

Министерство образования и науки Российской Федерации
Филиал Федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
в г. Нижневартовске

Кафедра «Информатика»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

И.о. зав. кафедрой «Информатика»
к.ф-м.н, доцент

_____ / А.В.Ялаев

«___» _____ 2018 г.

Автоматическая система оперативного учёта нефти

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ ЮУрГУ-12.03.01.2018.443.ПЗ ВКР

Консультанты
Экономическая часть

к.э.н., доцент

_____ /А. В. Прокопьев/

«___» _____ 2018г.

Безопасность жизнедеятельности

к.ф-м.н., доцент

_____ /А. В. Ялаев /

«___» _____ 2018 г.

Руководитель работы

зам. ген. дирек. по произв. ООО

_____ /«Северэнергосервис»/К. Г. Майфат/

«___» _____ 2018 г.

Автор работы

обучающийся группы НвФл-431

_____ /В.С.Купрюшин

«___» _____ 2018г.

Нормоконтролер

_____ старший преподаватель

_____ /Л. Н. Буйлушкина/

«___» _____ 2018г.

Нижневартовск 2018

АННОТАЦИЯ

Купрюшин В.С. Автоматическая система оперативного учета нефти - Нижневартовск: филиал ЮУрГУ, Информатика: 2018, 83 с., 13 ил., 5 табл., библиогр. список – 20 наим., 3 прил.

Автоматическая система оперативного учёта нефти на базе современных технических средств требуется для осуществления измерительных направлений деятельности различных предприятий и компаний. Всё это поможет существенно повысить уровень выполняемых работ и сократить расходы на множество нецелесообразных задач.

Автоматическая система оперативного учёта нефти за счёт внедрения новых технических средств позволит сократить число аварий, увеличить производительность объекта, повысить точность измерений и удобство в эксплуатации.

					12.03.01.2018.443.ПЗ
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	
<i>Разработал</i>		<i>Купрюшин В.С.</i>			Автоматическая система оперативного учёта нефти
<i>Проверил</i>		<i>Майфат К.Г.</i>			
<i>Н контр</i>		<i>Буйлушкина Л.Н.</i>			
<i>Утвердил.</i>		<i>Ялаев А.В.</i>			
			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
			В К Р	5	82
Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Нижневартовске кафедра «Информатика»					

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	8
1.1 Методы измерения уровня.....	8
1.2 Механические уровнемеры	12
2 РАЗРАБОТКА ИИС НА ОСНОВЕ ВЫБРАННОГО УРОВНЕМЕРА.....	43
2.1 Функциональная схема ИИС.....	43
2.2 Структурная схема ИИС.....	44
2.3 Принципиальная схема ИИС.....	45
2.4 Расчёт параметров.	46
3 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	53
3.1 Расчет показателей экономической эффективности работы	53
3.2 Расчет затрат на проектирование.....	55
3.3 Расчет затрат на разработку программного обеспечения.	56
3.4 Расчет затрат на изготовление и отладку проектируемой системы	60
4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	63
4.1 Безопасность работающих.....	63
4.2 Электробезопасность. Молниезащита.....	64
4.3 Пожаробезопасность	66
4.4 Экологичность работы.....	70
4.5 Чрезвычайные ситуации на объекте.	72
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	76
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.	77
ПРИЛОЖЕНИЯ	
ПРИЛОЖЕНИЕ А.БЛОК-СХЕМА РАБОТЫ ДАТЧИК УРОВНЯ... ..	79
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. СХЕМА ПРИНЦИПИАЛЬНА ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ	80
ПРИЛОЖЕНИЕ В.КОМПАКТ-ДИСК.....	81

ВВЕДЕНИЕ

Проблема ресурсосбережения остается одной из важнейших во всех странах, является приоритетной и в России. И среды всего множества ресурсов мы будем рассматривать жидкость.

Во все времена важное место в жизни человека занимала именно жидкость. В наше же время она не теряет своей пригодности. Поэтому необходимым изобретением стали являться такие устройства как уровнемеры. Это приборы предназначенные для определения уровня содержимого в открытых и закрытых сосудах, резервуарах, хранилищах и других ёмкостях. Под содержимым подразумевается разнообразные виды жидкостей, в том числе и газообразующие, а также сыпучие и другие материалы. Уровнемеры также называют датчиками уровня, преобразователями уровня. В промышленном производстве в настоящее время существует разнообразный ряд технических средств, решающих задачу измерения и контроля уровня. Средства измерения уровня реализуют разнообразные методы, основанные на различных физических принципах.

Целью работы является разработка измерительной информационной системы контроля уровня жидкости для резервуаров вертикальных стальных (далее – РВС).

Основными задачами данной выпускной квалификационной работы (далее – ВКР) являются:

- провести аналитический обзор всех возможных средств измерений и выбрать самое оптимальное и выгодное;
- разработать измерительную информационную систему (далее – ИИС) на основе выбранного и провести все необходимые расчёты для достижения этой задачи;
- рассчитать экономическую эффективность разработки;
- провести анализ безопасности ИИС.

1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Методы измерения уровня

Уровнемер – это прибор, предназначенный для определения уровня содержимого в открытых и закрытых резервуарах и хранилищах. Под содержимым подразумевается разнообразные виды жидкостей, в том числе газообразующие, сыпучие и другие материалы. С помощью таких приборов осуществляют автоматический контроль и регулирование уровней жидкостных и сыпучих материалов, а также звуковая и световая сигнализация повышения или понижения уровня контролируемой среды. Уровнемеры могут применяться как самостоятельные устройства, так и в составе системы автоматического управления или контроля [1.2]

Уровнемеры иногда называют датчиками сигнализаторами уровня, преобразователями уровня. Тем не менее, главное отличие уровнемера от сигнализатора уровня – возможность измерять градации уровня, а не только его граничные значения. В промышленном производстве в настоящее время существует ряд разнообразных технических средств, позволяющих решить задачу измерения и контроля уровня.

По режиму работы различают преобразователи для непрерывного измерения уровня и для контроля в отдельных точках (реле уровня, переключатели уровня, сигнализаторы уровня).

Средства измерения уровня воплощают разнообразные методы основанные на различных физических принципах. К наиболее распространенным методам измерения уровня, которые позволяют преобразовывать значение уровня в электрическую величину и передавать её значение системы автоматических систем управления относятся: контактные и бесконтактные методы.

Контактный метод измерений применяется в любых средах и реализуется обычно в емкостных, гидростатических, буйковых и поплавковых уровнемерах. Эти приборы легко установить в резервуаре любой формы и размера либо в непосредственной близости от него, они отличаются низкой стоимостью механической прочностью, простотой монтажа и надежностью измерений.

Бесконтактный метод позволяет измерять уровень без непосредственного контакта с измеряемой средой и заключается в зондировании звуком (ультразвуковые) зондировании электромагнитным излучением (радарные, рефлексные) и зондировании радиационным излучением [3]. Такие датчики стоит использовать в агрессивных, вязких, кристаллизирующихся, пенящихся средах, где есть риск засорения или коррозии элементов прибора. Наиболее популярный тип такого датчика – радарный, его точность и эксплуатационные характеристики оптимальны. Для зондирования рабочей зоны и определения расстояния до объекта контроля используются электромагнитные излучатели СВЧ-диапазона. Радарным датчикам неважны характеристики жидкости например, плотность, проводимость, прозрачность.

С развитием измерительной техники каждый из методов приобретает характерный набор своих технических реализаций, которые в каждом конкретном случае имеют и преимущества и недостатки. В последнее время находят широкое применение системы, позволяющие на базе уровнемеров (в комплекте с датчиками давления и температуры) косвенно измерять объем и массу продукта. Также пользуются повышенным спросом датчики для контроля предельных уровней заполнения резервуаров и многофункциональные уровнемеры. Применение точных и надежных приборов позволяет снизить производственные издержки, обеспечить нужное качество управления рабочими процессами на предприятии [4].

На сегодняшний день наиболее известны следующие производители уровнемеров:

1. KROHNE, Германия;
2. VEGA, Германия;
3. ЗАО «Альбатрос», Россия;
4. Emerson Process Management, США;
5. Siemens, Германия;
6. Yokogawa, Япония;
7. Endress+Hauser, Германия;
8. ПНП «Сигнур», Россия;
9. ЗАО «ЛИМАКО», Россия;
10. ООО «Контакт-1», Россия.

При выборе уровнемера необходимо учитывать такие физические и химические свойства контролируемой среды, как температура, абразивные свойства вязкость, электрическая проводимость, химическая агрессивность и т. д. Кроме того, следует принимать во внимание рабочие условия в резервуаре или около него: давление, вакуум, нагревание, охлаждение, способ заполнения или опорожнения (пневматический или механический), наличие мешалки, огнеопасность, взрывоопасность, пенообразование прочие другие. Также стоит учитывать надежность, качество и стоимость приборов [5].

Многообразие методов измерения уровня, объясняется многообразием задач по определению уровня: различные продукты, условия, точность, надежность стоимость.

Уровнемеры разделяются по продукту (веществу) уровень, которого измеряется:

Датчики уровня для жидкостей (вода, растворы, суспензии, нефтепродукты, масла и т. п.)

К основным сложностям работы приборов с жидкими продуктами относятся [6]:

– широкий температурный диапазон и давление в резервуаре;

- широкий разброс свойств и как следствие необходимость в «индивидуальном подходе» к жидкости;
- часто работа ведется с агрессивными и ядовитыми средами;
- возможна коррозия частей контактирующих с продуктами;
- возможно налипание продукта;
- широкий разброс плотности продукта (даже в одном и том же тех процессе);
- часто требуется взрывозащищенное исполнение (особенно для нефтепродуктов);
- часто присутствуют бурлящие и пенящиеся поверхности;
- часто необходима высокая точность;
- возможность проникновения паров продукта прибор с последующей конденсацией;
- необходимость соблюдать санитарные нормы для питьевой воды и пищевых продуктов;
- иногда требуется определять уровни для нескольких продуктов, или уровень раздела двух жидкостей.

Датчики уровня для сыпучих веществ (порошки, гранулы и т. п.)

Основные особенности измерения уровня сыпучих веществ:

- большие размеры бункеров, силосов;
- более низкая точность (по сравнению с жидкостями);
- сложная форма поверхности (горка, воронка, слипшимися комками);
- большая нагрузка на контактные датчики;
- возможность попадания пылевых частиц на прибор.

По принципу действия уровнемеры для жидкостей и сыпучих веществ разделяются на:

- механические (поплавковые, буйковые) – для измерения уровня используется поплавков, находящийся на поверхности жидкости или массивное тело (буёк), частично погружаемое в жидкость;
- гидростатические – основанные на измерении гидростатического давления столба жидкости;
- электрические – величины электрических параметров зависят от уровня жидкости;
- акустические (ультразвуковые) – основаны на принципе отражения от поверхности звуковых волн;
- микроволновые (радарные, волноводные) – основанные на принципе отражения поверхности сигнала высокой частоты (СВЧ);
- радиоизотопные, основанные на использовании интенсивности потока ядерных излучений, зависящих от уровня жидкости.

Универсального уровнемера в настоящее время не существует. Каждый прибор имеет множество модификации и опций, которые позволяют подобрать наиболее оптимальный для заказчика уровнемер.

1.2 Механические уровнемеры

Механические уровнемеры бывают:

- 1) поплавковые с чувствительным элементом (поплавком), плавающим на поверхности жидкости;
- 2) буйковые, действие которых основано на измерении выталкивающей силы, действующей на буёк.

Перемещение поплавка или буйка через механические связи или систему дистанционной (электрической или пневматической) передачи сообщается измерительной системе прибора.

1.3 Поплавковые уровнемеры

Поплавковые датчики уровня являются самым простым и недорогим решением для детектирования предельного уровня жидкостей. Вместе с тем, они являются надежным решением и при правильном выборе могут использоваться для сигнализации уровня разных жидких сред от агрессивных жидкостей, до обычной воды (Рисунок 1.2)



Рисунок 1.1 – Емкости с поплавковыми сигнализаторами уровня из полипропилена NivoFLOAT для питьевой воды и магнитным NivoMAG Nivelco, Венгрия [6]

Для правильного выбора поплавкового сигнализатора уровня следует учитывать особенности измерения жидкости и параметры окружающей среды, ведь температурный режим, пена, завихрения (от работающего миксера) и т.д. могут стать проблемой для одних поплавковых датчиков и не оказывать влияние на другой тип поплавковых датчиков уровня.

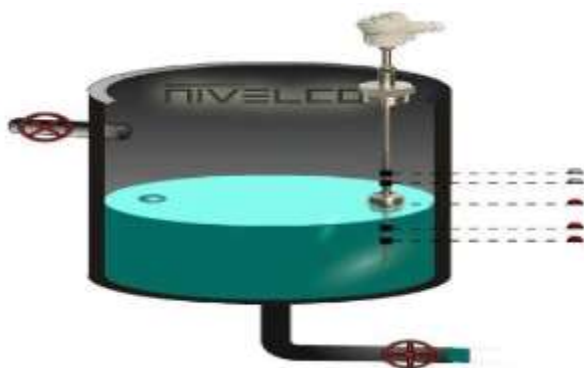


Рисунок 1.2 – Емкость с поплавковым магнитным уровнемером NivoPOINT, Nivelco, Венгрия

Уровнемер поплавковый предназначен для выдачи электрического дискретного сигнала об уровне жидкости и уровне раздела двух несмешивающихся жидкостей в аппаратах и резервуарах технологических установок. В поплавковых уровнемерах имеется плавающий на поверхности жидкости поплавок в результате чего измеряемый уровень преобразуется в перемещение поплавка. В таких приборах используется легкий поплавок, изготовленный из коррозионно-стойкого материала [10].

