

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
"НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИТМО"

О Т Ч Ё Т

по результатам выполнения комплексной домашней работы по
дисциплине «Преобразователи информации»

Руководитель: доцент факультета СУиР Быстров С.В.

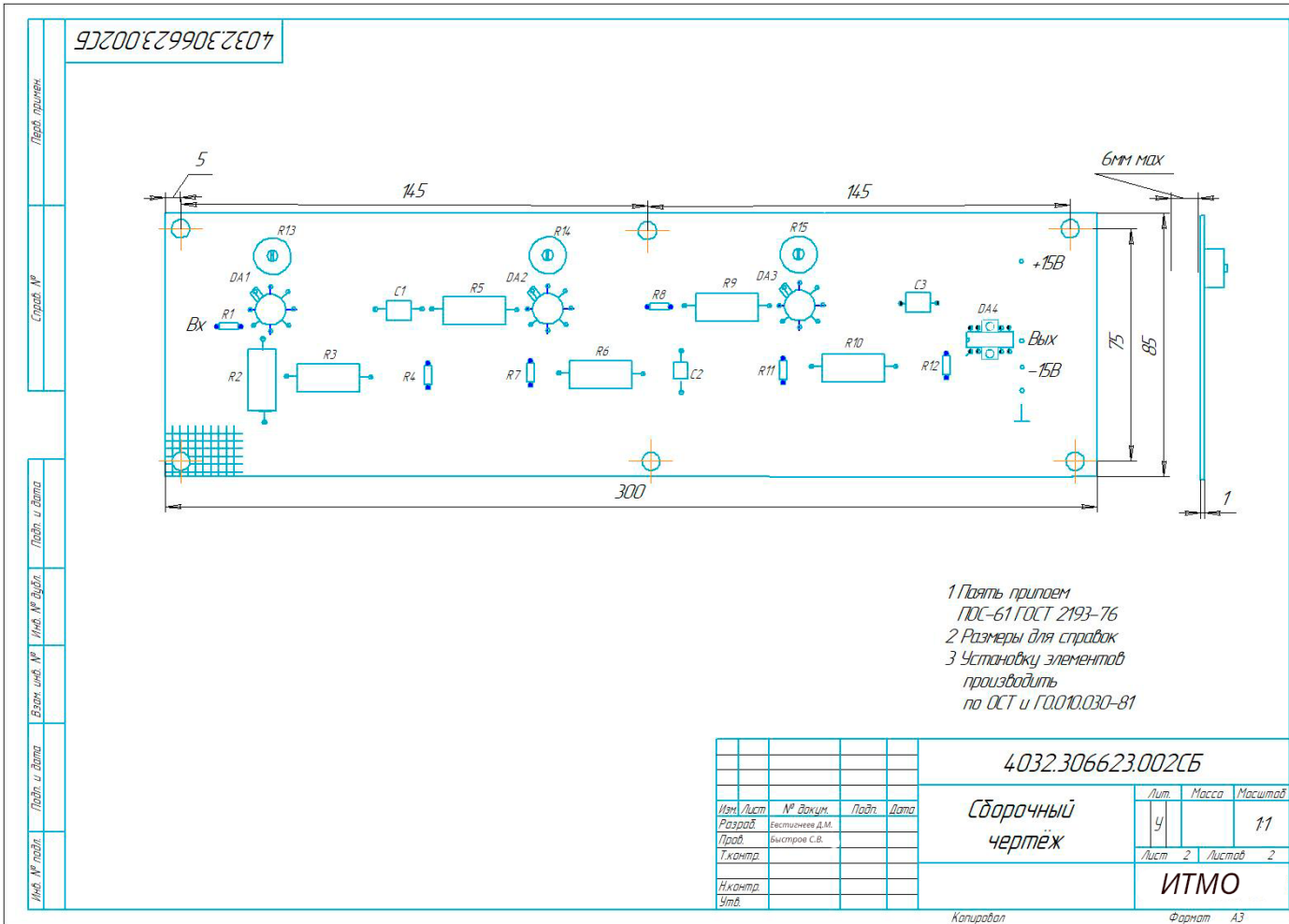
Исполнитель: студент группы R34423 Евстигнеев Дмитрий

Санкт-Петербург

2022

Содержание

Часть 1.	5
1. Техническое задание:	5
2. Ход работы:	5
2.1. Поиск аналогов по источникам информации и сравнительный анализ... 5	
2.2. Дополнительное задание: поиск двух зарубежных аналогов.....	26
2.3. Выбор принципа действия разрабатываемого устройства	26
Вывод:	27
Часть 2	28
1. Техническое предложение.....	28
2. Ход работы:	28
2.1. Библиографический поиск:	28
2.2. Выбор источники питания:	31
2.3. Разработка функциональной схемы устройства:	31
2.4. Дополнительное задание: Чертеж функциональной схемы	33
Вывод.....	33
Часть 3.	34
1. Разработка собственного технического решения	34
2. Ход работы:	34
2.1. Разработка принципиальной электрической схемы	34
2.2. Выбор источника(ов) питания:	48
2.3. Чертеж ЭЗ или Э4:	49



Вывод..... 50

Часть 1.

1. Техническое задание:

Разработать устройство для измерения относительной прозрачности (замутненности растворов). Считаем, что 100% прозрачность имеет дистиллированная вода.

Исходные данные для проектирования:

- допустимая погрешность измерения - 5%
- напряжение питания - 220 В, 50 Гц
- выходной сигнал устройства - 16-ти разрядный параллельный код

2. Ход работы:

2.1. Поиск аналогов по источникам информации и сравнительный анализ

В общем случае существующие приборы для измерения жидких сред называют концентромерами. Концентромеры это приборы для определения концентрации суспензии или массовой доли взвешенных частиц в суспензии. Рассмотрим некоторые из них.

Кондуктометры - идеальное средство для контроля количества растворенных солей и взвешенных частиц в воде (рисунок 1.1). Кондуктометры незаменимы для контроля промышленных трубопроводов или вод, для водной флоры и фауны [6]. Данные приборы предназначены для непрерывного измерения и двухпредельной сигнализации отклонений удельной электропроводимости воды от заданного значения в процессах водоподготовки и контроля водного режима ТЭС.



Рисунок 1.1 - Кондуктометры

Все более широкое применение в приборостроении находят методы контроля, основанные на взаимодействии неоднородной среды с излучением различного спектра. Первичная информация о параметрах такой среды формируется при ее взаимодействии со стимулирующим излучением. Оптическая информация охватывает как видимую область длин волн (0,35-0,76 мкм), так и ультрафиолетовую часть спектра с длинами волн в ближнем ультрафиолетовом диапазоне. Технически сложно реализуема область спектра меньше 0,2 (20 нм) из-за поглощения кислородом воздуха. Инфракрасная область с длинами волн от 0,8 мкм и выше отличается большей информационной способностью и практически более приемлемым является диапазон излучений с длиной волны меньше либо равной 50 мкм.

Примыкающее к оптическому диапазону длинноволновое, микроволновое и коротковолновое рентгеновское излучение не относятся к оптическим методам, так как для их моделирования необходимы другие не оптические законы преломления, отражения и рассеяния.

При взаимодействии оптического излучения с неоднородной средой параметры электромагнитной волны определенной частоты (скорость распространения, амплитуда) могут изменяться, так как частота является неизменной. Хотя влияние этого эффекта и не велико, но оно ограничивает точность как моделирования, так и измерений.

По характеру отраженного излучения оценивается блеск и цвет жидкости. При этом излучение может отражаться регулярно или диффузно.

Для оценки состояния неоднородных сред используются оптические методы измерения и контроля их параметров. Прямые измерения концентрации, формы и размеров инородных частиц в виде сухого остатка, приходящегося на определенный объем жидкости, весьма трудоемкие и применяются в аналитическом приборостроении при научных исследованиях и разработках новых методов и средств. Более распространены косвенные измерения, когда мутность исследуемой жидкости оценивается по характеру взаимодействия мутной среды с оптическим излучением. Каждая среда (вещество) при определенных условиях измерения имеет специфичную

величину коэффициента преломления.

Приборы, основанные на таком принципе - рефрактометры (рисунок 1.2), широко используются для идентификации и маркировки (классификации - распознавания) веществ. Рефрактометры применяются: в промышленных и научных лабораториях; в пищевой промышленности (сахарные заводы, кондитерские фабрики, молочные комбинаты) для анализа продуктов и сырья, полуфабрикатов, кулинарных и мучных изделий); в медицине для определения белка в моче, сыворотке крови, субретинальной и других жидких средах; в фармацевтической промышленности для исследования водных растворов лекарственных препаратов.



Рисунок 1.2 - Рефрактометры лабораторный и портативные

Однако моделирование информационных процессов рефрактометрии для многокомпонентных смесей и растворов представляет определенные трудности.

Поляриметры (рисунок 1.3), основанные на принципах измерения оптической активности веществ, используются для определения концентрации и идентификации исследуемых сред.



Рисунок 1.3 - Поляриметры

Спектральная фотометрия основывается на функциональной зависимости излучаемого или трансформируемого средой оптического излучения от состояния этой

среды. По потоку излучения, испускаемого или поглощаемого средой, оценивается количество, размеры и концентрация частиц в мутной среде. Спектрофотометры позволяют обнаружить вещество по спектру поглощения, а также идентифицировать посторонние включения различию их спектров поглощения в заданной области длин волн.

Для непрерывных измерений концентрации мелкодисперсных сред, содержание твердых частиц в которых составляет 100 мг/л и менее, наиболее эффективны и перспективны оптические концентратометры. Воспринимающие рассеянное дисперсной средой в боковом направлении - нефелометры или прошедшего через нее излучения - турбидиметры.

В нефелометрах (рисунок 1.4) используется зависимость информативного излучения рассеяния от определенного угла к направлению потока воздействующего излучения. На этой основе строятся информационно-измерительные приборы для определения мутности, а также концентрации и распределения частиц. По всей природе нефелометры являются средствами относительных измерений, что требует наличия определенных эталонов (стандартов) мутности. Эти стандарты по форме, размерам и распределению частиц, а также по коэффициенту преломления должны строго согласовываться с характеристиками контролируемой жидкости.



Рисунок 1.4 - Нефелометры

На зависимости коэффициента рассеяния от размеров, формы, числа частиц и от разности коэффициентов преломления среды и частиц основывается оптический метод измерения мутности - турбидиметрический. Сущность метода состоит в следующем: если через мутную среду пропускать световой поток, то часть света рассеивается взвешенными частицами и чем выше концентрация взвеси в контролируемой среде, тем

большая часть света его рассеивается. При этом, мерой концентрации взвешенных частиц является ослабление интенсивности прошедшего через слой контролируемой среды светового потока.

$$\Phi_{np} = \Phi_0 \cdot \exp(-K \cdot C \cdot L) \quad (1.2.1)$$

где Φ_0 - воздействующий световой поток

Для контроля концентрации дисперсной среды (нерастворенных взвешенных частиц) в жидкостях данный метод применяется довольно широко. Турбидиметры широко применяются для контроля мутности, являющейся комплексной характеристикой содержания твердой фазы средой. Диапазон измерения прибора позволяет работать со средами от низкой до высокой степени мутности.

