

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

Кафедра «Информатика»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент

_____ / _____ /

« _____ » _____ 2016 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

И.о. зав.кафедрой «Информатика»

к.т.н., доцент

_____ / С.Г. Пономарева /

« 30 » МАЯ 2016 г.

Разработка измерительной информационной системы для контроля уровня жидкости в резервуаре РВС

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ- 200100. 2016.155.ПЗ ВКР

Консультанты

Экономическая часть

к.э.н., доцент

_____ / А. В. Прокопьев /

« 26 » 04 2016 г.

Безопасность жизнедеятельности

к.т.н., доцент

_____ / А. Б. Тряпицын /

« 30 » 04 2016 г.

Руководитель работы

к.т.н., доцент

_____ / Д.В. Топольский /

« 23 » 05 2016 г.

Автор работы

студент группы НвФд-431

_____ / Я.А. Гололобов /

« 22 » 05 2016 г.

Нормоконтролер

старший преподаватель

_____ / Л.Н. Буйлушкина /

« 30 » МАЯ 2016 г.

Нижневартовск 2016



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФИЛИАЛ ЮЖНО-УРАЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
В Г.НИЖНЕВАРТОВСКЕ
КАФЕДРА «ИНФОРМАТИКА»

Направление 200100.62 Приборостроение

УТВЕРЖДАЮ

И.о зав. кафедрой «Информатика»

к.т.н., доцент



/С.Г Пономарева /

/личная подпись/

« 05 » февраля 2016 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу студента

Гололобова Ярослава Александровича

1. Тема работы: Разработка измерительной информационной системы для контроля уровня жидкости в резервуаре РВС

Утверждена приказом ректора университета от « 15 » апреля 2016 г. № 661

2. Срок сдачи студентом законченной работы « 30 » мая 2016 г.

3. Исходные данные к работе:

1) Параметры, необходимые для разработки, технические характеристики средств измерений.

2) Анализ необходимых датчиков и их составляющих непосредственно до начала работы.

3) Описание микросхемы микроконтроллера: MSP430F149.

4. Содержание пояснительной записки

1 Аналитический обзор средств измерения уровня

1.1 Общая характеристика средств измерений уровня жидкости

1.2 Обоснование выбора средства измерения

2 Разработка ИИС на основе выбранного уровнемера

2.1 Функциональная схема

2.2 Структурная схема

2.3 Принципиальная схема

2.4 Расчёт параметров

3 Расчёт экономической эффективности ВКР

4 Безопасность жизнедеятельности

7. Дата выдачи задания « 01 » февраля 2016г.

Задание выдал руководитель Д.В. Топольский

Задание принял к исполнению студент-дипломник Я.А Гололобов

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Наименование этапов выпускной квалификационной работы	Срок выполнения этапа	Отметки о выполнении этапа
Введение	02.02-03.02.2016	выполнено
Теоретическая часть	04.03-20.03.2016	выполнено
Расчетная часть	21.03-22.04.2016	выполнено
Специальная часть	23.04-26.04.2016	выполнено
Экономический расчет	27.04-30.04.2016	выполнено
Безопасность жизнедеятельности	01.05-07.05.2016	выполнено
Заключение	08.05-09.05.2016	выполнено
Библиографический список	10.05-11.05.2016	выполнено
Приложения	12.05-15.05.2016	выполнено
Презентация доклада защиты работы	16.05.2016	выполнено
Оформление ВКР	17.05-29.05.2016	выполнено
Защита работы	10.06.2016	

И.о зав.кафедрой  / С.Г. Пономарева /

/личная подпись/

Руководитель работы  / Д.В. Топольский /

/личная подпись/

Студент-дипломник  / Я.А. Гололобов /





/личная подпись/

АННОТАЦИЯ

Гололобов Я.А. Разработка измерительной информационной системы для контроля уровня жидкости в резервуаре РВС - Нижневартовск: филиал ЮУрГУ, Информатика; 2016, 81 с., 13 ил., 12 табл., библиогр. список 16 – наим., 2 прил.

Разработка измерительной информационной системы для контроля уровня жидкости в резервуарах РВС 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.

Разработка измерительной информационной системы за счет внедрения новых технических средств позволит сократить число аварий, увеличить производительность объекта, повысить точность измерений и удобство в эксплуатации.

200100.2016.155 ПЗ								
Из	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Разработка измерительной информационной системы для контроля уровня жидкости в резервуаре РВС	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Гололобов Я.А.		29.05.16		20	6	81
Проверил		Топольский Д.В.		30.05.16		Филиал ФГБОУ ВПО ЮУрГУ (НИУ) в г.Нижневартовске Кафедра «Информатика»		
Рецензент								
Н.контр.		Буйлункина Л.Н.		30.05.16				
Уте		Починарева С.Г.		30.05.16				

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ	9
1.1 Общая характеристика средств измерений уровня жидкости	8
1.2 Обоснование выбора средства измерения.....	26
2 РАЗРАБОТКА ИИС НА ОСНОВЕ ВЫБРАННОГО УРОВНЕМЕРА.....	32
2.1 Функциональная схема ИИС	32
2.2 Структурная схема ИИС	32
2.3 Принципиальная схема ИИС	33
2.4 Расчёт параметров.....	34
3 РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВКР	41
3.1 Расчет показателей экономической эффективности проекта.....	41
3.2 Расчет затрат на проектирование (разработку) системы	43
3.3 Расчет затрат на разработку программного обеспечения.....	44
3.4 Расчет затрат на изготовление и отладку проектируемой системы	47
4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	62
4.1 Безопасность работающих	62
4.2 Электробезопасность. Молниезащита	63
4.3 Пожаробезопасность.....	66
4.4 Экологичность проекта	69
4.5 Чрезвычайные ситуации на объекте	71
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	75
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	76
ПРИЛОЖЕНИЯ	
ПРИЛОЖЕНИЕ А. БЛОК-СХЕМА РАБОТЫ ДАТЧИКА УРОВНЯ.....	78
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. СХЕМА ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ..	79

					200100.2016.155 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		7

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 уровнемера и провести все необходимые расчёты для достижения этой задачи;
- рассчитать экономическую эффективность разработки;
- провести анализ безопасности ИИС.

1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ

1.1 Общая характеристика средств измерений уровня жидкости

В настоящее время измерение уровня во многих отраслях промышленности осуществляют различными по принципу действия уровнемерами, из которых распространение получили поплавковые, буйковые, гидростатические, электрические, ультразвуковые и радиоизотопные.

1.1.1 Буйковые средства измерений уровня

Средства измерений уровня этого вида входят в номенклатуру государственной системы приборов (далее – ГСП) [1].

В основу работы буйковых уровнемеров положено физическое явление, описываемое законом Архимеда. Чувствительным элементом в этих уровнемерах является цилиндрических боек, изготовленный из материала с плотностью, большей плотности жидкости. Боек находится в вертикальном положении и частично погружен в жидкость. При изменении уровня жидкости в аппарате масса буйка в жидкости изменяется пропорционально изменению уровня.

Преобразование веса буйка в сигнал измерительной информации осуществляется с помощью унифицированных преобразователей «сила—давление» и «сила — ток». В соответствии с видом используемого преобразователя силы различают пневматические и электрические буйковые уровнемеры.

Схемы буйковых уровнемеров приведены на рисунке 1.1.

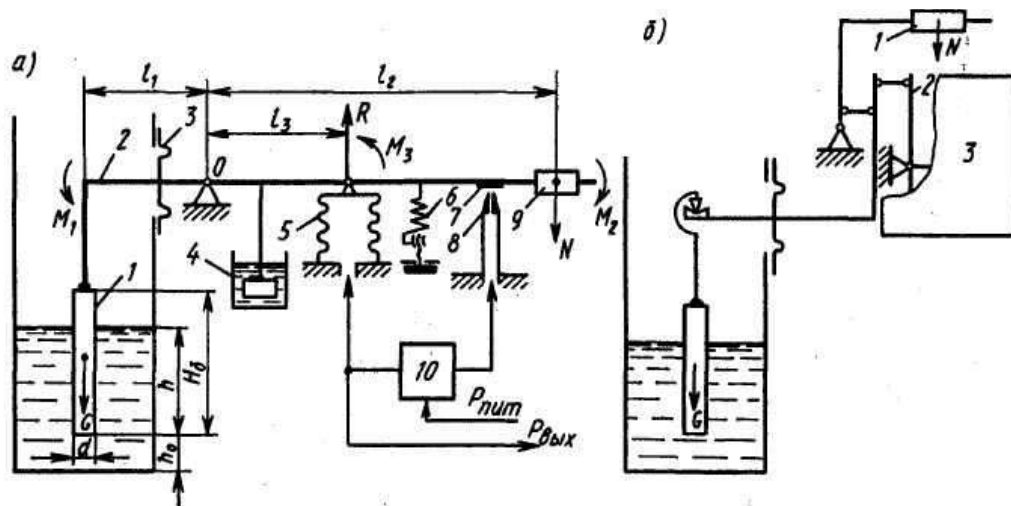


Рисунок 1.1 – Схемы буйковых уровнемеров

Уровнемер работает следующим образом.

Когда уровень жидкости в аппарате равен начальному h_0 (в частном случае h_0 может быть равен 0), измерительный рычаг 2 находится в равновесии, так как момент M_1 создаваемый весом буйка G , уравнивается моментом M_2 , создаваемым противовесом N .

Когда уровень жидкости становится больше h_0 , часть буйка погружается в жидкость. Поэтому вес буйка уменьшается, а следовательно, уменьшается и момент M_1 создаваемый буйком на рычаге 2. Так как M_2 становится больше M_1 рычаг 2 поворачивается вокруг точки O по часовой стрелке и прикрывает заслонкой 7 сопла 8. Поэтому давление в линии сопла увеличивается.

Это давление поступает в пневматический усилитель 10, выходной сигнал которого является выходным сигналом уровнемера. Этот же сигнал одновременно посылаётся в сильфон отрицательной обратной связи 5. При действии давления $P_{\text{вых}}$ возникает сила R , момент M_3 которой совпадает по направлению с моментом M_1 . т. е. действие силы R направлено на восстановление равновесия рычага 2. Движение измерительной системы преобразователя происходит до тех пор, пока сумма моментов всех сил, действующих на рычаг 2, не станет равной 0.

Для преобразования уровня в унифицированный токовый сигнал разработаны буйковые электрические уровнемеры, оснащенные унифицированным преобразователем «сила — ток».

Буйковые средства измерений уровня применяются при температуре рабочей среды от —40 до +400°С и давлении рабочей среды до 16 МПа. Классы точности буйковых уровнемеров 1,0 и 1,5.

1.1.2 Гидростатические средства измерений уровня

Измерение уровня гидростатическими уровнемерами основано на уравнивании давления столба жидкости в резервуаре давлением столба жидкости, которая заполняет измерительный прибор, или реакцией пружинного механизма прибора.

Измерение гидростатического давления осуществляется[2]:

- манометром, подключаемым на высоте, соответствующей нижнему предельному значению уровня;
- дифференциальным манометром, подключаемым к резервуару на высоте, соответствующей нижнему предельному значению уровня, и к газовому пространству над жидкостью;
- измерением давления газа (воздуха), прокачиваемого по трубке, опущенной в заполняющую резервуар жидкость на фиксированное расстояние.

На рисунке 1.2 приведены схемы измерения уровня манометрами.