Для передачи информации от чувствительного элемента (поплавок) используются различные виды связи. Как правило, поплавок снабжен магнитом и заключен в измерительную трубку либо скользит по направляющему стержню. Изменение сопротивления преобразуется в электрический выходной сигнал, что дает помимо визуального контроля возможность дистанционной передачи показаний и включения в систему автоматизации.

В зависимости от вида контролируемой жидкости возможны различные исполнения зондов:

- пластиковые для агрессивных кислот и щелочей;
- из нержавеющей стали для воды, масел и т. п.;

Из нержавеющей стали во взрывозащищенном исполнении для горючих жидкостей, таких как топливо, растворители, спирты.

Преимущества использования поплавковых уровнемеров:

- простота;
- прочность;
- невысокая стоимость;
- показания уровня почти не зависят от изменений плотности жидкости;
- высокая точность 0,01% и повторяемость 0,005%;
- не требуется периодическая калибровка;
- только один подвижный элемент – поплавок;
- отсутствует дрейф нуля и диапазона.

Недостатки:

- непригодны для клейких жидкостей;
- проблемы с плесущимися жидкостями;
- плавучесть зависит от размеров поплавка;
- точка срабатывания зависит от изменений (колебаний) плотности вещества.

1.4 Принцип действия

Среди поплавковых уровнемеров различают:

- сигнализаторы из полипропилена;
- магнитные сигнализаторы уровня;
- магнитострикционные уровнемеры;
- герконовые уровнемеры;

Поплавковые сигнализаторы уровня из полипропилена состоят из корпуса поплавка со встроенными микровыключателем и присоединительного кабеля (Рисунок 1.3). Процесс переключения запускается качанием датчика, когда он

отклоняется от горизонтального положения в любом направлении. Угол срабатывания составляет от 3 до 18 градусов относительно горизонтальной плоскости.

В качестве поплавков применяют преимущественно полые шаровидные или сфероцилиндрические тела, выполненные из полипропилена, устойчивого к воздействию неконцентрированных кислот и щелочей, большинства растворителей, спирта, бензина, воды, консистентных смазок и масел. В качестве коммутационных устройств часто применяются жидкометаллические микровыключатели, в которых в настоящее время вместо ртути используется галинстан [9].

Присоединительные кабели изготавливаются из поливинилхлорида для применений в водной среде, включая сточную воду, и в слабоагрессивных жидкостях: из полиуретана, устойчивого к горючесмазочным материалам, нагретым маслам и жидкостям, содержащим масла: из хлоросульфированного полиэтилена устойчивого к воздействию кислот, щелочей и многих растворителей. Длина кабеля составляет 3,5 или 10 метров.



Рисунок 1.3 – Поплавковый сигнализатор уровня из полипропилена шаровидной формы, производитель Nivelco, Венгрия

Магнитный сигнализатор уровня состоит из плавучего тела (поплавка), который закреплен на подвижном рычаге и имеет магнитную связь с установленным снаружи микровыключателем.



Рисунок 1.4 – Поплавковый сигнализатор уровня магнитный производитель Nivelco, Венгрия

Магнитоотрицательные уровнемеры изготавливаются с одним или несколькими поплавками. Вариант с двумя поплавками применяется для измерений уровней раздела фаз двух жидкостей с разными плотностями. Направляющая труба может быть жесткой или гибкой. Вариант с гибкой измерительной направляющей предпочтительнее для больших резервуаров, так как это значительно упрощает транспортировку и монтаж прибора [11].



Рисунок 1.5 – Магнитные поплавковые многоточечные герконовые уровнемеры FineAutomation



Рисунок 1.6 – Датчик уровня поплавковый магнитострикционный производитель ЗАО «Альбатрос» (Россия)

У магнитострикционных уровнемеров направляющий поплавков стержень содержит волновод, заключенный в катушку, по которой через фиксированные промежутки времени подаются импульсы тока.

Под действием магнитных полей тока и движущегося магнита в волноводе возникают импульсы продольной деформации (торсионные), распространяющиеся от места возникновения в оба конца волновода. В одном из концов они полностью гасятся, а на другом конце волновода принимаются преобразователи торсионного импульса. Прибор анализирует время распространения импульсов и преобразует его в выходные сигналы.

Герконовые уровнемеры, содержат в теле направляющего стержня цепочку герконов, замыкаемых движущимся магнитом [8].

На аналогичном принципе основаны относительные уровнемеры, в конструкции которых использовано несколько герконовых групп. Поочередное срабатывание при достижении уровня каждого поплавка позволяет определить относительную степень заполненности резервуара.

При срабатывании нижнего контакта определяется минимально допустимый уровень жидкости в резервуаре, при срабатывании верхнего максимальный уровень. Например, магнитные уровнемеры FineAutomation имеют два или более герконовых контактов, расположенных внутри измерительной трубки.

Важной характерной особенностью поплавковых уровнемеров, является высокая точность измерения (1...5мм).

Достаточно широкая область применения этого метода. Температура рабочей среды -40... 120 С, избыточное давление до 2 МПа, для преобразователей с гибким ЧЭ – до 0,16 МПа. Плотность среды – 0,5...1,5 г/см³. Диапазон измерений – до 25 м. Поплавковый метод может с успехом применяться в случае пенящихся жидкостей. Типичным применением поплавковых уровнемеров является измерение уровня топлива, масел, легких

нефтепродуктов в относительно небольших емкостях и цистернах в процессе коммерческого учета.

Метод явно неприменим только в вязких средах, образующих налипание, отложения осадка на поплавков, а также коррозию поплавка и конструкции чувствительного элемента.

1.5 Буйковые уровнемеры

Уровнемеры буйковые предназначены для работы в системах автоматического контроля, управления и регулирования параметров производственных технологических процессов с целью выдачи информации в виде стандартного пневматического сигнала об уровне жидкости или границы раздела двух несмешивающихся жидкостей, находящихся под вакуумметрическим, атмосферным или избыточным давлением. В буйковых уровнемерах применяется неподвижный погруженный в жидкость боек. Масса буйка выбирается так, чтобы он не всплывал при полном его погружении в жидкость.

Буйковые уровнемеры часто применяются для измерения уровня раздела фаз двух жидкостей, незаменимы при работе с высокими давлениями и температурами продукта. Возможно, также, их использование для определения плотности рабочей среды при неизменном уровне.

Принцип действия буйковых уровнемеров основан на том, что на погруженный боек действует со стороны жидкости выталкивающая сила. По закону Архимеда эта сила равна весу жидкости, вытесненной буйком. Количество вытесненной жидкости зависит от глубины погружения буйка, то есть от уровня в емкости [12]. Таким образом, в буйковых уровнемерах измеряемый уровень преобразуется в пропорциональную ему выталкивающую силу. Действие этой силы воспринимает тензопреобразователь (уровнемеры типа

Сапфир-Ду), либо индуктивный преобразователь (УБ-ЭМ, EZModulelevel), либо заслонка, перекрывающая сопло (пневматические уровнемеры типа ПИУП). Зависимость выталкивающей силы от измеряемого уровня линейная.



Рисунок 1.7 – Механический уровнемер буйкового типа BW 25
(индикатор уровня)

Уровнемеры типа Сапфир-ДУ. При изменении измеряемого уровня происходит изменение гидростатической выталкивающей силы, воздействующей на чувствительный элемент – буюк. Это изменение через рычаг передается на тензопреобразователь, размещенный в измерительном блоке, где линейно преобразуется в изменение электрического сопротивления в токовый выходной сигнал. Гидравлический демпфер, внутренняя полость которого заполнена вязкой жидкостью сглаживает колебания.

Уровнемеры типа EZModulelevel изменение уровня жидкости, в которую погружен буюк, находящийся под действием корректирующей пружины, вызывает вертикальное перемещение сердечника внутри линейно-регулируемого дифференциального трансформатора (далее – ЛРДТ) [14].

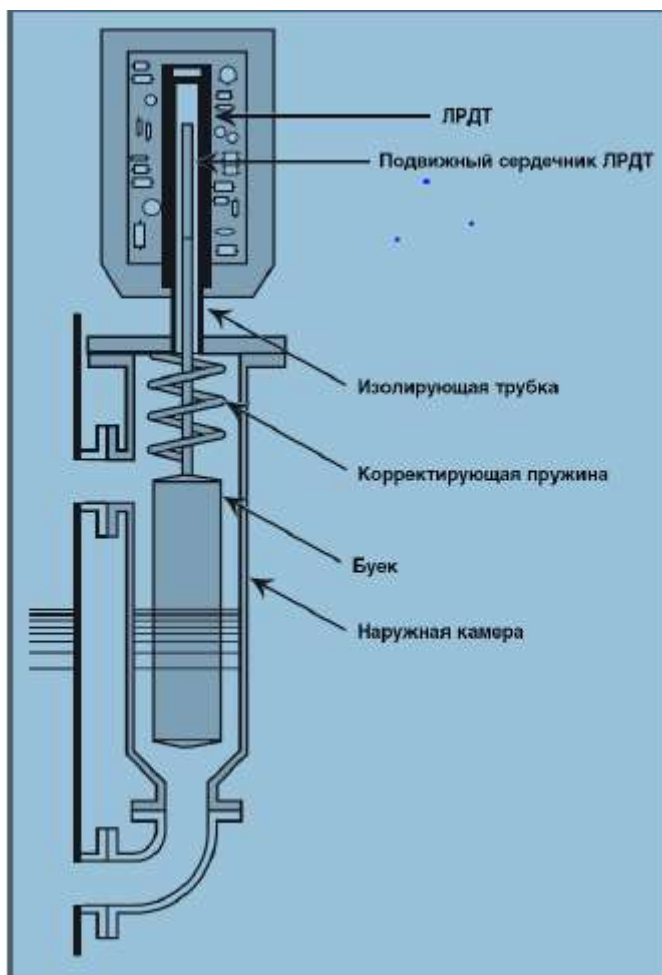


Рисунок 1.8 – Принцип действия буйкового уровнемера EZModulelevel с индуктивным преобразователем, производства Magnetrol

Изолирующая трубка служит в качестве неподвижной преграды, отделяющей ЛРДТ от контролируемой среды. При изменении положения сердечника вместе с уровнем жидкости, во вторичной обмотке ЛРДТ наводится

ЭДС. Эти сигналы обрабатываются электроникой и используется для управления током 4...20 мА в выходной токовой петле.

Уровнемеры типа ПИУП, принцип действия преобразователей основан на пневматической силовой компенсации. При изменении измеряемого уровня жидкости на чувствительном элементе (буйке) возникает усилие, которое через систему рычагов и тяг перемещает заслонку пневмопреобразователя.

Буйковые уровнемеры предназначены для измерения уровня в диапазоне до 10 м, при температурах -50...+120 С (в диапазоне + 60...120 С) при наличии теплоотводящего патрубка, при температурах 120...400 С приборы работают как индикаторы уровня и давления до 20 МПа, обеспечивая точность 0,25...1,5%. Плотность контролируемой жидкости: 0,4...2 г/см³.

В зависимости от характеристик измеряемой среды механические уровнемеры устанавливаются непосредственно на емкости или в выносной камере, с использованием теплоотводящего патрубка или без него. В том случае, когда имеется значительная пульсация уровня жидкости или по условиям эксплуатации аппарата датчика уровня не может быть установлен непосредственно в нем применяют выносные камеры.

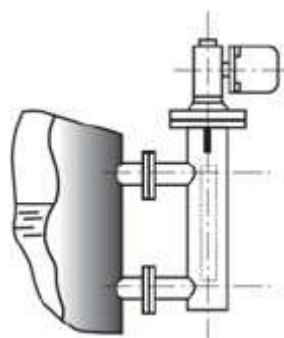


Рисунок 1.9 – Установка преобразователя на выносной камере

1.6 Гидростатические уровнемеры

Гидростатический метод измерения уровня основан на измерении гидростатического давления столба жидкости по формуле $P = \rho gh$, где P – давление, ρ – плотность, g – ускорение свободного падения, h – высота столба жидкости, не зависящее от формы и объема резервуара.

Гидростатические датчики давления (уровня) применяются для измерения уровня любых жидкостей, начиная от воды и заканчивая пастами, в резервуарах, скважинах, колодцах. Гидростатические уровнемеры дешевы и просты по конструкции, но имеют ограниченное применение из-за условий применения (монтаж на днище резервуара, требуется постоянная плотность измеряемого объекта, только для спокойных объектов процессов). Постоянный контакт с измеряемым объектом так же накладывает свои ограничения.

Конструктивно гидростатические датчики бывают двух типов: колокольные (погружные) и мембранные (врезные)



Рисунок 1.10 – Гидростатические уровнемеры



Рисунок 1.11– Датчик гидростатического давления (уровня) с выносной разделительной мембраной Rosemount 3051, производства EmersonProcessManagement

Гидростатические уровнемеры погружного типа, у которых непосредственно измерительная ячейка давления опускается сверху на штыре или специальном кабеле, применяются в каналах, заглубленных резервуарах, скважинах, колодцах и т. п.

