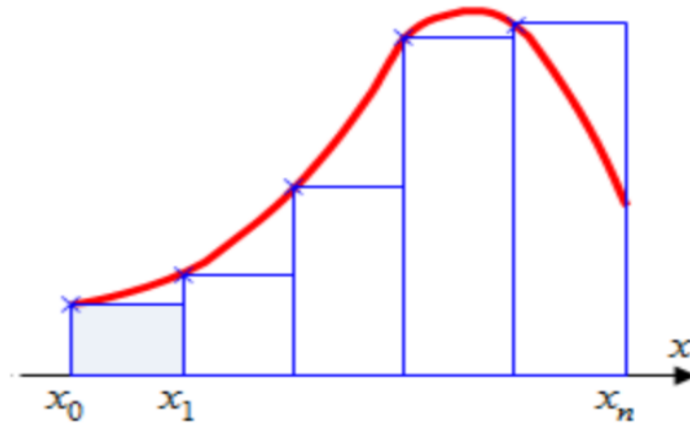


Рисунок 18 – Дискретное интегрирование методом левых прямоугольников

$$Q_{\text{сумм}}(t) = Q_{\text{сумм}}(t - T) + Q_{\text{тек}}(t - T) \cdot T, \quad (3)$$

где t - время;

$Q_{\text{сумм}}(t)$ - суммарный расход за время t , нм^3 ;

$Q_{\text{сумм}}(t - T)$ – суммарный расход в предыдущий момент времени, нм^3 ;

$Q_{\text{тек}}(t - T)$ - скорости расхода газа в предыдущий момент времени, $\text{нм}^3/\text{ч}$;

T - период опроса вычислителя, с.

После того как суммарный объем газа $Q_{\text{сумм}}$ достигнет расчетного значения $Q_{\text{г.д.}}$, произойдет обнуление счетчика $Q_{\text{г.д.}}$, и будет дана команда на впрыск одоранта. Цикл повторяется, пока выполняются условия нормальной работы.

Останов выполнения цикла возможен при:

- отсутствии одоранта в расходной емкости. Многократные показания веса дозы одоранта ниже минимального параметра.
- смене режима работы установки;
- расходе ниже минимально допустимого для автоматической одоризации.

Работа установки в режиме «ручной» заключается в ручной подаче одоранта, по команде оператора с АРМ. С возможностью настройки постоянной частоты ввода одоранта в трубопровод.

После переключения режима управления в «ручной» начинается сканцикл, происходит инициализация полученных значений с датчиков и вывод данных на экран АРМ. Далее осуществляется проверка условий прерывания цикла:

1. Низкий расход газа;
2. Низкий уровень одоранта в расходной емкости;
3. Отсутствие сигнала с весоизмерителя после последней введенной дозы.

Проверка способа контроля веса одоранта. Ожидание команды от оператора. При нажатии кнопки «интервальная одоризация» происходит впрыск дозы одоранта и инициализируется обратный таймер, время отсчета которого задается в режиме «сервис». При нажатой кнопки «ввод дозы» происходит впрыск порции одоранта в трубопровод, ввод оставляется эпизодично по команде оператора.

Работа установки в режиме «сервис». В режиме сервис имеется возможность конфигурирования параметров автоматического режима работы установки с АРМ оператора, а именно:

1. Вкл/откл весового контроля дозы одоранта;
2. Изменение уставки объема дозирующей камеры насоса;
3. Изменение уставки минимального расхода, при котором возможна одоризация;
4. Изменение уставки максимального расхода одоранта;
5. Изменение уставки низкого значения веса порции одоранта.
6. Построение графиков работы установки;
7. Архивный доступ к данным по одоризации;
8. Отображение информации о уровне одоранта в расходной емкости, текущем расходе, среднем расходе одоранта за сутки/неделю/месяц, расчетное время работы установке на текущем запасе одоранта.

2.2 Технические средства реализации системы управления

2.2.1 Установка одоризации

Для технической модернизации блока одоризации необходим подбор контроллера. Другие технические средства автоматизации уже присутствуют и установлены на технологических трубопроводах.



Рисунок 19 – Фото установки БАОГ смонтированной на выходном трубопроводе ГРС

2.2.2 Используемый ПЛК

Для функционирования проектируемой системы необходимо предъявить к контроллеру следующие требования:

- Нарботка на отказ не менее 50000 ч;
- Количество аналоговых входов 4 (3 в работу, 1 резерв);
- Возможность установки на DIN - рейку;
- Напряжение питания 24В;
- Поддержка протокола передачи данных ModBUS TCP/IP.

При обзоре рыночных предложений контроллеров малой автоматизации отличными вариантами казались давно используемые контроллеры Logo от Siemens, Zelio Logic от Schneider-Electric, однако на рынке контроллеров для малой автоматизации появился ПЛК ЭлсиМА-01 Томской компании АО «ЭлеСи». Релиз контролера пришелся на второе полугодие 2015 года.



Рисунок 20 – Программируемый логический контроллер Элсима-М01

Выбранный контроллер обладает хорошими характеристиками эксплуатации на объектах газотранспортной отрасли и уже зарекомендовал себя на подобных производственных объектах. Характеристики контроллера представлены в таблице 7.

Таблица 7 - Технические характеристики ЭЛСИМА-М01

Процессор	
Тип процессора	Cortex ARM8
Тактовая частота	300 МГц
Память	
Объем оперативной памяти RAM	128 Мбайт
Объем flash-памяти	128 Мбайт
Объем энергонезависимой памяти	32 Кбайт
Поддержка microSD	до 32 Гбай
Коммуникации	
Кол-во портов Ethernet	2(протоколы Modbus TCP/IP, NTP)
Кол-во портов RS-485	1(протокол Modbus RTU)
Кол-во портов USB	2
Ввод/вывод	
Дискретных входов	20 шт.
Количество гальванически развязанных групп	2 группы
Количество дискретных выходов тип "Открытый коллектор" (одна группа)	4 шт.
Количество гальванически разделенных групп дискретных выходов, тип "Реле"	2 группы
Количество дискретных выходов, тип "Реле", в одной группе	2 шт.
Количество универсальных аналоговых входов	4 шт.
Количество аналоговых выходов	2 шт.
Количество групп аналоговых выходов	1 группа
Электрические параметры (зависят от исполнения)	

Продолжение таблицы 7

Напряжение питания от источника постоянного тока	20...28 В или 36...72 В
Напряжение питания от сети переменного тока частотой 50 Гц	90...264 В
Встроенный источник питания датчиков	+24 В
Продолжение таблицы 7	
Потребляемая мощность, не более	7 Вт
Механические характеристики	
Материал корпуса	Пластик
Размеры, ШхВхГ, мм	160x116x59
Масса, кг, не более	0,4
Монтаж	На горизонтальную DIN-рейку
Охлаждение	Естественное
Средняя наработка на отказ ч., не менее	80000
Средний срок службы, не менее, лет	12
Окружающая среда	
Рабочая температура, °С	от 0 до плюс 60 °С
Температура хранения, °С	-40°С...50°С
Влажность, %	от 50 до 95 % (при температуре плюс 40 °С)
Атмосферное давление, кПа	от 84,0 до 106,7 кПа (от 630 до 800 мм рт. ст.)

Контроллер отлично подходит по техническим параметрам для использования в модернизации системы одоризации газа. А в связи с политикой импортозамещения оборудования и технических средств является наиболее удачным выбором.

Программирование ПЛК осуществляется на пяти языках стандарта МЭК 61131-3 в открытой инструментальной среде CoDeSys v3.5, что позволит избежать покупки дорогостоящих лицензий на ПО импортных аналогов.

Интеграция в действующую систему АСУ ТП ГРС будет производиться по протоколу Modbus TCP. Для этого контроллер будет подключен через четырехпарный UTP кабель к серверу системы АСУТП ГРС. Установочные размеры ПЛК приведены в приложении К.

Согласно методике подбора модели контроллера выбрана конфигурация ПЛК ЭЛСИМА-М01-24Р, рисунок 21.

Контроллер программируемый логический Элсима-М01-	ZZZ	U	-	XXX
Напряжение цепей питания:				
24 – 24 В DC;				
48 – 48 В DC;				
220 – 220 В AC				
Тип внешних соединителей:				
P – разъёмы				
Наличие встроенного GSM/GPRS-модема:				
нет символа – нет;				
GSM – есть				

Рисунок 21 - Условное наименование контроллера Элсима-М01

Подключение питания к контроллеру будет осуществляться от шины +24 В шкафа АСУ. Интеграция выбранного контроллера в действующую систему автоматизации одоризирующей установки типа БОАГ представлена на рисунке 22.