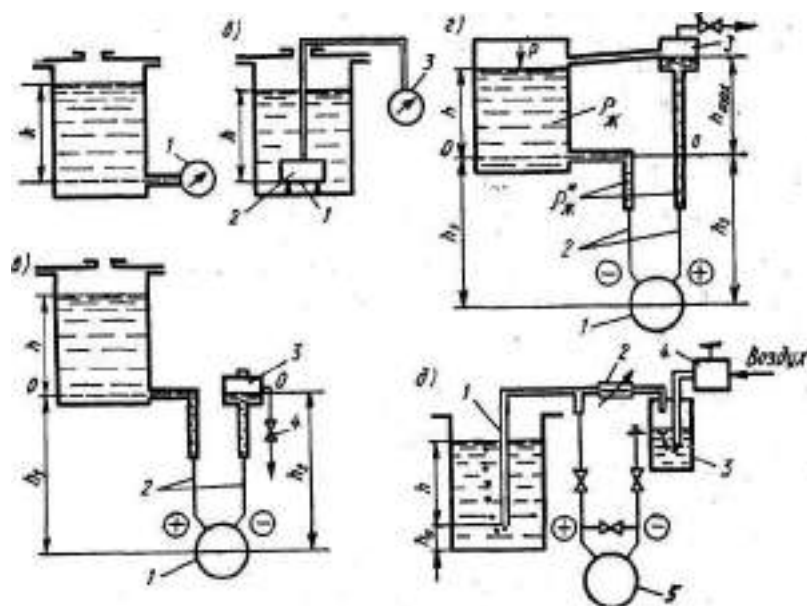


Рисунок 1.2 – Схемы измерения уровня гидростатическими уровнемерами

Применяемый для этих целей манометр может быть любого типа с соответствующими пределами измерений.

Наиболее широкое распространение получили приборы измерения уровня с использованием дифференциальных датчиков давления (дифманометров). Эти схемы с успехом применяются для измерения уровня жидкости в технологических агрегатах, находящихся под избыточным давлением.

По конструкции гидростатические датчики делятся на два типа: стационарные (мембранные) или погруженные (колокольные). В первом случае датчик соединен с мембраной и прибор устанавливается внизу емкости. В случае погруженного датчика чувствительный элемент погружен в рабочую среду и передает давление жидкости на сенсор через столб воздуха запаянный в подводящей трубке.

Типичное применение гидростатических уровнемеров — для однородных жидкостей в емкостях без существенного движения рабочей среды, а также для паст и вязких жидкостей. С помощью дифференциальных датчиков давления возможно также измерение уровня жидкости в открытых резервуарах, уровня раздела жидкостей.

В нижней части манометрической системы расположен колокол 2, отверстие которого перекрыто тонкой эластичной мембраной 1, а в верхней — манометр 3. Применение эластичной мембраны исключает растворение воздуха в жидкости, однако вводит погрешность в определение уровня из-за упругости мембраны. Преимуществом данной схемы измерения гидростатического давления является независимость показаний манометра от его расположения относительно уровня жидкости в резервуаре.

При измерении уровня по рассмотренным схемам имеют место погрешности измерения, определяемые классом точности манометров и изменениями плотности жидкости.

Измерение гидростатического давления манометрами целесообразно в резервуарах, работающих при атмосферном давлении. В противном случае, показания манометра складываются из гидростатического и избыточного давлений.

Для измерения уровня жидкости в технологических аппаратах, находящихся под давлением, широкое применение получили дифференциальные манометры. С помощью дифференциальных манометров возможно также измерение уровня жидкости в открытых резервуарах, уровня раздела фаз и уровня раздела жидкостей.

При подаче газа давление в пьезометрической трубке постепенно повышается до тех пор, пока указанное давление не станет равным давлению столба жидкости высотой h . Когда давление в трубке станет равным гидростатическому давлению, из нижнего открытого конца трубки начинает выходить газ. Расход подбирают такой, чтобы газ докидал трубку в виде отдельных пузырьков (примерно один пузырек в секунду).

При большем расходе давление, измеряемое дифманометром, может быть несколько большим, чем гидростатическое, из-за дополнительного падения давления, возникающего за счет трения газа о стенки трубки при его движении.

При очень малом расходе газа увеличивается инерционность измерения. Оба фактора могут увеличить погрешность измерения уровня.

В пьезометрических уровнемерах при больших изменениях уровня расход газа может существенно измениться, что, в свою очередь, может вызвать дополнительную погрешность измерения.

Действие стабилизатора основано на автоматическом регулировании постоянного перепада давления на дросселе 1, который обуславливает постоянство расхода через него. Для регулирования этого перепада используются статический мембранный регулятор, который состоит из корпуса 6 и крышки 3, между которыми установлена резиноканевая мембрана 5 с жестким центром 4. Последний опирается на толкатель 10, а сверху на него воздействует пружина 2. Шарик 9, на который воздействует пружина 8, образует вместе с отверстием 7 в корпусе управляемый клапан. Ротаметр 11 служит для измерения расхода газа, подаваемого к пьезометрической трубке. Дроссель 1 выполнен переменным, что позволяет задавать регулируемое значение расхода[3].

Для стабилизации расхода газа в пьезометрических уровнемерах промышленностью выпускается мембранный стабилизатор расхода, схема которого показана на рисунке 1.3.

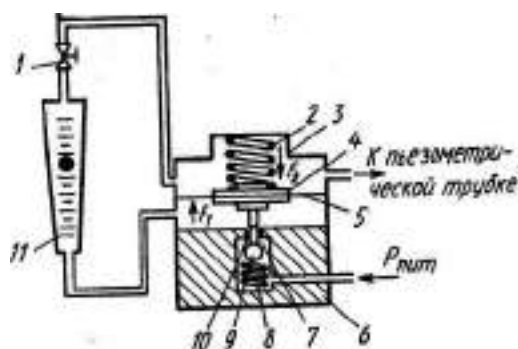


Рисунок 1.3 – Схема мембранного стабилизатора расхода воздуха

Мембранный стабилизатор расхода воздуха состоит из:

1 – дроссель;

- 2 – пружина;
- 3 – крышка;
- 4 – жесткий центр;
- 5 – резинотканевая мембрана;
- 6 – корпус;
- 7 – отверстие;
- 8 – пружина;
- 9 – шарик;
- 10 – толкатель;
- 11 – ротаметр.

Пьезометрические уровнемеры позволяют измерять уровень в широких пределах (от нескольких десятков сантиметров до 10 – 15 м), и при использовании для измерения давления в пьезометрической трубке дифманометра с унифицированным выходным сигналом имеют относительную приведенную погрешность $\pm(1,0 - 1,5) \%$.

Приведенная погрешность измерения гидростатического давления не превышает $\pm 0,05\%$. Максимальная приведенная погрешность измерения массы нефтепродукта в резервуаре $\pm 0,5 \%$. Максимальное число обслуживаемых резервуаров 10. Система учета оснащается схемой пневмосигнализации значений уровня в резервуарах.

К достоинствам данных уровнемеров можно отнести простоту конструкции и дешевизну. Однако у гидростатических указателей уровня жидкости есть существенные недостатки — относительно низкая (по сравнению с другими методами) точность измерения и ограниченность применения из-за того, что монтаж устройства на дне резервуара требует постоянной плотности среды.

1.1.3 Электрические средства измерений уровня

В электрических уровнемерах уровень жидкости преобразуется в какой-либо электрический сигнал.

По виду чувствительного элемента электрические средства измерений уровня подразделяют на емкостные и кондуктометрические.

1.1.3.1 Емкостные уровнемеры.

В ёмкостных уровнемерах чувствительным элементом служит преобразователь — конденсатор, ёмкость которого меняется пропорционально изменению уровня жидкости. Преобразователи выполняют цилиндрического и пластинчатого типов, а также в виде жесткого стержня[4]. При измерении уровня агрессивных, но неэлектропроводных жидкостей обкладки преобразователя выполняют из химически стойких сплавов или покрывают тонкой антикоррозионной пленкой. Покрытие обкладок тонкими пленками применяют также при измерении уровня электропроводных жидкостей.

В уровнемерах этого типа используется зависимость электрической емкости чувствительного элемента первичного измерительного преобразователя от уровня жидкости. Конструктивно емкостные чувствительные элементы выполняют в виде коаксиально расположенных цилиндрических электродов или параллельно расположенных плоских электродов. В номенклатуру средств измерений уровня ГСП входят емкостные уровнемеры с коаксиально расположенными электродами.

Конструкция емкостного чувствительного элемента с коаксиально расположенными электродами определяется физико-химическими свойствами жидкости. Для неэлектропроводных (диэлектрических) жидкостей — жидкостей, имеющих удельную электропроводность менее 10^{-6} См/м, применяют уровнемеры, оснащенные чувствительным элементом.

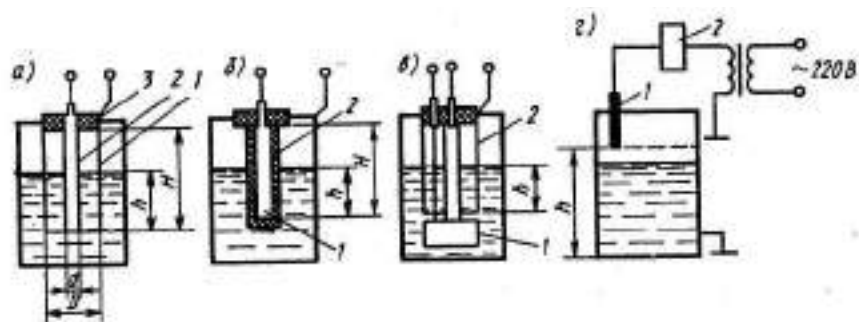


Рисунок 1.4 – Схемы электрических средств измерений уровня

Чувствительный элемент состоит из двух коаксиально расположенных электродов 1 и 2, частично погруженных в жидкость. Электроды образуют цилиндрический конденсатор, межэлектродное пространство которого до высоты h заполнено жидкостью, а пространство $H - h$ — парогазовой смесью. Для фиксирования взаимного расположения электродов предусмотрен изолятор 3.

Преобразование электрической емкости чувствительных элементов в сигнал измерительной информации осуществляется мостовым, резонансным или импульсным методом.

В емкостных уровнемерах, входящих в номенклатуру ГСП, преобразование емкости осуществляется импульсным методом, в реализации которого используются переходные процессы, протекающие в чувствительном элементе, периодически подключаемом к источнику постоянного напряжения.

Емкостные уровнемеры выпускаются классов точности 0,5; 1,0; 2,5. Их минимальный диапазон измерений составляет 0 – 0,4 м, максимальный 0 – 20 м; давление рабочей среды 2,5 – 10 МПа; температура от – 60 до +100°С или от 100 до 250° С. На базе рассмотренных емкостных чувствительных элементов разработаны взрывобезопасные сигнализаторы уровня раздела жидкостей «нефтепродукт — вода» и других жидкостей с различными значениями относительной диэлектрической проницаемости. При длине погруженной части чувствительного элемента 0,25 м погрешность срабатывания сигнализатора ± 10 мм.

Разработаны емкостные уровнемеры сыпучих сред. Верхние пределы измерений уровнемеров ограничены значениями 4—20 м. Класс точности 2,5.

1.1.3.2 Кондуктометрические сигнализаторы уровня.

Действие кондуктометрического (омического) указателя уровня жидкости основано на измерении сопротивления между электродами, помещенными в измеряемую среду (одним из электродов может быть стенка резервуара или аппарата). Прибор представляет собой электромагнитное реле, включаемое в цепь между электродом и контролируемым материалом.

Уровнемеры этого вида предназначены для сигнализации уровня электропроводящих жидких сред и сыпучих сред с удельной проводимостью более 10^{-3} См/м.

Принцип действия кондуктометрических сигнализаторов уровня сыпучих сред аналогичен рассмотренному.

Электроды, применяемые в кондуктометрических сигнализаторах уровня, изготавливают из стали специальных марок или угля. Причем угольные электроды используются только при измерении уровня жидких сред.

1.1.4 Акустические средства измерений уровня.

В акустических, или ультразвуковых, уровнемерах используется явление отражения ультразвуковых колебаний от плоскости раздела контролируемая среда (жидкость) — газ. Эти приборы отличаются по диапазонам измерения, версиями датчика и имеют разные технологические присоединения.

В настоящее время предложены различные принципы построения акустических уровнемеров, из которых широкое распространение получил принцип локации.

В соответствии с этим принципом измерение уровня осуществляют по времени прохождения ультразвуковыми колебаниями расстояния от излучателя до границы раздела двух сред и обратно до приемника излучения. Локация границы раздела двух сред осуществляется либо со стороны газа, либо со стороны рабочей среды (жидкости или сыпучего материала). Уровнемеры, в которых локация границы раздела двух сред осуществляется через газ, называют акустическими, а уровнемеры с локацией границы раздела двух сред через слой рабочей среды — ультразвуковыми.