Датчики врезного типа предназначены для монтажа в нижней части емкости. Такой способ монтажа возможен только для емкостей расположенных на поверхности, то есть когда есть доступ к нижней части резервуара. Выносные разделительные мембраны предназначены для измерения расхода давления и уровня в сложных условиях, таких как критические температуры и агрессивные среды.



Рисунок 1.12 – Выносные разделительные мембраны Rosemount 1199

Выносные разделительные мембраны следует использовать в следующих случаях [13]:

- температура технологического процесса выходит за рамки стандартного рабочего диапазона датчика давления и не может быть скомпенсирована с помощью импульсных линий;
- рабочая среда является агрессивной и может потребоваться частая замена датчика или использование специальных материалов мембраны;
- рабочая среда содержит взвешенные частицы или обладает повышенной вязкостью в результате чего может произойти закупорка импульсной линии;
- имеется необходимость в удобной очистке соединений от рабочей среды во избежание накопления отложений;
- рабочая среда может замерзнуть или затвердеть внутри датчика или импульсной линии;
- в случае необходимости измерения плотности или уровня раздела сред.

Гидростатические уровнемеры позволяют производить измерения в диапазоне до 250 КПа, что соответствует (для воды) 25-и метрам, с точностью до 0,1% при избыточном давлении до 10 МПа и температуре рабочей среды -40... +120 С.

Достоинства:

- точность;
- применим для загрязненных жидкостей;
- реализация метода не предполагает использования подвижных механизмов;
- соответствующее оборудование не нуждается в сложном техническом обслуживании.

Недостатки:

- движение жидкости вызывает изменение давления и приводит к ошибкам измерения (давление относительно плоскости отсчёта зависит от скорости потока жидкости вследствие закона Бернулли);
- атмосферное давление должно быть скомпенсировано;
- зависимость показаний от плотности жидкости, поэтому изменение плотности может быть причиной ошибки измерения.

Принцип действия основан на преобразовании деформации упругого чувствительного элемента под воздействием гидростатического давления (столба жидкости над чувствительным элементом) в аналоговый токовый сигнал.

В случае врезного исполнения тензорезистивный или емкостной датчик непосредственно соединен с мембраной, и весь прибор находится внизу емкости, как правило, сбоку на фланце, при этом расположение мембраны соответствует минимальному уровню.

В случае колокольного датчика упругий чувствительный элемент погружен в рабочую среду и передает давление жидкости на тензорезистивный сенсор, через столб воздуха, запаянный в подводящей трубке. В качестве чувствительного элемента используется тензорезисторы, соединенные с мембраной тензопреобразователя.

Гидростатические уровнемеры – датчики избыточного давления, поэтому необходима связь сенсора с атмосферой. У датчиков избыточного давления измеряемая среда и атмосферное давление в баке действуют с одной стороны

чувствительного элемента, и только атмосферное давление – с другой. Для открытых емкостей атмосферное давление в баке компенсируется атмосферным давлением вне его и датчик измеряет только давление среды.

Для полностью закрытых емкостей, где создается избыточное давление между крышкой емкости и жидкостью, наиболее оптимальным будет применение гидростатических датчиков дифференциального давления. В этом случае, с помощью специального капилляра необходимо связывать датчик дифференциального давления с областью избыточного давления емкости.

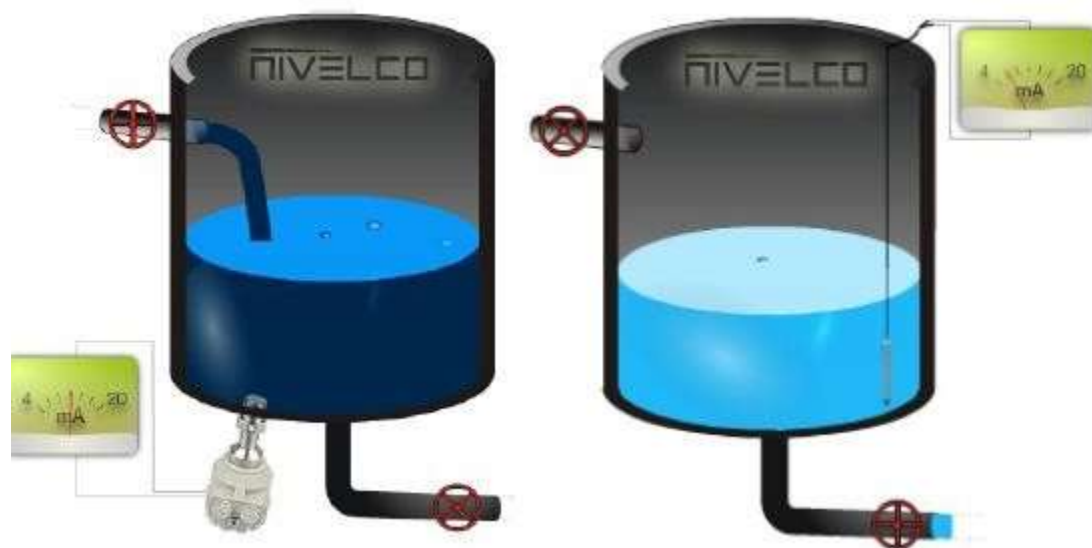


Рисунок 1.13 – Резервуары с врезным и погружным гидростатическими датчиками уровня, производитель Nivelco, Венгрия

При монтаже гидростатических уровнемеров, чтобы избежать влияния повышенного давления при закачивании жидкости, так как струя насоса может создавать область повышенного давления, датчики надо устанавливать на максимальном удалении от источника турбулентности.

1.7 Электрические уровнемеры

Принцип действия электрических уровнемеров основан на различии электрических свойств жидкостей и газов. При этом жидкости, уровень которых измеряется, могут быть как проводниками, так и диэлектриками; газы же, находящиеся в нежидкостном пространстве, всегда диэлектрики. Основным параметром, определяющим электрические свойства проводников, является их электропроводность, а диэлектриков – относительная диэлектрическая проницаемость, показывающая, во сколько раз по сравнению с вакуумом уменьшается в данном веществе сила взаимодействия между электрическими зарядами. В зависимости от того, какой выходной параметр (сопротивление, емкости или индуктивность) первичного преобразователя «реагирует» на изменение уровня, электрические уровнемеры подразделяются на такие виды: емкостные, кондуктометрические и вибрационные.

Уровеньмер емкостный обеспечивает измерение текущего уровня и сигнализацию двух перестраиваемых предельных уровне воды, щелочи, кислот, нефти и нефтепродуктов и продуктами его размола песка, извести, а также других жидких и сыпучих сред, в том числе в емкостях, находящихся под избыточным давлением.

Работа таких уровнемеров основана на различии диэлектрической проницаемости жидкостей и воздуха. Простейший первичный преобразователь емкостного прибора представляет собой электрод (металлический стержень или провод), расположенный в вертикальной металлической трубке. Стержень вместе с трубой образуют конденсатор.

Емкость такого конденсатора зависит от уровня жидкости, так как при его изменении от нуля до максимума диэлектрическая проницаемость будет изменяться от диэлектрической проницаемости воздуха до диэлектрической проницаемости жидкости.

Емкостной метод обеспечивает хорошую точность порядка 1,5% имеет те же ограничения, что и поплавковый – среда не должна налипать и образовывать отложения на чувствительный элемент (далее – ЧЭ). Емкостные датчики широко распространены и используются для определения наличия рабочей среды: как жидкой, так и сыпучей (порошки, цемент, гранулированные продукты), как электропроводной, так и неэлектропроводной. Характерным принципиальным ограничением для емкостного метода является – однородность среды, среда должна быть однородной, по крайней мере, в зоне расположения ЧЭ. Условия применения емкостных датчиков по характеристикам рабочей среды: температура $-40...+200$ С, давление – до 2,5 МПа, диапазон измерения – до 3 м (30 м – для гибких и тросовых ЧЭ).



Рисунок 1.14 – Емкостные датчики уровня Liquicap, производства Endress + Hauser



Рисунок 1.15 – Пример установки емкостного уровнемера, производитель Nivelco, Венгрия

Некоторые емкостные датчики обеспечивают считывание через стенку неметаллического резервуара, что позволяет определять положение уровня без проникновения в резервуар или без контакта с продуктом. Датчик можно установить на плоской стенке резервуара или навить вокруг неметаллической трубы.

ЧЭ емкостного уровнемера представляет собой конденсатор, обкладки которого погружены в среду. Он может быть выполнен в виде двух concentric труб, пространство между которыми заполняется средой, либо в виде стержня, при этом роль второй обкладки играет металлическая стенка емкости. В случае проводящей жидкости ЧЭ покрывается изолятором, обычно фторопластом.

Принцип действия емкостных уровнемеров основан на различии диэлектрической проницаемости контролируемой среды (водных растворов солей, кислот, щелочей) и диэлектрической проницаемости воздуха либо

водяных паров. Когда зонд находится в воздухе (1), измеряется некоторая низкая начальная емкость [15, 16]. Изменение уровня жидкости приводит к изменению емкости ЧЭ до значения (2, 3), преобразуемой в выходной электрический сигнал постоянного тока 4-20 мА.

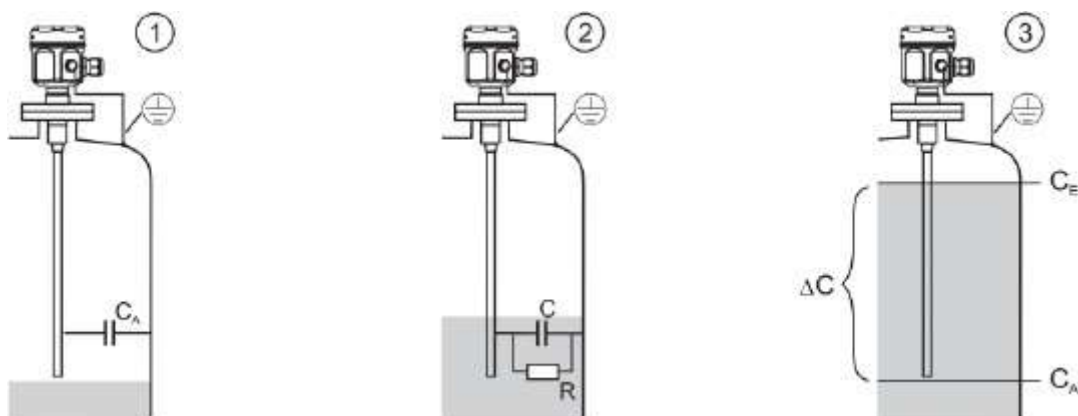


Рисунок 1.16 – Принцип действия емкостного уровнемера

Емкостные датчики отличаются большим разнообразием конструктивных исполнений для конкретных применений, могут быть стержневого, трубчатого типов, гибкие, тросовые и т. п. При выборе типа датчика должны учитываться в первую очередь, как состав контролируемой среды, так и её диэлектрические свойства. Для датчиков, работающих в проводящей среде, необходимо выбирать конструкцию с изолированным электродом.

Емкостные уровнемеры применяются в следующих средах [17]:

- жидкость, суспензии, порошки, гранулы;
- химикалии с плотными слоями газа над поверхностью;
- Вязкие и агрессивные среды (масла, азотная, серная, соляная кислота);
- высокое давление, высокая температура от -60 до +250 С или вакуум.

Достоинства емкостных датчиков уровня:

- быстродействие;
- простота;

- малая масса;
- высокая чувствительность;
- отсутствию механических подвижных инерционных частей;
- электроды с фторопластовым покрытием обеспечивают возможность их применения в агрессивных средах.

Недостатки:

- высокая чувствительность к изменению электрических свойств жидкостей, обусловленных изменением их состава, температуры и т. п.;
- образование на элементах датчика электропроводящей или непроводящей пленки вследствие химической активности жидкости, конденсации ее паров, налипания самой жидкости на контактирующей в ней элементы и т. п.

Кондуктометрические датчики уровня применяют для контроля одного или нескольких предельных уровней жидкости, проводящей электрический ток. Действие кондуктометрического (омического) уровнемера основано на измерении сопротивления между электродами, помещенные в измеряемую среду.

Кондуктометрические уровнемеры (уровнемеры сопротивления) применяются для измерения уровня проводящих жидкостей (более 0,2 См/м): растворы щелочей и кислот, расплавленные металлы, вода, водные растворы солей, молоко и сыпучие материалы с удельной проводимостью более 1 мкС/см.

Датчики уровня кондуктометрические бывают как одностержневыми (одноэлектродные), так и многостержневыми (многоэлектродными) для контроля нескольких уровней жидкости. Многостержневые кондуктометрические датчики уровня могут иметь от 1 до 5 электродов различной длины.



Рисунок 1.17 – Кондуктометрический сигнализатор уровня FLX,
производство KLAYinstrumentsBV



Рисунок 1.18 – Кондуктометрический датчики уровня 5 – стержневой HR – 6.5

Применимость кондуктометрических датчиков по условиям давления и температуры рабочего процесса в емкости находится в пределах 350 С и 6,3 МПа (как правило для стандартных исполнений 200 С и 2,5 МПа) и определяется материалом изолятора электрода. Ограничения на применение данного типа датчиков могут накладывать такие свойства рабочей среды как сильное парение

рабочей среды, сильное вспенивание, образование проводящих отложений на изоляторе или изолирующих отложений на чувствительном элементе

Основные достоинства:

- простота и прочность;
- отсутствие движущихся механических частей;
- нечувствительны к турбулентности;
- технологическим процессом допускается высокая температура и давление;
- простая регулировка и обслуживание.