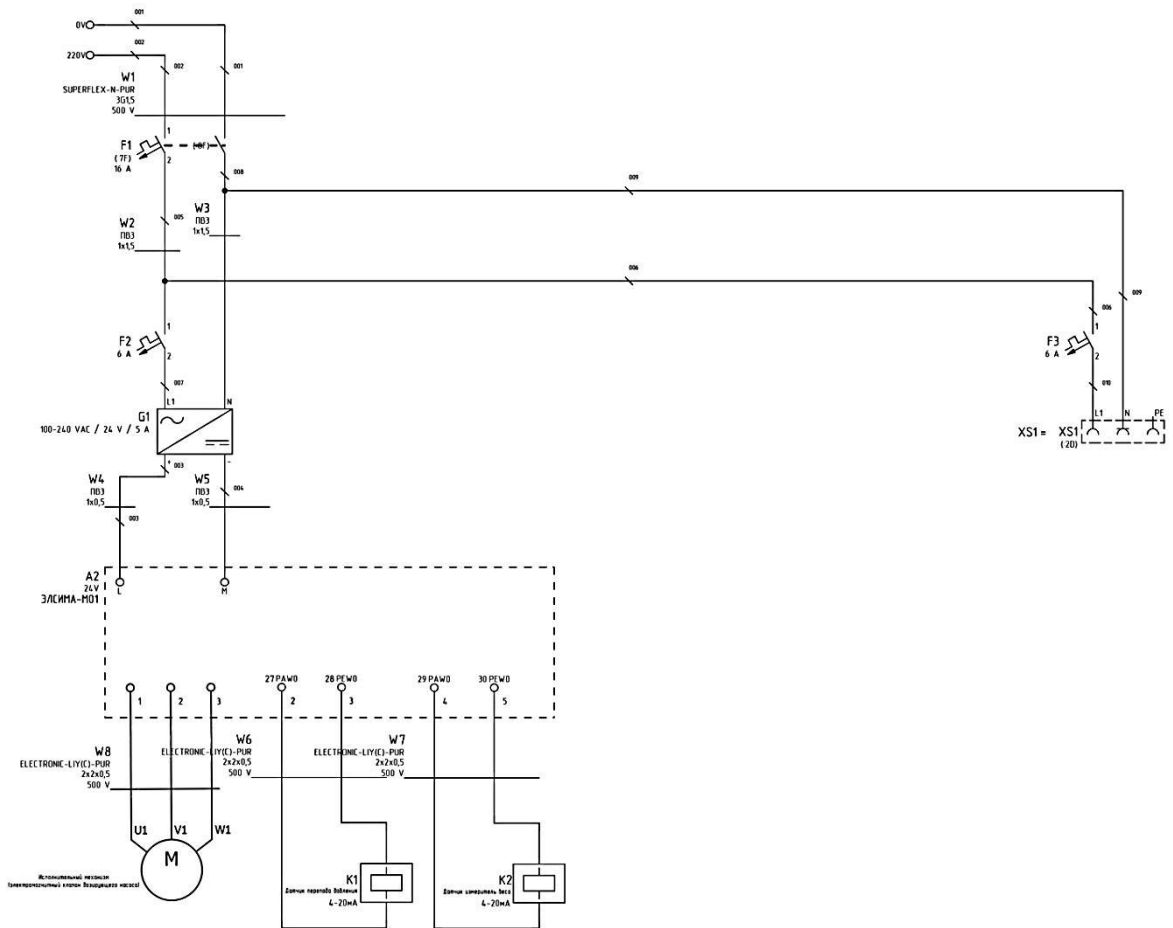


Рисунок 22 – Интеграция контроллера ЭЛСИМА-М01 в одоризирующую установку типа БОАГ

2.3 Обзор смонтированных технических средств АС

Поскольку модернизация системы автоматического ввода одоранта предусматривает только замену контроллера и создание управляющего алгоритма, технические средства на установке используются штатные. Обзор их приведен ниже согласно спецификации на поставку оборудования.

2.3.1 Весоизмерение ИВ1

В качестве измерителя веса дозы одоранта используется датчик Метран-150 CD с диапазоном 0-3 кПа, в исполнении для измерения перепада давления.

Датчик имеет сконфигурированный токовый выход 4-20 мА, настроенный под диапазон от 0-3 кПа.

Работает датчик по принципу измерения сопротивления во время деформации тензорезистивного модуля. Что позволяет обеспечивать высокий показатель точности прибора до $\pm 0,075\%$.

2.3.2 Датчик уровня одоранта ДУ1

Датчик ПМП-62 является поплавковым датчиком измерения уровня жидкостей. Измеряет уровень одоранта в расходной емкости. Датчик имеет сконфигурированный токовый выход 4-20 мА, настроенный под диапазон от 0 до 0,6 м. Измерение уровня жидкости производится по поплавковому методу, поплавок со встроенным магнитом, взаимодействует своим магнитным полем с чувствительными элементами, находящиеся в трубке-стержне - герконы. Непрерывность измерений осуществляется с постоянным шагом 5 мм, герконы в полости трубки установлены с определенным шагом друг от друга, соединяются через резисторы равных сопротивлений, в итоге работает система по принципу делителя напряжений, линейность осуществляется путем установки одинаковых прецизионных электрических компонентов. В корпусе ПМП-062 установлена электронная плата, которая осуществляет преобразование уровня в токовый сигнал, там же на плате расположены клеммные зажимы для присоединений внешних проводок. Так же под крышкой располагаются подстроечные резисторы для тонкой настройки посадки на «0» и максимального уровня.

2.3.3 Клапан электромагнитный ЭК1

Для подачи пневматического сигнала на дозирующий насос необходимо перепускать импульсный газ высокого давления с входной линии ГРС в приводную камеру дозирующего насоса, для этого используется клапан электромагнитный АЯД 2.505.263-02. Номинальный диаметр Дн 15. Клапан открывается по

средствам подачи +24В питания на обмотку электромагнита. Потребляемая мощность не более 8Вт.

2.3.4 Дозирующий насос Н1

В установке установлен дозирующий насос мембранного типа с регулировкой дозы подачи, имеет пневматическое управление. Регулировка объема дозы осуществляется путем закручивания гайки на мембране дозирующей части, диапазон регулировки 0-350 см³. Номинальный расход через насос 4.1 л/ч, что составляет 3.5 кг/ч расхода одоранта

2.4 Программные средства реализации системы управления

Рассмотрим программные средства реализации системы управления, экранные формы АРМ оператора, а также пример программы, реализованной на языке СFC.

Программная реализация системы автоматизации работы установки разделяется на 2 этапа:

1. Написание прикладного программного обеспечения для ПЛК;
2. Отрисовка экранных форм для АРМ оператора и настройка обмена данными с OPC сервером по протоколу Modbus TCP.

2.4.1 Разработка экранных форм для АРМ

Вызов экранных форм будет осуществляться через десктопное приложение CODESYS Runtime. Разработка начинается с создания основной экранной формы. Поскольку АРМ оператора имеет разграничение уровней доступа на уровне опционной системы, форма авторизации пользователя в приложении разрабатываться не будет.

Начальный экран будет представлять из себя окно размером 400x600, на котором будут находиться вкладки навигации по режимам работы. По умолчанию открывается режим сервис с необходимым набором информации и настройками, остальные параметры становятся доступны для настройки после клика на соответствующую кнопку, рисунок 23.

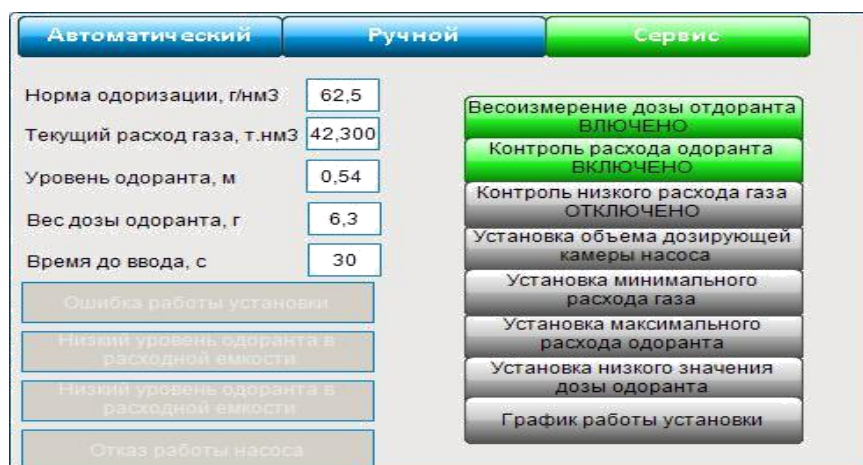


Рисунок 23 – Стартовый экран приложения режим «Сервис»

После настройки параметров установки необходимо перейти на вкладку «Автоматический» для работы установки в автоматическом режиме. Данный режим работы является наиболее оптимальным и часто используемым в условиях непрерывного технологического процесса.

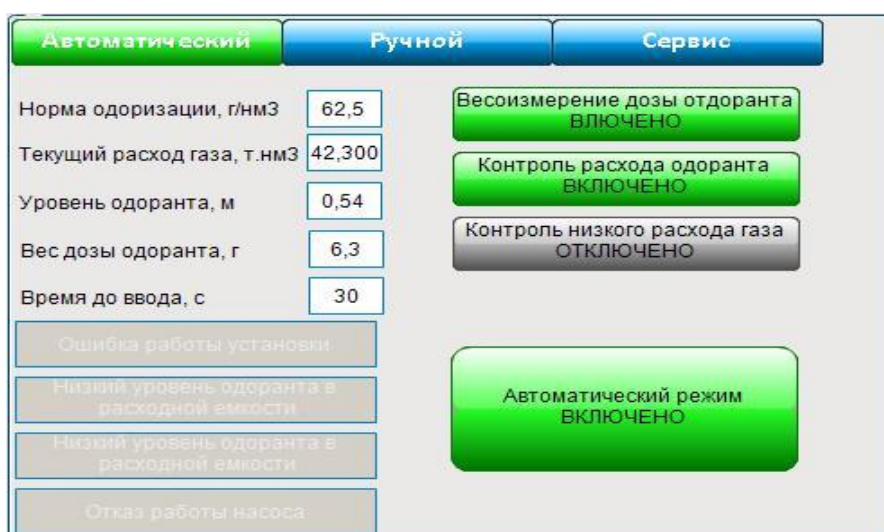


Рисунок 24 – Экран приложения режим «Автоматический»

На экране можно видеть всю необходимую информацию о процессе одоризации, активация режима происходит по средствам нажатия кнопки «Автоматический режим». На экране отображены основные диагностические параметры и неисправности установки.