Прибор состоит из электронного блока (далее – ЭБ), пьезоэлектрического излучателя (преобразователя) и вторичного прибора [5].

ЭБ состоит из генератора, задающего частоту повторения импульсов, генератора импульсов, посылаемых в измеряемую среду, приемного усилителя и измерителя времени. Электрический импульс, преобразованный в ультразвуковой в излучателе, распространяется в газовой среде, отражается от границы раздела «жидкость — воздух» и возвращается обратно, воздействуя спустя некоторое время на тот же излучатель. Далее преобразуется в электрический сигнал. Оба импульса: и посланный и отраженный, разделенные во времени, поступают на усилитель.

Свойства среды не влияют на точность измерения, полученного ультразвуковым методом, поэтому ультразвуковым уровнемером может измеряться уровень агрессивных, абразивных, вязких и клейких веществ. Однако необходимо помнить, что на скорость распространения ультразвука оказывает влияние температура воздуха в среде его работы. Скорость ультразвука зависит и от состава воздуха и его влажности[2].

Преимуществом акустических уровнемеров является независимость их показаний от физико-химических свойств и состава рабочей среды. Это позволяет использовать их для измерения уровня неоднородных кристаллизирующихся и выпадающих в осадок жидкостей. К недостаткам следует отнести влияние на показания уровнемеров температуры, давления и состава газа.

Но есть и недостатки, на которые стоит обратить внимание: большое расхождение конуса излучения, возможность возникновения ошибок измерения при отражении от нестационарных препятствий (например, мешалок), может использоваться только в резервуарах с нормальным атмосферным давлением (что ограничивает область применения), на сигнал оказывают влияние пыль, пар, газовые смеси и пена, образующаяся на поверхности.

Как правило, акустические уровнемеры представляют собой сочетание первичного, промежуточного, а в некоторых случаях и передающего измерительных преобразователей. Поэтому акустические уровнемеры следует рассматривать как часть измерительной системы с акустическими измерительными преобразователями.

На рисунке 1.5 приведена схема акустического уровнемера жидких сред.

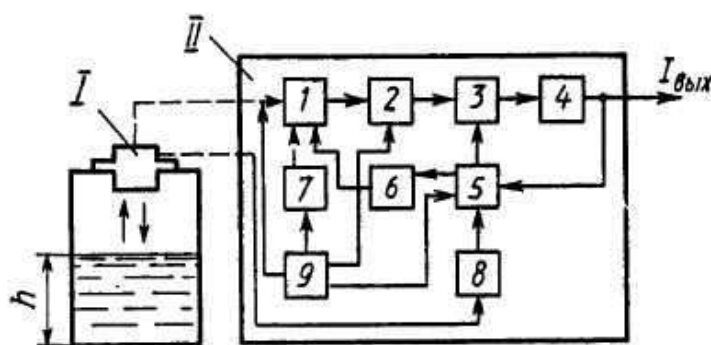


Рисунок 1.5 – Схема акустического уровнемера

Уровнемер состоит из первичного I и промежуточного II преобразователей. Первичный преобразователь представляет собой пьезоэлемент, выполняющий одновременно функции источника и приемника ультразвуковых колебаний. При измерении генератор 9 с определенной частотой вырабатывает электрические импульсы, которые преобразуются пьезоэлементом 1 в ультразвуковые импульсы. Последние распространяются вдоль акустического тракта, отражаются от границы раздела жидкость — газ и воспринимаются тем же пьезоэлементом, преобразующим их в электрические импульсы. После усиления устройством

Импульсы подаются на схему измерения 2 времени отражения сигнала, где они преобразуются в прямоугольные импульсы определенной длительности. В ячейке сравнения 3 осуществляется сравнение импульса, подаваемого со схемы 2, с длительностью импульса, подаваемого с элемента обратной связи 5, который преобразует унифицированный токовый сигнал в прямоугольный импульс определенной длительности.

Расстояние между первичным и промежуточным преобразователями— не более 25 м. Диапазоны измерений уровня 0 – 1; 0 – 2; 0 – 3 м. Класс точности 2,5. Температура контролируемой среды 10 – 50 °С, давление в технологическом аппарате до 4 МПа.

Акустические уровнемеры сыпучих сред по принципу действия и устройству аналогичны акустическим уровнемерам жидких сред. Акустические уровнемеры сыпучих сред входят в номенклатуру приборов ГСП и имеют унифицированный токовый сигнал. Они могут быть одноточечными и многоточечными. Многоточечные уровнемеры состоят из нескольких (до 30) первичных измерительных преобразователей акустического типа, каждый из которых размещается на отдельном технологическом аппарате и через коммутатор подключаются к промежуточному измерительному преобразователю. Уровнемеры выпускаются во взрывобезопасном исполнении. Классы точности 1,0; 1,5. Минимальный диапазон измерений 0 – 2,5 м, максимальный 0 – 30 м. Контролируемая среда – гранулы диаметром 2 – 200 мм.

1.1.5 Поплавковые средства измерений уровня

Поплавковые — уровнемеры с чувствительным элементом (поплавок), тогда измерение происходит по оценке положения предмета на поверхности жидкости относительно двух точек измерений.

Поплавковые измерительные приборы делятся на уровнемеры узкого и широкого диапазонов.

Поплавковые уровнемеры представляют собой устройства, содержащие шарообразный поплавок, выполненный из нержавеющей стали, который плавает на поверхности жидкости и через штангу и специальное уплотнение соединяется или со стрелкой измерительного прибора, или с преобразователем угловых перемещений в унифицированный электрический или пневматический сигналы.

Важной характерной особенностью поплавковых уровнемеров, является высокое разрешение прибора 0,1 мм и точность измерений – 1 мм.

Область применения поплавкового метода измерения уровня очень широка. Его нельзя применять только в средах, образующих налипания, а также отложение осадка на поплавок.

Типичным применением поплавковых уровнемеров является измерение уровня топлива, масел, легких нефтепродуктов в относительно небольших емкостях и цистернах. Поплавковый метод может с успехом применяться в случае пенящихся жидкостей, а для липких сред существуют вибрационные поплавковые указатели уровня жидкости.

Среди существующих разновидностей уровнемеров поплавковые являются наиболее простыми. Получили распространение поплавковые уровнемеры узкого и широкого диапазонов.

Поплавковые уровнемеры широкого диапазона представляют из себя поплавок, связанный с противовесом гибким тросом, в нижней части противовеса укреплен стрелка, указывающая значения уровня жидкости в резервуаре.

Поплавковые уровнемеры узкого диапазона обычно представляют собой устройства, содержащие шарообразный поплавок диаметром 80 – 200 мм, выполненный из нержавеющей стали. Поплавок плавает на поверхности жидкости и через штангу и специальное сальниковое уплотнение соединяется либо со стрелкой измерительного прибора, либо с преобразователем угловых перемещений в унифицированный электрический или пневматический сигналы.

Уровеньмеры узкого диапазона выпускаются двух типов: фланцевые и камерные, отличающиеся способом их установки на технологических аппаратах.

Минимальный диапазон измерений этих уровнемеров — $10 \div 0 \div 10$ мм, максимальный — $200—0—200$ мм [6]. Класс точности 1,5. Поплавковые уровнемеры широкого диапазона представляют собой поплавок, связанный с противовесом гибким тросом. В нижней части противовеса укреплена стрелка, указывающая значения уровня жидкости в резервуаре. При расчетах поплавок обеспечивают состояние равновесия системы «поплавок — противовес» только при определенной глубине погружения поплавка.

На рисунке 1.6 представлены несколько видов поплавок-уровнемеров.

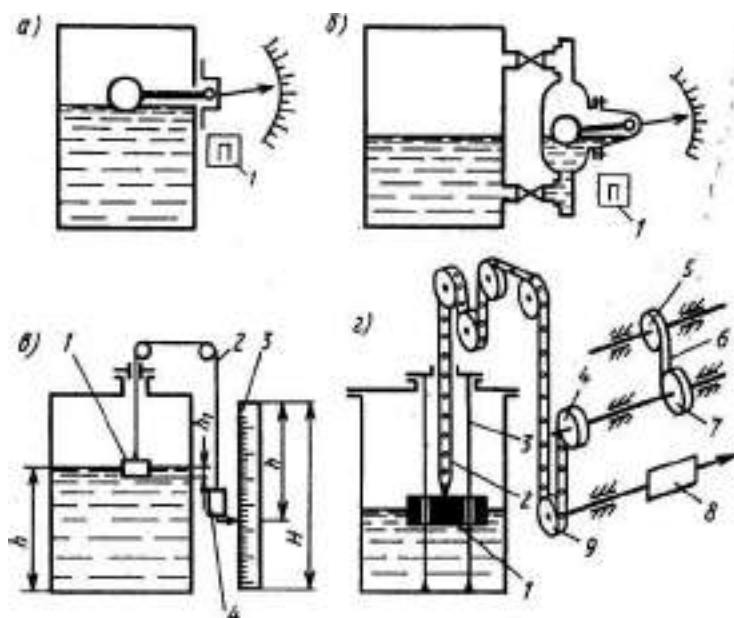


Рисунок 1.6 – Схемы поплавок-уровнемеров

Для передачи информации на расстояние к валу отсчетного устройства может быть подключен преобразователь угла поворота в электрический или пневматический унифицированные сигналы. Минимальный диапазон измерений $0—12$ м, максимальный $0—20$ м. Абсолютная погрешность измерения ± 4 и ± 10 мм.

Повышение уровня жидкости изменяет глубину погружения поплавка и на него действует дополнительная выталкивающая сила.

Принцип работы поплавкового уровнемера основан на способе прямого слежения за уровнем системы поплавок — противовес.

1.1.6 Радарные средства измерений

Главным элементом данного СИ является радиолокатор, частота излучения которого изменяется по линейному закону. Предполагается, что жидкость отражает излучение локатора, поэтому если расположить излучатель-приёмник внутри резервуара согласно схеме (рисунок 1.7) и фиксировать задержку отражённого сигнала относительно сигнала источника – можно определить уровень жидкости по величине задержки.

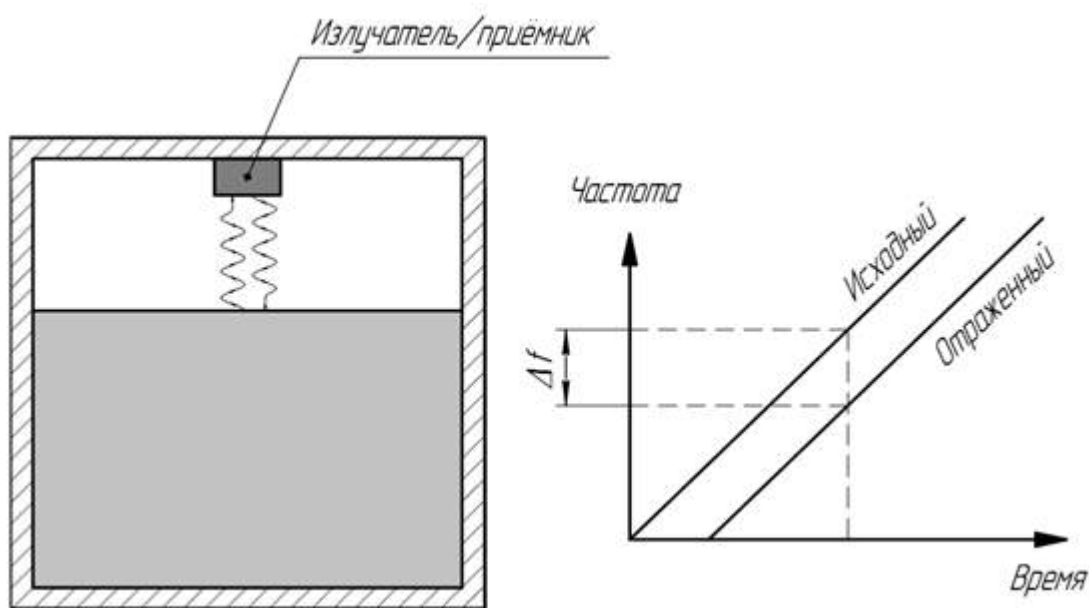


Рисунок 1.7 – Общий принцип функционирования датчика уровня радарного типа

Для определения задержки используется линейная модуляция частоты источника. Если частота исходного сигнала изменяется по линейному закону (например, непрерывно возрастает), то отражённый сигнал, имеющий временной сдвиг относительно исходного, будет иметь также и меньшую частоту.