Выше рассмотренные оптические концентратометры имеют определенные ограничения в применении при исследовании дисперсных сред, а именно: невозможность учета эффекта многократного рассеивания, необходимость многократного разведения пробы перед измерением, сложность и длительность процесса пробоподготовки, что приводит к необратимым изменениям пробы, длительность и сложность контрольно-измерительного процесса. Учитывая, что исследуемые дисперсные системы относятся к быстро переменным термодинамическим системам, необходимо, чтобы измерительная система воспринимала количественную измерительную информацию непосредственно от объекта измерения в режиме реального времени.

Анализ известных моделей волоконно-оптических датчиков и портативных турбидиметров. Проанализируем существующие на рынке приборы и датчики для измерения мутности различных фирм.

Портативный турбидиметр 299-10 (рисунок 1.5). Прибор для определения мутности растворов совмещает в себе точность показаний, присущую лабораторным приборам и портативность приборов, используемых на месторождениях [8]. Это идеальное решение для контроля и регулирования качества анализов жидкостей, для экологических передвижных лабораторий.



Рисунок 1.5 - Портативный турбидиметр 299-10

Широкий диапазон замера 0-1100 NTU (нефелометрическая единица мутности), микропроцессор позволяет автоматически переключать пределы измерений на протяжении всей шкалы. Прямой вывод цифровых показаний с минимальным разрешением 0,01 и точностью $\pm 2\%$ или 0,05 NTU. Многоканальный оптический детектор обеспечивает продолжительную стабильность и уменьшает рассеянное световое излучение и световые помехи. Все данные являются усредненными значениями, взятыми в течение 5 секунд. Данный процесс делает минимальными колебания показаний, присущие большим частицам и позволяет производить измерения быстро и с высокой воспроизводимостью. Процедура калибровки проста и проводится с помощью кнопок задания значений параметров, до их соответствия стандартам. Микропроцессор настроен в соответствии с заданной калибровочной кривой. Интерфейс RS232 предназначен для подключения прибора к регистратору данных или компьютеру. Прибор питается как от щелочной батареи 9 В, а также через адаптер. Необходимое напряжение в сети 120В/60Гц или 220В/50Гц.

Промышленный турбидиметр Trb 8300 (рисунок 1.6)



Рисунок 1.6 - Промышленный турбидиметр Trb 8300

Трансмиттер Trb 8300 используется для преобразования сигнала, поступающего от турбидиметрических датчиков серии InPro 8050, InPro 8100, InPro 8200 с последующим отображением данных на ЖК-дисплее в виде стандартных единиц измерения (FTU, NTU, EBC, ppm, %, г/л). В трансмиттере установлен светодиод, излучающий свет с длиной волны, лежащей в ближней ИК области (880 нм), и фотодиод, регистрирующий рассеянный свет, поступающий по оптоволоконному кабелю от турбидиметрического датчика, под углом 180°.

Ручная калибровка» осуществляется путем непосредственного ввода данных датчика: значение нулевой точки и крутизны, определенные заранее на заводе-изготовителе или в лаборатории. Калибровка по образцу» по одной точке осуществляется без извлечения датчика из измеряемой среды, турбидиметрический анализ данной среды проводится эталонным прибором с последующим вводом полученного значения в трансмиттер Trb 8300. Многоточечная калибровка» позволяет добиться максимальной точности измерений. Калибровка проводится по 2, 3, 4 или 5 точкам. Четыре свободно масштабируемых токовых выходных сигнала (0)4...20 мА, с настраиваемыми функциями «линейная», «билинейная», «логарифмическая» или «автоматическое масштабирование», позволяют максимально точно передавать любые измеренные значения. Четыре пары релейных контактов с программируемой задержкой и гистерезисом дают возможность использовать данный трансмиттер в контуре автоматического регулирования: 1 реле - аварийная сигнализация, 1 реле - промывка, 2 реле предельных значений.

Функция «HOLD» обеспечивает «замораживание» выходных сигналов при настройке и калибровке для предотвращения ложного срабатывания оборудования [9].

Наличие интерфейса RS232 позволяет передавать данные на ПК. Три независимо программируемых набора параметров позволяют использовать один прибор для решения различных задач, например, для контроля различных сред в одной точке технологической линии. Технические характеристики приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.2 - Технические характеристики портативного турбидиметра 299-10

Характеристика	Значение
Диапазон измерений	5...4000 FTU и 0...30 г/л с датчиком InPro 8200 10...4000 FTU и 0...250 г/л с датчиками InPro 8050, InPro 8100
Выбор единиц измерения	FTU, NTU, EBC, г/л, %, ppm
Входы	4 входных сигнала (0...5В) 1 вход для переключения прибора в режим «HOLD» 3 входа для переключения на различные наборы параметров
Наборы параметров	3 независимых набора параметров
Калибровка	Ручной ввод данных датчика Калибровка по образцу Многоточечная калибровка (до 5 точек) Заводская калибровка
Класс промышленной защиты	IP 65
Выходные сигналы	4 свободно масштабируемых токовых сигнала (0)4...20 мА для передачи различных измеряемых величин, максимум 500 Ом
Релейные контакты	4 релейных контакта: 1 аварийная сигнализация, 1 промывка, 2 предельные значения
Дисплей	ЖК дисплей с подсветкой
Интерфейс	RS 232 для обновления версии программного обеспечения трансмиттера и передачи данных на ПК
Класс промышленной защиты	IP 65
Условия эксплуатации	-10...50°C, 0...80%
Материал корпус	Химически стойкий пластик, устойчивый к воздействию УФ
Размеры и вес	125×114×162 мм, 1 кг
Питание	100...240 В переменного тока, 47...63 Гц

Мутномер-Турбидиметр ИМП 2А (рисунок 1.7) - это автономный погружной измеритель мутности, который используется для изучения потоков осадочного вещества в толще вод.

Его использование позволяет проводить изучение:

взвешенного вещества всех видов (при классификации водных масс и исследовании их трансформации в проливах; в устьях рек; в прибрежных стоках);

абразионно-аккумуляционных процессов с определением локальных абразионных участков и направлений переноса взвешенного осадочного материала и последующего его аккумуляирования;

литодинамических процессов, с учетом абразии берегов и вовлечения во взвешенное состояние донных осадков;

процесса переноса загрязнений из прибрежных источников;

исследования абразионно - аккумуляционных процессов участков побережья;

потока взвешенных наносов и его трансформации;

выявления локальных участков загрязнения прибрежных вод;



Рисунок 1.7 - Мутномер-Турбидиметр ИМП 2А

Мутномер-Турбидиметр ИМП 2А является незаменимым прибором для проведения экологического мониторинга [10].

Достоинствами данного мутномера являются автономность и устойчивость к загрязнению иллюминаторов. Загрязнение иллюминаторов приводит к ослаблению измеряемого светового потока и в традиционных мутномерах анализируется как повышение мутности водной среды - что приводит к значительной погрешности измерения мутности водной среды. Применение разработанных особой конструкции и методики позволило исключить влияние поверхностной пленки и загрязнения иллюминаторов на результат измерения. Простота, быстродействие, линейность во всем диапазоне измерений. Работа «in situ» (непосредственно в исследуемой жидкости).

Компактный инфракрасный турбидиметр Aqualytic AL250T-IR, который разработан, чтобы обеспечить быстрое, точное локальное тестирование (рисунок 1.8). Прибор измеряет рассеянный свет под углом 90° , как предусмотрено в EN ISO 27 027.



Рисунок 1.8 - Инфракрасный турбидиметр Aqualytic AL250T-IR

Диапазон измерения колеблется от 0.01 до 1100 TE/F = NTU = FNU, что позволяет использовать прибор в диапазоне от питьевой воды до сточных вод. Поскольку для

измерения используется инфракрасный свет, прибор может применяться для исследования окрашенных и бесцветных жидкостей. Стандарты, требуемые для калибровки прибора, также поставляются. Второй способ регулирования обеспечивает альтернативное регулирование с определенными пользователем стандартами мутности [11]. Содержание пакета: турбидиметр AL250T-IR как описано выше, 4 стандарта мутности <0.1, 20, 200 и 800NTU. Технические характеристики приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3

Характеристики инфракрасного турбидиметра Aqualytic AL250T-IR

Характеристика	Значение
Цикл измерения:	Приблизительно 9 секунд
Дисплей	ЖК
Оптика:	При компенсации температуры
Клавиатура:	4 кнопочная мембранная из поликарбоната
Диапазон измерения:	0.01 - 1100NTU (автодиапазон)
Решение:	0.01- 9.99NTU = 0.01NTU 10.0 - 99.9NTU = 0.1NTU 100 - 1100NTU = 1NTU
Точность:	±2.5% от измеряемой величины или ±0.01 NTU (0 - 500 NTU) ±5% (500 - 1100NTU)
Материал корпуса:	ABS
Размеры:	190 x 110 x 55 мм
Вес:	0,4 кг
Окружающая температура:	от 0 до 40°C
Влажность	30-90%
Тестирование оборудования:	Программное обеспечение поддерживает пользовательское регулирование с T-CAL-standards
Соответствует:	DIN EN 50081-1, VDE 0839 часть 81-1: 1993-03, DIN EN 50082-2, VDE 0839 часть 82-2: 1996-02

93703 - портативный микропроцессорный турбидиметр (мутномер), обеспечивающий лабораторную точность измерений и в полевых условиях (рисунок 1.9). Переносной мутномер работает в широком диапазоне от 0 до 1000 FTU (NTU), для большей точности измерительный диапазон разбит на два поддиапазона: от 0 до 50 FTU с разрешением 0.01 FTU и от 50 до 1000 FTU с разрешением 1 FTU.



Рисунок 1.9 - Портативный микропроцессорный турбидиметр HI 93703

Фотодиодный источник излучения: в отличие от других турбидиметров источником излучения в этой модели является инфракрасный фотодиод, имеющий длительный срок службы и обеспечивающий постоянную интенсивность излучения в течении всего срока. Максимум испускания находится при 890 нм, что обеспечивает требуемую интенсивность рассеянного света даже в образцах с низкой мутностью, а также уменьшает мешающее влияние окраски растворов.

Простота: прибор предельно прост в эксплуатации. Все операции выполняются с помощью четырех кнопок. Сообщения о неисправностях отражаются в виде кодов ошибок на дисплее. Хранение калибровочных данных: модель отвечает требованиям GLP (good laboratory practice), она автоматически сохраняет данные последней калибровки [12]. Технические характеристики приведены в таблице 1.4.

Таблица 1.4

Характеристики портативного микропроцессорного турбидиметра HI 93703

Параметр	Диапазон измерения
Диапазон	0.00 ..50.00 FTU / 50 .. 1000 FTU
Разрешение	0.01/1 FTU
Точность	±0.5 FTU или ±5% (наибольшее)
Источник излучения	высокоэмиссионный ИК-фотодиод
Детектор излучения	силиконовая фотоячейка

Портативный мутномер TN100IR (Eutech Instruments, США)



Рисунок 1.10 - Портативный мутномер TN100IR

Компактность прибора позволяет проводить измерения непосредственно в месте отбора проб в соответствии с требованиями ДСТУ ISO 7027-2003. TN100IR. Водостойчивый портативный турбидиметр (рисунок 1.10) В комплект поставки входит прочный кейс для переноски комплекта, 4 калибровочных стандарта, 3 рабочих кюветы, батареи и руководство пользователя [13].