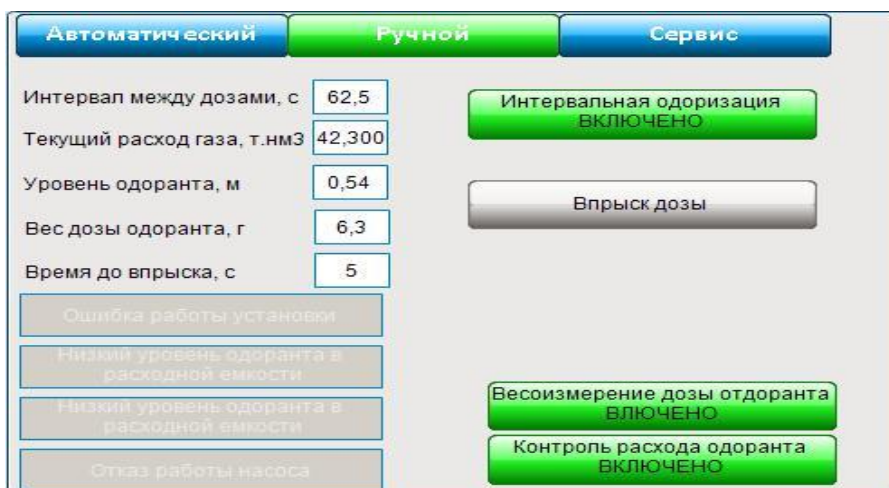


Рисунок 25 – Экран приложения режим «Ручной»

В режиме «Ручной» осуществляется, ручное управление установкой. А именно возможность разового впрыска и впрыска через заданный интервал времени.

2.4.2 Разработка программы для ПЛК

Для разработки программного обеспечения контроллера было запрошено необходимое программное обеспечение в АО «ЭлеСи», а именно пакет для разработки ПО для Элсима-М01. Соответственно данный патч был установлен.

Программирование ПЛК решено осуществлять на языке SFC (непрерывные функциональные диаграммы). Создан большой пользовательский блок ROU, который реализует процесс одоризации в автоматическом режиме, рисунок 26 и 27.

```

1  FUNCTION_BLOCK PUBLIC POU
2  VAR_INPUT
3      onBlock:BOOL;
4      flowMeter:REAL;
5      minFlow:REAL;
6      levelMeter: REAL;
7      minLevel: REAL;
8      VDoza: REAL;
9      normaOdor: REAL;
10 END_VAR
11 VAR_OUTPUT
12     flowSum:REAL;
13     valOn:BOOL;
14     Odor: REAL;
15 END_VAR
16 VAR
17     TP_0: tp;
18     flowInj: REAL;
19     TP_1: tp;
20     integ1: INTEGRAL;
21     MOdor: REAL;
22     d: TOF;
23     TOF1: TOF;
24     CTU_0: CTU;
25 END_VAR

```

Рисунок 26 – Определение переменных блока POU

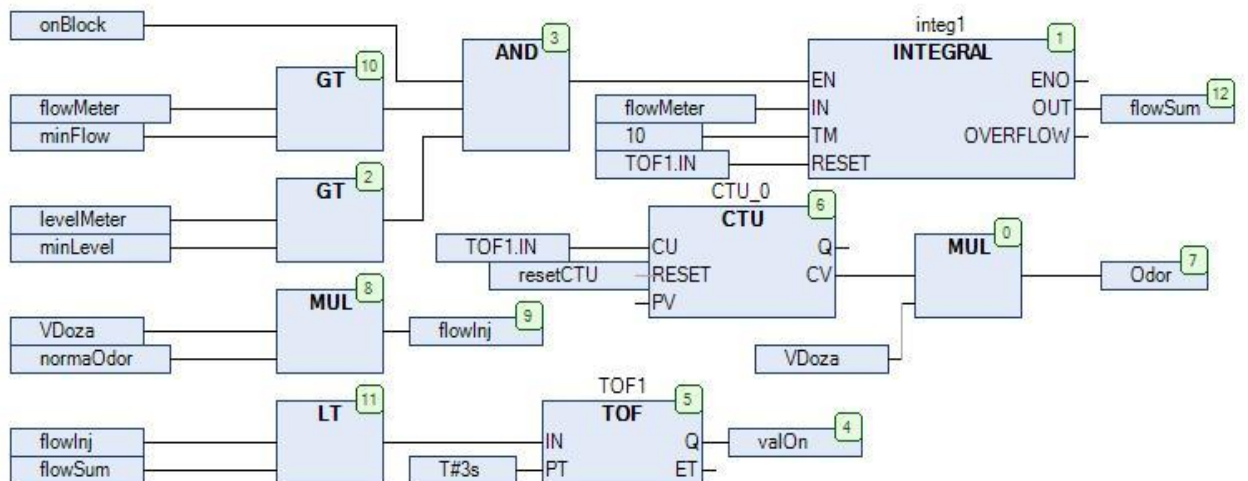


Рисунок 27 – Блок POU реализованный на CFC

2.4.3 Моделирование работы системы

Для проверки работы установки строим в одних осях графики теоретического (расчётного) режима одоризации и фактического реализованного алгоритмически полученного при моделировании в CODESYS (рисунок 28).

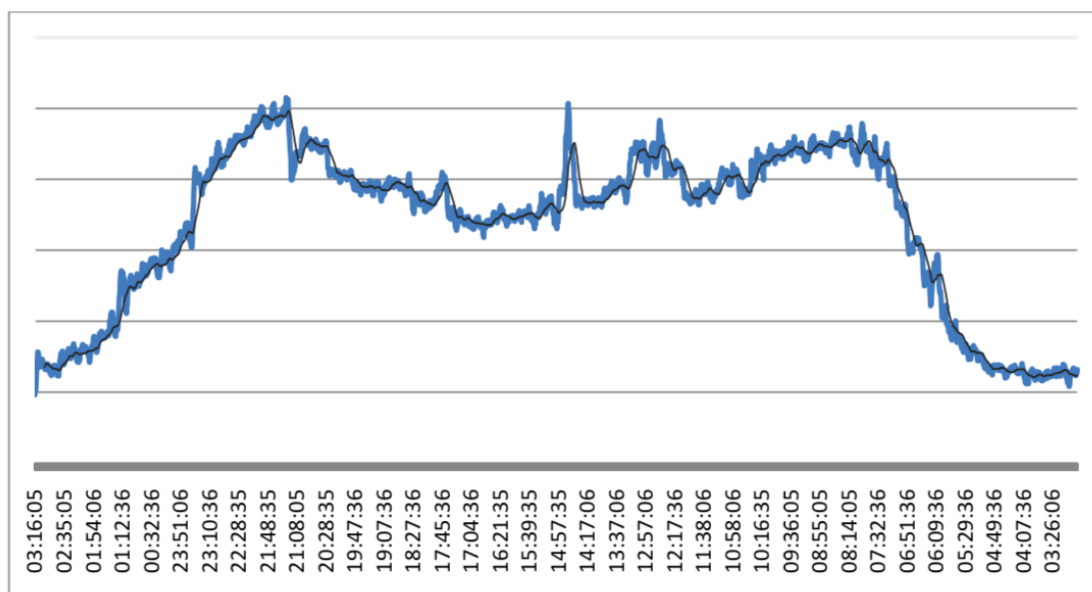


Рисунок 28 – Целевой и фактический режим автоматической одоризации

Из графика можно заметить, фактическая работа установки близка к целевой. посчитаем отклонения от целевого режима из четырех часовых интервалов в сутки.

Таблица 8 - Расход одоранта в течении суток

Время	Расход одоранта в автоматическом – оптимальном режиме $Q_{опт}$, г	Расход одоранта в фактическом режиме $Q_{фрч}$, г	Разница между оптимальным реальным и значением Δ , г	Отклонение от оптимума Δ , %
03:00-07:00	2654,3456	2654,543	-0,1974	0,007436861

Продолжение таблицы 8

07:00-11:00	2068,2332	2068,83	-0,5968	0,028855547
11:00-15:00	2556,924667	2557,2533	-0,328633	0,012852666
15:00-19:00	2478,75	2476,1524	2,5976	0,104794755
19:00-23:00	2631,900267	2632,64	-0,739733	0,028106422
23:00-03:00	2246,791867	2247,45	-0,658133	0,029292121
ОБЩ	14636,9456	14634,9056	0,0769	0,000525383

Можно заметить улучшение показателей качества одоризации в четырёхчасовом и суточном цикле. Расчётный график практически полностью соответствует теоретическому, следовательно результаты работы стоит считать положительными.

Разработанный алгоритм управления отвечает предъявляемым ему параметрам работы одоризирующей установки в автоматическом режиме. В дальнейшем планируется реализовать проделанную работу уже на физическом уровне путем подключения ПЛК к автоматизированной системе одоризирующей установки типа БОАГ на газораспределительной станции № 2 г. Челябинска.

3 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

3.1 Анализ конкурентных технических решений

В этом разделе проводится детальный анализ конкурирующих разработок по проектированию автоматизированных систем управления технологическими процессами.