По величине частотного сдвига можно однозначно судить о величине временной задержки между двумя сигналами, а значит и о расстоянии до поверхности жидкости.

Дальнейшая обработка полученного сигнала осуществляется в цифровом тракте, и на этом этапе возможна, например, нейтрализация шумовых сигналов, возникающих в результате волнений на поверхности жидкости или поглощения радиоизлучения.

Данный метод на сегодняшний день является наиболее технологичным и совершенным, к числу достоинств датчика на его основе следует отнести [7]:

- отсутствие подвижных элементов;
- отсутствие контакта с жидкой средой;
- универсальность – возможность работать практически с любой средой при различных условиях;
- высокая точность;
- возможность адаптировать алгоритм обработки данных для конкретных применений.

В настоящее время в радарных системах контроля уровня применяются в основном две технологии: с непрерывным частотно-модулированным излучением (FMCW — frequency modulated continuous wave) и импульсным излучением сигнала.

Технология FMCW основана на реализации косвенного метода измерения расстояния. Уровнемер излучает микроволновый сигнал, частота которого изменяется непрерывно по линейному закону между двумя значениями. Отраженный от поверхности жидкости, сигнал принимается той же антенной и анализируется с помощью программного обеспечения. Его частота сравнивается с частотой сигнала, излучаемого в данный момент времени. Значение разности частот прямо пропорционально расстоянию до контролируемого объекта.

В радарх же импульсного типа применяется метод определения расстояния, основанный на непосредственном измерении времени прохождения СВЧ-

импульса от излучателя до поверхности жидкости и обратно. Время прохождения сигналом расстояния в несколько метров составляет единицы наносекунд, поэтому получение точного измерения настолько малых значений требуют специальных методов обработки сигнала. Для решения этой задачи используется преобразование микроволнового импульса в ультразвуковой сигнал. В результате преобразования к обработке сигналов радарного уровнемера легко применяются схемы, которые используются в акустических указателях уровня жидкости.

При сравнении характеристик двух типов микроволновых указателей уровня, можно увидеть, что радарные уровнемеры импульсного типа обладают рядом преимуществ перед устройствами, использующими технологию FMCW: экономичность энергопотребления, меньшая стоимость, более высокая надежность (за счет меньшего количества комплектующих).

Важнейшим элементов радарного уровнемера, влияющим на формирование сигнала, является размер и тип антенны. От антенны зависит, какая часть излучённого сигнала достигнет поверхности контролируемой среды и какая часть отражённого сигнала будет принята и передана на электронный блок для обработки.

В микроволновых системах контроля уровня используются антенны пяти типов:

- рупорная (или коническая);
- стержневая;
- трубчатая;
- параболическая;
- планарная.

1.1.6.1 Рупорная антенна

Самой универсальной является рупорная. Этот тип антенны может использоваться в больших емкостях, применяется в различных (в том числе

сложных) условиях, обеспечивает измерения до 35..40 м (в условиях спокойной поверхности), позволяет работать с большим диапазоном сред по диэлектрической проницаемости.

1.1.6.2 Стержневая антенна

Стержневая антенна также широко применима. Радарные уровнемеры с этим видом антенны используются в небольших емкостях: агрессивными средами, химическими веществами, гигиеническими продуктами. Стержневая антенна применима и в случае, когда доступ в емкость ограничен малыми размерами патрубка. Антенны покрыты слоем защитной изоляции, производит измерения на расстояниях до 20 м.

1.1.6.3 Трубчатая антенна

Трубчатая антенна — это надстроенный удлиненный волновод, из-за этого она позволяет выпускать наиболее сильный сигнал за счет снижения рассеивания. Такие антенны применяют в тех случаях, когда проведение измерения посредством рупорной или стержневой антенны связано с большими трудностями или попросту невозможно (наличие пены, сильного испарения или высокой турбулентности жидкости).

1.1.6.4 Параболическая и планарная антенны

В системах коммерческого учета применяются антенны параболического и планарного типов, так как они обеспечивают особо высокую точность измерений.

На сегодняшний день радарные уровнемеры являются самыми универсальными, так как их эксплуатация обеспечивает минимальный контакт измерительного устройства с контролируемой средой, они могут работать вне

зависимости от изменений температуры и давления (причем радарные указатели уровня жидкости применимы в таких условиях, в каких невозможно использование других методов).

Радарные уровнемеры имеют большую устойчивость к таким факторам как запыленность, испарения с контролируемой поверхности, пенообразование, обладают высочайшей точностью. Однако недостатком радарного метода является дороговизна таких приборов.

1.2 Обоснование выбора средства измерения

Что касается представленных методов контроля уровня, то по данным ряда источников степень их распространения оценивается в процентном отношении приблизительно следующими показателями: поплавковый – 24% , вибрационный – 21% , гидростатический – 20% , кондуктометрический – 5% , ёмкостный – 15% ,на основе измерения времени прохождения сигнала – 15%.

Примечательно, что чаще приходится измерять уровень жидких материалов: 82% случаев применения, а остальные 18% приходятся на сыпучие материалы, однако актуальность поплавковых средств измерений с годами падает, причинами этого является развитие технологий и внедрение более эффективных средств измерений[8].

Измерение количества жидкого или твердого вещества в резервуаре является одной из основных задач технологического контроля.

Обстоятельства, при которых требуется определение собственного уровня, распространены гораздо в меньшей степени. Как правило, в большинстве случаев требуются сведения о текущем значении объема.

Выбор методики измерения следует начинать с анализа технологического процесса и определения необходимой информации.

1.2.1 Количество контролируемых уровней

Измерение уровня может быть непрерывным, т.е. не привязанным к какой-либо конкретной точке.

Сигнализация по верхнему/нижнему пределу, для исключения переполнения или полного опустошения емкости, многоточечный контроль уровня с определенным количеством точек сигнализации.

1.2.2 Измеряемая среда

Свойства среды зачастую играют определяющую роль при выборе типа датчика-реле. Электропроводность важный показатель при выборе приборов работающих по принципу изменения сопротивления и по емкостному принципу. Также среда может быть агрессивной, вязкой или с выпадением осадка. Характеристики жидкостей намного облегчают задачу, но и в жидкостях могут появиться проблемы оседания, связанные с образованием суспензий или содержанием в них нерастворимого остатка.

Более того, пена, турбулентность и даже пыль могут ввести в заблуждение при использовании отражательных методов измерений, а также диэлектрические характеристики могут повлиять на показания емкостных датчиков.

1.2.3 Тип емкости

Форма, материал емкости, а также расположение, т.е. доступ к ней, важные показатели выбора системы измерения и способа монтажа.

Если содержимое отличается повышенной реакционной способностью или бак находится под высоким давлением, проникновение в который может вызвать затруднения, а подходящий зонд или канал в нем отсутствуют, может потребоваться доработка конструкции.

1.2.4 Точность измерений

Обычно вопрос о точности измерений относится только к непрерывным измерениям. В зависимости от размеров сосуда измерения могут быть очень точными ($\pm < 1\%$), но при этом потребуются значительные затраты[9].

Необходимость выполнять точные измерения в крупном резервуаре в широких пределах встречается редко.

Одним из простейших и наиболее надежных способов определения степени наполнения резервуара является его взвешивание.

Различают следующие четыре типа прикладных задач с соответствующими рекомендуемыми техническими решениями для каждой из них.

1.2.4.1 Точечное измерение уровня жидкостей

- емкостной метод;
- кондуктометрический;
- поплавковый;
- вибрационный.

1.2.4.2 Непрерывное измерение уровня жидкостей

- гидростатический;
- поплавковый;
- ультразвуковой;
- радиолокационный.

1.2.4.3 Точечное измерение уровня сыпучих сред

- емкостной метод;
- вибрационный.

1.2.4.4 Непрерывное измерение уровня сыпучих сред

- ультразвуковой метод;
- радиолокационный.

Поэтому было принято решение выбрать радарное средство измерения, что подводит нас к выбору соответствующего уровнемера.

1.2.5 Радарный уровнемер БАРС351И

Как измерительный преобразователь, прибор предусматривает эксплуатацию совместно с внешними устройствами:

- персональная ЭВМ с программным обеспечением;
- универсальный вторичный преобразователь УВП-02;
- блок контроля и управления БУК-01;
- аналоговый показывающий прибор (миллиамперметр);
- регистрирующий прибор (самописец).

Преобразователи уровня БАРС351И могут быть объединены в локальную сеть с интерфейсом RS485, что позволяет подключить без повторителей сигнала до 32 приборов на одну линию связи. При наличии повторителей в линии связи возможно подключение 250 приборов[10].

Преобразователь уровня радиоволновый БАРС351И предназначен для непрерывного бесконтактного высокоточного (погрешность измерения ± 1 мм) измерения уровня различных жидких продуктов: светлые нефтепродукты, нефть и темные нефтепродукты, любые жидкости (как проводящие, так и не проводящие),

едкие химические реагенты (щелочи, кислоты и их растворы), пасты, растворители, краски, в технологических и товарных резервуарах, в том числе и в емкостях, находящихся под избыточным давлением, как автономно, так и в составе систем коммерческого учета.

Комплект:

- преобразователь уровня радиоволновый БАРС351И – 1 шт.;
- руководство по эксплуатации – 1 экз.;
- паспорт – 1 экз.;
- программное обеспечение верхнего уровня – 1 компакт-диск;
- свидетельство о поверке – 1 шт.

Использование принципа радарных бесконтактных измерений, применение самой современной элементной базы и передовых методов сборки и тестирования изделий обеспечивают приборы следующие достоинства:

- высокая точность измерений;
- высокая надежность;
- независимость точности и стабильности измерений от влияния дестабилизирующих факторов (температура окружающей среды, наличие испарений внутри резервуара, агрессивный характер контролируемого продукта и т.п.);
- полная автоматизация, что предельно облегчает установку, включение и эксплуатацию прибора;
- возможность работы во взрывоопасных зонах;
- полная безопасность для персонала предприятий ввиду малой мощности излучения (существенно ниже существующих норм), а также - полной локализации радиоволн внутри резервуара;
- легкость интеграции прибора в информационную сеть предприятия АСУТП;
- автоматические самодиагностика и сигнализация внутренних отказов;

- возможность работы при существенном изменении питающих напряжений;
- небольшая потребляемая мощность.

Вывод по разделу один:

Разобравшись в выше перечисленной информации можно сделать заключение, что лучшим выбором будет являться радарное средство 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

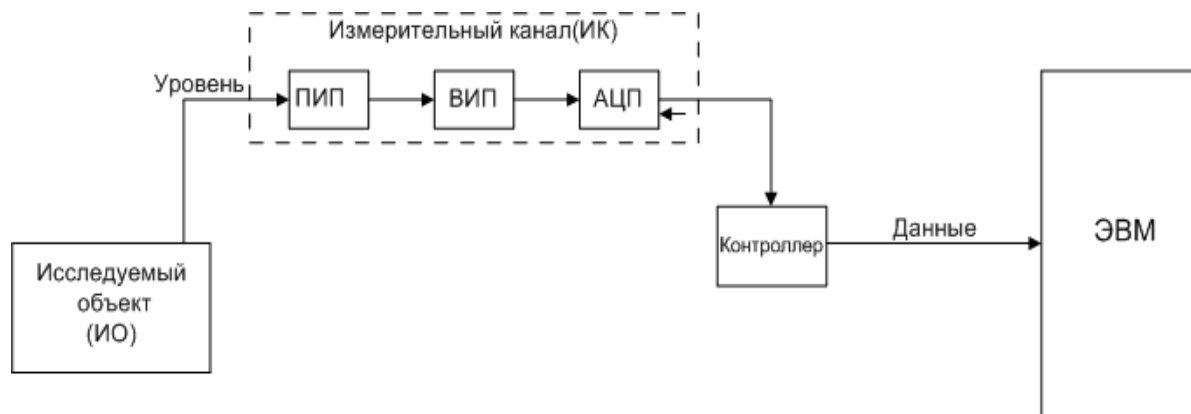


Рисунок 2.1 – Функциональная схема ИИС

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 передаётся на контроллер, а тот, в свою очередь, преобразует сигнал и передает его на электронно-вычислительную машину (далее – ЭВМ).