Технические характеристики:

портативный нефелометр с инфракрасным источником света - стандарт ISO 7027 (DIN EN 27027);

Полная пыле- и влагозащита, класс защиты - IP 67. При падении в воду прибор плавает на поверхности;

Автоматическая калибровка по 4 точкам;

В комплект входит прочный кейс для переноски комплекта, калибровочных стандарта, 3 рабочих кюветы, батареи и руководство пользователя;

Функция экономии заряда батарей - 1: 200 измерений;

Большой легко читаемый дисплей;

Автодиагностика с выдачей на дисплей сообщений о состоянии прибора.

Портативный турбидиметр (мутномер) Turb 355 T (WTW) с питанием от батарей и ИК-светодиодом (860 нм) для измерения в соответствии с требованиями ISO 7027 / DIN/EN 27 027 (EN ISO 7027) основан на нефелометрическом принципе с диапазоном измерения от 0 до 1100 NTU (рисунок 1.11). Функция AutoRange служит для автоматического переключения диапазонов. Для калибровки переносного мутномера WTW применяется простая и удобная функция линеаризации по 1 ... 4 точкам [14].

Мутномер Turb 355 поставляется в удобном кейсе. В комплекте все необходимые принадлежности (калибровочные стандарты 0,02 - 10,0 и 1000 NTU, пустые кюветы и батарейки). Питание прибора от 4 батареек. Технические характеристики приведены в таблице 1.5.



Рисунок 1.11 - Портативный турбидиметр Turb 355 Т (WTW)

Таблица 1.5

Характеристики портативного турбидиметра Turb 355 Т (WTW)

Технические характеристики	Значение
Принцип действия	нефелометрический (светорассеяние под углом 90°)
Источник света:	ИК-светодиод (860 нм)
Диапазоны измерений:	0 ... 1100 NTU с автоматическим выбором диапазона (Auto Range)
Разрешение:	0.01 NTU в диапазоне 0.00 ... 9.99 NTU 0.1 NTU в диапазоне 10.0 ... 99.9 NTU 01 NTU в диапазоне 100 ... 1100 NTU
Погрешность:	±2% от измеряемого значения, но не лучше ±0.01 NTU в диапазоне 0 ... 500 NTU ±3% от измеряемого значения в диапазоне 500 ... 1100 NTU
Воспроизводимость:	<±1% от измеряемого значения, но не лучше ±0.01 NTU
Калибровка:	Автоматическая 1 ... 4-точечная
Диапазон температур:	0 ... +50 °C
Сертификация:	CE, TUV/GS, ГОСТ
Питание:	4 щелочных микро (AAA) батарейки, с ресурсом примерно на 1000 измерений
Класс защиты:	Соответствует IP 67

Высокоточный портативный мутномер (турбидиметр) серии 2100 Р предназначен для полевых и лабораторных измерений мутности с высокой точностью. В компактном прочном корпусе объединены совершенная оптика и высококласная электроника, что делает этот прибор лучшим в своем классе [15]. Несколько вариантов калибровки,

низкое энергопотребление, широкие возможности диагностики, простота эксплуатации - главные отличительные черты портативного турбидиметра НАСН 2100 Р (рисунок 1.12). Источником света для модели 2100 Р-IS является ИК-светодиод.

Приборы 2100 Р внесен в Госреестр средств измерений Российской Федерации за №26091-03 и допущен к применению на территории Российской Федерации. Технические характеристики приведены в таблице 1.6.



Рисунок 1.12 - Мутномер (турбидиметр) серии 2100 Р

Таблица 1.6

Технические характеристики мутномер (турбидиметр) серии 2100 Р

Технические характеристики	Значение
Принцип действия	нефелометрический относительный
Единицы измерения:	NTU
Диапазоны измерений (режим NTU)	0 - 9.99; 0 - 99.9; 0 - 1000
Точность измерения мутности	$\pm 2\% \dots 3\%$
Воспроизводимость	$\pm 1\%$
Калибровка	По формазинным первичным стандартам (NTU)
Источник света	высокоинтенсивный светодиод (860 нм)
Потребляемая мощность	4 батарейки АА
Корпус	ABS пластик

Высокоточный лабораторный мутномер TURB 555 IR с широким диапазоном измерения от 0,0001 до 10000 NTU

Могут применяться для анализа мутности в любых областях: от контроля качества сверхчистых и питьевых вод в фармацевтике и пищевой промышленности до мониторинга сточных вод. Измерительная система мутномера состоит из четырех детекторов, которые позволяют производить не только нефелометрические (под углом 90°) измерения, но и расчет отношения светорассеяния под различными углами, и измерения в режиме пропускания, что позволяет свести к минимуму влияние цветности образца, расширить диапазон производимых измерений и увеличить их точность [16]. Технические характеристики приведены в таблице 1.7.

Таблица 1.7

Технические характеристики портативный турбидиметра Turb 555 IR

Технические характеристики	Значение
Принцип действия	Нефелометрический соотношение пропускание
Источник света:	ИК-светодиод
Диапазоны измерений: NTU: FNU: EBC: Nephelos: FAU:	0... 10000 0... 10000 0 ... 2450 - 0 ... 10000
Разрешение:	0.0001 NTU в диапазоне 0.0001 ... 9.9999 NTU 0.001 NTU в диапазоне 10.000 ... 99.999 NTU 0.01 NTU в диапазоне 100.0 ... 999.99 NTU 0.1 NTU в диапазоне 1000.0 ... 9999.9 NTU
Погрешность:	0 ... 1000 NTU: $\pm 2\%$ от измеряемого значения, но не лучше ± 0.01 NTU 1000 ... 4000 NTU: $\pm 5\%$ от измеряемого значения 4000 ... 10000 NTU: $\pm 10\%$ от измеряемого значения
Воспроизводимость:	$< \pm 1\%$ от измеряемого значения, но не лучше ± 0.01 NTU
Калибровка:	Автоматическая 1 ... 5-точечная
Сертификация:	CE, TUV/GS, UL, CSA, ГОСТ
Питание:	Встроенный адаптер на 100 - 240В $\pm 10\%$ / 47 - 63 Гц
Интерфейс:	RS 232 двунаправленный

Нефелометрический анализатор мутности Lovibond TurbiDirect

Компания Tintometer GmbH, это новый прибора для измерения мутности жидкостей - Lovibond TurbiDirect.

Нефелометр Lovibond TurbiDirect - это высокоточный инструмент для лабораторного и мобильного использования. Прибор измеряет мутность жидкостей в соответствии с требованиями ИСО 7027 (ISO 7027) в нефелометрических единицах (свет, рассеянный под углом 90 градусов). Инфракрасный источник света (860 нм) позволяет проводить измерения как окрашенных, так и бесцветных образцов. Автоматический выбор диапазона позволяет измерять мутность в диапазоне от 0,01 до

1100 нефелометрических единиц (NTU). Точность измерений нефелометра Lovibond TurbiDirect составляет $\pm 2\%$ в диапазоне до 500 NTU и $\pm 3\%$ в диапазоне свыше 500 NTU [17].

Основные конструктивные особенности нефелометра:

-) большой графический дисплей;
-) влагозащищенное кюветное отделение и батарейный отсек;
-) возможность работы как от сети, так и от батарей;
-) наличие функции автоматического отключения;
-) возможность обновления ПО через Интернет;
-) кислотостойкая мембранная клавиатура.

Технические характеристики приведены в таблице 1.8.

Таблица 1.8

Технические характеристики нефелометрического анализатора мутности Lovibond TurbiDirect

Технические характеристики	Значение
Принцип работы	нефелометрический
Источник света	ИК (860 нм)
Объем образца	около 12 мл
Диапазон	01...1100 NTU
Точность	$\pm 2\%$ от значения или 0,01 (0...500) $\pm 3\%$ от значения в диапазоне (500...1100)
Память	на 1000 измерений, включая порядковый номер, дату и время измерения
Интерфейс	RS232
Требования к внешним условиям	5...40°C при 30...90% относительной влажности
Питание	7 NiCd батарей, сетевой адаптер, литиевая батарея для хранения данных
Вес (с батареями), г	около 1000
Размеры (Ш x В x Д), мм	256 x 195 x 70

DTF16 Haze Control - это высокоточная система измерения и контроля мутности

Данная система представляет собой трехлучевую оптическую конструкцию, которая служит для точного измерения светового потока как в прямом (11°), так и в боковом направлении (90°), осуществляя, одновременно, световую компенсацию (рисунок 1.19). Это позволяет эффективно измерять широкий диапазон частиц, замутняющих поток жидкости в трубопроводе, и обеспечивать нефелометрические результаты, требуемые большинством инструкций [18].

Комбинация оптики точного рассеивания света и оптимальной геометрии корпуса не дают случайному внутреннему или внешнему рассеянному свету отрицательно повлиять на измерения. Разнообразные помехи, такие как цвет образца или изменения цвета не влияют на измеряемые значения. Система контроля мутности обладает автоматически настраиваемой установкой нуля без дрейфа.

Корпус системы Haze Control изготовлен из гигиенической нержавеющей стали, а оптические окна сделаны из цельного кристаллического сапфира для наилучшей устойчивости к истиранию и коррозии. Сварные концы могут быть адаптированы к любым стандартным трубам.

Измерение мутности Dual Angle Haze Control / DTF16. Типичные области применения:

- . Контроль замутнения пивного фильтра
- . Изменение мутности в жидкостях с низкой концентрацией
- . 90 ° и 11 ° углы рассеивания
- . Измерение прозрачности жидкости

Основные технические характеристики:

- . Минимальный диапазон: 0 - 0,05 об/мин. DE
- . Максимальный диапазон: 0 - 500 об/мин. DE
- . Длина волны: 590 - 1100 нм
- . Рабочая температура: -20 - +120 ° C

Анализатор жидкости турбидиметрический АЖТ-94 предназначен для непрерывного измерения мутности вод и контроля концентраций взвешенных в жидкостях частиц. Градуировка и поверка с использованием ГСО 7271-96 и контрольных суспензий [19]. Технические характеристики приведены в таблице 1.9.

Таблица 1.9

Турбидиметрический анализатор жидкости АЖТ-94

Характеристика	Значение
Диапазоны измерения по суспензии формазина, ЕМФ	0,3-80
Диапазоны измерения по суспензии каолина, мг/л	0,2-35
Предел допускаемой основной приведенной погрешности от верхнего предела измерения, %	2,5
Потребляемая мощность, В·А	не более 16
Объем проточной кюветы, л	0,2-0,7

Габариты выносного оптического датчика, мм	300x330x150
Компенсация загрязнения оптическая и/или электронная, %	97-30
Время уст. показаний при расходе 1,2 л/мин (по уровню 0.9), мин	2-3
Температура окружающей среды (для электронного блока), °C	5-45
Линейная по пропусканию шкала: цифровой индикатор на передней панели, %	3-100
токовая петля (диапазон на 100 %), мА	4-20
Логарифмическая шкала (линейная по концентрации): цифровой индикатор , оптич. плотность D	0,01-1,3
вторая токовая петля, мА	4-20
Контроль по уменьшению пропускания, %	95-10
Контроль по превышению пропускания, %	15-95
Потребляемая мощность, ВХА, не более	16
Объем проточной кюветы, л	0,2-0,7
Габариты электронного блока, мм	310x170x95

Мутномер (анализатор мутности жидких сред) ИКО-14 предназначен для непрерывного измерения мутности технических и сточных вод, а также для контроля других жидкостей по параметру мутности (рисунок 1.21). Мутномер может быть использован в качестве измерителя концентрации взвешенных частиц в жидкостях после предварительной градуировки непосредственно на месте эксплуатации [20].