Таблица 9 - Анализ конкурентных решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
	Макс 5	Бф	Бк1	Бк2	Кф	Кк1	Кк2
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1.Повышение производительности объекта	0,15	5	5	5	0,75	0,75	0,75
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,04	3	4	4	0,12	0,16	0,16
3.Помехоустойчивость СУ (шумоподавление)	0,03	5	4	4	0,15	0,12	0,12
4.Энергоэкономичность САУ	0,2	2	2	2	0,4	0,4	0,4
5.Надежность САУ	0,15	5	4	3	0,75	0,6	0,45
6.Скорость проектной работы	0,04	4	3	2	0,16	0,12	0,08
7.Безопасность САУ	0,04	4	4	4	0,16	0,16	0,16
8.Простота обслуживания САУ	0,04	3	4	4	0,12	0,16	0,16

Продолжение таблицы 9

Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,05	4	5	5	0,2	0,25	0,25
2. Уровень проникновения на рынок	0,04	1	3	4	0,04	0,12	0,16
3. Цена	0,15	5	3	3	0,75	0,45	0,45
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,03	2	3	3	0,06	0,09	0,09
5. Послепродажное обслуживание	0,04	5	3	2	0,16	0,12	0,08
ИТОГО	1	48	45	43	3,86	3,42	3,23

Из таблицы видно, что по ряду основных параметров деятельность по проектированию САУ является конкурентно способной, например, по критерию 1, 3, 5, 11 и 13. Так же видно, что стоит обратить внимание отстающие факторы - критерии 2, 9 и 12.

3.2 Технология QuaD

Технология QuaD (QQuality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно- исследовательский проект. Согласно данной технологии был произведен расчет экономической целесообразности по ключевым критериям, представленным в таблице 10.

Таблица 10 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0,04	85	100	0,85	3,4
2. Помехоустойчивость	0,04	42	100	0,42	1,68
3. Надежность	0,08	75	100	0,75	6
4. Унифицированность	0,08	86	100	0,86	6,88
5. Уровень материалоемкости разработки	0,04	42	100	0,42	1,68
6. Уровень шума	0,04	65	100	0,65	2,6
7. Безопасность	0,05	85	100	0,85	4,25
8. Потребность в ресурсах памяти	0,04	10	100	0,1	0,4
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,08	95	100	0,95	7,6
10. Простота эксплуатации	0,04	100	100	1	4
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,04	85	100	0,85	3,4
12. Ремонтопригодность	0,04		100	0	0
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
13. Конкурентоспособность продукта	0,04	95	100	0,95	3,8

Продолжение таблицы 10

14. Уровень проникновения на рынок	0,04	68	100	0,68	2,72
рынка	0,04	9	100	0,09	0,36
16. Цена	0,08	42	100	0,42	3,36
17. Послепродажное обслуживание	0,04	75	100	0,75	3
18. Финансовая эффективность научной разработки	0,04	68	100	0,68	2,72
19. Срок выхода на	0,07	52	100	0,52	3,64
20. Наличие сертификации разработки	0,04	0	100	0	0
ИТОГО	1	1179		11,79	61,49

$P_{ср}$ получилось на уровне 61 балл – перспективность деятельности средняя.

3.3 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. В условия рыночной конкуренции применение данного анализа обуславливается экономической целесообразностью и рентабельностью. Для разрабатываемого проекта автоматизации узла одоризации был проведен SWOT-анализ, представленный в таблице 11.

Таблица 11 – Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Возможность разработки сложных АСУ</p> <p>С2. Более дешевый и быстрый единичный акт разработки</p> <p>С3. Высокая точность САУ</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Нет практического опыта</p> <p>Сл2. Большие первоначальные вложения на средства проектирования</p> <p>Сл3. Необходимость высокой квалификации</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2. Занять нишу по проектированию АСУ ГРС в Челябинске</p>	<p>1. Постоянный поиск путей снижения затрат времени</p> <p>2. Продолжение научных исследований с целью усовершенствования имеющейся технологии</p>	<p>1. Поиск заинтересованных лиц через ТПУ</p> <p>2. Разработка собственного научного исследования</p> <p>3. Приобретение необходимых узконаправленных программных продуктов</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Введение дополнительных технических требований к оборудованию АСУ</p> <p>У2. Изменение нормативной документации.</p>	<p>1. Постоянное отслеживание изменений в российском законодательстве и в технических разработках.</p> <p>2. Сертификация продукции</p>	<p>1. Повышение квалификации кадров.</p> <p>2. Поиск специалистов высокой категории</p>

3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. Многие из материалов уже находились в лаборатории, поэтому в статьях отражены малые расходы.

Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. Необходимые материальные затраты на разработку технического решения приведены в таблице 12.

Таблица 12 - Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

№ п/п	Наименование затрат	Единица измерений	Расход	Цена за единицу с учетом НДС, руб		Сумма, руб
1	Бумага	Шт.	292	2	2	584
2	Питание	Шт.	100	56		5600
3	Флешка	Шт.	1	324		324
4	Батарейки AAA	Шт.	4	49		196
Всего за материалы						6704
Транспортно-заготовительные отчисления						335,2
Итого по статье См						7039,2

Приведем также расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ», представленного в таблице 13.

Таблица 13 – Расчёт затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб	Общаястоимость оборудования
Ноутбук	1	30 000,00	33 333,33 (амортизация 4 месяца)
Пакет программного обеспечения среды INFINITY-Scada	1	32 000,00	32 000,00
Пакет программного обеспечения среды Codesys v 3,5	1	26 500,00	441,6 (амортизация 1 месяц)
Средства КИПиА	1	218 300,00	3638,33 (амортизация 1 месяц)
Пакет программного обеспечения Office	1	5 900,00	70,3 (амортизация 1 месяц)
ИТОГО:			39 483,56

Все необходимое оборудование, представленное в таблице 13, уже имелось в научной лаборатории, поэтому стоимость оборудования, используемого при выполнении нашего данной дипломной работы, должна учитываться в виде амортизационных отчислений. При расчете был использован линейный способ начисления амортизационных отчислений.

Следующей статьёй расходов является плата за электроэнергию. Для этого сначала определяется количество потребляемой энергии для всего оборудования.

Таблица 14 – Количество потребляемой электроэнергии оборудованием

Наименование электрооборудования	Кол-во единиц оборудования	Потребляемая мощность, кВт/ч	Количество часов работы в сутки	Количество потребляемой энергии за сутки, кВт
Ноутбук	1	0,09	8	0,72
Средства КИПиА	18	0,05	5	0,25
ИТОГО				0,97

Затем стоит определить стоимость электроэнергии за рабочий период (при стоимости 2,8 руб за кВт/ч.

Таблица 15 - Расчет стоимости электроэнергии с февраля по май

Месяц	Количество дней	Количество рабочих дней	Количество потребляемой энергии за месяц, кВт	Стоимость электроэнергии за месяц, руб (при 2,8 руб. за кВт/час)
Февраль	28	20	14,4	40,32
Март	31	22	15,84+5,5	59,75
Апрель	30	22	15,84	44,352
Май	15	8	5,76	16,128
ИТОГО:				160,55

В процессе расчета бюджета научного исследования, планируемые затраты следует сгруппировать по статьям, представленным в таблице 16.

Таблица 16 – Группировка затрат по статьям

Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты	7 039,2
Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	39 483,56
Стоимость электроэнергии	160,55
Итого необходимый бюджет НИИ	46 683,31

3.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Эффективность научного ресурсосберегающего проекта включает в себя социальную эффективность, экономическую и бюджетную эффективность. Показатели общественной эффективности учитывают социально-экономические последствия осуществления инвестиционного проекта как для общества в целом, в том числе непосредственные результаты и затраты проекта, так и затраты, и результаты в смежных секторах экономики, экологические, социальные и иные внеэкономические эффекты.

Чтобы определить эффективность исследования, необходимо рассчитать интегральный показатель эффективности научного исследования. Для этого определяют две средневзвешенные величины: финансовую эффективность и ресурсоэффективность.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования (таблица 17). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Рассмотрим на примере аналога проектирование АСУ. Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\Phi}^P = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (4)$$

где I_{Φ}^P - интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналогов).

Таблица 17 - Группировка затрат по статьям аналогов разработки

	Разработка	Аналог
Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты	7 039,2	10 987,32
Специальное оборудование для научных(экспериментальных) работ	39 483,56	45 875,23
Стоимость электроэнергии	160,55	160,55
Итого плановая себестоимость	46 683,31	57 023,1

Круговая диаграмма на рисунке 29 отражает все основные затраты на проведение научно технического исследования. Данный вид диаграммы наиболее наглядно отражает разницу между основными затратами и второстепенными. Построение диаграммы было осуществлено при использовании стандартной программы Microsoft Exel базового пакета программ Microsoft Office. Для пользования данной программой не требуется специальных знаний и дополнительных материальных затрат.



Рисунок 29 - Круговая диаграмма материальных затрат на проведение НТ

Наиболее затратная часть, как видно из диаграммы, это затраты на специальное оборудование для научных(экспериментальных) работ.

Найдем значения интегрального финансового показателя для всех вариантов исполнения научного исследования. Для нашей разработки:

$$I_{\Phi}^P = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{46\,683,31}{57\,023,1} = 0,82$$

Для аналога:

$$I_{\Phi}^P = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{57\,023,1}{57\,023,1} = 1$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разы, то есть наша разработка обладает наименьшей стоимостью по сравнению с аналогами.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования определяют следующим образом:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p \quad (5)$$

где I_m - интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

a_i - весовой коэффициент i -го параметра; , – бальная оценка i -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания; n – число параметров сравнения. Результаты расчетов представлены таблице 18.