Недостатки:

- непригодны для клейких веществ и диэлектриков;
- масляные вещества могут вызывать налипание на электроды тонкого слоя

непроводящего покрытия, что может быть причиной отказа.

Первичный преобразователь кондуктометрического уровнемера представляет собой два электрода, глубина погружения которых в жидкость и определяет текущее значение ее уровня, причем одним из электродов может быть стенка резервуара или аппарата. В зависимости от уровня измеряется сопротивление между электродами. Выходным параметром преобразователя является его сопротивление или проводимость. При измерении уровня «сверхпроводящих» жидкостей (например, жидких металлов) возможно применение кондуктометрических уровнемеров с одним электродом, роль второго электрода при этом выполняет заземленный сосуд.

Основные факторы, ограничивающие точность кондуктометрических уровнемеров – непостоянство площадей поперечных сечений электродов и вследствие этого непостоянство удельных сопротивлений по длине электродов, а также образование на электродах пленки (окисла или соли) с высоким удельным сопротивлением, что приводит к резкому неконтролируемому снижению чувствительного датчика.

Кроме того, на точность кондуктометрических уровнемеров существенное влияние оказывает изменение электропроводности рабочей жидкости, поляризация среды вблизи электродов. Вследствие этого погрешности кондуктометрических методов измерения уровня (даже при использовании различных компенсационных схем) достаточно высоки (до 10%), поэтому они находят преимущественное применение в качестве сигнализаторов уровня проводящих жидкостей [18].

1.8 Вибрационные уровнемеры

Вибрационные датчики уровня используются в качестве надежных сигнализаторов уровня жидких и сыпучих веществ различной плотности и вязкости в широком диапазоне давлений и температур.

Модульная конструкция приборов позволяет использовать их в емкостях, резервуарах и трубопроводах. Благодаря универсальной и простой измерительной системе, сигнализатор уровня практически не критичен к химически и физическим свойствам жидкости. Он работает даже при неблагоприятных условиях, таких как турбулентность, пузырьки воздуха. Вибрационные сигнализаторы уровня способны измерять уровень почти всех жидкостей. Вибрирующий элемент приводится в действие пьезоэлектрическим методом и вибрирует с механической резонансной частотой приблизительно 1200... 1300 Гц.

Пьезоэлементы закреплены механически и не подвергаются воздействию теплового удара. При погружении вибрирующего элемента в измеряемую среду частота изменяется. Это изменение частоты улавливается встроенным генератором и преобразуется в команду на переключение.



Рисунок 1.19 – Вибрационный сигнализатор уровня для сыпучих веществ OPTISWITCH 3000



Рисунок 1.20 – Вибрационный уровнемер LiquiphantFTL 20

Вибрационные уровнемеры, как правило, компактны и могут работать без внешней обработки сигнала, имеют встроенный блок электроники, который обрабатывает сигнал уровня и преобразует его (в зависимости от типа встроенного генератора) в соответствующий выходной сигнал. При помощи этого выходного сигнала можно работать с подключенными дополнительными

устройствами напрямую (например, системой предупреждающей сигнализации, ПЛК, насосами и т. д.)



Рисунок 1.21 – Емкости с вибрационными сигнализаторами уровня Nivoswitch, производитель Nivelco, Венгрия

Диапазон применимости датчиков по температуре $-50...+250$ С, давлению – до 64 атм, плотность рабочей среды – в пределах $0,5...2,5$ г/см³. Датчики обеспечивают точность срабатывания 1мм. Помимо предельных выключателей уровня характерно применение вибрационных сигнализаторов в качестве датчиков сухого хода в трубопроводах. Вибрационные сигнализаторы выпускаются в широком диапазоне исполнений, в том числе для пищевых производств, взрывоопасных условий, агрессивных сред.

Достоинством вибрационных датчиков уровня является невосприимчивость к размерам частиц, плотности и влажности среды, к влиянию электрических и магнитных полей. Вибрационный датчик уровня сохраняет работоспособность даже при значительном налипании контролируемого материала на рабочие поверхности пластин резонатора. На показания вибрационных датчиков уровня

не влияет наличие пены, пузырьков, взвешенных частиц в измеряемой среде.

Вибрационные уровнемеры – это лучшее решение для липких сред.

Основное применение вибрационные датчики уровня нашли в:

1. Производстве строительных материалов: гипс, цемент, штукатурка, щебень, песок, керамзит, угольный порошок, пепел.
2. Пищевой промышленности: мука, сахар, соль, сода.
3. Химической промышленности: пластиковый порошок, известь, кремниевая кислота, удобрения, моющие средства, различные порошки.
4. Энергетике: летучая зола, пыль.
5. Очистных сооружениях: шлам и осадок в воде.

Основные достоинства:

- отсутствуют движущиеся части;
- не требуют дополнительных допусков и испытаний во время эксплуатации;
- нет потребности в калибровке;
- невосприимчивы к образованию конденсата;
- нечувствительны к турбулентности, образованию пены и внешней вибрации;
- допускают любую пространственную ориентацию;
- нечувствительны к большинству физических свойств измеряемого вещества (исключение плотности);
- могут определять уровень твердых веществ с минимальной плотностью до $0,008 \text{ г/см}^3$;
- проверка функционирования может проводиться на месте монтажа.

Недостатки:

- клейкие вещества и твёрдые частицы в жидкостях могут служить причиной отказов;
- твердые частицы могут заклинивать колебательную вилку.

Типичным применением является защита от переполнения или «сухого» пуска.

Принцип действия датчика – вибрационный, основанный на различии резонансных колебаний чувствительного элемента – камертонного резонатора в газовой (воздушной) среде и в жидкости (сыпучем материале). Пьезоэлектрический кристалл при подаче на него напряжения создает колебания чувствительной вибрационной вилки с частотой 1300 Гц. Изменение этой частоты колебаний камертонного резонатора в свободном и задемпфированном материалом состоянии отслеживаются электроникой в непрерывном режиме. При погружении вилки в жидкость или сыпучий продукт частота колебания вилки уменьшается, что приводит к переключению контактов сигнализатора. Аналогично при снижении уровня жидкости или сыпучего продукта вилка переходит в состояние «сухой контакт», при этом частота колебаний вилки увеличивается, что приводит к обратному переключению контактов. Сигнал об изменении состояния контактов подается в систему управления или на исполнительные механизмы (насосы, клапаны и т. п.) [13].

1.9 Описание уровнемера волноводного Eclipse 706

Уровнемеры предназначены для контроля уровня большинства видов жидкостей, в т. ч. Суспензий эмульсий и других растворов на водной основе.

Характеристики вибрационного сигнализатора уровня:

- контролируемые среды: практически все жидкости с плотностью не ниже 600 кг/м³ и вязкостью от 0.2 до 10000 сП;
- температура процесса от -40 до 150 С;
- температура окружающей среды от -40 до 80 С;
- давление процесса от -0,1 до 10 МПа (до 3 МПа – при использовании гигиенических соединений);

– наличие взрывозащищенного исполнения для модели 2120.

На работу сигнализаторов практически не влияют: турбулентность процесса, пузырьки, пена, вибрация, содержание твердых веществ, свойства жидкости и ее состав.

Сигнализаторы моделей 2120 предназначены для применений в безопасных или опасных зонах, а 2110 только для безопасных условий при температурах технологического процесса до 150 С. Малая длина вилки 44 мм позволяет устанавливать сигнализаторы 2110 или 2120 под любым углом на трубопроводы малых диаметров или резервуаров. Длина вилки варьируется от 44 мм до 3 м с удлинителем.

Вибрационные сигнализаторы уровня применяются для:

1. Защиты от переполнения.

Сигнализаторы уровня серии 2110 или 2120, установленные для контроля верхнего уровня жидкости в резервуарах способны обеспечить надежную защиту от переливов и, в случае аварийной ситуации, подать сигнал о переполнении в систему управления или на исполнительные механизмы.

2 . Защита от ложных переключений.

Зачастую, в дозировочных резервуарах установлены мешалки или другие аппараты для смешивания сред и обеспечения однородности продукта и его текучести. Выбираемое пользователем одно из заданных значений времени задержки в диапазоне от 0,3 до 30 с, позволит исключить риск ложного переключения, спровоцированного попаданием брызг продукта от работающего оборудования.

3 . Защита насосов при установке на трубопровод.

Малая длина вилки – 50 мм – позволяет устанавливать 2120 под любым углом на трубопроводы малых диаметров или резервуаров. Если выбрать опцию переключения с непосредственной нагрузкой, сигнализатор обеспечивает

надежный контроль за работой насоса и может быть использован для защиты от его работы всухую.

4 . Сигнализации верхнего или нижнего уровня.

Зачастую сигнализаторы уровня устанавливают в качестве независимого устройства для контроля верхнего и нижнего уровней, а также для обеспечения дополнительной защиты от переливов на случай отказа уровнемера.

Выводы по разделу один:

Разобравшись в выше перечисленной информации можно сделать заключение, что лучшим выбором будет являться радарное средства измерения. Так как радарные датчики уровня не имеют контакта с продуктом, что позволяет использовать их с агрессивными продуктами в тяжелых условиях (высокое давление, высокие температуры, пары и газы над поверхностью), высокая точность.

2 РАЗРАБОТКА ИИС НА ОСНОВЕ ВЫБРАННОГО УРОВНЕМЕРА

2.1 Функциональная схема ИИС

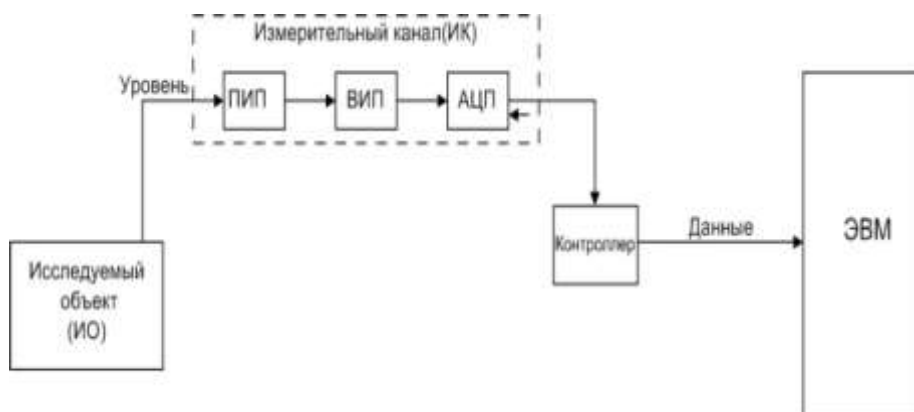


Рисунок 2.1 – Функциональная схема ИИС

2.1.1 Описание функциональной схемы

Измеряемый физический параметр преобразуется на сенсоре в электрическую величину, поступающую в измерительный канал. Где формируется сигнал для интерфейса RS485 и передается на контроллер, а тот, в свою очередь, преобразует сигнал и передает его на электронно-вычислительную машину (далее – ЭВМ).

2.2 Структурная схема ИИС

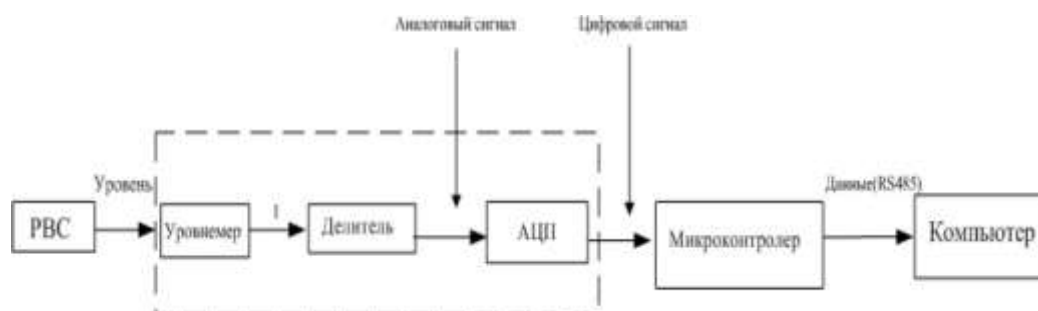


Рисунок 2.2 – Структурная схема ИИС

2.2.1 Описание структурной схемы

Физический параметр (уровень), отправленный соответствующим уровнемером, передается на делитель, где он в свою очередь преобразуется в аналоговый сигнал для корректной работы аналого-цифрового преобразователя (далее – АЦП) и микроконтроллера. Поступивший аналоговый сигнал на АЦП преобразуется в цифровой и передается микроконтроллеру. В микроконтроллере происходит вычисление расстояния от колебательного контура до жидкости в резервуаре. Результат выводится на жидкокристаллический индикатор в виде расстояния, который в свою очередь выводится с помощью интерфейса RS485.