Область применения: предприятия пищевой, химической, целлюлозно-бумажной промышленности, водные хозяйства, комплексный экологический мониторинг водных сред.

Принцип действия мутномера ИКО-14 основан на измерении величины диффузного отражения взвешенными в жидкости частицами оптического излучения ИК-диапазона. ИК-излучение от полупроводникового светодиода направляется через кварцевое окно в поток исследуемой жидкости. Отраженное взвешенными частицами излучение частично возвращается через то же окно в датчик и попадает на фотоприемник. После усиления и аналого-цифрового преобразования сигнал с фотоприемника подается на микропроцессор, расположенный в электронном блоке. Микропроцессор обрабатывает полученный сигнал и выдает рассчитанное значение мутности на дисплей и токовый выход.

Способ установки: оптический датчик прибора ИКО-14 устанавливается непосредственно на трубопровод при помощи шарового крана, входящего в комплект поставки. Шаровой кран вваривается в трубопровод перед монтажом прибора. В комплект прибора также входит съемник, позволяющий устанавливать и извлекать датчик из трубопровода, находящегося под давлением до 10 атм. без остановки

технологического процесса. Электронный блок размещается на расстоянии до 10 метров от оптического датчика. Технические характеристики ИКО-14 приведены в таблице 1.10.

Таблица 1.10

Технические характеристики ИКО-14

Параметр	Значение
Диапазон измерений по шкале формазинной суспензии	0-4000 ЕМФ
Пределы основной приведенной погрешности	$\pm 4 \%$
Постоянная времени прибора (устанавливается программно)	3-999 сек
Габаритные размеры: - оптического датчика - измерительного блока - шарового крана - длина соединительного кабеля	110x350 мм 300x200x190 мм 300x180x110 мм 10 м
Масса, не более: - оптического датчика (нерж. сталь или титан) - измерительного блока (поликарбонат) - шарового крана (нерж. сталь или титан)	3 кг 3 кг 5 кг
Допустимые параметры окружающей среды: - влажность - температура	до 95% при 20°C 0 ... +70°C
Питание	220 В, 50 Гц
Потребляемая мощность	не более 20 ВА

Микропроцессорный датчик мутности (турбидиметр) 1720E SC для промышленных контроллеров производства фирмы «HACH-LANGE»

Назначение и области применения: мониторинговые системы контроля мутности чистых жидкостей и контроль качества фильтрации на станциях водоподготовки [21].

Достоинства: наличие широкого диапазона измерений с низким порогом детектирования взвешенных частиц, функция компенсации пузырьков воздуха, возможность подключать датчик к контроллерам моделей SC 200 и SC 1000. Технические характеристики приведены в таблице 1.11.

Таблица 1.11

Технические характеристики микропроцессорного датчика мутности 1720E SC

Параметр	Значение
Метод измерения	светорассеяние под углом 90° по USEPA 180.1 (вольфрамовая лампа накаливания белого света)
Диапазон измерения, NTU (FNU, TE/F, EMF)	0,0001...100
Разрешение, mNTU	0,0001
Время отклика, с	6, 30, 60, 90 (настраивается)
Компенсация пузырьков воздуха	механическая, через специальный уловитель пузырьков
Калибровка	заводская; проверка по стандартам (ГСО или STABL CAL)
Требования к образцу: скорость потока образца, л/мин температура, °С	0,25...0,75 до +50
Температура эксплуатации, °С	+2...+40
Класс защиты	IP 66 (NEMA 4X)
Размеры, мм	525×305×406
Масса, кг	4,54

Переносной турбидиметр модель ИП-3М (рисунок 1.23) предназначен для контроля мутности жидких сред путем измерения интенсивности светового луча, прошедшего через измеряемую среду. Назначение ИП-3М - контроль прозрачности технических жидкостей [22].

Технические характеристики ИП-3М:

прибор позволяет проводить сравнительный анализ прозрачности исследуемых образцов. В качестве измерительного устройства используются волоконно-оптические датчики с постоянной или переменной длиной оптического пути. Датчики могут выпускаться в химически стойком исполнении. Данный прибор состоит из блока индикации и выносного оптического датчика соединенных гибким кабелем. Рабочая часть датчика выполнена в полужестком исполнении и допускает отклонение от первоначального положения не более чем на 110 градусов без нарушения эксплуатационных характеристик.

питание: 9 В;

диапазон измерения: 0-1000 FTU;

погрешность измерения: $\pm 3,5 - 0 \pm 10$ %;

длины волн излучения: 470-940 нм;

длины рабочих частей датчиков: 150-700 мм;

диаметры рабочих частей датчиков: 10-14 мм;

температурный диапазон: 5-130 °С.

режим работы: индикаторный

время непрерывной работы: 50 ч

Турбидиметрический датчик InPro 8400 (рисунки 1.13) определяет отношение величин светового потока, рассеянного под углом 12° к потоку нерассеянного света, прошедшего через раствор. InPro 8400 предназначен для определения низкой концентрации взвешенных частиц 0...400 FTU (0...100 EBC) [23].

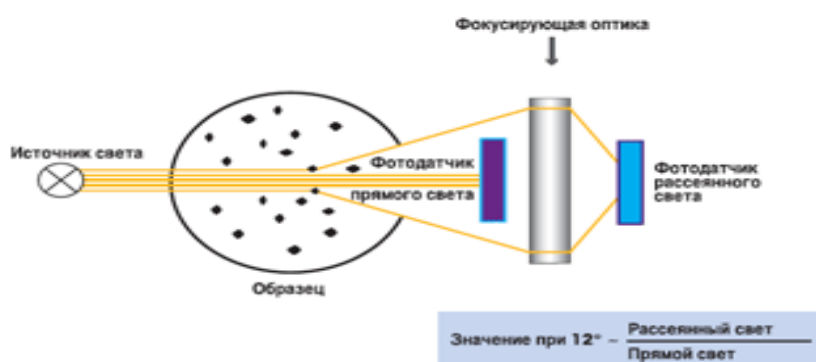


Рисунок 1.13 - Принцип работы турбидиметрического датчика InPro 8400

Конструктивно данный тип датчика представляет собой проточную ячейку для монтажа непосредственно в трубопровод различного диаметра. Датчик устойчив к стерилизации и к многократному воздействию процедуры «очистки на месте» (CIP). Технические характеристики приведены в таблице 1.12.

Технические характеристики датчика InPro 8400

Технические характеристики	Значение
Тип	Используется принцип компенсации измерений: отношение рассеянного света (под углом в 12°) к прямо прошедшему свету
Диапазон измерений	0...400 FTU, 0...100 EBC, 0...1000 ppm или 0...1,0 г/л
Диапазон рабочих температур	0...140°C
Диапазон давления	До 16 бар в зависимости от конструкции и варианта монтажа
Стерилизуемые	Да (140°C)
CIP устойчивые	Да
Класс промышленной защиты	IP 65
Различные варианты монтажа	Фланец DIN 2633, ANSI, APV, Tuchenhausen varivent, Neumo BioControl
Тип кабеля	Длина 5...100 м
Размеры датчика	Различные размеры в зависимости от типа монтажа
Материал корпуса	Нержавеющая сталь (1.4404 или 316SS)
Материалы уплотнений	Viton, Kalrez, FDA
Материал защитной втулки/окна	Сапфир

Ниже представлены варианты конструкции датчика InPro 8400.

Мутномер WQ770 и волоконно-оптический датчик для измерения мутности WQ710 [24]. Очень точный датчик для контроля мутности способен погружаться в жидкость непосредственно на месте проведения контроля. Предназначен для качественного контроля грунтовых и сточных вод, промышленный контроль. Используется кабель с низким напряжением.

Мутномер WQ770 сочетается с датчиком WQ710 (рисунок 1.28). Пульт управления содержит внутреннюю 9-вольтовую батарею. Переносной портативный мутномер отображает результаты измерений в нефелометрических единицах (NTU). Прибор также имеет способность автоматически отключаться для сохранения энергии батареи.

2.2. Дополнительное задание: поиск двух зарубежных аналогов

Для выполнения доп. Задания в анализ были добавлены 2 зарубежных образца InPro 8400 и Lovibond TurbiDirect

2.3. Выбор принципа действия разрабатываемого устройства

Задачи проектирования:

разработать турбидиметр с выносным датчиком для осуществления экспресс -

контроля в заводских условиях;

разработать двухканальный волоконно-оптический датчик, такой датчик позволит анализировать прозрачность технических жидкостей, как в прямом, так и в обратном направлениях (на случай если засорится один из каналов);

прибор должен иметь малое энергопотребление.

- разрабатываемый прибор должен иметь малые габариты и вес;

На основе проведённого анализа для дальнейшего проектирования выбираем портативный **турбидиметр**. Он позволит проводить анализ прозрачности. В качестве измерительного устройства будет использоваться волоконно-оптический датчик, который будет регистрировать как прошедшее, так и отраженное (рассеянное в обратном направлении) излучение.

Вывод:

Рассмотрен анализ объекта контроля, его характеристики и область применения, а также был произведен обзор существующих методов измерения мутности и возможности использования волоконно-оптических систем связи в таких измерениях. Рассмотрены существующие приборы измерения мутности жидких технических сред, и их возможности. На основе произведенных исследований была поставлена задача дипломного проектирования и возможные пути ее решения. Целью дипломного проектирования является разработка прибора на основе волоконно-оптических систем, определение метрологических характеристик и достоинств по сравнению с существующими приборами измерения мутности. Было выявлено, что описанные приборы обладают существенным недостатком, а именно необходимостью отбора проб. Этот недостаток вызывает неудобства и потерю времени. Возникает необходимость разработки турбидиметра с выносным датчиком, с помощью которого можно будет осуществлять экспресс-контроль жидкостей, путем погружения датчика в объект контроля, что значительно упростит процесс контроля и повысит его эффективность.

Часть 2

1. Техническое предложение

2. Ход работы:

2.1. Библиографический поиск:

Основными элементами волоконно-оптического датчика являются оптическое волокно, светоизлучающие (источник света) и светоприемные устройства, оптический чувствительный элемент. Кроме того, специальные линии необходимы для связи между этими элементами или для формирования измерительной системы с датчиком. Далее, для практического внедрения волоконно-оптических датчиков необходимы элементы системной техники, которые в совокупности с вышеуказанными элементами и линией связи образуют измерительную систему.