Таблица 18 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ ПО	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог
1. Способствует росту производительности труда производителя	0,35	5	5
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4	4
3. Помехоустойчивость	0,15	5	5
4. Энергосбережение	0,2	4	4
5. Надежность	0,07	5	5
6. Материалоемкость	0,08	4	4
ИТОГО	1	4,5	4,5

Интегральный показатель эффективности разработки ($I_{финр}^p$) и аналога ($I_{финр}^a$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\phi}^p}, \quad I_{\text{финр}}^a = \frac{I_m^a}{I_{\phi}^a} \quad (6)$$

Для нашей разработки: $I_{\text{финр}}^p = \frac{4,5}{0,18} = 25$

Для первого аналога: $I_{\text{финр}}^p = \frac{4,5}{1} = 4,5$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта.

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^a} \quad (7)$$

где $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ - сравнительная эффективность проекта;

$I_{\text{финр}}^p$ - интегральный показатель разработки;

$I_{\text{финр}}^a$ - интегральный технико-экономический показатель аналога.

Таблица 19 - Сравнительная эффективность разработки с первым аналогом

№ п/п	Показатели	Аналог	Разработка
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,82
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5	4,5
3	Интегральный показатель эффективности	4,5	5,48
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,18	1,21

Сравнение значений позволило определить, что существующий вариант решения поставленной в ВКР технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности является наиболее приемлемым.

3.6 Социальная ответственность

Представление понятия «Социальная ответственность» сформулировано в международном стандарте (МС) IS CSR-08260008000: 2011 «Социальная ответственность организации».

В соответствии с МС Социальная ответственность – ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этическое поведение, которое:

- содействует устойчивому развитию, включая здоровье и благосостояние общества;
- учитывает ожидания заинтересованных сторон;
- соответствует применяемому законодательству и согласуется с международными нормами поведения (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность);
- интегрировано в деятельность всей организации и применяется во всех ее взаимоотношениях (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность).

Объект исследования – алгоритмы и технические средства системы автоматизации газораспределительной станцией, в частности установка одоризации газа.

Согласно целям и задачам работы существует необходимость в проведении оценки рисков, связанных с проведением строительномонтажных работ, опытной и нормальной эксплуатации объекта.

Так как ГРС является ОПО, необходим комплексный анализ не только внешней НТД, но и отраслевых стандартов и типовых инструкций в разделе рассматриваются такие вопросы как:

- Производственная безопасность;
- Экологическая безопасность;
- Безопасность в чрезвычайных ситуациях;

3.6.1 Производственная безопасность

При проведении работ по модернизации АСУ блока одоризации на ГРС, производятся работы, такие как: электромонтажные, слесарные и сварочные.

Основные факторы и обстоятельства, определяющие категорию повышенной опасности на ГРС при ремонтных работах представлены в таблице 20.

Таблица 20 - Работы, формирующие опасные и вредные факторы

Наименование видов работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ с измен. 1999г.)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
	1	2	
Работы в помещении			
Ремонтные работы: Электромонтажные работы;	1. Показатели микроклимата в рабочей зоне;	1. Движущиеся машины и механизмы;	СанПиН 2.2.4.548-96 ГОСТ 12.1.005-88;
Сварочно-монтажные работы. Полевые работы: Проведение исследования состояния оборудования блока одоризации	2. Запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; 3. Уровень шума. 4. Освещенность. 5. Электромагнитные излучения.	подвижные части производственного оборудования; 2. Электрический ток; 3. Электрическая дуга и металлические искры при сварке; 4. Утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу;	ГОСТ 12.1.003-83; СНиП II-12-77; ГОСТ 12.2.003-9; ГОСТ 12.1.038-82; ГОСТ 12.1.07-76

3.6.2 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

Вредными производственными факторами называются факторы, отрицательно влияющие на работоспособность или вызывающие профессиональные заболевания и другие неблагоприятные последствия. На газораспределительной станции имеется множество вредных производственных факторов, оказывающих негативное влияние на здоровье человека такие, как повышенная концентрация метана, одоранта, диоксида азота, диоксида серы, оксида углерода и азота. Минимизация данных веществ в рабочей зоне оператора является приоритетной задачей предприятия по обеспечению безопасных условий труда.

3.6.3 Микроклимат в рабочей зоне

Микроклимат представляет комплекс физических параметров воздуха, влияющих на тепловое состояние организма. К ним относят температуру, влажность, скорость движения воздуха, интенсивность радиационного излучения солнца, величину атмосферного давления. При выполнении работ по монтажу оборудования ГРС на открытом воздухе и в технологических помещениях, ремонтному персоналу приходится работать при воздействии солнечных лучей, влажности и изменяющейся скоростью движения воздуха, а также в условиях низких и высоких температур от минус 30 °С до плюс 40 °С.

Таблица 21 - Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений согласно СанПиН 2.2.4.548-96

Период Года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температуры воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температуры воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	Пб (233 - 290)	15,0 - 16,9	19,1 - 22,0	14,0- 23,0	15 - 75	0,2	0,4
Теплый	Пб (233 - 290)	16,0 - 18,9	21,1 - 27,0	15,0- 28,0	15 - 75	0,2	0,5

Для обеспечения установленных норм микроклиматических параметров и чистоты воздуха на рабочих местах и в помещениях применяют вентиляцию. Общеобменная вентиляция используется для обеспечения в помещениях соответствующего микроклимата. Периодически должен вестись контроль влажностью воздуха. В летнее время при высокой уличной температуре должны использоваться системы кондиционирования.

В холодное время года предусматривается система отопления. Для отопления помещений используются водяные системы центрального отопления. При недостаточной эффективности центрального отопления должны быть использованы масляные электрические нагреватели.

Радиаторы должны устанавливаться в нишах, прикрытых деревянными или металлическими решетками. Применение таких решеток способствует также повышению электробезопасности в помещениях. При этом температура на

поверхности нагревательных приборов не должна превышать 95 °С, чтобы исключить пригорание пыли.

3.6.4 Повышенная загазованность воздуха рабочей зоны

Вероятность появления метана в воздухе рабочей зоны ГРС достаточно высока. Разгерметизация технологических трубопроводов может привести к утечке.

Метан является самым физиологически безвредным газом в гомологическом ряду парафиновых углеводородов. Физиологическое действие метан не оказывает и не ядовит (из-за малой растворимости метана в воде и плазме крови и присущей парафинам химической инертности). Погибнуть человеку в воздухе, с высокой концентрацией метана можно только от недостатка кислорода в воздухе для дыхания при очень высоких концентрациях метана. Так, при содержании в воздухе 25—30 % метана появляются первые признаки асфиксии (учащение пульса, увеличение объёма дыхания, нарушение координации тонких мышечных движений и т. д.). Более высокие концентрации метана в воздухе вызывают у человека кислородное голодание, головную боль, одышку, — симптомы, характерные для горной болезни.

Так как метан легче воздуха, он не скапливается в проветриваемых подземных сооружениях. Поэтому весьма редки случаи гибели людей от вдыхания смеси метана с воздухом от асфиксии.

Первая помощь при тяжелой асфиксии: удаление пострадавшего из вредной атмосферы. При отсутствии дыхания немедленно (до прихода врача) искусственное дыхание изо рта в рот. При отсутствии пульса — непрямой массаж сердца.

Замеры концентрации загазованности помещения проводит лаборатория ГРС непосредственно на рабочем месте и в местах установки насосного оборудования с периодичностью не реже 1 час, а также по первому требованию работника.

В случае достижения в помещении концентрации паров газа $0,3 \text{ г/м}^3$ (ПДК) работы должны быть немедленно прекращены, оборудование отключено, люди выведены из зоны производства работ. Работы могут быть возобновлены после устранения причин загазованности.

Перед началом работ переносным газоанализатором АНТ–2М проверяется уровень загазованности воздушной среды. При этом содержание газов не должно превышать предельно-допустимой концентрации по санитарным нормам согласно таблице 22. Работа разрешается только после устранения опасных условий. В процессе работы следует периодически контролировать загазованность, а в случае необходимости - обеспечить принудительную вентиляцию. Вопрос своевременной идентификации загазованности рабочей среды является одним из наиболее приоритетных в обеспечении требований безопасной эксплуатации опасного производственного объекта в газотранспортной отрасли, поэтому требует особого и повышенного внимания.

Таблица 22 – Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе

Вещества	Предельно допустимая концентрация, мг/м ³
Бензин – растворитель (в пересчете на углерод)	300
Керосин (в пересчете на углерод)	300
Сероводород в смеси с углеводородами C1 – C5	3
Углеводороды C1 – C10	300
Стирол	5
Перексид метилэтилкетона	5
Аэросил	1
Дибутилфталат	0,5
Метилэтилкетон	0,2
Диметиланилин	0,003

Продолжение таблицы 22

Перексид изопропилбензола	0,02
Ненасыщенная полиэфирная смола	6
Хлористый бензол	0,005
Амиловый спирт	0,002

3.6.5 Шум

Источниками шума являются звуки, производимые работающими механизмами и агрегатами, такие как болгарка (90 дБА), газовая резка металла (80 дБА), а также шумы от работающего технологического оборудования.

Действие шума на человека определяется влиянием на слуховой аппарат и многие другие органы и системы организма, в том числе и на нервную систему.

Громкость до 80 дБА обычно не влияет на органы слуха. Длительное действие шума более 85 - 90 дБА в соответствии с нормативными документами СН 2.2.4/2.1.8.562-96 и ГОСТ 12.1.003-83, приводит к снижению слуховой чувствительности.