2.2 Структурная схема ИИС

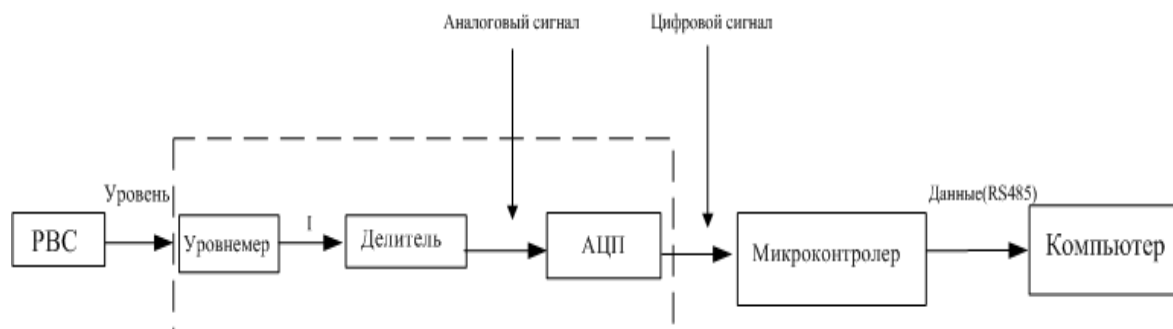


Рисунок 2.2 – Структурная схема ИИС

2.2.1 Описание структурной схемы

Физический параметр (уровень), отправленный соответствующим уровнемером, передаётся 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 передаётся 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

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 выдаёт 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 подаётся 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 Расчёт элементов измерительной цепи

Сопротивление резистора R6 определяется следующим неравенством:

$$R_2(1 - 50 * 10^{-6} * 50 - 0,005), \quad (2.1)$$

$$R_2 \geq 165,44.$$

После приведённых расчётов выбираем прецизионный резистор С2-29В–0,125 ±0,5% с ближайшим номиналом 167 Ом.

С помощью резистора R1 устанавливаем необходимый ток:

$$I = \frac{U_n}{R_1 + R_i + R_2} \quad (2.2)$$

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: 2,7 кОм, и таким образом полное наименование резистора будет С2-33Н-0,125-2,7 кОм±10%.

Напряжение на входе RXD микроконтроллера рассчитывается по формуле:

$$U_{RXD} = \frac{U_{CC} * R_{VT}}{R_4 + R_{VT}}, \quad (2.3)$$

где R_{VT} – сопротивление р-пперехода 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-пперехода будет равно примерно 100кОм.

$$\frac{3 * 100000}{R_4 + 100000} > 2,4 \quad (2.4)$$

Решая это неравенство, получаем $R_4 > 275$ Ом.

Таким образом, выбираем $R_4 = 10$ 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 обеспечивающем 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 R_6 равно 390 Ом.

2.4.2 Расчёт погрешности измерительного канала датчика уровня

Полная погрешность ИИС представляет собой сумму систематической $|\Delta_c|$ ислучайной $\delta|\dot{\Delta}|$ погрешностей

$$\Delta = |\Delta_c| + \gamma \cdot \delta|\dot{\Delta}| \quad (2.5)$$

Для расчета полной систематической погрешности воспользуемся формулой

$$\Delta_c = M|\Delta_c| + k \cdot \delta|\Delta_c|, \quad (2.6)$$

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:

$$\delta(\dot{\Delta}) = \sqrt{\sigma^2(\Delta_1) \cdot (A_2 \cdot A_3 \cdots A_N)^2 + \sigma^2(\Delta_2) \cdot (A_3 \cdots A_N)^2 + \dots + \sigma^2(\Delta_{N-1}) \cdot A_N^2 + \sigma^2(\Delta_N)}, \quad (2.7)$$

где A_N – функция преобразования.

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

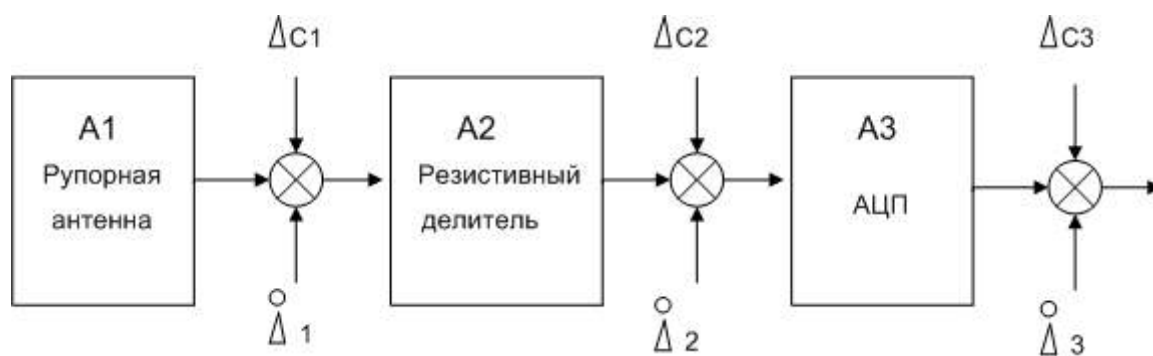


Рисунок 2.3 – Измерительный канал

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

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

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

2.4.2.2 Резистивный делитель

$\pm\gamma = 0,1$ – класс точности

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

$$\sigma|\Delta_{c3}| = \frac{\pm\Delta_{ocp3}}{\sqrt{3}} = \frac{0,0006B}{\sqrt{3}} = 0,00035 B$$

2.4.2.3 АЦП

$$1LSB = \frac{0.6B}{2^{24}}$$

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

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

Рассчитаем СКО случайной составляющей погрешности на каждом элементе

На 1,2 - х и 3 элементах $\sigma(\dot{\Delta})$ будет равно нулю.

АЦП имеет 24 – разрядное ядро с частотой входного сигнала (уровня) $F_{(H)}=80Hz$ и быстродействием $a= 7 \cdot 10^{-4}c$.

Приведённое значение дисперсии результирующей погрешности АЦП с равномерной шкалой квантования для случайного сигнала с нормальным распределением спектра с $M|\Delta_c| = 0$

$$\sigma(\dot{\Delta}) = \frac{1}{12 \cdot 2^n} + \frac{\sigma_x^2 \cdot T_{np}^2}{9} \quad (2.8)$$

Время преобразования

$$T_{np} = a \cdot n \quad (2.9)$$

Дисперсия производной процесса

$$\sigma_x^2 = |R_x(\tau)|_{t=0} \quad (2.10)$$

Вторая производная функции $R_x(\tau)$

$$a = (\sqrt{1 + \sqrt{2}}) \cdot 2 \cdot \pi \cdot F_{max} \quad (2.11)$$

По формулам (2.8),(2.9) и (2.10) находим приведённую полную погрешность для случайного сигнала

Для (уровня)

$$\sigma(\dot{\Delta})^2 = \frac{1}{12 \cdot 2^n} + \frac{(\sqrt{1 + \sqrt{2}}) \cdot 2 \cdot \pi \cdot F_{max(p)} \cdot (a \cdot n)^2}{9}$$

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

$$\sigma(\dot{\Delta}_p)^2 = 2.45 \cdot 10^{-2}$$

$$\sigma(\dot{\Delta}_p) = 0,1565c$$

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

Рассчитаем полную погрешность для измерительного канала от рупорной антенны до АЦП по формуле (2.5)

$\Delta_c = M|\Delta_c| + k \cdot \delta|\Delta_c|$ - полная систематическая погрешность

$$M|\Delta_c| = 0$$

$k = 1,96$ – нормальная функция распределения

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

$$\Delta_c = 0 + 1,96 \cdot 0,0657 = 0,1288 \text{ Гц}$$

$$\delta|\dot{\Delta}| = \sqrt{\sigma^2(\dot{\Delta}_1) \cdot (A_2 \cdot A_3)^2 + \sigma^2(\dot{\Delta}_2) \cdot (A_3)^2 + \sigma^2(\dot{\Delta}_3)} =$$
$$\sqrt{(0)^2 \cdot (30 \cdot 133,3)^2 + (0)^2 \cdot 133,3^2 + (0,1565)^2} = 0,1565 \text{ Гц}$$

Полная погрешность измерительного канала для уровня

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

Выводы по главе 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 РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВКР

3.1 Расчет показателей экономической эффективности проекта

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

$$K = K_{\text{раз}} + K_{\text{прог}} + K_{\text{изг}}, \quad (3.1)$$

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	Заработная плата разработчика, тыс. руб.	$Z_{\text{раз}}$	24
2	Заработная плата программиста, тыс. руб.	$Z_{\text{прог}}$	19
3	Заработная плата изготовителя, тыс. руб.	$Z_{\text{изг}}$	25
4	Коэффициент доплат к заработной 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.	$K_{\text{сн}}$	0,3
7	Время разработки системы, мес.	$T_{\text{раз}}$	4,6
8	Время разработки программы, мес.	$T_{\text{прог}}$	1,0
9	Время изготовления системы, мес.	$T_{\text{изг}}$	2,0
10	Время использования ЭВМ для разработки программы, час	$T_{\text{пр.эвм}}$	455

Продолжение таблицы 3.1

№	Показатель	Обозначение	Значение
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 автоматики, 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 автоматики, доли ед.	$H_{авт}$	0,2
18	Норма амортизационных отчислений здания, доли ед.	$H_{зд}$	0,015
19	Площадь занимаемая РВС, м ²	$S_{зд}$	4
20	Стоимость одного м ² земли, тыс. руб.	$C_{зд}$	20
21	Стоимость ЭВМ, тыс. руб.	$K_{ЭВМ}$	40
22	Стоимость средств автоматизации, тыс. руб.		2778,30
23	Потребляемая мощность ЭВМ, кВт	$N_{ЭВМ}$	0,38
24	Потребляемая мощность датчиков (общая), кВт.	$N_{дат}$	5,1
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 ЭВМ (от стоимости), доли ед.	$K_{тр.эвм}$	0,15
28	Коэффициент затрат на ремонт датчиков (от стоимости), доли ед.	$K_{тр.дат}$	0,05
29	Коэффициент затрат на ремонт втор.приборов и контроллера (от стоимости), доли ед.	$K_{тр.в.пр}$	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:

$$K_{раз} = Z_{раз} \cdot T_{раз} \cdot (1+K_d) \cdot (1+K_p) \cdot (1+K_{сн}) \cdot (1+K_n), \quad (3.2)$$

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

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

$K_{\text{д}}$, $K_{\text{р}}$ – соответственно коэффициенты доплат к заработной плате, районный, доли ед.;

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

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

Перечень элементов трудоемкости разработки представлен в таблице 3.2.

Подставив данные из табл. 3.2 в формулу (3.2) получаем $K_{\text{раз}}$. 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
Таким образом, трудоёмкость разработки $T_{\text{раз}} = 2,3$		
6	Разработка рабочего проекта	1,2
7	Внедрение проекта	1,0
Таким образом, трудоёмкость 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:

$$K_{\text{прог}} = Z_{\text{прог}} \cdot T_{\text{прог}} \cdot (1+K_{\text{д}}) \cdot (1+K_{\text{р}}) \cdot (1+K_{\text{сн}}) \cdot (1+K_{\text{н}}) + C_{\text{мч}} \cdot T_{\text{прог}} \cdot K_{\text{ч}}, (3.3)$$

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.;

$K_{\text{ч}}$ – коэффициент перевода единиц времени. ($K_{\text{ч}} = 21 \cdot 8 = 168$)

Стоимость машино-часа ЭВМ рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{мч}} = S_{\text{экс}} / T_{\text{эвм}}, \quad (3.4)$$

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

$T_{\text{эвм}}$ – годовой фонд работы ЭВМ, час.