2.3 Принципиальная схема ИИС

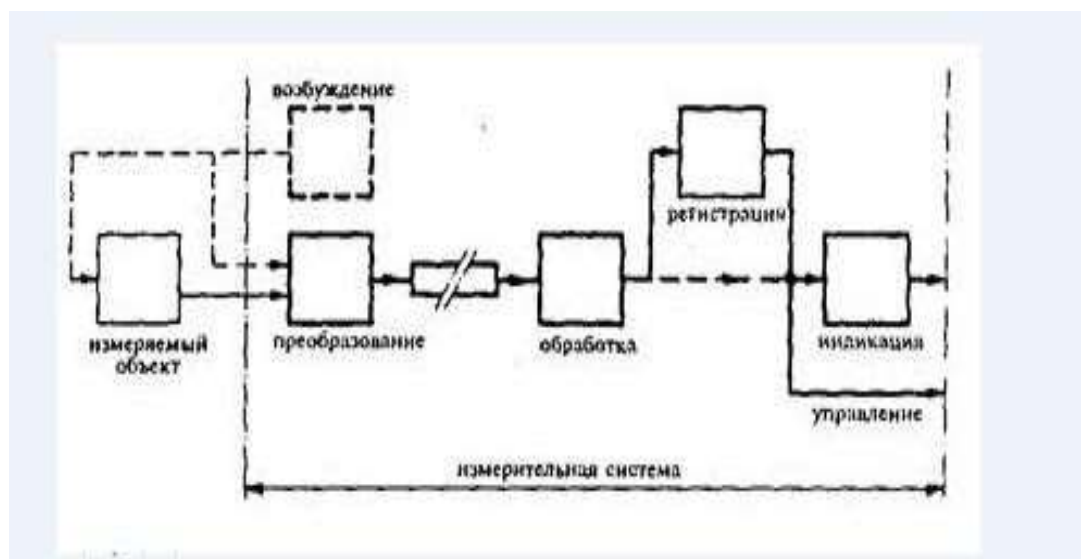


Рисунок 2.3 – Принципиальная схема ИИС

2.3.1 Описание работы принципиальной схемы

Микросхема DA1 (AD7714), представляет собой законченную систему аналого-цифрового преобразования для низкочастотных измерений, которая принимает сигналы с низким уровнем, непосредственно с сенсора, и выдает цифровой код – результат преобразования в последовательном формате. В AD7714 используется сигма – дельта метод преобразования, что позволяет достичь разрешения до 24 разрядов без пропущенных кодов [11]. Входной сигнал подается на входной каскад с программируемым усилением, встроенный усилитель позволяет обойтись без внешних схем предварительного формирования сигнала. Выходной сигнал модулятора обрабатывается внутренним фильтром. АЦП имеет три дифференциальных аналоговых входа.

DD1 (микроконтроллер MSP430F149) Представитель серии микроконтроллеров MSP430, характерными особенностями которых является

сверхнизкое энергопотребление и 16-ти разрядная RISC архитектура. Основные тех-особенности MSP430F149:

- блок генератор;
- 6 портов /вывода;
- компаратор;
- два 16-ти битных таймера, со схемами захвата/сравнения;
- высокоскоростная 6-ти канальная 12-ти разрядная АЦП.

Микроконтроллер сопрягается с сигма-дельта АЦП (ADD7714), по 3-х проводной схеме. Вывод P1.0 конфигурируется для работы на выход, он необходим для подачи сигнала синхронизации на вход АЦП (этот сигнал необходим при обмене данными между АЦП и микроконтроллером [19].

Вывод P5.5 настраиваем на выполнение альтернативной функции, с этого вывода будет подаваться сигнал тактирования АЦП.

2.4 Расчёт параметров

2.4.1 Расчет элементов измерительной цепи

Сопротивление резистора R6 определяется следующим неравенством

$$R_2 (1 - 50 * 10^{-6} * 50 - 0,005) \quad (1)$$

$$R_2 \geq 165,44$$

После приведенных расчётов выбираем прецизионный резистор C2-29B-0,125+0,5% с ближайшим номиналом 167 Ом.

С помощью резистора R1 устанавливаем необходимый ток:

$$I = \frac{U_n}{R_1 + R_2 + R_3} \quad (2)$$

С точки зрения повышения помехоустойчивости, чем больше ток, тем лучше, однако с увеличением тока растет дополнительная погрешность сопротивления, вызываемая его саморазогревом. Поэтому обычно среднее тока не должно превышать 1мА.

Выбираем из стандартного ряда номиналов: 2,7кОм, и таким образом полное наименование резистора будет С2-33Н-0,125-2,7 кОм+10%

Напряжение на входе RXD микроконтроллера рассчитывается по формуле:

$$U_{RXD} = \frac{U_{CC} \cdot R_{VT}}{R_4 + R_{VT}}, \quad (3)$$

где R_{VT} – сопротивление р – n перехода транзистора;

U_{CC} – напряжение питания (3 В).

При наличии логической единицы на выходе TXD компьютера на входе RXD микроконтроллера должно быть напряжение, не меньше 2,4 В. При этом транзистор будет закрыт и сопротивление его р-n перехода будет равно примерно 100кОм.

$$\frac{3 * 100000}{R_4 + 100000} \geq 2,4$$

Решая это неравенство, получаем $R_4 \geq 2750 \text{ Ом}$.

Таким образом, выбираем $R_4 = 10 \text{ кОм}$ для ограничения величины тока потребления. Тогда при логической единице на выходе TXD напряжение будет 2,727 В; при логическом нуле – напряжение 0,030 В.

Резистор R_6 рассчитывается следующим образом: активный уровень управляющих сигналов 5 В, падение напряжения на диоде обеспечивает защиту

от неправильного включения равно 1,1 В, ток через светодиод 10 мА, т.е. напряжение на резисторе равно 3,9 В, следовательно сопротивление резистора R6 равно 390 Ом.

2.4.2 Расчёт погрешности измерительного канала датчика уровня

Полная погрешность ИИС представляет собой сумму систематической и случайной погрешностей

$$\Delta = |\Delta_c| + \gamma \cdot \delta|\Delta| \quad (4)$$

Для расчёта полной систематической погрешности воспользуемся формулой

$$\Delta_c = M|\Delta_c| + k \cdot \delta|\Delta_c|, \quad (5)$$

где $M|\Delta_c|$ – математическое ожидание погрешностей на выходе элементов;

k – коэффициент Стьюдента;

$\delta|\Delta_c|$ – среднеквадратическое отклонение (далее – СКО) систематической составляющей погрешности на выходе измерительных информационных систем (ИИС)[12].

Дисперсия случайной составляющей погрешности ИИС вычисляется по формулам, дисперсии систематической составляющей. И ее СКО:

$$\delta(\Delta) = \sqrt{\sigma^2(\Delta) * (A_1 * A_2 * A_3 * A_N)^2 + \sigma(\Delta_2) * (A_3 * A_N)^2}, \quad (6)$$

где A_N – функция преобразования.

Для расчёта полной погрешности проанализируем, какие погрешности действуют на составные части измерительного канала.

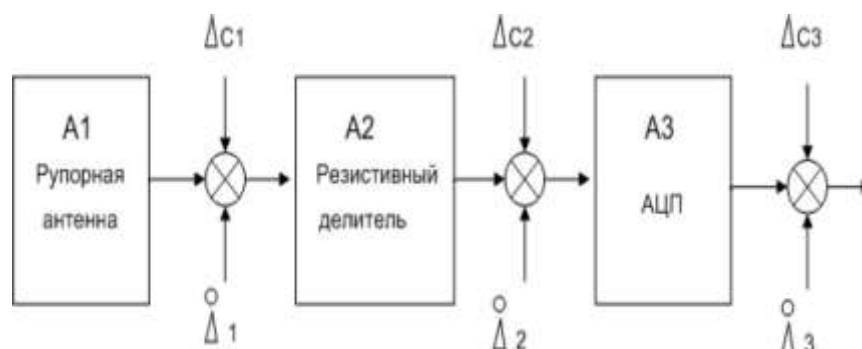


Рисунок 2.3 – Измерительный канал

Рассчитаем функции преобразования на каждом элементе.

Для уровня:

$$A1 = \frac{0,02}{80} = 0,00025$$

$$A2 = \frac{0,6}{0,02} = 30$$

$$A3 = \frac{80}{0,6} = 133,3$$

Математическое ожидание $M|\Delta_c|$ на всех участках канала равно нулю.

Рассчитаем СКО систематической составляющей погрешности на каждом элементе:

2.4.2.1 Рупорная антенна

$\pm \gamma = 0,1$ - класс точности

$$\pm \Delta_{ocp1} = \frac{0,1 * 0,02 A}{100} = 0,00002 A$$

$$\sigma_{c1} = \frac{\pm \Delta_{ocp1}}{\sqrt{3}} = \frac{0,00002 A}{\sqrt{3}} = 1,1561 * 10^{-5} A$$

2.4.2.2 Резистивный делитель

$\pm \gamma = 0,1$ - класс точности

$$\pm \Delta_{\text{ocp1}} = \frac{0,1 * 0,6B}{100} = 0,0006 B$$

$$\sigma|\Delta_{\text{c3}}| = \frac{\pm \Delta_{\text{oc33}}}{\sqrt{3}} = \frac{0,0006 B}{\sqrt{3}} = 0,00035 B$$

2.4.2.3 АЦП

$$1LSB = \frac{0,6B}{2^{24}}$$

$$\sigma|\Delta_{\text{c4}}| = \frac{1LSB}{\sqrt{3}}$$

$$\sigma|\Delta_{\text{c4}}| = \frac{0,6B}{2^{24}} * \frac{\sqrt{3}}{1} = 5,17 * 10^{-9} B$$

Рассчитаем СКО случайной составляющей погрешности на каждом элементе на 1,2 – и 3 элементах будет равно нулю.

АЦП имеет 24 – разрядное ядро с частотой входного сигнала (уровня)

$F(H)=80\text{Hz}$ и быстродействием $a = 7 * 10^{-4} \text{c}$.

Приведенное значение дисперсии результирующей погрешности АЦП с равномерной шкалой квантования для случайного сигнала с нормальным распределением спектра с $M|\Delta_{\text{c}}| \neq 0$

$$\sigma(\Delta) = \frac{1}{12 \cdot 2^n} + \frac{\sigma_x^2 \cdot T_{\text{np}}^2}{9}, \quad (7)$$

Время преобразования

$$T_{\text{np}} = a \cdot n, \quad (8)$$

Дисперсия производной процесса

$$\sigma_x^2 = |R_x(\tau)|_{\tau=0} \quad (9)$$

Вторая производной функции $R_x(\tau)$

$$a = (\sqrt{1 + \sqrt{2}}) \cdot 2 \cdot \pi \cdot F_{\max} \quad (10)$$

По формулам (8),(9) и (10) находим приведенную полную погрешность для случайного сигнала.

Для (уровня):

$$\sigma(\Delta)^2 = \frac{1}{12 \cdot 2^{24}} + \frac{(\sqrt{1 + \sqrt{2}}) \cdot 2 \cdot \pi \cdot 80 \cdot (7 \cdot 10^{-4} \cdot 24)^2}{9}$$

$$\sigma(\Delta_p)_2 = 2,45 \cdot 10^{-2}$$

$$\sigma(\Delta_p) = 0,1565c$$

Значения СКО случайной и систематической составляющей погрешности и функции преобразования (рупорной антенны) для каждого элемента представлены в таблице 2.1

Таблица 2.1 – Значения СКО случайной и систематической составляющей погрешности

$M \Delta_c $	0	0	0
$\sigma \Delta_c $	$1,1561 \cdot 10^{-5} \text{ A}$	0,00035В	$5,17 \cdot 10^{-9} \text{ В}$
$\sigma(\Delta)$	0	0	0,1565
A_i	0,00025А/Гц	30В/А	133,3Гц/В
Элементы	1(Рупорная антенна)	2(Резистивный делитель)	4(АЦП)

Рассчитаем полную погрешность для измерительного канала от рупорной антенны до АЦП по формуле (5)

$\Delta c = M|\Delta c| + \kappa * \delta|\Delta c|$ — полная систематическая погрешность

$$M|\Delta c| = 0$$

$\kappa = 1,96$ — нормальная функция распределения

$$\begin{aligned} \delta|\Delta c| &= \sqrt{\sigma^2(\Delta c1) \cdot (A_2 \cdot A_3)^2 + \sigma^2(\Delta_{c2}) \cdot (A_3)^2 + \sigma^2(\Delta c3)} = \\ &= \sqrt{(1,1561 \cdot 10^{-5})^2 \cdot (30 \cdot 133,3)^2 + (0,00035)^2 \cdot 133,3^2 + (5,17 \cdot 10^{-9})^2} = 0,0657 \end{aligned}$$

$$\Delta c = 0 + 1,96 * 0,0657 = 0,1288 \text{ Гц}$$

$$\begin{aligned} \delta|\Delta| &= \sqrt{\sigma^2(\Delta_1) \cdot (A_2 \cdot A_3)^2 + \sigma^2(\Delta_2) \cdot (A_3)^2 + \sigma^2(\Delta_3)} = \\ &= \sqrt{(0)^2 \cdot (30 \cdot 133,3)^2 + (0)^2 \cdot 133,3^2 + (0,1565)^2} = 0,1565 \text{ Гц} \end{aligned}$$

Полная погрешность измерительного канала для уровня

$$\Delta = |\Delta c| + \gamma \cdot \delta|\Delta| = 0,1288 + 1,96 \cdot 0,1565 = \pm 0,44 \text{ Гц}$$

Выводы по разделу два:

Была разработана функциональная схема, структурная схема и принципиальная схема. Исходя из выбранных АЦП и микроконтроллера, были рассчитаны и выбраны остальные элементы принципиальной электрической схемы, а также рассчитана погрешность измерительного канала.