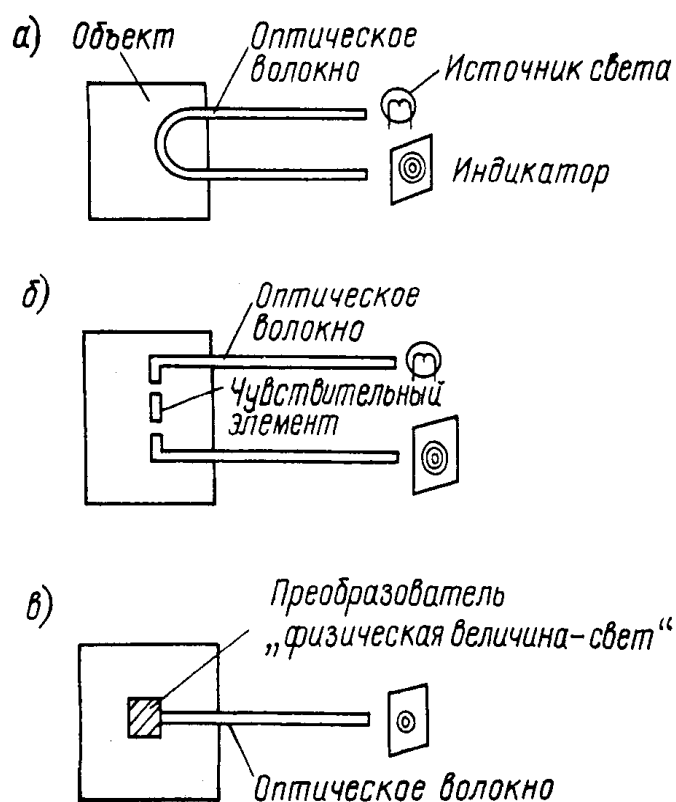


Рис.2.1 - Классификация основных структур волоконно-оптических датчиков:

а) с изменением характеристик волокна (в том числе специальных волокон)

б) с изменением параметров передаваемого света

в) с чувствительным элементом на торце волокна

Оптико-волоконный канал спектрально-энергетической трансформации информативных излучений представляет совокупность отдельных взаимосогласованных электрических, электронных, световодных и других элементов. В общем случае в системно воспринимающих, преобразующих и передающих информацию элементах, световодная система оптических волокон является определяющим фактором. В оптико-волоконных структурах, ориентированно преобразующих и передающих оптическую информацию посредством функциональных элементов, выходная величина может быть представлена формулой:

$$I_{\varepsilon}(x_1 \dots x_n) = P_u \cdot \eta(\lambda) \cdot F_a(x_1 \dots x_n) \cdot S(\lambda)_{\phi n}, \quad (2.1)$$

где P_u – поток излучателя воздействующего излучения;

$\eta(\lambda)$ – коэффициент спектрального согласования элементов параметрической цепи преобразования;

$F_a(x_1 \dots x_n)$ – функция передачи оптического тракта;

$S(\lambda)_{\phi n}$ – спектральная чувствительность фотоприемника.

Если $P_u \cdot S(\lambda)_{\phi n} \cdot \eta(\lambda) = const$, функция преобразования определяется параметрами основной составляющей световодного тракта $F_a(x_1 \dots x_n)$. Математическое выражение функции передачи оптического тракта может быть получено на основе теории геометрической оптики. При переходе от схем с единичными моноволоконками к жгутам световодов предполагается, что весь свет от источника воспринимается входным торцом жгута, т.е. лучистый поток заключен в конусе φ_a апертуры А (рисунок 2.1). Тогда сила излучения в направлении φ на выходе n_i -го световода излучателя для $I_{\varepsilon}(\varphi) = I_{0\varepsilon} \cdot \cos \varphi$ определяется выражением:

$$I(\varphi, r_i) = \frac{R^2 \cdot I_{0\varepsilon}}{2(1 - \cos \varphi_m)} \cdot \frac{h^2}{(r_i^2 + h^2)^2} \cdot \tau(\varphi) \cdot \cos \varphi \quad (2.2)$$

Освещенность жгутов оптических волокон с нерегулярной укладкой моноволокон на основе эффекта «симметризации лучей», усредняется по всей площади выходного торца жгута. И диаграмма направленности i_1 -го волокна описывается выражением:

$$I_{i_1}(\varphi) = \frac{\pi \cdot R^2}{S_{np}} \cdot I_{\alpha}(\varphi) \cdot \tau(\varphi), \quad (2.3)$$

где S_{np} - площадь торца передающего канала.

Однако световой поток, прошедший через среду, взаимодействует с неоднородностями и в отображаемом ими информативном излучении отклик в приемный световод дадут те элементарные потоки, у которых угол отражения находится в интервале $\varphi_0 \leq \varphi_m$, где φ_m - максимальный угол. Значительное влияние оказывает относительное расположение световодов, элементарного объема и состояние отражающей (рассеивающей) среды [25]. Мощность элементарных световых потоков, излучаемых с площадки $rdrd\theta$ и воспринимаемых приемным световодом, определяются соотношением:

$$dP = \tau_u(\varphi) \cdot \tau_{np}(\varphi) \cdot \beta(\varphi, z) \cdot \sin \varphi \cdot d\varphi, \quad (2.4)$$

где $\beta(\varphi, z)$ – угловая длина дуги, определяющая часть полного элементарного потока $dP(\varphi)$, которая после отражения воспринимается входным торцом приемного световода (рисунок 2.1);

$\tau_u(\varphi) \cdot \tau_{np}(\varphi)$ – светопропускание излучающего и приемного световодов.

Вклад в формируемое информативное излучение приемного световода дадут после отражения лишь элементарные потоки с углом отражения $\varphi_0 \leq \varphi_m$, а мощность излучения, воспринимаемого приемным световодом при расположении их торцов в одной плоскости, определяется произведением энергетической освещенности приемного торца на площадь S его освещенной области.

2.2. Выбор источника питания:

Аккумуляторная батарея. В данном приборе используется перезаряжаемая аккумуляторная батарея UltraFire BRC 18650 она оснащена защитой платы (ПП) на отрицательном полюсе [28]. РСВ может защитить батарею от перегрузки, более-разгрузочных работ, перегрузки и короткого замыкания, которое может сделать батарею безопаснее и более длительный срок службы. Аккумулятор (рисунок 2.5) является экологически чистым и идеально подходит для энергопотребляемых устройств. Напряжение: 3.7V. Фактическая емкость: 4000mAh. Встроенная защита РСВ платы. Для непрерывной работы прибора 5 часов, требуется два аккумулятора, соединенных последовательно

2.3. Разработка функциональной схемы устройства:

В мутнометрии источниками монохроматических излучений преимущественно применяются светоизлучающие диоды - светодиоды. Они излучают свет в очень узкой области спектра по сравнению с нагретой добела нитью накаливания лампы. По сравнению с лампой накаливания светодиоду той же интенсивности требуется значительно меньшая мощность, что повышает их долговечность, обеспечивает малое энергопотребление, компактность и негабаритность. Эти преимущества определяют эффективность применения светодиодов в оптико-волоконной мутнометрии. В качестве источника излучения применим инфракрасный круглый светодиод диаметром 3 мм L-34SF4BT (рисунок 2.2) производства компании Kingbright, его характеристики приведены в таблице 2.1 [26].

Таблица 2.1

Параметр	Значение
Длина волны, нм	880
Угол излучения, °	50
Поток излучения, мВт	30
Номинальный рабочий ток, мА	50
Материал	Ga Al As

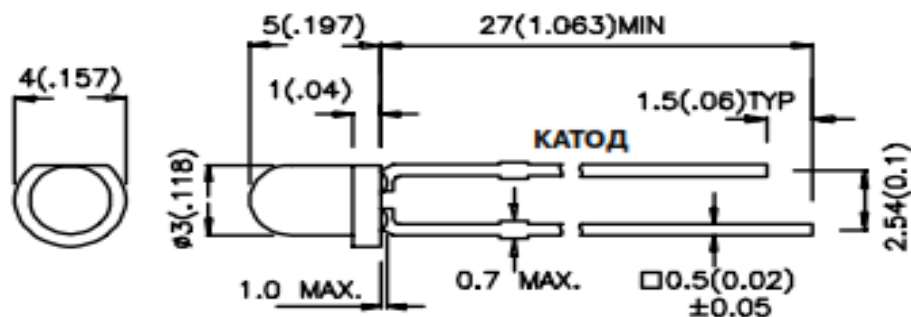


Рисунок 2.2 - Эскиз светодиода фирмы Kingbright L-34SF4BT

Преимуществом обладают в конструкциях волоконно-оптических датчиков прозрачности и мутномерах фотодиоды. Полупроводниковые приборы типа фотодиодов (кремниевых или германиевых) имеют высокую интегральную чувствительность, линейность, небольшие рабочие напряжения, малые массогабаритные параметры, что обеспечивает им широкое применение в конструкциях оптико-волоконных мутномеров. В качестве приёмника излучения используем фотодиоды ФД 256 (рисунок 2.3) [27].



Рисунок 2.3 - Эскиз фотодиода ФД 256

Основные технические параметры фотодиода ФД-256:

- Площадь фоточувствительного элемента (эффективная), 1,4x1,4 мм²;
- Рабочее напряжение, 8В;
- Диапазон спектральной чувствительности, 0,4-1,1 мкм;
- Максимум спектральной характеристики, 0,8-0,9 мкм;
- Темновой ток, 5 нА;
- Интегральная токовая чувствительность, 0,02 мкА/лк;

- Собственная постоянная времени ($U = 8 \text{ В}$), нс, не более 10;
- Собственная постоянная времени ($U = 60 \text{ В}$), нс, не более 2;
- Корпус - металлический;
- Электрическая плотность изоляции В, не менее 180;
- Масса, 1 г.

2.4. Дополнительное задание: Чертеж функциональной схемы

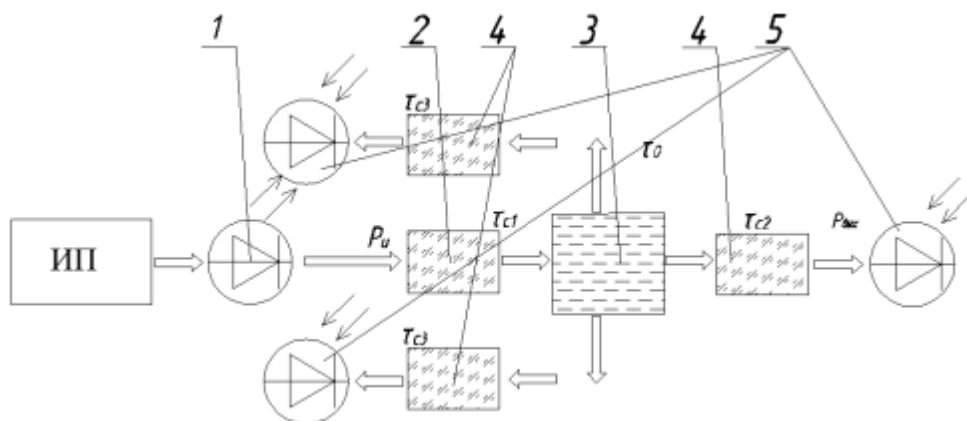


Рисунок 2.4 – Чертеж датчика

Вывод: был произведен расчет оптико-волоконной схемы датчика, выбран источник и приемники излучения, приведены их технические параметры, а так же спектральные характеристики. Приведен расчет выходного потока, т.е. потока, который попадает на фотоприемник. Выбран источник питания. Разработана функциональная схема датчика.

Часть 3.

1. Разработка собственного технического решения

2. Ход работы:

2.1. Разработка принципиальной электрической схемы

Выбор и описание элементов:

Микросхема 80C31BH. Данная микросхема представляет собой высокопроизводительный 8-разрядный КМОП микрокомпьютер. Микросхема конструктивно оформлена в 40- контактном пластиковом корпусе типа DIP.