Эксплуатационные расходы рассчитываются по формуле:

$$S_{\text{экс}} = 12 \cdot ЗП \cdot (1+K_{\text{д}}) \cdot (1+K_{\text{р}}) \cdot (1+K_{\text{сн}}) + A + T_{\text{р}} + Э + M + N_{\text{рэкс}}, \quad (3.5)$$

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

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

$T_{\text{р}}$ – затраты на ремонт, руб./год;

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

M – затраты на материалы, руб.;

$N_{\text{рэкс}}$ – накладные расходы, связанные с эксплуатацией ЭВМ, руб./год.

Затраты на амортизацию вычисляются по формуле:

$$A = K_{\text{эвм}} \cdot N_{\text{эвм}} + C_{\text{зд}} \cdot S_{\text{зд}} \cdot N_{\text{зд}}, \quad (3.6)$$

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

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

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

$S_{зд}$ – площадь, занимаемая ЭВМ, м²;

$H_{зд}$ – 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:

$$T_p = K_{эвм} \cdot K_{трэвм}, \quad (3.7)$$

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:

$$\mathcal{E} = \mathcal{C} \cdot T_{эвм} \cdot N \cdot K_m, \quad (3.8)$$

где \mathcal{C} – цена за один кВт·ч электроэнергии, руб.;

N – потребляемая мощность, кВт;

K_m – коэффициент интенсивного использования мощности вычислительной техники.

$$\mathcal{E} = 1,7 \cdot 8\,760 \cdot 0,38 \cdot 0,7 = 3961 \text{ руб.}$$

Затраты на материалы определяем по формуле:

$$M = \sum_{i=1}^n \mathcal{C}_i \cdot M_i, \quad (3.9)$$

где i – вид материала;

\mathcal{C}_i – цена i -того материала, руб.;

M_i – количество i -того 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:

$$N_{\text{рэкс}} = 12 \cdot 3П_{\text{ЭВМ}} \cdot (1 + K_{\text{д}}) \cdot (1 + K_{\text{р}}) \cdot K_{\text{н}}, \quad (3.10)$$

где $K_{\text{н}}$ – коэффициент накладных расходов,

$3П_{\text{ЭВМ}}$ – месячная заработная плата обслуживающего ЭВМ персонала.

$$N_{\text{рэкс}} = 12 \cdot 2000 \cdot (1+0.15) \cdot (1+0.15) \cdot 0.5 = 15870 \text{ руб.}$$

$$S_{\text{экс}} = 12 \cdot 2000 \cdot (1+0.15) \cdot (1+0.15) \cdot (1+0.3) + 6200 + 6000 + 3961 + 1780 + 15870 = 75073,2 \text{ руб.}$$

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

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

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

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.

Порядок расчета затрат на комплектующие изделия приведен в таблице 3.4.

Затраты на основную заработную плату при изготовлении устройства равны:

$$L_{изг} = T_{изг} \cdot Z_{изг} \cdot (1+K_d) \cdot (1+K_p) \cdot (1+K_{сн}), \quad (3.11)$$

где $Z_{изг}$ – месячная зарплата изготовителя устройства, тыс. руб.;

$T_{изг}$ – трудоемкость изготовления устройства, мес.

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

Таблица 3.4 – Расчет затрат на комплектующие изделия

Наименование и тип элемента	Кол-во, шт.	Цена за ед. (без НДС), руб.	Сумма (без НДС), руб.
Затраты на программируемый контроллер SLC-500			
SLC 5/05 центральный процессор (1747-L551)	1	1734.42	91734,42
блок питания – 1746-P5	1	15526.92	15526,92
шасси на 10 слотов – 1746-A10	2	14601.35	29202,7
модуль дискретных входов, 16 каналов – 1746-IB16	5	7200.25	36001,25
модуль дискретных выходов, 16 каналов – 1746-OB16	4	10494.07	41976,28
модуль дискретных выходов, 8 каналов – 1746-OB8	1	7760.32	7760,32
модуль аналоговых входов, 16 каналов – 1746-NI16	6	42155.90	252935,4
кабель для соединения двух шасси – 1746-C9, м	1	3891.18	3891,18
Затраты на вводимые приборы			
УТА110	3	20100	261300
ТСМ 9418	3	4500	13500
EJX430A, избыточного давления	4	35000	490000
EJA110A, перепада давления	8	43000	774000
EJX210A	8	27000	216000
VEGASAP 62, сигнализатор предел-го уровня	2	24550	294600
ДМ-5001Е, электро-контактный манометр	6	4 430	70880
АДП-01, датчик пламени	4	4 000	16000,00
СТМ-30	10	16 000	160000
Итого (без НДС):			2778308,47

Затраты на электроэнергию рассчитаем по формуле:

$$\mathcal{E} = C_{эл} \cdot \sum_{i=1}^n N_i \cdot K_{инт} \cdot t_i, \quad (3.12)$$

где $C_{эл}$ – стоимость одного кВт·ч электроэнергии, руб.;

N_i – мощность i -го вида оборудования, Вт;

$K_{\text{инт } i}$ – коэффициент интенсивного использования оборудования, доли ед.;

t_i – время использования i -го вида оборудования, час;

n – количество использованных приборов, шт.

Подставив данные из табл. 3.1 в формулу (3.12) получаем затраты на электроэнергию (далее – Э).

Расчет затрат на энергию можно представить в виде таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Затраты на энергию

№	Наименование оборудования	Потребляемая мощность, Вт	Стоимость кВт/часа, руб.	Времяиспользования, час.	Затраты наэл.энергию, руб.
1	Вольтметр	20	1,7	1280	43,52
2	Осциллограф	40	1,7	480	32,64
3	Стенд-имитатор	400	1,7	300	204
4	Генератор импульсов	30	1,7	200	10,2
5	Датчики	100	1,7	1280	217,6
6	Модули	100	1,7	480	81,6
7	Двигатели	2 000	1,7	100	340
Итого					929,56

$\text{Э} = 929,56$ руб.

Амортизация используемого при изготовлении и настройке оборудования рассчитываются по формуле:

$$A = K_{\text{об } i} \cdot N_{\text{а } i} \cdot T_{\text{прим } i} / 100, \quad (3.13)$$

где $N_{\text{а } i}$ – норма амортизации i -го вида оборудования, %.

Исходные данные для расчета амортизации представлены в таблице 3.6.

Следует выяснить ограничения по стоимости в соответствии с учетной политикой предприятия по отнесению оборудования к основным средствам.

Таблица 3.6 – Амортизация доп. оборудования

№	Название оборудования	Балансовая стоимость, руб.	Месячная норма Амортизации, %	Время использования, мес.	Аморт. на объект, руб.
1	Вольтметр	2 000	1,67	0,69	23,05
2	Осциллограф	4 500	1,67	0,42	31,56
3	Стенд-имитатор	11 000	1,67	0,06	11,02
4	Генератор импульсов	3 200	1,67	0,56	29,93
Итого					95,56

Подставим значения из табл. 3.6 в формулу (3.13) и получим затраты на амортизацию (далее – А).

$$A = 95,56 \text{ руб.}$$

Накладные расходы, связанные с изготовлением и отладкой проектируемой системы, рассчитаем по формуле:

$$N_{p.изг} = T_{изг} \cdot Z_{изг} \cdot (1 + K_d) \cdot (1 + K_p) \cdot K_{н.р.изг} \quad (3.14)$$

Подставив данные таблицы 3.1 в формулу (3.14) получаем накладные расходы ($N_{p.изг}$).

$$N_{p.изг} = 2 \cdot 25000 \cdot (1+0,15) \cdot (1+0,15) \cdot 0,5 = 33062,5 \text{ руб.}$$

Результаты расчетов по статьям калькуляции заносим в таблицу 3.7 и находим общую сумму капитальных затрат на изготовление системы.

Таблица 3.7 – Затраты по статьям калькуляции

№	Статьи затрат	Затраты, руб.
1	Покупные комплектующие изделия (по спецификации)	2778308,47
2	Топливо и электроэнергия на технологические цели	929,56
3	Производственная заработная плата с отчислениями	85962,5
4	Амортизация доп. оборудования	95,56
5	Накладные расходы	33062,5
Итого		2898358

$$K_{изг} = 2898358 \text{ руб.}$$

Таким образом, подставляя значения $K_{раз}$, $K_{прог}$ и $K_{изг}$ в формулу (3.1), получаем полные единовременные затраты на создание измерительной информационной системы для управления устройствами для контроля уровня жидкости в РВС:

$$K = 142353,9 + 109236,7 + 2898358 = 3149948 \text{ руб.}$$

3.5 Расчет текущих затрат на функционирование системы

Годовые эксплуатационные затраты в условиях функционирования системы могут быть определены как сумма:

$$C = C_{эл} + C_{зп} + C_{рем} + C_a, \quad (3.15)$$

где $C_{эл}$ – затраты на электроэнергию, потребляемую системой, руб.;

$C_{зп}$ – зарплата обслуживающего персонала с начислениями, руб.;

$C_{рем}$ – затраты на ремонт, руб.;

C_a – затраты на амортизацию, руб.

Таблица 3.8 – Исходные данные для расчета

№	Показатель	Значение (старое)	Значение (новое)
1	Балансовая стоимость системы, руб.	2500600	3149948
2	Месячная зарплата персонала обслуживающего систему, тыс. руб.	16 000	17 000
3	Численность обслуживающего персонала, чел.	15	13
4	Мощность, потребляемая системой, Вт	11 900	10580
5	Стоимость кВт/часа, руб.	1,7	
6	Потери сырья из-за несоблюдения технологического режима, м ³	400	350
7	Стоимость тонны сырья, руб.	5600	
8	Норма амортизации системы, %	10	10
9	Норма затрат на ремонт, %	10	5

По формуле (3.15) рассчитываем затраты по действующей и разрабатываемой системам. Расчет эксплуатационных затрат можно вести по

изменяющимся статьям затрат. В результате чего определена прибыль, обеспечиваемая внедрением системы.

Расчет годовых затрат на электроэнергию производим по формуле:

$$C_{эл} = N \cdot Ц_{эл} \cdot T_{зад} \cdot K_{инт} , \quad (3.16)$$

где N – мощность, потребляемая системой, кВт;

$Ц_{эл}$ – стоимость одного кВт·ч электроэнергии, руб.;

$T_{зад}$ – годовой фонд работы системы при выполнении задачи, час;

$K_{инт}$ – коэффициент интенсивного использования мощности оборудования.

Подставив данные из таблицы 3.8 в формулу (3.16), получим годовые затраты на электроэнергию действующего $C_{эл}^0$ и разработанного $C_{эл}^1$ вариантов системы.

$$C_{эл}^0 = 11,9 \cdot 1,7 \cdot 8760 \cdot 0,7 = 124050,36 \text{ руб.}$$

$$C_{эл}^1 = 10,58 \cdot 1,7 \cdot 8760 \cdot 0,7 = 110290,152 \text{ руб.}$$

Заработная плата с начислениями персонала, обслуживающего спроектированное устройство:

$$C_{зпп} = 12 \cdot 303 \cdot (1 + Kд) \cdot (1 + Kр) \cdot (1 + Kсн). \quad (3.17)$$

Подставив данные из таблицы 3.8 в формулы (3.17) получим затраты на заработную плату персонала, обслуживающего действующую $C_{зпп}^0$ и разработанную $C_{зпп}^1$ систему [14].

$$C_{зпп}^0 = 12 \cdot 16000 \cdot 15 \cdot (1+0,15) \cdot (1+0,15) \cdot (1+0,3) = 4951440 \text{ руб.}$$

$$C_{зпп}^1 = 12 \cdot 17000 \cdot 13 \cdot (1+0,15) \cdot (1+0,15) \cdot (1+0,3) = 4559451 \text{ руб.}$$

Текущие затраты на ремонт системы находим по формуле:

$$C_{пр} = (K_{обор} \cdot K_{пр})/100 , \quad (3.18)$$

где $K_{\text{обор}}$ – балансовая стоимость устройства, руб.;

$K_{\text{пр}}$ – норма отчислений на ремонт, %.