3 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

3.1 Расчет показателей экономической эффективности работы

Рассчитаем единовременные затраты на создание измерительной информационной системы для управления приборами на основе объектов хранения жидкости в РВС [13]:

$$K=K_{\text{раз}}+K_{\text{прог}}+K_{\text{изг}}, \quad (11)$$

где $K_{\text{раз}}$ – затраты на проектирование (разработку) системы, руб;

$K_{\text{прог}}$ – затраты на программирование, руб;

$K_{\text{изг}}$ – затраты на изготовление, руб.

Данные, необходимые для расчета единовременных затрат на разработанную систему, приведены в таблице 3.1

Таблица 3.1 – Перечень исходных данных для расчета единовременных затрат

№	Показатель	Обозначение	Значение
1	Зарботная плата разработчика, тыс.руб.	$Z_{\text{раз}}$	24
2	Зарботная плата программиста тыс.руб.	$Z_{\text{прог}}$	19
3	Зарботная плата изготовителя тыс.руб.	$Z_{\text{изг}}$	25
4	Коэффициент доплат к зарботной плате, доли ед	$K_{\text{д}}$	0,15
5	Районный коэффициент доли ед.	$K_{\text{р}}$	0,15
6	Коэффициент отчисления в социальные фонды, доли ед	$K_{\text{си}}$	0,3
7	Время разработки системы, мес.	$T_{\text{раз}}$	4,6
8	Время разработки программы, мес	$T_{\text{прог}}$	1,0

Продолжение таблицы 3.1

№	Показатель	Обозначение	Значение
9	Время изготовления системы, мес	$T_{изг}$	2,0
10	Время использования ЭВМ для разработки программы, час	$T_{пр\ зам}$	455
11	Коэффициент накладных расходов, ед доли	K_n	0,5
12	Годовой фонд работы ЭВМ, час	$T_{эвм}$	8760
13	Годовой фонд оплаты труда персонала обслуживающего ЭВМ, тыс. руб.	$ЗП_{эвм}$	24
14	Годовой фонд работы автоматике, час	$T_{авт}$	8760
15	Годовой фонд оплаты труда персонала обслуживающего автоматику, тыс. руб.	$ЗП_{авт}$	200
16	Норма амортизационных отчислений ЭВМ, доли ед.	$H_{эвм}$	0,125
17	Норма амортизационных отчислений автоматике, доли	$H_{авт}$	0,2
18	Норма амортизационных отчислений здания, доли ед	$H_{ад}$	0,015
19	Площадь занимаемая РВС, м ²	$S_{ад}$	4
20	Стоимость одного м ² земли, тыс. руб.	$C_{ад}$	20
21	Стоимость ЭВМ, тыс. руб.	$K_{эвм}$	40
22	Стоимость средств автоматизации, тыс.руб.	K	2778,30
23	Потребляемая мощность датчиков (общая), кВт	$N_{эвм}$	5,1
24	Потребляемая мощность ЭВМ, кВт	$N_{дат}$	0,38
25	Коэффициент интенсивности использования мощности оборудования, доли ед.	K_m	0,7
26	Стоимость кВт/часа, руб	$Ц$	1,7
27	Коэффициент затрат на ремонт датчиков (от стоимости), доли ед	$K_{зат}$	0,15

Продолжение таблицы 3.1

№	Показатель	Обозначение	Значение
28	Коэффициент затрат на ремонт датчиков (от стоимости), доли ед	$K_{эвм}$	0,05
29	Коэффициент затрат на ремонт втор. приборов и контроллера (от стоимости) доли ед	$K_{пр}$	0,05
30	Ставка НДС, доли ед	НДС	0,18
31	Ставка налога на прибыль, доли ед.	$H_{пр}$	0,20
32	Ставка налога на имущество, доли ед	$H_{им}$	0,022

3.2 Расчет затрат на проектирование (разработку системы)

Затраты на разработку можно представить в виде:

$$K_{раз} = Z_{раз} \cdot T_{раз} \cdot (1 + K_d) \cdot (1 + K_{пр}) \cdot (1 + K_{сн}) \cdot (1 + K_n), \quad (12)$$

где $Z_{раз}$ – месячный оклад разработчика, руб.;

$T_{раз}$ – трудоемкость разработки проекта и проектной документации, чел. мес.;

K_d , $K_{пр}$ – соответственно коэффициенты доплат к заработной плате, районный доли ед.;

$K_{сн}$ – коэффициент отчислений на социальные нужды, доли ед.;

K_n – коэффициент накладных расходов, доли ед.

Перечень элементов трудоемкости разработки представлен в таблице 3.2

Подставив данные и таблицы. 3.2 в формулу (2) получаем $K_{раз}$. Формулу расчета затрат на разработку следует уточнить на предприятии в соответствии с

его организацией начисления заработной платы и механизмом распределения накладных расходов.

Таблица 3.2 – Данные для расчета трудоемкости разработки

№	Стадии разработки	Трудоемкость, чел. месяц
1	Изучение патентов	0,4
2	Изучение литературных источников	0,4
3	Разработка технического задания	0,3
4	Разработка эскизного проекта	0,2
5	Разработка технического проекта	1,0
6	Разработка рабочего проекта	1,2
7	Внедрение работы	1,0
Таким образом, трудоемкость программирования $T_{\text{прог}} = 2,2$		

$$K_{\text{раз}} = 24000 \cdot 2,3 \cdot (1+0,15) \cdot (1+0,15) \cdot (1+0,3) \cdot (1+0,5) = 142353 \text{ руб.}$$

3.3 Расчет затрат на разработку программного обеспечения

Затраты на разработку программного обеспечения можно представить в виде:

$$K_{\text{прог}} = Z_{\text{прог}} \cdot T_{\text{прог}} \cdot (1+K_{\text{д}}) \cdot (1+K_{\text{р}}) \cdot (1+K_{\text{сн}}) \cdot (1+K_{\text{н}}) + C_{\text{мч}} \cdot T_{\text{прог}} \cdot K_{\text{ч}}, \quad (13)$$

где $Z_{\text{прог}}$ – месячный оклад программиста, тыс. руб.;

$T_{\text{прог}}$ – трудоемкость разработки программного обеспечения, чел. мес;

$K_{\text{н}}$ – коэффициент накладных расходов, доли ед.;

$C_{\text{мч}}$ – стоимость машино-часа ЭВМ, руб.;

Кч – коэффициент перевода единиц времени. (Кч = 21·8 = 168)

Стоимость машино-часа ЭВМ рассчитывается по формуле:

$$C_{мч} = S_{экс} / T_{эвм} \quad (14)$$

где $S_{экс}$ – годовые эксплуатационные расходы, связанные с обслуживанием ЭВМ руб.;

$T_{эвм}$ – годовой фонд работы ЭВМ, час:

Эксплуатационные расходы рассчитываются по формуле:

$$S_{экс} = 12 \cdot ЗП \cdot (1 + K_d) \cdot (1 + K_p) \cdot (1 + K_{сн}) + A + T_p + Э + M + Нр_{экс}, \quad (15)$$

где $ЗП$ – месячная оплата труда всего обслуживающего персонала в сумме, руб.;

A – амортизационные отчисления от стоимости ЭВМ и РВС, руб/год;

T_p – затраты на ремонт, руб./год;

$Э$ – затраты на электроэнергию, руб./год;

M – затраты на материалы, руб.;

$Нр_{экс}$ – накладные расходы, связанные с эксплуатацией ЭВМ, руб./год.

Затраты на амортизацию вычисляются по формуле:

$$A = K_{эвм} \cdot Н_{эвм} + C_{зд} \cdot S_{зд} \cdot Н_{зд} \quad (16)$$

где $K_{эвм}$ – балансовая стоимость ЭВМ, руб.;

$Н_{эвм}$ – норма амортизационных отчислений от стоимости ЭВМ, доли ед.;

$C_{зд}$ – стоимость 1 м² земли, руб/м²;

S – площадь, занимаемая ЭВМ, м²;

$Н_{зд}$ – норма амортизационных отчислений от стоимости РВС, доли ед.

$$A = 40\,000 \cdot 0,125 + 20\,000 \cdot 4 \cdot 0,015 = 6200 \text{ руб.}$$

Затраты на ремонт вычислим по формуле:

$$T_p = K_{ЭВМ} \cdot K_{трЭВМ}), \quad (17)$$

где $K_{трЭВМ}$ – коэффициент, учитывающий затраты на ремонт ЭВМ.

$$T_p = 40\,000 \cdot 0,15 = 6000 \text{ руб.}$$

Затраты на электроэнергию, потребляемую ЭВМ за год эксплуатации определяем по формуле:

$$\mathcal{E} = C \cdot T_{ЭВМ} \cdot N \cdot K_m, \quad (18)$$

где C – цена за один кВт·ч электроэнергии, руб;

N – потребляемая мощность, кВт;

K_m – коэффициент интенсивного использования мощности вычислительной техники

$$\mathcal{E} = 1,7 \cdot 8760 \cdot 0,38 \cdot 0,7 = 3961.$$

Затраты на материалы определяем по формуле:

$$M = C_i \cdot M_i \quad (19)$$

где i – вид материала;

C_i – цена i -того материала, руб;

M_i – количество i – го материала.

Расчет может быть представлен в виде таблицы 3.3

Таблица 3.3 – Перечень и стоимость материалов используемых для ЭВМ

№	Наименование материала	Количество в год	Цена за ед. руб.	Стоимость , руб.
1	Спирт этиловый, л	0,6	75	45
2	Компакт – диски, шт	10	12	120
3	Картридж для принтера, шт	2	400	800
4	Бумага, кг	4	200	800
5	Ткань обтирочная кв.м	1	15	15
Итого:				1780

$M = 1780$ руб.

В годовые эксплуатационные затраты по обслуживанию ЭВМ входят также накладные расходы, которые рассчитываются по формуле:

$$N_{рэкс} = 12 \cdot 3P_{эвм} \cdot (1 + K_d) \cdot (1 + K_p) \cdot K_n, \quad (20)$$

где K_n – коэффициент накладных расходов;

$3P_{эвм}$ – месячная заработная плата обслуживающего ЭВМ персонала.

$$N_{рэкс} = 12 \cdot 2000 \cdot (1 + 0,15) \cdot (1 + 0,15) \cdot 0,5 = 15870 \text{ руб.}$$

$$S_{экс} = 12 \cdot 2000 \cdot (1 + 0,15) \cdot (1 + 0,15) \cdot (1 + 0,3) + 6200 + 6000 + 3961 + 1780 + 15870 = 75073,2 \text{ руб.}$$

$$C_{мч} = 98091,4 / 8760 = 8,57 \text{ руб/ч}$$

Исходя из полученных результатов по формуле (3.3) и исходных данных таблицы 3.3 находим капитальные затраты на разработку программного обеспечения $K_{прог}$.

$$K_{прог} = 19000 \cdot 2,2 \cdot (1 + 0,15) \cdot (1 + 0,15) \cdot (1 + 0,3) \cdot (1 + 0,5) + 8,57 \cdot 2,2 \cdot 168 = 109236,7 \text{ руб.}$$

3.4 Расчет затрат на изготовление и отладку проектируемой системы

Для расчета затрат могут быть использованы различные методы:

- калькуляционный метод расчета полной себестоимости;
- агрегатный метод;
- метод удельных весов;
- метод учета затрат на единицу массы изделия;
- балловый метод.

Расчет себестоимости по калькуляционным статьям затрат.

Себестоимость изделия по этому методу определяется по следующим (в общем случае) статьям затрат:

- материалы (по спецификации);
- покупные комплектующие изделия, полуфабрикаты и услуги кооперативных предприятий (по спецификации);
- топливо и электроэнергия на технологические цели;
- производственная заработная плата;
- доплаты к заработной плате;
- отчисления на социальные нужды;
- износ инструментов и приспособлений целевого назначения и прочие специальные расходы;
- расходы на содержание и эксплуатацию оборудования;
- потери от брака;
- накладные расходы;
- налоги, входящие в себестоимость;
- внепроизводственные расходы.

Затраты на основную заработную плату при изготовлении устройства равны:

$$\text{Лизг} = \text{Тизг} \cdot \text{Зизг} \cdot (1+\text{Кд}) \cdot (1+\text{Кр}) \cdot (1+\text{Ксн}), \quad (21)$$

где Зизг – месячная зарплата изготовителя устройства, тыс. руб.;

Тизг - трудоемкость изготовления устройства, мес.

$$\text{Лизг} = 2,0 \cdot 25000 \cdot (1+0,15) \cdot (1+0,15) \cdot (1+0,3) = 85962,5 \text{ руб.}$$

Таблица 3.4 – Показатели экономической эффективности работы

№	Показатель	Значение
1	Единовременные затраты, тыс руб.	3149948
2	Экономия эксплуатационных затрат, тыс. руб.	713377
3	ЧДД, тыс.руб	2112353
4	Срок окупаемости, годы	5,8
5	ВНД, %	28
6	Рентабельность, %	167

В результате проведенных расчетов внедрения измерительной информационной системы для контроля уровня жидкости получены показатели, представленные в таблице 3.4

Полученные результаты свидетельствуют о достаточно высокой экономической эффективности данной работы. Таким образом, можно говорить о прибыльности внедрения разработанной в данной выпускной квалифицированной работе измерительной информационной системы.

Выводы по разделу три:

Произведен расчет экономической эффективности работы, в результате которой была определена ее рентабельность равная 167%, срок окупаемости составит 5,8 лет, внутренняя норма доходности 28%.