Основные параметры:

полная совместимость с микроконтроллерами семейства MCS-51;

перепрограммируемое запоминающее устройство на 4 Кбайта с

возможностью программирования “в системе”;

диапазон частот тактового генератора 0-24 МГц;

трехуровневая защита программной памяти;

128 байт внутреннего ОЗУ;

32 программируемых линии ввода/вывода;

два 16-битных таймера-счетчика;

6 источников прерываний;

режимы пониженного потребления питания

Назначение выводов микросхемы 80C31BH:

P1.0-P1.7 - восьми разрядный двунаправленный порт P1. Каждый вывод этого порта может быть подключен максимум к четырем выводам микросхем (МС) ТТЛ;

RST - вход сигнала общего сброса;

EA - сигнал блокировки работы с внутренним ПЗУ;

P3.0-P3.7 - двунаправленный восьмиразрядный порт P3, выводы которого имеют следующие дополнительные функции:

P3.0 (RxD) - вход последовательного порта;

P3.1 (TxD) - выход последовательного порта;

P3.2 (INT0) - вход внешнего прерывания 0;

P3.3 (INT1) - вход внешнего прерывания 1;

P3.4 (T0) - вход таймера/счетчика 0;

P3.5 (T1) - вход таймера/счетчика 1;

P3.6 (WR) - выход сигнала для синхронизации записи данных, выводимых из МП во внешнее устройство;

P3.7 (RD) - выход сигнала для синхронизации чтения данных и пересылки их из внешнего устройства в МП;

P2.0-P2.7 - восьмиразрядный двунаправленный порт P2, на этих выводах формируется старший байт адреса (A8-A15);

P0.0-P0.7 - восьмиразрядный двунаправленный порт P0, каждый вывод этого порта может быть подключен максимум к восьми выводам МС ТТЛ. На выводах этого порта появляются выходные сигналы младшего байта адреса, который должен быть зафиксирован во внешнем регистре, после чего через этот порт осуществляется обмен данными между МП и внешними устройствами.

PSEN - выходной сигнал, разрешающий работу внешнего ПЗУ;- выходной сигнал, разрешающий фиксацию младшего байта адреса во внешнем регистре;

Выводы VCC и GND - для подключения к источнику питания;; X2 - выводы для подключения кварцевого резонатора.

Кварцевый резонатор является внешним элементом встроенного в микросхему микропроцессора генератора тактовых импульсов. Схема подключения кварцевого резонатора представлена на рисунке 2.1.

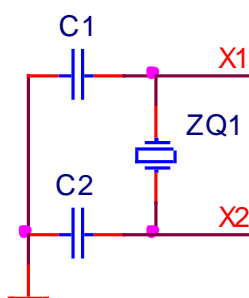


Рисунок 3.1 - Схема подключения кварцевого резонатора к микросхеме 80C31BH

Кварцевый резонатор ZQ1 выбираем с частотой 11,059МГц, а конденсаторы C1 и C2 по 33пФ в соответствии с рекомендациями производителя микросхем 80C31BH.

Выводы X1 и X2 подсоединяются к выводам 19 и 18 микросхемы соответственно.

Микросхема КР558РР2. Микросхема выполняет функцию постоянного запоминающего устройства. Она является перепрограммируемым ПЗУ с записью и стиранием электрическими сигналами (группа ЭС).

Таблица 3.3

Основные характеристики микросхемы

Тип микросхемы	Емкость, байт	t _{в.з.} , мкс	P _{пот} , мВт	U _п от, В	U _п р, В	t _{пр.} , с	t _{стир.} , с
КР558РР2	2к	0.3 5	480	5	18	20	1

Условное графическое обозначение микросхемы представлено на рисунке 3.2.

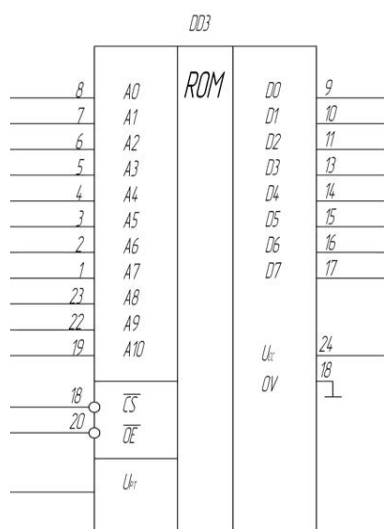


Рисунок 3.2 - Условное обозначение МС ПЗУ КР558РР2

Назначение выводов микросхемы КР558РР2 :

- A0-A10 - адресные входы;
- D0-D7 - выходы данных;
- OE - разрешение по выходу;
- CS - выбор микросхемы;
- Ucc - напряжение питания;
- UPG - напряжение программирования;
- 0 V- общий вывод;

Микросхема M27128A. Выполняет функцию ПЗУ. Микросхема является перепрограммируемым ПЗУ с ультрафиолетовым стиранием, она предназначена для длительного хранения данных как во включенном, так и при отключенном состоянии прибора. Данная микросхема обладает расширенными возможностями и емкостью доступной памяти 16 Кбайт. Условное обозначение её представлено на рисунке 3.3.

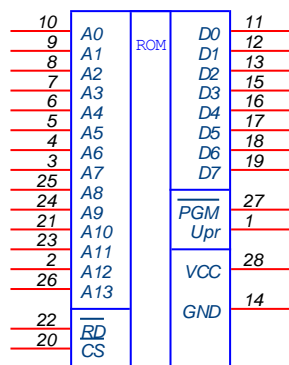


Рисунок 3.3 - Условное обозначение МС ПЗУ M27128A

Назначение выводов микросхемы:

A0...A13 - адресные входы;

D0...D7 - выходы данных;

RD - вход разрешения считывания;

CS - выбор микросхемы;

PGM - вывод, на который подается последовательность прямоугольных импульсов длительностью 1мс в режиме записи. В режиме считывания этот вывод подключается к выводу 28(VCC).

Upr - при чтении подается +5В, при перепрограммировании +12,5В.

VCC - питание +5В;

GND - общий вывод.

Микросхема AT24C16. Представляет собой электрически стираемое и перепрограммируемое постоянное запоминающее устройство (ЭПЗУ), имеющее организацию 2048 слов по 8 байт (2Кбайта). Условное обозначение микросхемы приведено на рисунке 3.4.

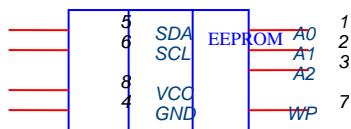


Рисунок 3.4. –Условное обозначение МС ЭПЗУ AT24C16

Назначение выводов:

- VCC – питание +5В;
- GND – общий вывод;
- SDA – последовательная двунаправленная шина данных I²C;
- SCL – цифровой вход тактовых импульсов интерфейса I²C;
- A0...A2 – три программируемых бита адреса микросхемы для последовательного интерфейса I²C;
- WP – запрет записи.

Микросхема КР537РУ17. Она состоит из накопителя, выполненного на КМОП-элементах памяти, формирователей адреса строк и столбцов, дешифратора строк на 8 входов и 256 выходов, дешифратора столбцов на 4 входов и 16 выходов, предназначенных для выбора одного 8-разрядного слова из накопителя.

Основные характеристики микросхемы:

- информационная емкость – 8 кб;
- время выборки сигнала – не более 200 нс;
- напряжение питания – +5 В

Потребляемая мощность:

- в режиме обращения – 470 мВт;
- в режиме хранения:
- при U_{cc}=5,5 В – 22 мВт;
 - при U_{cc}=2 В1 - 1 мВт;
 - диапазон температур – (-10--+70)°C;
 - выходной ток – 5 мА.

Условное обозначение микросхемы приведено на рисунке 3.4.

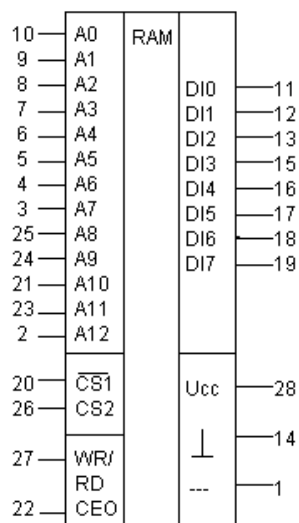


Рисунок 3.4 – Условное обозначение МС ОЗУ КР537РУ17

Назначение выводов:

- A0 – A12 – адресные входы;
- DI0 – DI7 – вход - выход данных;
- COE – разрешение по выходу;
- CS1, CS2 – выбор микросхемы;
- Ucc – напряжение питания;
- WR/RD – сигнал записи – считывания;
- 0 V – общий вывод;

Микросхема К555ИД7 – двоично – десятичный дешифратор – мультиплексор, преобразующий трехразрядный код A0...A2 в напряжение низкого уровня, появляющееся на одном из восьми выходов 0...7. Условное обозначение микросхемы приведено на рисунке 3.5.

Основные электрические параметры:

- выходное напряжение.....0,48-2,9 В
- входной ток.....-0,36-+0,02 мА
- ток потребления.....10 мА
- время задержки41 нс

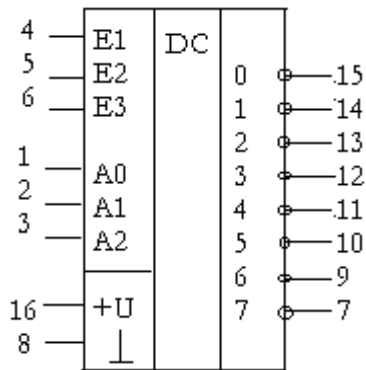


Рисунок 3.5 – Условное обозначение МС дешифратора К555ИД7

Назначение выводов:

- E1, E2, E3– входы управления;
- A0, A1, A2– информационные входы;
- 0 – 7 – входы дешифратора;
- +U – напряжение питания;
- 0 V– общий вывод.

Микросхема КР1533ИР23. Микросхема КР1533ИР23 – это восьмиразрядные регистры на D-триггерах с динамическим С-входом. Условное обозначение микросхемы приведено на рисунке 3.6.

Основные электрические параметры:

- выходное напряжение – (0,4-2,4) В;
- входной ток – (-0,2 -- +0,02) мА;
- ток потребления – 31 мА;
- время задержки регистра – 19 нс.

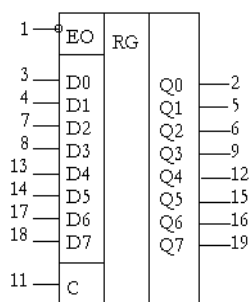


Рисунок 3.6 – Условное обозначение МС регистра К555ИД7

Назначение выводов:

ЕО – разрешение по выходу;

D0 – D7 – информационные входы;

Q0 – Q7 – прямые выходы;

С – вход синхронизации;

Микросхема К572ПВ3. Микросхема К572ПВ3 – микросхема, работающая в составе микропроцессорной системы.

Основные электрические параметры.

диапазон преобразования:

в десятичной форме.....0...255

в двоичной форме.....00000000...11111111

ток потребления.....4 мА

напряжение питания.....+5В

опорное напряжение.....-10 В

время преобразования.....7,5 мкс

Условное обозначение микросхемы приведено на рисунке 3.7.