Подставив данные из таблицы 3.8 в формулу (3.18), получаем годовые затраты на ремонт действующей $C_{\text{пр}}^0$ и разработанной $C_{\text{пр}}^1$ системы:

$$C_{\text{пр}}^0 = 2500600 \cdot 10 / 100 = 250060 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{пр}}^1 = 3149948 \cdot 5 / 100 = 157497 \text{ руб.}$$

Рассчитаем затраты на амортизацию оборудования

Затраты на амортизацию оборудования находим по формуле:

$$C_a = (K_{\text{обор}} \cdot N_a) / 100, \quad (3.19)$$

где $K_{\text{обор}}$ – балансовая стоимость оборудования, руб.;

N_a – норма амортизационных отчислений, %.

$$C_a^0 = 2500600 \cdot 10 / 100 = 250060 \text{ руб.}$$

$$C_a^1 = 3149948 \cdot 10 / 100 = 314994 \text{ руб.}$$

Таким образом, подставляя значения $C_{\text{эл}}$, $C_{\text{зпп}}$, $C_{\text{пр}}$ и C_a в формулу (3.15), получаем годовые эксплуатационные затраты в условиях функционирования:

$$C^0 = 124050,36 + 4951440 + 250060 + 250060 = 5575610 \text{ руб.}$$

$$C^1 = 110290,152 + 4559451,2 + 157497 + 314994 = 5142233 \text{ руб.}$$

Экономия текущих годовых эксплуатационных затрат определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_T = C^0 - C^1 = 433377 \text{ руб.}$$

Экономия от сокращения потерь сырья и продукта составит:

$$\mathcal{E}_n = 5\,600 \cdot (400 - 350) = 280\,000 \text{ руб.}$$

Общая годовая экономия затрат составит:

$$\mathcal{E}_{\text{тр}} = \mathcal{E}_T + \mathcal{E}_n = 433377 + 280\,000 = 713377 \text{ руб.}$$

Метод дисконтирования рекомендован министерством финансов РФ для оценки эффективности инвестиционных проектов. Он базируется на дисконтных

вычислениях по приведению доходов и расходов, связанных с реализацией системы, к некоторому моменту времени (к расчетному году).

Чистый дисконтированный доход(далее – ЧДД) рассчитывается по формуле:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=n}^{t_k} \text{ЧД}_t \cdot \alpha_t, \quad (3.20)$$

где ЧД_t – чистый доход в году t , тыс. руб.;

α_t – коэффициент дисконтирования (приведения), доли ед.;

t_n, t_k – соответственно начальный и конечный годы расчетного периода.

Проект считается прибыльным и его следует принять, если ЧДД больше нуля. Отдельный член денежного потока наличности (ЧД_t) равен разности между ожидаемой величиной доходов от реализации проекта и всеми видами затрат, и может отличаться от другого как по знаку (т.е. быть отрицательным), так и по величине, и рассчитывается по формуле:

$$\text{ЧД}_t = \Pi + A_t - N_t - K_t, \quad (3.21)$$

где Π – прибыль, обеспечиваемая внедрением системы в году t .

A_t – амортизационные отчисления от стоимости системы, тыс. руб.;

N_t – сумма налогов, уплачиваемых предприятием из прибыли в бюджет, тыс. руб.;

K_t – единовременные затраты в году t , тыс. руб.

Так как измерительная информационная система позволяет сократить эксплуатационные расходы, то прибыль (чистый доход), обеспечиваемая внедрением системы, определяется как разность между годовыми эксплуатационными затратами до и после автоматизации. Тогда формула (7.21) примет вид (формула (7.22)):

$$\text{ЧДт} = \text{Сдт} - \text{Срт} + \text{Ат} - \text{Нт} - \text{Кт} , \quad (3.22)$$

где Сдт , Срт – годовые эксплуатационные затраты на систему автоматизации соответственно в действующем и разработанном вариантах, тыс. руб.

Общая экономия годовых эксплуатационных затрат в результате автоматизации может быть определена и по отдельным статьям затрат.

Например, оптимальное управление электрозадвижками и насосами с помощью автоматизированной системы обеспечит экономию электроэнергии и экономию на заработной плате, так как позволит сократить численность персонала.

Считается, что если полученная рентабельность равна 100%, то рентабельность проекта равна заданной, если больше, то имеет место сверхрентабельность, если меньше - проект не обеспечивает заданный уровень рентабельности.

Коэффициент дисконтирования определяется по формуле:

$$\alpha_t = (1 + E_n)^{t_p - t} , \quad (3.23)$$

где E_n – нормативный коэффициент эффективности единовременных затрат, равный ставке банковского процента за долгосрочный кредит, выраженный в долях единиц;

t_p – расчетный год;

t – год, затраты и результаты которого приводятся к расчетному году.

В условиях высокого уровня инфляции коэффициент дисконтирования вычисляется так:

$$\alpha_t = ((1 + E_n)(1 + F))^{t_p - t} , \quad (3.24)$$

где F – уровень инфляции в долях единиц.

В качестве начального года расчетного периода принимается год начала финансирования работ по созданию проекта, включая проведение научных исследований.

Конечный год расчетного периода определяется моментом завершения жизненного цикла системы, прекращением его использования на производстве.

В качестве расчетного года обычно принимается наиболее ранний из всех рассматриваемых вариантов календарный год, предшествующий началу использования на предприятии разрабатываемой системы.

Изменение чистого дисконтированного дохода за счет использования системы будет рассчитываться по формуле (3.20).

Для анализа эффективности единовременных затрат на разработку и внедрение системы используется показатель - внутренняя норма доходности (далее - ВНД) коэффициент эффективности единовременных затрат, определяемый из соотношения:

$$\sum_{t=t_H}^{t_B} (C_{Дт} - C_{pt} + A_t - H_t - K_t) \cdot (1 + \text{ВНД})^{t_p - t} = 0 \quad (3.25)$$

Вычисляемые коэффициенты эффективности позволяют судить об общем и минимальном уровне эффективности единовременных затрат, осуществляемых на предприятии.

Другим назначением показателя ВНД является оценка возможности привлечения заемных средств на разработку и внедрение системы. Расчетное значение ВНД соответствует максимально допустимому проценту за кредит, который может быть использован для полного финансирования единовременных затрат по данной системе.

Если величина ВНД равна проценту за кредит, то чистый дисконтированный доход оказывается равным нулю. Таким образом, вычисляемое значение позволяет судить о приемлемости для предприятия условий кредитования.

Другим показателем, применяемым для анализа эффективности единовременных затрат, является срок окупаемости $T_{ок}$. Экономическое содержание этого показателя заключается в определении момента времени, необходимого для покрытия единовременных затрат в проект.

Период возврата единовременных затрат ($T_{ок}$) определяется последовательным сложением величин:

$$\sum_{t=t_H}^{t_B} (C_{Дt} - C_{Pt} + A_t - H_t) \cdot \alpha_t \quad (3.26)$$

пока полученная сумма не сравняется с величиной единовременных затрат, приведенных к расчетному году. Количество произведенных сложений равняется периоду возмещения капитальных вложений или сроку окупаемости.

Сумма налогов на прибыль и имущество рассчитывается по формуле:

$$H = H_{пр} + H_{им} , \quad (3.27)$$

где $H_{пр}$ – налог на прибыль, тыс. руб.;

$H_{им}$ – налог на имущество, тыс. руб.

$$H_{пр} = \frac{(C_{Д} - C_{Р} - H_{им}) \cdot CT_{пр}}{100} , \quad (3.28)$$

где $CT_{пр}$ – ставка налога на прибыль, %.

$$H_{им} = \frac{(K_{от} \cdot CT_{им})}{100} , \quad (3.29)$$

где $K_{от}$ – остаточная стоимость внедряемой системы в году t , тыс. руб.;

$СТ_{им}$ – ставка налога на имущество, %.

Срок окупаемости капитальных вложений определяется по графику, представленному на рисунке 3.1. Точка пересечения линии ЧДД и оси абсцисс позволяет определить период окупаемости единовременных затрат.

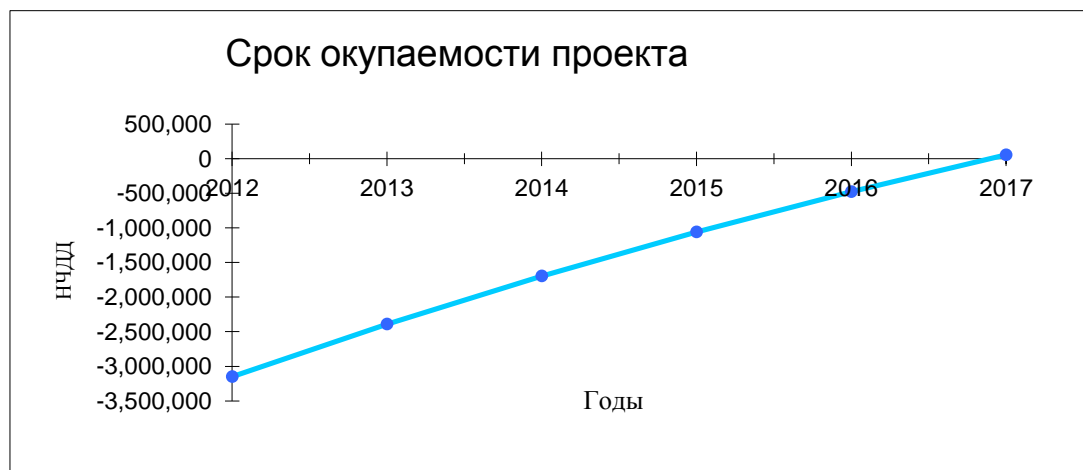


Рисунок 3.1 – Определение срока окупаемости

Таблица 3.9 – Расчет чистого дисконтированного дохода разработки, тысяч руб.

Показатель	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Единовременные затраты	149 948	0	0	0	0	0
Экономия эксплуатационных затрат	0	713 377	713 377	713 377	713 377	713 377
Амортизационные отчисления (10%)	0	314 995	314 995	314 995	314 995	314 995
Остаточная стоимость	0	834 953	519 958	204 964	889969	574 974
Налог на имущество (2,2%)	0	62 369	55 439	48 509	41 579	34 649
Налог на прибыль (20%)	0	130 202	131 588	132 974	34 360	35 746
Чистый доход	149 948	835 801	841 345	846 889	52 433	57 977
Коэффициент дисконтирования	1	0,9091	0,8264	0,7512	0,6829	0,6209
Чистый дисконтированный доход	149 948	759 827	695 288	636 183	82 126	32 718
ЧДД накопленный	3149948	2390121	1694833	1058650	476 524	6 194

По графику определяем срок окупаемости проекта, он составляет 5,8 лет с начала проектирования.

Внутренняя норма доходности определяется по графику, представленному на рисунке 3.2. На графике внутренняя норма доходности представлена пересечением кривой ЧДД с нулевой линией. Для построения кривой зависимости ЧДД и коэффициента эффективности капитальных вложений зададимся несколькими значениями α , определим для них ЧДД и по полученным точкам построим кривую.

Таким образом внутренняя норма доходности ВНД = 28 %, т.е. это максимально - допустимый процент за кредит, который может быть использован для полного финансирования единовременных затрат по этому проекту.