4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

4.1 Безопасность работающих

4.1.1 Вредности и опасности на рабочем месте оператора

Рабочую среду РВС (резервуар вертикальный стальной) составляет хранимая жидкость и все технологические процессы сооружения. В качестве хранимой жидкости будет рассмотрена нефть. Нефть представляет собой сложную смесь органических соединений, главным образом углеводородов, которые при несоблюдении определенных профилактических мероприятий могут оказать вредное воздействие на организм человека. Отравляющая способность нефти проявляется в основном тогда, когда углеводороды переходят в парообразное состояние. Пары нефти, а также углеводородные газы действуют, главным образом, на центральную нервную систему.

Предельно допустимая концентрация (далее – ПДК) углеводородов в воздухе рабочей зоны составляет 300 мг/м^3 .

Нижний предел взрываемости в воздухе рабочей зоны нефтяного газа - 3,2% верхний - 13,6% по метану.[15].

Кроме того, электродвигатели насосов работают под высоким напряжением, опасным для жизни.

При сепарации, отстое нефти, при хранении ее в резервуарах велики потери от испарения нефти. Потери нефтяного газа возможны в результате утечек через неплотности, некачественной сепарации, при продувке конденсатосборников газопроводов, ликвидации гидратных и жидкостных пробок, срабатывании предохранительных клапанов, а также при аварии.

По характеру воздействия опасные и вредные факторы подразделяются на 4 группы: физические химические, психофизиологические и биологические.

В группе физических факторов следует выделить:

- загазованность воздуха рабочей зоны при авариях, утечки газа работе в колодках, аппаратах, емкостях;
- опасное напряжение в электроцепи, замыкание которой может пройти через человеческое тело;
- климатические факторы: температура воздуха, скорость ветра, относительная влажность;
- шум и вибрация;
- инфракрасное излучение (при пожаре).

В группе химических факторов следует выделить:

- работа с деэмульгаторами, ингибиторами коррозии;
- воздействие на организм работающих углеводородов нефти и попутного газа.

Группа опасных психофизических факторов обусловлена наличием физических, нервно-психологических и эмоциональных перегрузок.

4.2 Электробезопасность. Молниезащита

При монтаже и техническом обслуживании измерительной информационной системы должны выполняться общие правила работы, установленные для электрических установок. Электрическая изоляция между отдельными электрическими цепями 220 В, 50 Гц и корпусом при температуре окружающего воздуха + 20,5 С -20,5 С и относительной влажности не более 80% должна выдерживать в течение одной минуты действие испытательного повышенного напряжения 1000 В промышленной частоты. Электрическая изоляция между отдельными электрическими цепями и между этими цепями и корпусом при температуре окружающего воздуха +20,5 С -20,5 С и относительной влажности

не более 80% должна быть не менее 0,5 МОм согласно правилам устройства электроустановок (далее – ПУЭ).

В конструкции ИИС должен быть предусмотрен элемент, позволяющий заземлять изделие.

ИИС не должна являться источником загрязнения окружающей среды.

Все внешние части устройств, находящихся под напряжением по отношению к корпусу и (или) общей шине питания должны иметь защиту от случайных прикосновений персонала при контроле и эксплуатации. Рукоятки органов управления настройки и регулировки в цепях с напряжением свыше 42 В должны быть изготовлены из изоляционного материала или иметь изоляционное покрытие.

Конструкция устройств должна исключать возможность попадания в процессе эксплуатации электрических напряжений на наружные металлические части, в том числе на металлические ручки, рукоятки органов управления замки, фиксаторы и т. п. Металлические части изделий, доступные для прикосновения к ним при контроле и эксплуатации (включая регламентные работы), которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции и не имеют других видов защиты, подлежат защитному заземлению.

Защитные приспособления цепей с рабочим напряжением, превышающим 42 В, должны иметь надписи или знаки, предупреждающие обслуживающий персонал об опасности. Предупреждающие надписи и знаки должны быть четкими, не стираемыми.

Устройства, подключаемые к питающей цепи или источникам питания с напряжением выше 42 В, должны иметь сигнализацию, фиксирующую подачу питающего напряжения. Устройства должны быть снабжены указателями положения переключателя напряжения. Выключатель сети питания должен соответствовать напряжению питающей сети, коммутируемой мощности и обеспечивать двухполюсную коммуникацию. Переключатели и другие органы

управления, состояние которых может повлиять на безопасность работы персонала, должны иметь маркировку, обозначающую выполняемые ими функции.

В эксплуатационную документацию на оборудование с рабочим напряжением, превышающим 42 В, должны быть включены требования безопасности при контроле, эксплуатации (включая техническое обслуживание) и ремонте изделий.

Все устройства должны присоединяться к общему контуру заземления РВС с сопротивлением растекания не более 4 Ом и не требовать создания специального контура заземления.

Используемые для монтажа кабели измерительной информационной системы, входящие в состав поставки, должны соответствовать требованиям ПУЭ по сечениям и конструктивному исполнению.

4.3 Пожаробезопасность

Основными взрыво- и пожароопасными, вредными и токсичными веществами, находящимися в производстве, являются нефть с попутным нефтяным газом, газовый конденсат.

Технологическая схема и комплектация основного оборудования гарантируют непрерывность производственного процесса за счёт оснащения технологического оборудования системами автоматического регулирования, блокировки и сигнализации.

Система сбора и транспорта нефти герметизирована. Вся аппаратура, в которой может возникнуть давление, превышающее расчётное, оснащена предохранительными клапанами.

Характеристика среды и объектов по категориям и классам взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности представлена в таблице 4.3.

Для предотвращения пожаров, а также быстрой их ликвидации в случае возникновения необходимо предусмотреть следующие мероприятия:

Таблица 4.3 – Классификация взрывоопасных помещений и установок

Наименование помещений наружных установок и оборудования	Категория зданий и помещений по взрывопожарной и пожарной опасности НПБ 105–95, НПБ 107–97	Класс взрыво-пожаро-опасности по ПУЭ	Категория взрывоопасности и группа взрывоопасных смесей по ГОСТ 12.1.011-78
Сепаратор С–1	А	В–1r	ПА–ТЗ
Сепаратор газовый ГС–1.2	А	В–1r	ПА–Т1
Сепаратор С–1/1.2	А	В–1r	ПА–ТЗ
Сепаратор С–2/1.2	А	В–1r	ПА–ТЗ
Путевой подогреватель нефти ПП–1.6	А	В–1r	ПА–ТЗ
Резервуар технологический РВС	А	В–1r	ПА–ТЗ
Дренажная емкость	А	В–1r	ПА–ТЗ
Насосная откачка	А	В–1a	ПА–ТЗ

Продолжение таблицы 4.3

Наименование помещений наружных установок и оборудования	Категория зданий и помещений по взрывопожарной и пожарной опасности НПБ 105–95, НПБ 107–97	Класс взрыво-пожаро-опасности по ПУЭ	Категория взрывоопасности и группа взрывоопасных смесей по ГОСТ 12.1.011-78
Насосная откачка воды	Д	–	–
Узел учета нефти	А	В–1а	ПА–Т3
Установка дозирования химреагента	А	В–1а	ПА–Т2
Емкость деэмульгатора	А	В–1r	ПА–Т2
Емкость ингибитора	А	В–1r	ПА–Т2
Емкость метанола	А	В–1r	ПА–Т2
Факельная установка	А	В–1r	ПА–Т1
Конденсатосборник	А	В–1r	ПА–Т1
Насосы воды	Д	–	–
Насосы пенообразователя	Д	–	–
Резервуары противопожарного запаса воды	Д	–	–

Для предотвращения пожаров, а также быстрой ликвидации в случае возникновения необходимо предусмотреть следующие мероприятия:

- помещения с взрывопожароопасными и вредными производствами должны быть изолированы от помещений без повышенной опасности;
- для предотвращения разлива нефти вокруг резервуара должно быть предусмотрено обвалование;

– РВС должна быть оснащена средствами пожаротушения в соответствии с требованиями ППБ 01-93 по перечню, согласованному с местными органами пожарного надзора;

– ручные средства пожаротушения должны быть размещены в доступных местах, обозначены знаками пожарной безопасности, в том числе знаком «НЕ ЗАГРОМОЖДАТЬ»;

– электроснабжение предприятия должно обеспечивать бесперебойное питание электродвигателей пожарных насосов;

– резервуары с противопожарным запасом воды должны быть оборудованы устройством для забора воды пожарными машинами диаметром не менее 77 мм;

– место установки пожарной техники оборудуется площадкой 12 м x 12 м с твёрдым покрытием;

– молниеотводы и защитное заземление установки должно быть постоянно в исправности и соответствовать предъявляемым к ним требованиям;

– территория РВС должна быть ограждена продуваемой оградой из негорючих материалов высотой не менее 2 м. Проход на станцию должен быть под контролем дежурного персонала. Въезд автотранспорта без специального пропуска и искрогасителя запрещён.

Возникшее пламя на РВС можно потушить одним из следующих способов (или их комбинированием):

– удаление горючих материалов;

– прекращение доступа кислорода;

– охлаждение горящего вещества ниже температуры его воспламенения;

– при пожаре оператор РВС должен прекратить доступ нефти на установку, закрыть задвижку 1. Затем ему необходимо выполнить следующее:

– вызвать пожарную команду, скорую помощь, сообщить о пожаре начальнику цеха, мастеру смены, оповестить ответственных лиц по списку в соответствии с планом ликвидации аварии;

– проверить включение в работу автоматических систем противопожарной защиты (оповещение людей о пожаре, пожаротушения). В случае отказа автоматики произвести ручной запуск;

– отключить при необходимости электроэнергию, кроме аварийного освещения и противопожарной защиты, остановить агрегаты, выключить вентиляторы, перекрыть трубопроводы, прекратить все работы в пожарной зоне, кроме работ, связанных с ликвидацией пожара;

– удалить за пределы опасной зоны всех работников, не участвующих в тушении пожара;

– принять меры по ликвидации пожара первичными стационарными и передвижными средствами пожаротушения до прибытия подразделения пожарной охраны;

– организовать встречу подразделений пожарной охраны и оказать помощь в выборе кратчайшего пути для подъезда к очагу пожара.

4.4 Экологичность работы

При эксплуатации оборудования, загрязнение атмосферы предполагается в результате выделения:

– легких фракций углеводородов от технологического оборудования (сепараторы, ёмкости, насосы);

– небольшого количества лёгких фракций химических реагентов.

Производственный контроль осуществляет централизованная специализированная служба.

Контроль за состоянием атмосферы на предприятии рекомендуется вести по одному основному направлению:

– контроль за соблюдением норм допустимых выбросов вредных веществ, установленных для объектов предприятия.

Контроль величин предельно допустимого импульса (далее – ПДИ) от неорганизованных источников выбросов рекомендуется осуществлять расчётно-балансовым методом.

Периодичность контроля зависит от категории выброса загрязняющего вещества из организованного источника.

I категория – 1 раз в квартал при каждом режиме выброса из источника, учтённого при разработке нормативов ПДВ;

II категория – 2 раза в год при каждом режиме выброса из источника, учтенного при разработке нормативов ПДВ;

III категория – 1 раз в год;

IV категория – 1 раз в пять лет.

В целях охраны, рационального использования и предупреждения загрязнения почвы, водоёмов и воздушного бассейна предусматривается:

Полная герметизация системы сбора и транспорта нефти. При эксплуатации не должно быть утечек сырья через фланцевые соединения арматуры и оборудования:

- 100%-ный контроль швов сварных соединений трубопроводов;
- оснащение предохранительными клапанами аппаратов, в которых может возникнуть давление, превышающее расчётное, с учётом требования «Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением»;
- опорожнение и дренаж технологических ёмкостей в закрытую систему с последующим возвращением жидких продуктов в технологический процесс;
- автоматическое регулирование режимных технологических параметров;
- автоматическое и дистанционное управление приводами основных механизмов защиты при возникновении аварийных ситуаций;
- факела высокого и низкого давления имеют автоматический розжиг горелок, контроль за угасанием пламени;
- защита оборудования и трубопроводов от коррозии;

– предусмотрено автоматическое включение вытяжных систем аварийной и периодической вентиляции в помещениях категории А по сигналам газоанализаторов.

Мероприятия по сокращению выбросов по первому режиму включают:

- контроль за герметичностью оборудования;
- контроль за работой контрольно-измерительных приборов и автоматических систем управления технологическим процессом;
- контроль за соблюдением технологического регламента производства;
- запрет работы на форсированном режиме;
- запрет ремонтных работ, связанных с повышенным выделением вредных веществ в атмосферу;
- смещение во времени технологических процессов с большими выделениями вредных веществ в атмосферу.

4.5 Чрезвычайные ситуации на объекте

Одной из наиболее частых аварий при работе с горючими газами и легковоспламеняющимися жидкостями являются взрывы.

Взрывом называется чрезвычайно быстро протекающий процесс горения, сопровождающийся мгновенным выделением большого количества энергии и значительным увеличением давления.

На территории РВС имеется газосепаратор ГС-1 объемом 50 м³. Из-за быстрого повышения давления может произойти взрыв нефтяного газа, находящегося в газосепараторе.

При взрыве газоздушной смеси выделяют зону детонационной волны с радиусом и зону ударной волны. Определяются также: радиус зоны смертельного поражения людей; радиус безопасного удаления; радиус предельно допустимой взрывобезопасной концентрации пара, газа.