ПДУ шума для объектов типа поста управления нормируются ГОСТ 12.1.003-83 и СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Значения ПДУ согласно этим документам представлены в таблице [22], [23]. (для постоянных шумов)

Таблица 23 – Нормативные значения уровня звукового давления

Рабочие места	Уровни звукового давления (ДБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
ПУ	83	74	68	63	60	78	55	54	65

Для оценки соблюдения ПДУ шума необходим производственный контроль (измерения и оценка). В случае превышения уровней необходимы организационно-технические мероприятия по защите от действия шума (защита временем, расстоянием, экранирование источника, либо рабочей зоны, замена оборудования, использование СИЗ).

Основные методы борьбы с шумом:

- снижение шума в источнике (применение звукоизолирующих средств);
- снижение шума на пути распространения звука;
- средства индивидуальной защиты (СИЗ): наушники;
- использование средств автоматизации для управления технологическими процессами;
- соблюдение режима труда и отдыха.

3.6.6 Электромагнитные излучения

Электромагнитным излучением называется излучение, прямо или косвенно вызывающее ионизацию среды. Контакт с электромагнитными излучениями представляет серьезную опасность для человека, по сравнению с другими вредными производственными факторами (повышенное зрительное напряжение, психологическая перегрузка, сохранение длительное время неизменной рабочей позы).

Нормы электромагнитных полей, создаваемых ПЭВМ приведены в таблице 30.

Таблица 30 – Временные допустимые ЭМП, создаваемых ПЭВМ

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	В диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	В диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	В диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	В диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	25 нТл
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

Для оценки соблюдения уровней необходим производственный контроль (измерения). В случае превышения уровней необходимы организационно-технические мероприятия (защита временем, расстоянием, экранирование источника, либо рабочей зоны, замена оборудования, использование СИЗ). Соблюдение норм электромагнитных полей является важной задачей предприятия по сохранению здоровья работников на эксплуатируемом опасном производственном объекте.

3.6.7 Освещенность

Освещение рабочего места – важнейший фактор создания нормальных условий труда. Освещению следует уделять особое внимание, так как при работе наибольшее напряжение получают глаза. Освещение делится на естественное, искусственное и совмещенное. Совмещенное освещение сочетает оба вида освещения.

На посту управления, где расположено рабочее место оператора, используется совмещенное освещение.

Для определения приемлемого уровня освещенности в помещении необходимо:

- определить требуемый для операторов уровень освещенности внешними источниками света;

- если требуемый уровень освещенности не приемлем для других операторов, работающих в данном помещении, надо найти способ сохранения требуемого контраста изображения другими средствами.

Рекомендуемые соотношения яркостей в поле зрения следующие:

- между рабочими поверхностями не должно превышать 1:3 – 1:5;
- между рабочими поверхностями и поверхностями стен и оборудования – 1:10.

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 - 500 лк (СНиП 23-05-95, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03). Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк. Следует ограничивать прямую блескость от источников освещения, при этом яркость светящихся поверхностей (окна, светильники и др.), находящихся в поле зрения, должна быть не более 200 кд/м^2 . Показатель ослепленности для источников общего искусственного освещения в производственных помещениях должен быть не более 20.

3.7 Система менеджмента качества

Поддержание в рабочем состоянии и развитие СМК в на Предприятии осуществляется посредством:

- актуализации Политики и Целей в области качества;
- формализации процессов, определяющих их взаимодействие;
- определение требований к необходимым ресурсам, включая компетентность персонала, инфраструктуру и производственную среду;
- распределение ответственности и полномочий между работниками Предприятия;
- разработка и применение стандартов Предприятия, руководства по качеству, процедур, инструкций, регламентов и других документов, относящихся к качеству, с целью их улучшения;

- проведение внутренних аудитов СМК;
- управление записями по качеству, создающими основу для подтверждения соответствия, проведения анализа процессов на основе результатов контроля, соответствующих проверок и измерений;
- мониторинг и периодический анализ результативности процессов;
- подготовка и обучение работников Предприятия, в том числе в области менеджмента качества.

Для успешного функционирования СМК Предприятие осуществляет менеджмент процессов на основе применения «процессного подхода». Концепция процессного подхода на предприятии, процессная модель и карты процессов СМК представлены в Нормативке 14-78.006-2017.

Для выполнения планов и достижения целей процессы обеспечиваются всеми необходимыми ресурсами. В ходе реализации планов Предприятия осуществляется ежеквартальный мониторинг и измерение процессов по установленным критериям оценки результативности.

Результативное функционирование и эффективное управление процессами СМК обеспечивают владельцы процессов (Нормативке 14-78.006-2017).

Владельцы процессов являются ответственными за:

- планирование и постоянное улучшение деятельности внутри процесса;
- разработку процедур, регламентирующих порядок действий в рамках процесса;
- обеспечение процесса необходимыми ресурсами;
- организацию выполнения планов процесса;
- организацию измерения и мониторинга в ходе выполнения планов и мероприятий по улучшению процесса;
- разработку и реализацию корректирующих и предупреждающих действий в случае выявления несоответствий или наблюдений потенциальной угрозы их возникновения в ходе выполнения планов процесса;
- разработку целей и мероприятий по улучшению качества процесса и повышению его результативности.

Отдельные этапы процессов СМК осуществляются с привлечением специализированных организаций. Взаимодействие со специализированными организациями определено в Положении о закупках товаров, работ, услуг. Владельцы процессов обеспечивают включение в договоры (контракты) всех требований и методов управления, которые гарантируют качество выполняемых специализированными организациями работ.

Осуществление деятельности Предприятия подвержено воздействию неопределенностей в виде рисков. Предприятие в соответствии с Политикой управления рисками определяет отношение к рискам, создает и развивает систему управления рисками, а также разрабатывает мероприятия по управлению рисками для обеспечения достаточных гарантий достижения целей и решения задач, поставленных перед Предприятием. Процессы системы менеджмента качества

Предприятие обеспечивает соответствие процессов СМК требованиям СТО, законодательным и другим обязательным требованиям, а также требованиям установленными потребителями.

Для обеспечения менеджмента качества на предприятии разработана, внедрена и периодически актуализируется документация СМК.

Целями применения разработанной документации СМК являются:

- передача и хранение информации;
- формализация требований к качеству услуг;
- обеспечение соответствующей подготовки работников;
- обеспечение объективных свидетельств результатов деятельности для принятия качественных управленческих решений.

Документация СМК Предприятия включает:

- документально оформленную Политику в области качества;
- документально оформленные Цели в области качества;

Руководство по качеству;

- документированные процедуры, необходимые Предприятию для обеспечения эффективного планирования, управления и выполнения процессов;

- стандарты на услуги и продукцию (регламенты, технические условия, спецификации) потребителя;
- бизнес-планы;
- планы качества;
- нормативные правовые акты (национальные и международные) применительно к услуге, процессам;
- записи, предусмотренные ГОСТ Р ИСО 9001 (ISO 9001), СТО, настоящим стандартом и другой нормативной документацией;

Документация на предприятии может быть представлена в любой форме и на любом носителе. Степень документированности процессов зависит от их сложности, влияния на конечный результат, безопасности в ходе выполнения и компетентности персонала.

Руководство по качеству предназначено для следующих целей:

- изложение основных положений СМК, принципов ее построения, структуры, основных процессов и взаимодействия между ними с учетом специфики деятельности Предприятия;
- подготовка и проведение сертификации, внешних и внутренних аудитов.

Руководство по качеству содержит:

- область применения СМК, включая обоснование исключений;
- описание, каким образом Предприятие выполняет требования ГОСТ Р ИСО 9001 (ISO 9001), СТО;
- документированные процедуры СМК или ссылки на них;
- описание взаимодействия процессов СМК.

Руководство по качеству согласовано в установленном порядке и утверждено, управление осуществляется согласно Нормативке.

С целью проверки на актуальность Руководство по качеству анализируется в следующих случаях:

- не реже одного раза в три года;
- при внесении изменений в СМК Предприятия и изменений требований,

установленных в документации СМК;

- по результатам внешних и внутренних аудитов;
- по результатам анализа СМК со стороны руководства Предприятия.

Бизнес-планом считается комплект документов, утвержденных в установленном порядке.

Документы, составляющие бизнес-план могут иметь разные сроки исполнения и разрабатываются на срок от 1 года до 5 лет.

Ответственным за функционирование и управление бизнес-планом Предприятия является высшее руководство Предприятия.

Ответственными за мониторинг выполнения требований документов, составляющих бизнес-план и регулярную отчетность, являются владельцы процессов, а также руководители структурных подразделений Предприятия.

Результаты выполнения бизнес-плана регистрируются и являются составной частью анализа со стороны руководства.

Записи в СМК представляют собой документированную информацию, отражающую и подтверждающую соответствие требованиям СМК и достигнутым результатам.

Записи о качестве услуги осуществляются в следующих целях:

применения достоверных данных о требованиях потребителей к качеству выполнения услуги и характеристикам процессов, о состоянии процессов жизненного цикла оказания услуги;

- осуществления планирования качества продукции и услуг;
- предоставления информации для принятия управленческих решений;
- выявления и установления причины несоответствий;
- разработки и реализации корректирующих и предупреждающих действий;
- обеспечения прослеживаемости и качества выполнения услуги в процессе реализации;
- выявления возможности и реализации мероприятий по улучшению качества выполнения услуги и процессов СМК.

Управление записями включает в себя:

- сбор данных;
- обработку;
- идентификацию;
- обеспечение пользователей;
- хранение и установление срока сохранения;
- защиту от несанкционированного доступа и изменений;
- восстановление;
- изъятие (уничтожение).

Требования к управлению записями.

Записи должны быть четкими, легко читаемые, для этого следует делать записи разборчиво, использовать предусмотренные формы (журналы, бланки), заполнять все графы, подлежащие заполнению (содержание записи должно соответствовать наименованию графы).