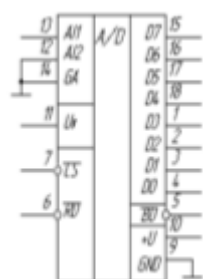


Рисунок 3.7 – Условное обозначение МС АЦП К572ПВ3

Назначение выводов:

AI1, AI2 – аналоговые входы;
 GA – аналоговая земля;
 UR – вход для подачи опорного напряжения;
 RD – цифровая земля;
 CS – выбор микросхемы;
 BU – информационный выход;
 D0 – D7 – цифровые выходы;
 +U – напряжение питания;
 0 V – общий вывод.

Микросхема К555ЛЕ1. Содержит 4 логических элемента 2ИЛИ-НЕ. Условное обозначение её приведено на рисунке 2.25. Микросхема размещена в 14-контактном пластиковом корпусе DIP

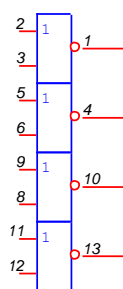


Рисунок 3.8. – Условное обозначение МС К555ЛЕ1

АЛС 335 Б. Одноразрядные цифро-буквенные индикаторы с высотой цифры 11 мм из семи сегментов. Изготавливаются на основе светодиодных структур галлий – фосфор – мышьяк. Выпускаются в пластмассовом корпусе

Основные параметры:

- сила света одного сегмента при $I=20$ мА – 0,15 мкд;
- сила света десятичной точки при $I=20$ мА – 0,05 мкд;
- постоянное прямое напряжение при $I=20$ мА – 2,5 В;
- максимум спектрального распределения излучения на длине волны – 0,65-0,67 мкм;
- постоянный прямой ток через один сегмент:
при $T_{окр} < 35^{\circ}\text{C}$ – 25 мА;

при $T_{окр}=70^{\circ}\text{C}$ – 7,5 мА;

- мощность рассеяния индикатора:

при $T_{окр}<35^{\circ}\text{C}$ – 500 мВт;

при $T_{окр}=70^{\circ}\text{C}$ – 150 мВт;

- постоянное обратное напряжение – 5 В;

- диапазон рабочей температуры окружающей среды – $(-60\div+70)^{\circ}\text{C}$.

Условное обозначение микросхемы приведено на рисунке 2.26.

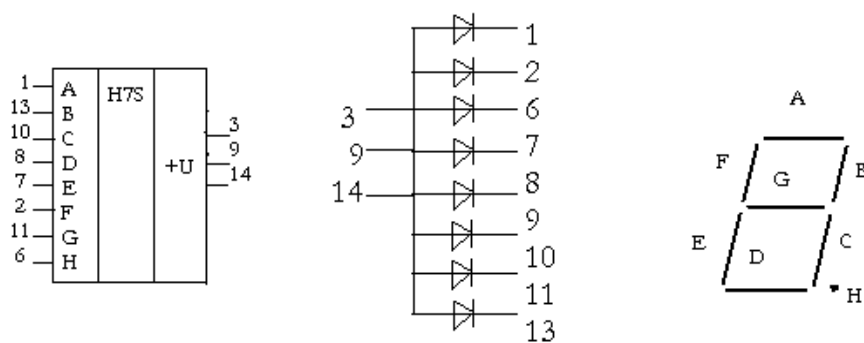


Рисунок 3.9 – Условное обозначение МС ЦОУ АЛС 335 Б

Микросхема MAX 232. Микросхема фирмы MAXIM. Содержит 2 приемника и 2 передатчика интерфейса RS-232C, который имеет форму 25-контактного разъема типа D.

Основные параметры:

- скорость передачи информации – 116 кБ/с;

- напряжение питания – 5В;

- потребляемый ток – 4мА;

- количество конденсаторов – 5;

- номинальная емкость конденсаторов – 10мФ.

Условное обозначение микросхемы приведено на рисунке 2.27.

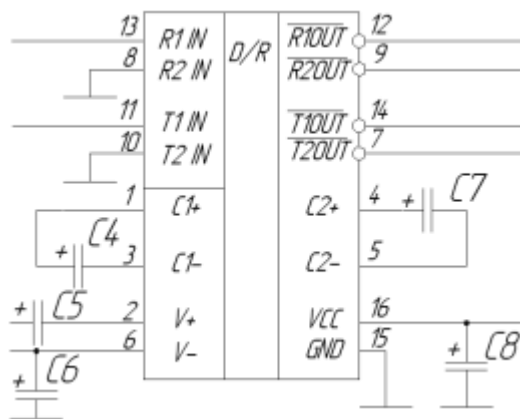


Рисунок 3.10 – Условное обозначение микросхемы MAX 232

Назначение выводов:

- T1IN, T2IN. R1OUT. R2OUT – выводы, подключаемые к микропроцессору;
- T1OUT, T2OUT. R1IN. R2IN – выводы, подключаемые к RS – 232;
- C1+, C1-, C2+, C2-, V+, V- – выводы для подключения конденсаторов;
- Ucc – напряжение питания;
- GND – общий вывод.

Расчет токоограничивающих резисторов. Чтобы обеспечить токовый режим каждого цифробуквенного индикатора, необходимо рассчитать токоограничивающие резисторы R11-R18.

$$U_{np} = 2B; E = 5B; I_{np} = 10mA.$$

$$R11 = \frac{E - U_{np}}{I_{np}} = \frac{3}{10} = 300(Ом) \quad (2.7)$$

Остальные резисторы R12-R18 будут такие же, значит примем резисторы R11-R18 равными 300 Ом.

Разработка усилителя. После преобразования неэлектрической величины в электрическую с помощью ИП, полученный полезный сигнал необходимо усилить при помощи усилителя.

Усилитель. В качестве усилителя сигналов, полученных с фотодиода, используется операционный усилитель LM317T. На рисунке 2.28 представлена схема включения усилителя.

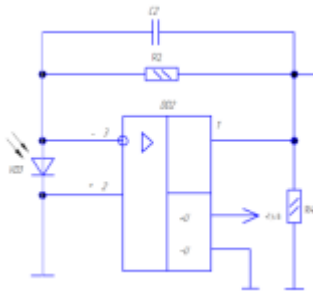


Рисунок 3.11 – Схема подключения усилителя

Произведем расчет согласующего усилителя:

$$I = S_{\lambda\max} \cdot \Phi_{\text{вых}} \cdot S_{\lambda\text{отн}}, (2.8)$$

где $S_{\lambda\max}$ – максимальная интегральная чувствительность фотоприемника, $S_{\lambda\max} = 0,6 \text{ A/Вт}$;

$S_{\lambda\text{отн}}$ – относительная чувствительность фотоприемника на определенной длине волны, A/Вт .

Найдем значение I для используемых длин волн:

- для излучения на длине волны $\lambda = 913 \text{ нм}$

$$I = 0,6 \cdot 0,56 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5 = 0,168 \text{ мА};$$

Далее необходимо рассчитать сопротивление обратной связи $R_{\text{ос}}$:

$$R_{\text{ос}} = U_{\text{вых}} / I; (2.9)$$

где $U_{\text{вых}}$ – выходное напряжение ($U_{\text{вых}} = 0,5\text{-}1 \text{ В}$).

Решая обратную задачу, получим, что необходимо выбрать резистор сопротивлением $R_{\text{ос}} = 600 \text{ кОм}$.

Расчет потребляемой мощности осуществляется по следующей формуле:

$$P = I \cdot U, (2.10)$$

где I – суммарный ток, мА;

U – напряжение питания, $U = 7,4В$.

Найдем I , суммируя все токи:

$$I = 150 + 0,07 + 4 + 11 + 13 + 20 + 0,2 + 1,5 \cdot 3 + 0,6 = 203,37 \text{ мА}.$$

Подставив полученное значение в формулу 3.5, получим мощность, потребляемую всеми элементами:

$$P = 196,37 \cdot 10^{-3} \cdot 7 = 1,4Вт.$$

Основные характеристики усилителя LM317T представлены в таблице 3.5.

Таблица 3.5

Основные характеристики усилителя LM317T

Параметры	Значение
Количество каналов	2
Напряжение питания, В	3...32
Частота, МГц	3
Напряжение смещения, мВ	0,8 - 0,9 мкВ
Температурный диапазон, С	0...+70

Коэффициент усиления такого усилителя описывается следующим выражением:

$$K_y = 1 + R_1/R_2 (2.11)$$

Для расчета коэффициентов усиления определим сначала необходимое напряжение на входах АЦП₁и АЦП₂.Максимальное значение напряжения на выходе датчика $U_{д1} = 152 \text{ мВ}$; предел измерения линейного размера дефекта равен от 0 до 25 с дискретностью 0,1 мм, а максимальное значение напряжения на выходе датчика $U_{д2} = 85 \text{ мВ}$. Исходя из этого, определим максимальное число, которое должно быть на

выходе АЦП:

Так как АЦП К572ПВ3 8-разрядный, то максимальное десятичное число, которое может быть получено в результате преобразования аналогового сигнала в цифровой код – 255, что соответствует максимальному входному напряжению -10В. Определим теперь необходимое напряжение на входе АЦП₁, которому будет соответствовать число $N_1 = 1,5$.

$$U_{\max 1} = \frac{10 \cdot 1,5}{255} = 0,06 \text{ (В)}. \quad (2.12)$$

Для $N_2 = 1800$:

$$U_{\max 2} = \frac{10 \cdot 250}{180} = 13,9 \text{ (В)}. \quad (2.13)$$

Тогда коэффициент усиления с учетом (2.8) для усилителя DA1 будет равен

$$K_{y1} = \frac{U_{\max 1}}{U_{d1}} = \frac{0,06}{0,152} = 0,39. \quad (2.14)$$

а для усилителя DA2

$$K_{y2} = \frac{U_{\max 2}}{U_{d2}} = \frac{13,9}{1,25} = 11,1. \quad (2.15)$$

С учетом (2.11), (2.13) и (2.14) рассчитаем сопротивления резисторов: для усилителя сигнала, поступающего с датчика измерения $R1=620(\text{Ом})$, $R2=1(\text{кОм})$, а для усилителя сигнала, поступающего с датчика измерения линейного размера дефекта: $R3=11(\text{кОм})$, $R4=1(\text{кОм})$. Резисторы $R2$, $R4$ выбираем подстроечными, чтобы при настройке можно было точно выставить полученные значения коэффициентов усиления.

Микросхема АТ24С16. Представляет собой электрически стираемое и перепрограммируемое постоянное запоминающее устройство (ЭПЗУ), имеющее организацию 2048 слов по 8 байт (2Кбайта).

2.2. Выбор источника(ов) питания:

Для обеспечения функционирования прибора на его питающие выводы необходимо подать напряжение +5В. Рассчитаем суммарный ток, потребляемый прибором от источника с выходным напряжением +5В. Для этого из паспортных данных определим ток, потребляемый каждой микросхемой в отдельности. Эти данные приведены в таблице 2.4.