Избыточное давление в зоне детонационной волны $P_{\phi 1}=900$ кПа.

Масса газа в тоннах рассчитывается[16]:

$$Q = \frac{p \cdot V}{1000}, \quad (22)$$

где p – плотность газа в кг/м^3 ;

V – объем газа в м^3 .

Объем газосепаратора 50 м^3 , плотность природного газа 1.00 кг/м^3 , заполнение газосепаратора конденсатом возьмем 15%. Тогда оставшийся объем (85%) будет заполнен газом, и масса газа составит:

$$Q = 50 \cdot 1.00 \cdot 0,85/100 = 0,0425 \text{ т.}$$

Радиус зоны детонационной волны определяется по уравнению:

$$R_1 = 18.5 \cdot Q, \quad (23)$$

где Q – количество газа в тоннах;

R_1 – радиус зоны детонационной волны.

Подставив полученное выше значение Q получим:

$$R_1 = 18.5 \cdot 0.0425 = 0.78625 \text{ м}$$

Радиус смертельного поражения людей определяется по формуле:

$$R_{\text{спл}} = 30 \cdot Q, \quad (24)$$

где $R_{\text{спл}}$ – радиус смертельного поражения людей:

$$R_{\text{спл}} = 30 \cdot 0,0425 = 1.275 \text{ м}$$

Зная $P_{\phi} = 5$ кПа, не представляющее серьезной угрозы, можно получить радиус зоны безопасного удаления. Для определения этой зоны воспользуемся соотношением:

$$R_{\text{бy}}/R_1 = 12 \quad (25)$$

где $R_{\text{бy}}$ – радиус безопасного удаления;

R_1 – радиус детонационной волны.

Зная R_1 получим:

$$R_{\text{бy}} = 12 \cdot R_1 = 12 \cdot 6.456 = 77.472 \text{ м}$$

На расстоянии $r_2 = 10$ метров от газосепаратора ГС1 расположены сепараторы первой ступени сепарации. По таблице, зная отношение r_2/R_1 и $P_{\phi 2}$:

$$r_2/R_1 = 10/6.456 = 1.55$$

$$P_{\phi 2} = 99 \text{ кПа}$$

В результате взрыва расположенные близко сепараторы будут разрушены, контрольно-измерительная аппаратура, расположенная на этих сепараторах, будет разрушена, линии связи получат средние повреждения, трубопроводы между объектами получат сильные повреждения.

На территории РВС в $R_3 = 50$ м от газосепаратора расположено здание диспетчерского пункта. Рассчитаем параметры ударной волны:

$$R_3/R_1 = 50/6.456 = 7.75$$

$$P_{\phi 3} = 9 \text{ кПа}$$

В результате взрыва в здании будет разрушено остекление, само здание не пострадает.

Выводы по разделу четыре:

Предусмотренные мероприятия по снижению выбросов загрязняющих веществ позволят значительно снизить выбросы, а разработанная измерительная информационная система РВС позволяет уменьшить число аварийных ситуаций на установке, что повысит надежность от возникновения пожара или взрыва.

Расчетным путем получено, что при взрыве наиболее взрывоопасного объекта РВС будут практически полностью разрушены близлежащие объекты, а также оборудование и коммуникации, находящиеся на них. Исходя из этого можно утверждать, что требования пожаробезопасности являются наиболее важными требованиями техники безопасности на РВС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенной работы была разработана измерительная информационная система для контроля уровня жидкости, принцип работы которого основывается на возникновении электродвижущей силы в колебательном контуре, при попадании контура в магнитное поле уровнемера.

Анализ существующих средств измерений показал, что у каждого из них есть свои недостатки. Исходя из проведенного анализа, было принято решение использовать радарное средство измерения уровня.

Была разработана функциональная схема устройства и приведено подробное описание работы каждого блока.

В ходе работы, разработана принципиальная электрическая схема, особенностью которой является использование сигма-дельта АЦП, который позволяет достичь решения до 24 разрядов без пропущенных кодов. Так же в схеме присутствует микроконтроллер MSP430F149, который не используется в других аналогичных устройствах.

Так же разработана блок-схема процесса работы датчика уровня.

Произведен расчет экономической эффективности проекта, в результате которого была определена рентабельность проекта равная 167%, срок окупаемости составил 5,8 лет.

Разработанная ИИС позволит уменьшить вероятность возникновения аварий и чрезвычайных ситуаций, ведущих к тяжелым экологическим последствиям.

Таким образом, все поставленные задачи решены, цель разработки достигнута.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Техника измерения давления, расхода, количества и уровня жидкости, газа и пара: учебное пособие / К.И. Хансуваров, В.Г. Цейтлин; под ред. К. И. Хансуварова – перераб и доп. – М.: Издательство стандартов, 2009. – 287 с.

2 Жданкин, В.К. Сигнализаторы изменения уровня: справочник / В.К. Жданкин. – М.: Изд-во Современные технологии автоматизации, 2011. – 466с.

3 Рачков, М.Ю. Технические средства автоматизации: учебное пособие М.Ю. Рачков. – М.: Изд-во МГИУ, 2007. – 104с.

4 Преображенский, В.П Теплотехнические измерения и приборы: учебник / В.П. Преображенский. – М.: Изд-во Энергия, 2006. – 703с.

5 Технические средства автоматизации: книга / Б.В. Шандров, А.Д. Чудаков; под ред Б.В. Шандрова. – перераб и доп. – М.: Академия, 2010. – 362 с.

6 Иванова, Г.М. Теплотехнические измерения и приборы: учебное пособие / Г.М. Иванова. – М.: Изд-во МЭИ, 2009. – 87с.

7 Радарные уровнемеры. Прошлое, настоящее и будущее: учебник / В.В. Либерман, Г.Г Личков; под ред В.В. Либермана – перераб. и доп. – М.: Промышленные АСУ и контроллеры, 2010. – 60 с.

8 Раннев, Г.Г. Методы и средства измерений: справочник / Г.Г. Раннев. – М.: Изд-во Академия, 2008. – 547с.

9 Кувшинов, Н.С. Схемы электрические принципиальные в инженерной графике: учебное пособие. / Н.С Кувшинов, Хейфец А.Л. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 74 с.

10 Кулаков, М.В. Технологические измерения и приборы для химических производств: справочник / М.В. Кулаков. – М.: Изд-во Альянс, 2008. – 243с.

11 Ларинов, В.А. Микропроцессорная техника и компьютеры в приборостроении: текст лекций. – Нижневартовск: филиал ЮУрГУ в г. Нижневартовске, 2006. – 58 с.

12 Силифонкина, И.А Оценка экономической эффективности технических систем: справочник / И.А Силифонкина. – М.: Изд-во Наука, 2012. – 436с.

13 Ишниязова, А.Р. Методическое пособие по разработке экономической части дипломного проектирования для не экономических специальностей / А.Р. Ишниязова. – Нижневартовск, 2005. – 29 с.

14 Белов, С.В. Безопасность жизнедеятельности: справочник / С.В. Белов. – М.: Изд-во Высшая школа, 2011. – 616с.

15 Бесекерский, В.А Теория систем автоматического управления: справочник / В.А. Бесекерский. – М.: Изд-во Наука, 2012. – 399с.

16 Методические указания по подготовке выпускной квалификационной работы бакалавра для студентов кафедры «Информационно-измерительная техника» / сост.: А.П. Лапин, Е.В. Юрасова – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014. – 25 с.

17 Кувшинов Н.С, Схемы электрические принципиальные в инженерной графике: учебное пособие. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 74 с.

18 Рынок микроэлектроники. Микроконтроллеры семейства MSP430, 2007.-<http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/doc/micros/msp430/arh/1.htm/> – С 67–71

19 Методические рекомендации по подготовке и оформлению выпускной квалификационной работы (проекта) для технических направлений подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника, 09.03.04 Программная инженерия, 12.03.01 Приборостроение, 23.03.01 Технология транспортных процессов / сост. Л.Н.Буйлушкина – Нижневартовск, 2017. – 35с.

20 Современные методы и средства измерения уровня в химической промышленности учебное пособие / А.В. Вильнина, А.Д. Вильнин, Е.В. Ефремов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 84 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А. АЛГОРИТМ РАБОТЫ ДАТЧИКА УРОВНЯ



Рисунок А.1 – Блок-схема работы датчика уровня

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. СХЕМА ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ

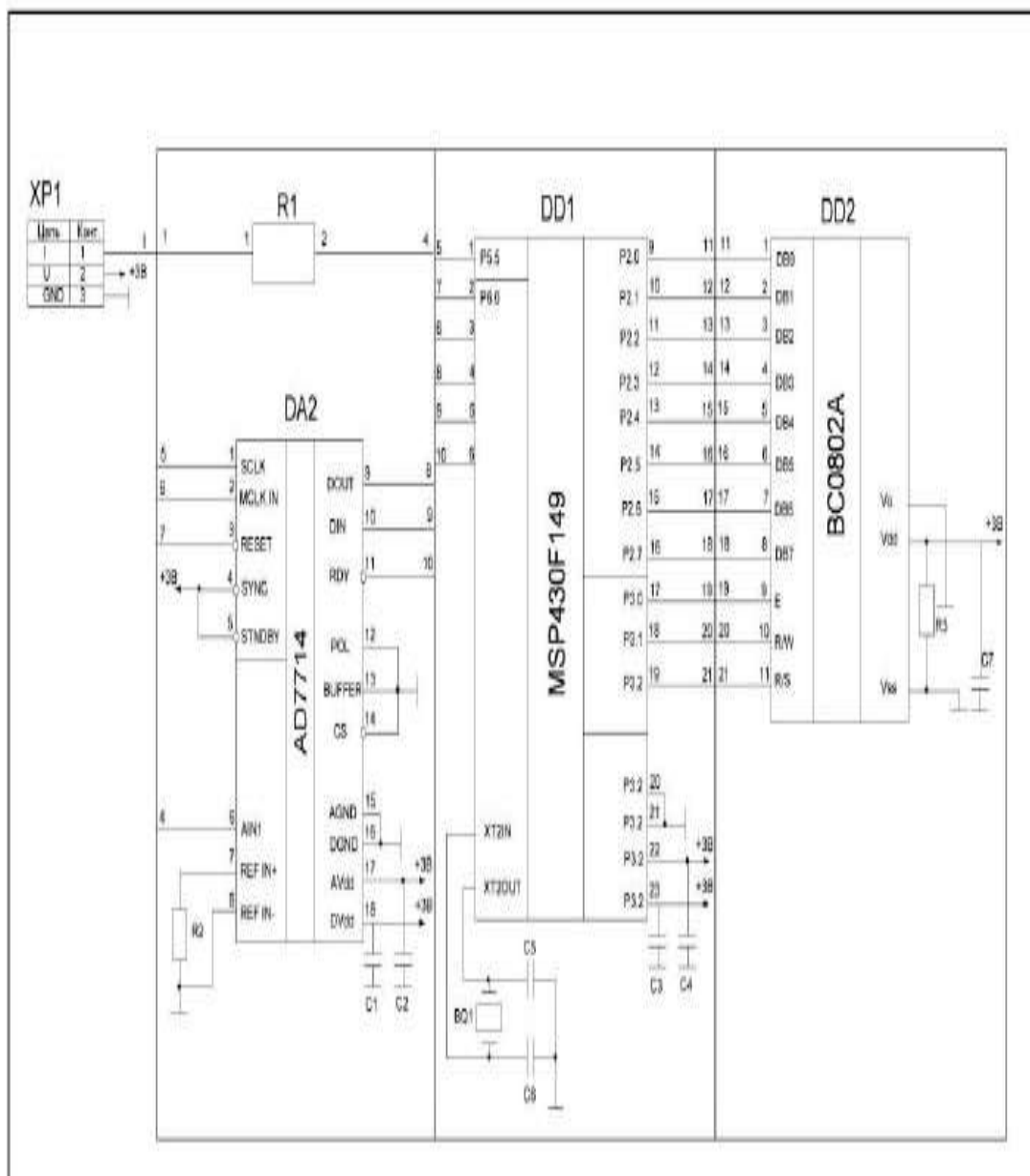


Рисунок Б.1 – Схема принципиальная электрическая

ПРИЛОЖЕНИЕ В КОМПАКТ-ДИСК

Содержание:

1. Пояснительная записка.
2. Презентация.

Перв. примен.	Поз.	Наименование			Кол	Примечание					
	Элем.	Наименование			Кл.	Прим.					
	BQ1	Резонатор HC-49/U 1 MHz			1						
		Конденсаторы									
	C1-C6	K10-17a-H90-1мкФ+5%			6						
	C7	K10-17a-M47-100ПФ+5%			1						
		Микросхемы			1						
	DA2	AD7714			1						
	DD1	MSP430F149			1						
	DD2	BC0802A			1						
Справ. №		Резисторы									
	R1	СП5-16ВА-0.25-10 кОм			1						
	R2,R3	C2-33-0,125-2,2кОм+5%			2						
Подпись и дата											
Одпись и дата											
					Спецификации						
	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Автоматическая система оперативного учета нефти					
	Разраб.	Купрюшин В.С									
	Провер.	Майфат К.Г									
	Н. Контр.	Буйлушкина Л.Н									
	Утверд.	Ялаев А.В									
						Лит.	Лист	Листов	Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Нижневартовске Кафедра «Информатика»		
						В	К	Р			