Формы записей определяются внешними и внутренними нормативными документами (законодательными, нормативно-правовыми, стандартами Предприятия, положениями, инструкциями, контрактами, техническими соглашениями и др.).

Запись должна содержать идентификационные признаки:

- наименование;
- дату создания;
- подпись исполнителя с указанием должности и расшифровкой подписи.

Записи выполняются и хранятся на бумажных и/или электронных носителях.

Дополнительные требования к оформлению журналов:

- дата начала и дата окончания ведения журнала;
- И.О.Ф. лица, ответственного за ведение журнала;
- обязательная нумерация страниц;
- прошнурован, скреплен печатью, с указанием количества страниц в соответствии с требованиями нормативных документов.

Сбор и обработку данных осуществляют исполнители, которые обязаны знать периодичность ведения записей, требования к их оформлению и обработке, сроки передачи и пользователей информации.

Порядок и сроки предоставления записей пользователям устанавливаются в документации СМК, описывающих конкретные элементы и процедуры.

Перечень записей, содержащих коммерческую тайну, определяется приказом Предприятия.

Режим коммерческой тайны не может быть установлен в отношении следующих сведений:

- о факторах, оказывающих негативное воздействие на обеспечение безопасного функционирования производственных объектов, безопасности каждого гражданина и безопасности населения в целом;
- об условиях и охране труда.

Высшее руководство и руководители структурных подразделений Предприятия определяют, есть ли ограничения в доступе к записям. При наличии ограничений руководитель определяет круг лиц, имеющих доступ к записям, а также, при необходимости, действия для снятия этих ограничений.

Восстановлением записей является возможность восстановления информации, необходимой для подтверждения свидетельства регистрации данных, в случае утраты или порчи.

Восстановление записей на бумажных носителях обеспечивают работники структурных подразделений Предприятия, используя для этого:

- исходные записи;
- записи, выполненные в журналах регистрации;
- записи в компьютерной базе данных;
- копии записей.

Записи должны храниться в условиях, обеспечивающих рациональное размещение, сохранность и быстрый поиск.

Сохранность записей обеспечивают:

- на бумажных носителях – выделением специальных мест, исключаящих

порчу документов и предотвращающих их утерю;

- на электронных носителях – резервным копированием, антивирусной защитой.

Сроки хранения записей указываются в соответствующей документации СМК или устанавливаются высшим руководством Предприятия. После окончания срока хранения, записи изымаются и уничтожаются. Срок хранения записей, демонстрирующих процесс постоянного повышения результативности СМК и достигнутые результаты Предприятия, не менее 5 лет.

Записи являются документами, которые не подлежат изменениям. Подтверждением подлинности записи является идентификация.

Защиту записей от несанкционированного доступа и изменений обеспечивается следующими способами:

- на бумажных носителях – ограниченным доступом к записям (доступ к записям, составляющим коммерческую тайну, осуществляется согласно нормативным документам Предприятия);

- на электронных носителях – личным паролем работников для доступа в компьютерную информационную систему, паролем для открытия файла, ограниченным доступом лиц к серверам, сетевым кабелям, использованием средств защиты от сбоев электросети.

Требования к оформлению записей.

Рукописные записи выполняются аккуратно, четко и разборчиво.

При внесении исправлений:

- запись зачеркнуть однократно тонкой линией авторучкой (внесение записей карандашом запрещается);

- выполнить правильную запись, поставить дату и подпись лица, внесившего исправление;

- затирка, закрашка записей не допускается.

Записи в форме таблиц выполняются с указанием информации во всех графах (строках) таблиц в точном соответствии с заголовками и подзаголовками граф. В случаях отсутствия информации в графах (строках) ставят прочерк (тире).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью выпускной квалификационной работы являлась разработка и внедрение технического решения по автоматизации технологического процесса добавления одоранта в природный газ на выходе газораспределительной станции № 2 г. Челябинска. В процессе проведения работы спроектирована система, позволяющая автоматически управлять одоризационной установкой типа БАОГ при помощи внедренного ПЛК отечественного производства и авторского алгоритма управления, что позволило добиться необходимой дозировки одоранта в природный газ в соответствии со среднесуточными изменениями расхода у потребителей, а также не нарушать в дальнейшем требования договорных отношений на поставку природного газа юридическим лицам. Разработанная система автоматического управления соответствует всем заявленным требованиям и готова к реализации на объекте газотранспортной сети. На основе проведенных исследований возможна разработка блоков управления одоризаторами различных типов, что имеет коммерческий потенциал в сравнении с аналогичными технологическими решениями с применением оборудования иностранного производителя.

Для последующего масштабного распространения на схожих типовых газораспределительных станциях Челябинского линейно-производственного управления магистральными газопроводами система нуждается в тестировании и опытной эксплуатации для выявления недостатков и улучшения режимов работы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Громаков, Е.И. Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие / сост. Е.И. Громаков. – Томск: Томский политехнический университет, 2009. – 280 с.
- 2 Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. / А.С. Ключев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровский, А.А. Ключев – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.
- 3 Комиссарчик, В.Ф. Автоматическое регулирование технологических процессов: учебное пособие / сост. В.Ф. Комиссарчик. – Тверь, 2001. – 247 с.
- 4 ГОСТ 21.408-93. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 44 с.
- 5 Комягин, А.Ф. Автоматизация производственных процессов и АСУ ТП газонефтепроводов / А.Ф. Комягин. – Ленинград, 1983. – 376 с.
- 6 Попович, Н.Г. Автоматизация производственных процессов и установок / Н.Г. Попович, А.В. Ковальчук, Е.П. Красовский. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1986. – 311 с.
- 7 www.wikipedia.org/automation.html.
- 8 РМГ 62–2003. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Оценивание погрешности измерений при ограниченной исходной информации. – М.: ВНИИМС Госстандарта России, 2003.– 17 с
- 9 ГОСТ 8.586.5-2005. Методика выполнения измерений. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. – М.: Стандартинформ, 2007. 10 с.
- 10 ВРД 39-1.10-069-2002. Положение по технической эксплуатации газораспределительных станций магистральных газопроводов. – М.: ОАО "Оргэнергогаз", 2012. – 88 с.
- 11 www.elesy.ru/index.html#top.
- 12 www.emersonprocess.com/ru-ru/pages/home.html.

13 Андреев, Е.Б. Технические средства систем управления технологическими процессами в нефтяной и газовой промышленности / Е.Б. Андреев, В.Е. Попадько. – М.: РГУ нефти и газа им. Губкина, 2004. – 272 с.

14 Бородин, В.Б. Микроконтроллеры: архитектура, программирование / В.Б. Бородин, И.И. Шагурин. – М.: ЭКОМ, 1999. – 360 с.

15 Приборы автоматического контроля и регулирования / сост. Б.И. Жарковский. – М.: Высш. Школа, 1978. – 272 с.

16 Исакович, Р.Я. Автоматизация производственных процессов нефтяной и газовой промышленности / Р.Я. Исакович. М.: Недра, 1983. – 424 с.

17 Калабеков, Б.А. Цифровые устройства и микропроцессорные системы / Б.А. Калабеков. – М.: Горячая линия-Телеком, 2002. – 336 с.

18 Куликовский, К.Л. Методы и средства измерений / К.Л. Куликовский, В.Я. Купер. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 448 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А Блок схемы алгоритмов управления