Расчет рентабельности единовременных затрат производится по формуле:

$$P = (НЧДД+K)/K \cdot 100, \quad (3.30)$$

где K – общие единовременные затраты.

$$P = (759827 + 3149948) / 3149948 \cdot 100 \% = 167\%$$

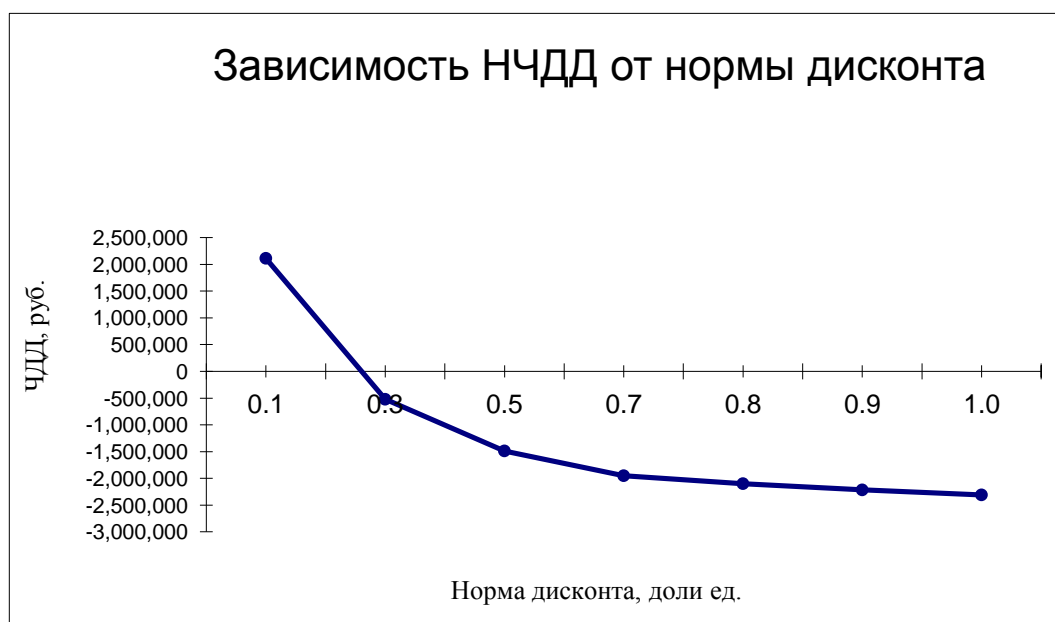


Рисунок 3.2 – Зависимость НЧДД от нормы дисконта

Таблица 3.10 – Показатели экономической эффективности проекта

№	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

Для построения прямой, отражающей зависимость ЧДД от изменения параметра, достаточно двух точек. Поэтому пересчет показателя эффективности осуществляется для крайних значений вариации фактора.

В результате проведенных расчетов внедрения измерительной информационной системы для контроля уровня жидкости получены показатели, представленные в таблице 3.10

Полученные результаты свидетельствуют о достаточно высокой экономической эффективности данного проекта. Таким образом, можно говорить о прибыльности внедрения разработанной в данном дипломном проекте измерительной информационной системы.

Выводы по разделу три:

В третьей главе произведен расчет экономической эффективности проекта, в результате которого была определена рентабельность проекта равная 167%, срок окупаемости составил 5,8 лет, внутренняя норма доходности 28%.

4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

4.1 Безопасность работающих

4.1.1 Вредности и опасности на рабочем месте оператора РВС

Рабочую среду РВС 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/м³.

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 колодцах, 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 42В, 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 взрывопожаро-опасности по ПУЭ	Категория взрывоопасности и группа взрывоопасных смесей по ГОСТ 12.1.011-78
Сепаратор С-1	А	В-1г	ПА-Т3
Сепаратор газовый ГС-1,2	А	В-1г	ПА-Т1
Сепаратор С-1/1,2	А	В-1г	ПА-Т3
Сепаратор С-2/1,2	А	В-1г	ПА-Т3
Путевой подогреватель нефти ПП-1,6	А	В-1г	ПА-Т3
Резервуар технологический РВС	А	В-1г	ПА-Т3
Дренажная ёмкость	А	В-1г	ПА-Т3
Насосная откачка нефти	А	В-1а	ПА-Т3
Насосная откачка воды	Д	-	-
Узел учёта нефти	А	В-1а	ПА-Т3
Установка дозирования химреагента	А	В-1а	ПА-Т2
Ёмкость деэмульгатора	А	В-1г	ПА-Т2
Ёмкость ингибитора	А	В-1г	ПА-Т2
Ёмкость метанола	А	В-1г	ПА-Т2
Факельная установкаФакел	А	В-1г	ПА-Т1
Конденсатосборник	А	В-1г	ПА-Т1
Насосы воды	Д	-	-
Насосы пенообразователя	Д	-	-
Резервуарыпротивопожарного запаса воды	Д	-	-

- 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 × 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 проекта

При эксплуатации оборудования, загрязнение атмосферы предполагается в результате выделения:

- лёгких 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 двум основным направлениям:

- контроль за выбросами загрязняющих веществ в атмосферу непосредственно на организованных источниках;
- контроль за соблюдением норм допустимых выбросов вредных веществ, установленных для объектов предприятия.

Контроль величин предельно допустимого импульса (далее – ПДВ) 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, учтённого 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 требований “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 $\Delta P_{\phi 1} = 900$ кПа.

Масса газа в тоннах рассчитывается[16]:

$$Q = \frac{\rho \cdot V}{1000}, \quad (4.1)$$

где ρ – плотность газа в кг/м³,

V-объем газа в м³.

Объем газосепаратора 50 м³, плотность природного газа 1.00 кг/м³, 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:

$$R_1 = 18.5 \sqrt[3]{Q}, \quad (4.2)$$

где Q – количество газа в тоннах;

R₁ – радиус зоны детонационной волны.

Подставив полученное выше значение Q, получим:

$$R_1 = 18.5 \cdot \sqrt[3]{0.0425} = 6.456 \text{ м} \quad (4.3)$$

Радиус смертельного поражения людей определяется по формуле:

$$R_{\text{спл}} = 30 \sqrt[3]{Q}, \quad (4.4)$$

где R_{спл} – радиус смертельного поражения людей.

$$R_{\text{спл}} = 30 \cdot \sqrt[3]{0.0425} = 10.45 \text{ м} \quad (4.5)$$

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

$$R_{\phi y} / R_1 = 12, \quad (4.6)$$

где $R_{\phi y}$ – радиус безопасного удаления, R_1 – радиус детонационной волны.

Зная R_1 , получим:

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

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

$$r_2 / R_1 = 10 / 6.456 = 1.55, \quad (4.7)$$

$$\Delta P_{\phi 2} = 99 \text{ кПа}$$

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:

$$r_3 / R_1 = 50 / 6.456 = 7.75$$

$$\Delta P_{\phi 3} = 9 \text{ кПа}$$

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 Выбор датчиков уровня. Точность измерений. — <http://www.controlengrussia.com>
- 10 Кулаков, М.В. Технологические измерения и приборы для химических производств: справочник / М.В. Кулаков. – М.: Изд-во Альянс, 2008. – 243с.
- 11 Кувшинов, Н.С. Схемы электрические принципиальные в инженерной графике: учебное пособие. / Н.С. Кувшинов, Хейфец А.Л. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 74 с.

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

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

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

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

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

17 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.

18 СТО ЮУрГУ 04–008 Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению / составители: Т.И. Парубочая, Н.В. Сырейщикова, В.И. Гузеев, Л.В. Винокурова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 56 с.

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

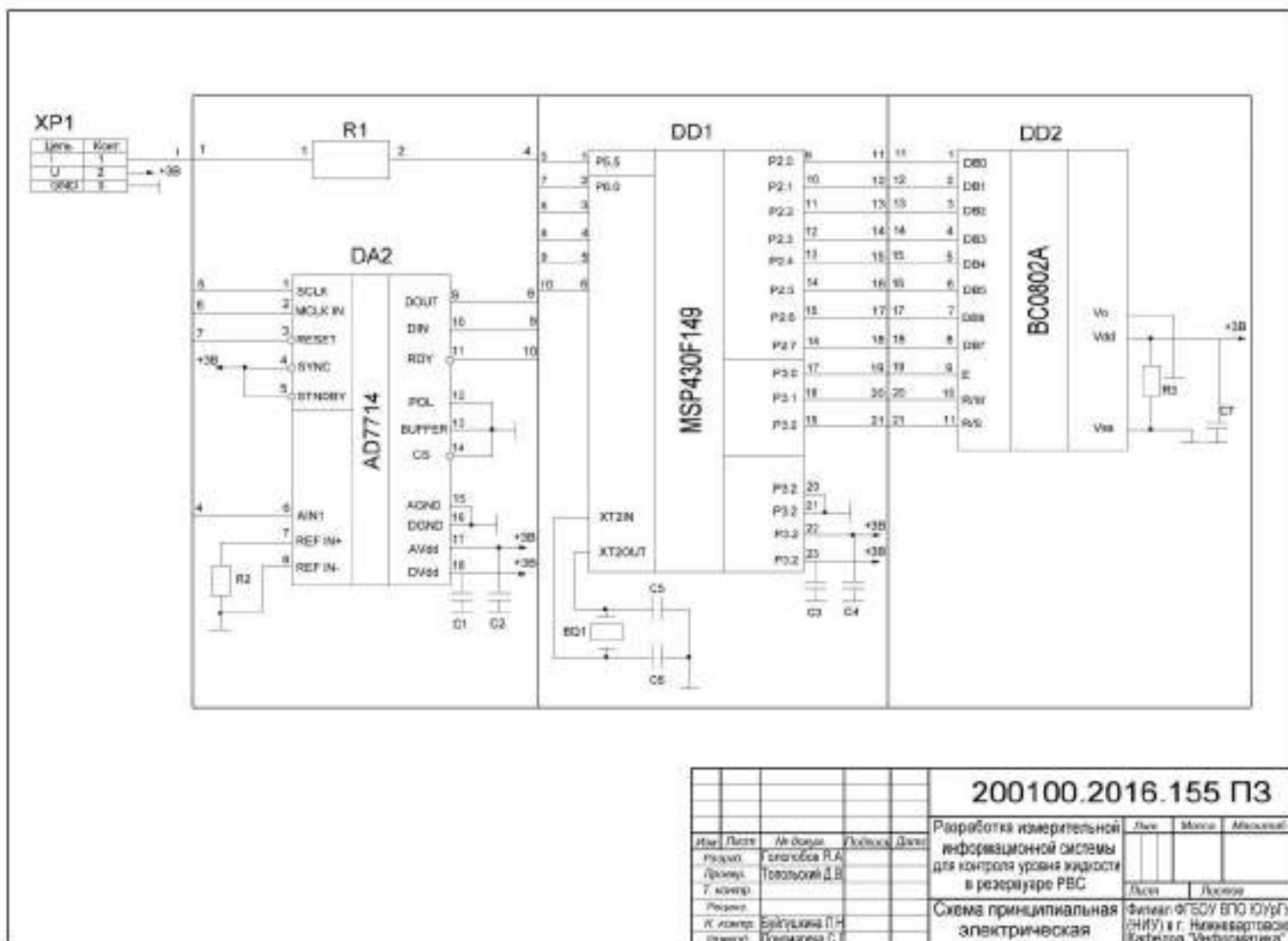
20 Рынок микроэлектроники. Микроконтроллеры семейства MSP430, 2007. – <http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/doc/micros/msp430/arh/1.htm>

ПРИЛОЖЕНИЕ А. АЛГОРИТМ РАБОТЫ ДАТЧИКА УРОВНЯ



Рисунок А.1 – Блок-схема работы датчика уровня

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. СХЕМА ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ



200100.2016.155 ПЗ

Исполн.	Лист	№ докум.	Год выпуска	Дата	Разработка измерительной информационной системы для контроля уровня жидкости в резервуаре РВС	Лист	Масштаб	Масштаб
Исполн.	Лист	№ докум.	Год выпуска	Дата		Лист	Листов	Листов
Исполн.	Лист	№ докум.	Год выпуска	Дата	Схема принципиальная электрическая	Филиал ФГБОУ ВПО ЮУрГУ (НИУ) в г. Нижневартовске Кафедра "Информатика"		
Исполн.	Лист	№ докум.	Год выпуска	Дата				