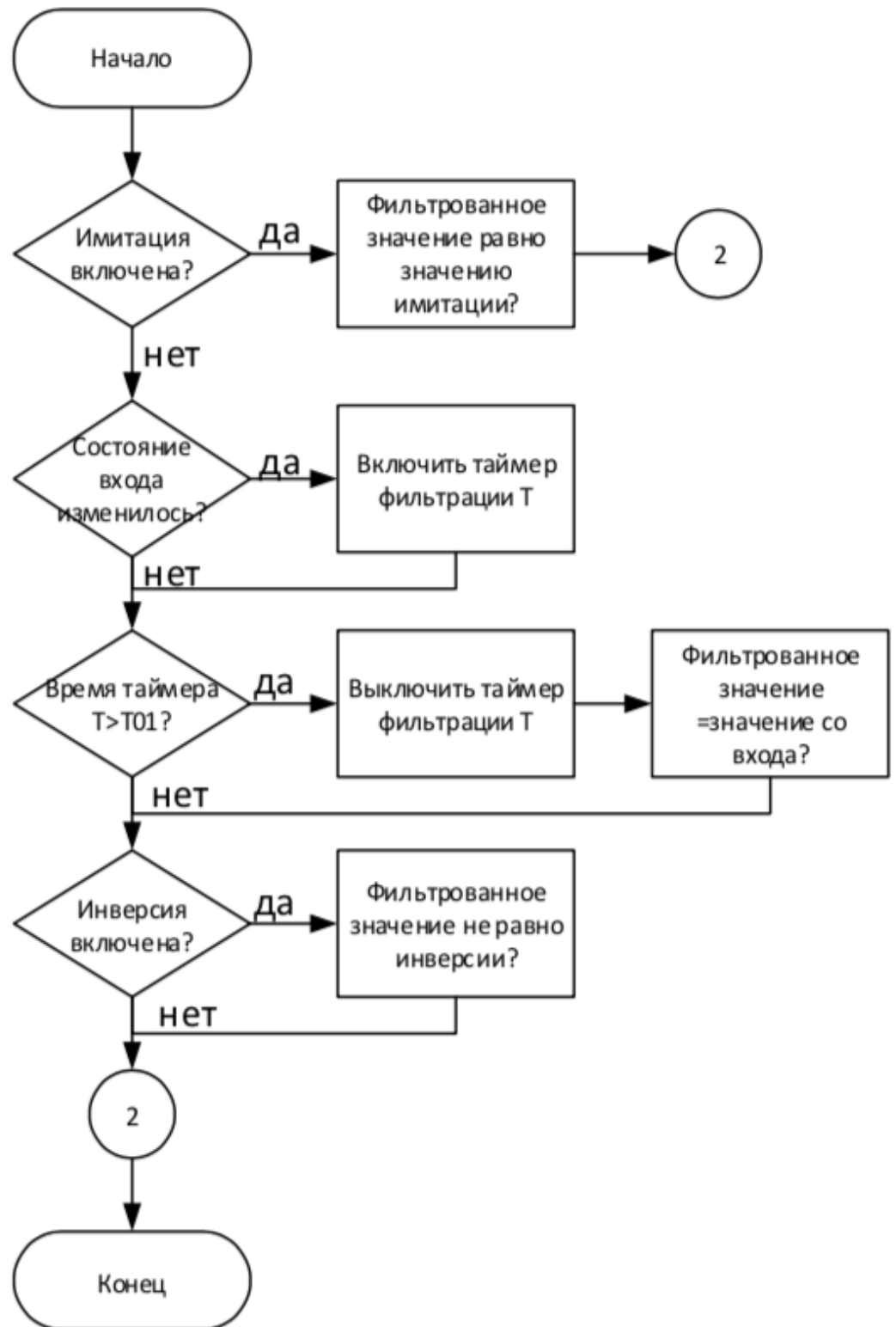


Рисунок А.1 - Блок схема алгоритма обработки дискретны входных параметров

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А

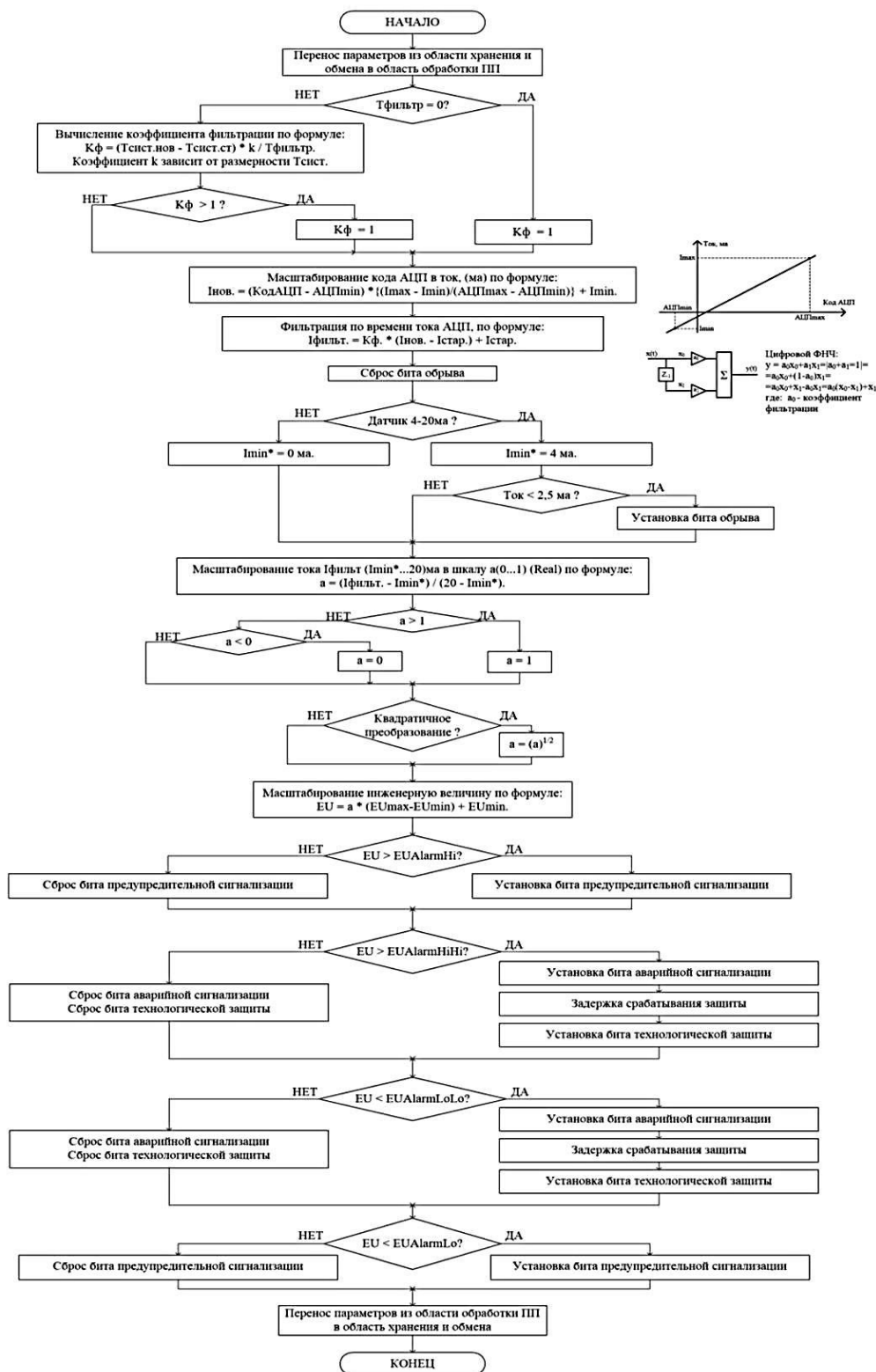


Рисунок А.2 - Блок схема алгоритма обработки аналоговых входных параметров

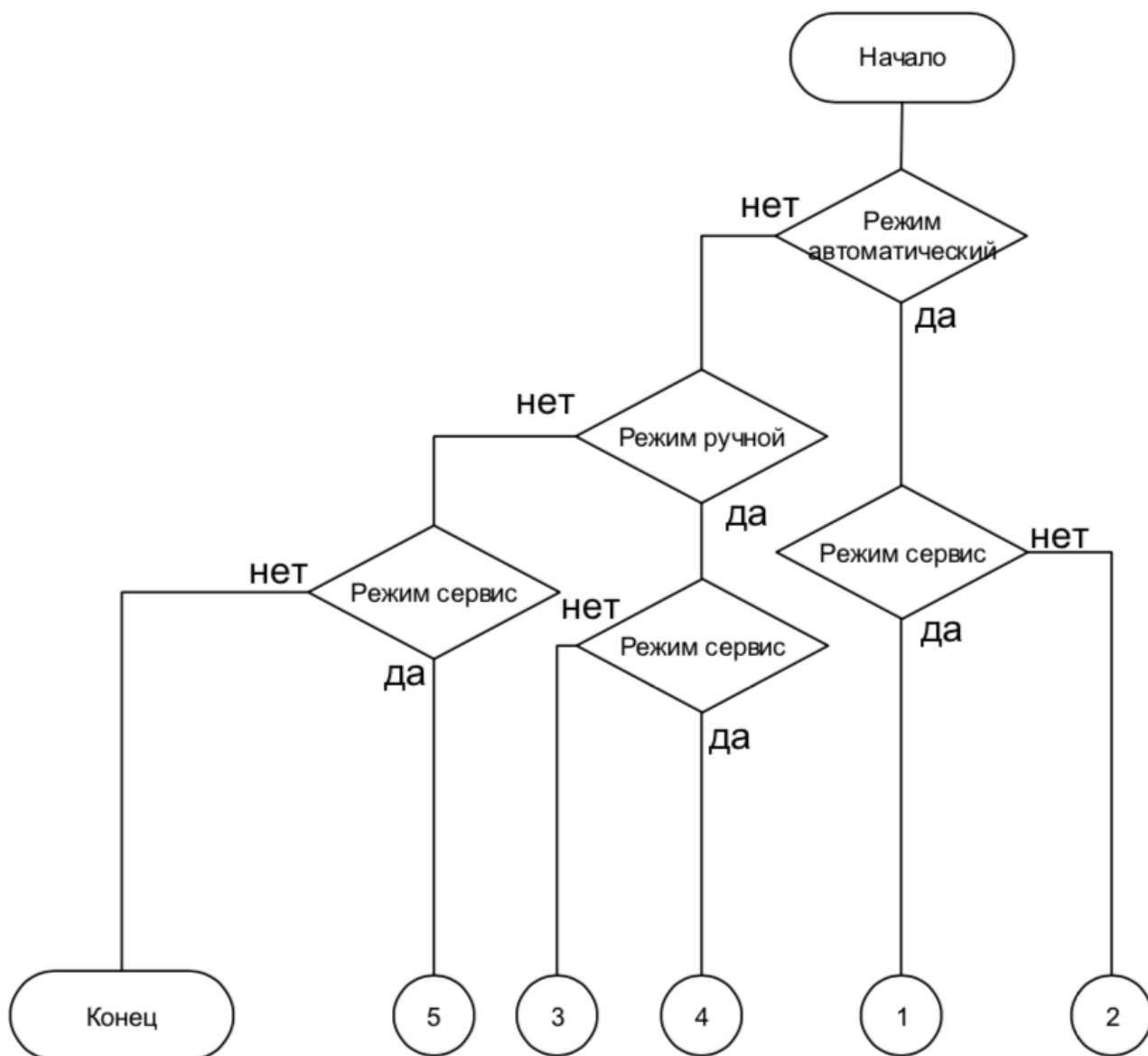


Рисунок А.3 - Алгоритм выбора режима работы установки