Таблица 3.4

Токи, потребляемые микросхемами

Микросхема	Потребляемый ток
80С31ВН	18 мА
КР558РР2	96 мА
М27128А	85 мА
КР537РУ17	94 мА
КР1533ИР23 (2 шт.)	62 мА
К555ИД7	10 мА
АЛС335Б (4 шт.)	320 мА
К572ПВ3 (2 шт.)	8 мА
К555ЛЕ1	20 мА
К155ЛЛ1	9,8 мА
АТ24С16	3 мА
МАХ222	4 мА
МХ9002 (2 шт.)	950 мкА

Суммарный ток будет равен $I = 731(мА)$. (2.13)

Рассчитаем мощность, потребляемую прибором.

$$P = U \cdot I = 5 \cdot 0,731 = 3.655(Вт) . \quad (2.14)$$

Так как прибор должен питаться от переменного сетевого напряжения 220В, а также от автономного источника, то в составе источника питания должны быть следующие элементы: понижающий трансформатор, диодный выпрямитель переменного напряжения, конденсатор для сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения, устройство, стабилизирующее напряжение на нагрузке, аккумуляторная батарея.

2.3. Чертеж ЭЗ или Э4:

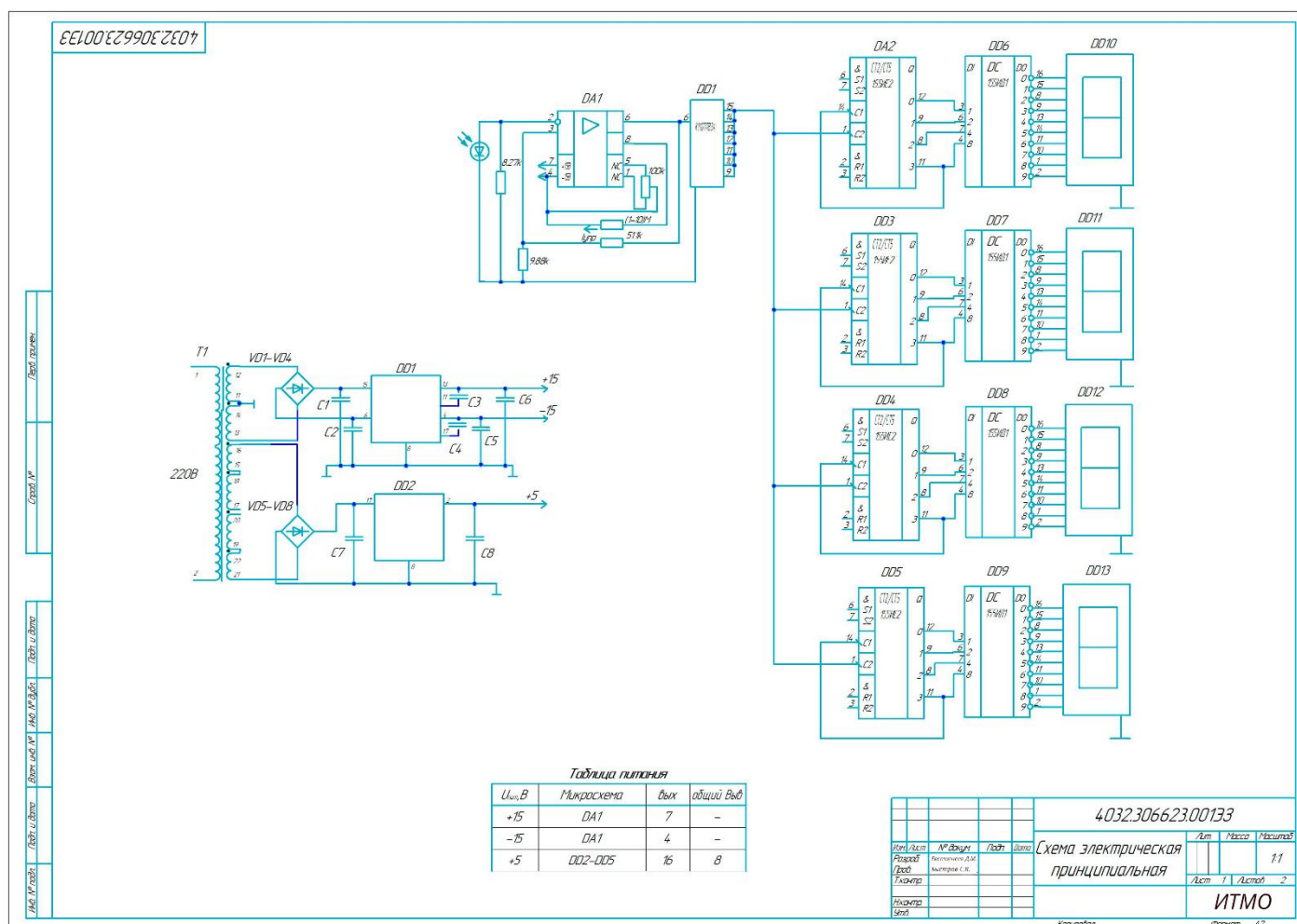


Рисунок 3.12 – Чертеж ЭЗ

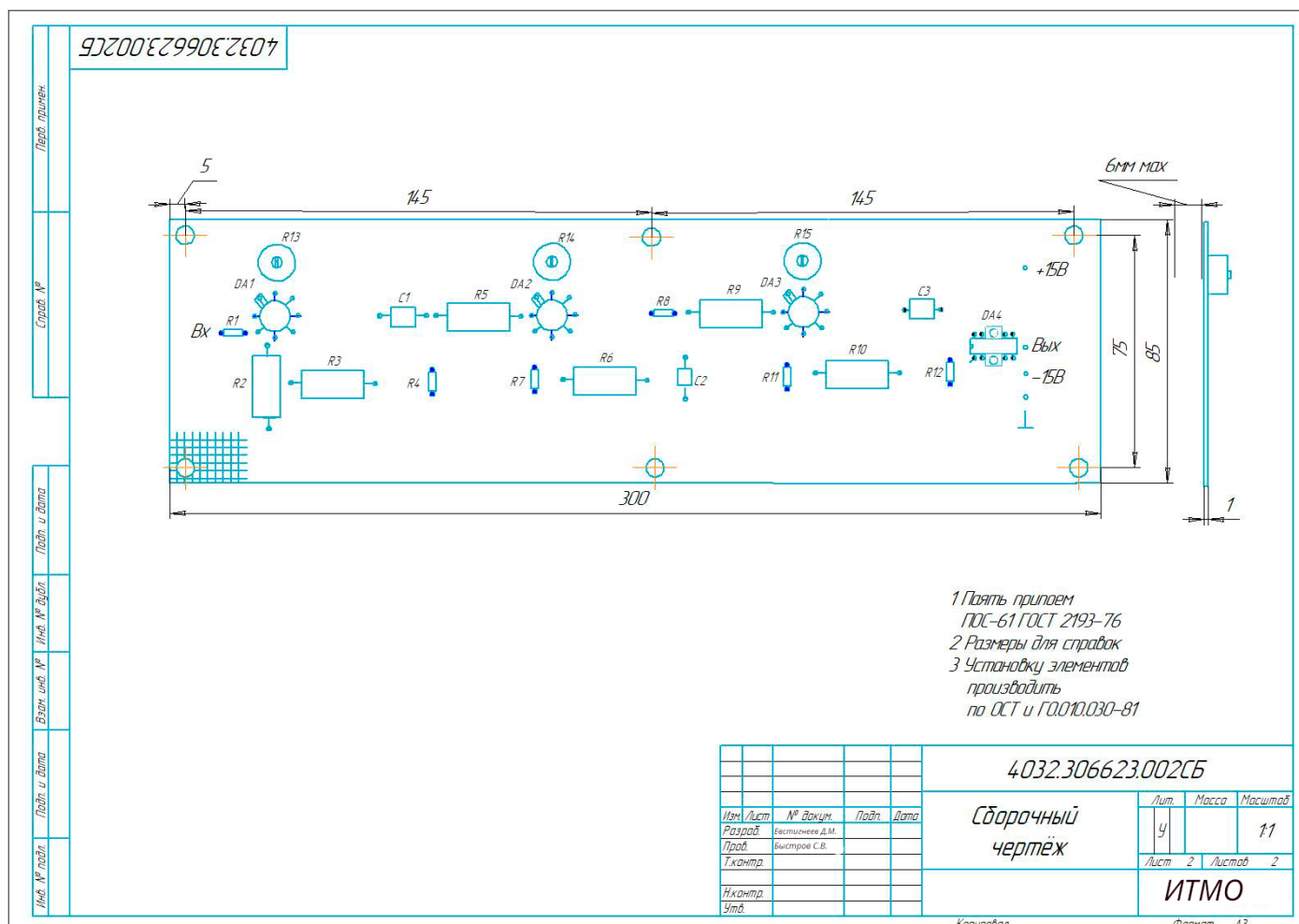


Рисунок 3.13 – Чертеж Э4

Вывод:

В данном задании были проведены расчёты волоконно-оптического датчика в жидкой среде. Также были изучены другие виды волоконно-оптических датчиков магнитных полей и проведена их сравнительная оценка. Разработан в третьей, последней части собственный пример подобного устройства.

Список использованных источников

1. Григорьев В.В., Бойков В.И., Парамонов А.В., Быстров С.В. Проектирование регуляторов систем управления – СПб: Университет ИТМО, 2021. – 94 с.
2. Григорьев В.В., Быстров С.В., Бойков В.И., Болтунов Г.И., Мансурова О.К. Цифровые системы управления: Учебное пособие. – СПб: Университет ИТМО, 2019. – 133 с.
3. Блинников А.А., Бойков В.И., Быстров С.В., Николаев Н.А., Нуйя О.С. Правила оформления пояснительной записки и конструкторской документации. – СПб: Университет ИТМО, 2014. – 55с.
4. Булатов, М.И. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа -5-е изд., перераб.- Л.: Химия, 1986. - 432 с.
5. Папков, С.П. Физико-химические основы переработки растворов полимеров, 1971, 372 с.
6. Библиотека электронных ресурсов НИУ ИТМО Аспирантура [Электрон. ресурс] / Ред. В. Трофимов. - М., 2009
7. Секарин, К.Г. Психология зрительного восприятия неоднородности свойств объекта в системах неразрушающего контроля // Научно-технический вестник СПб ГУ ИТМО: Современная оптика, 2007. вып. 43. с. 100-109.
8. Булатов, М.И. Практическое руководство по фотоколориметрическим и спектрофотометрическим методам анализа, изд. 4-е, пер. и доп., Л., «Хиимя», 1976. - 376с.
9. Марков, А.П. Анализ схем световодных преобразователей / А.П. Марков, А.Г. Старовойтов, А.И. Потапов – Неразрушающий контроль и диагностика окружающей среды, материалов и промышленных изделий: межвузовский сб. Вып. 10. - СПб.: СЗТУ, 2004. - с. 3–12.
10. Бутусов, М.М. Волоконно-оптические системы передачи. -М.: Радио и связь, 1992 -416с.
11. Марков, А.П. Анализ схем световодных преобразователей / А.П. Марков, А.Г. Старовойтов, А.И. Потапов – Неразрушающий контроль и диагностика окружающей среды, материалов и промышленных изделий: межвузовский сб. Вып. 10. - СПб.: СЗТУ, 2004. - с. 3–12.
12. ГОСТ 1.25-76. Государственная система стандартизации. Метрологическое

обеспечение. Основные положения.

13. Васильев, В.П. Аналитическая химия. В 2 ч. Ч. 2. Физико-химические методы анализа: Учеб. для Химко-технол. спец. вузов. - М.: Высш. шк., 1989. - 384с

14. Тренихин, А.П. Организационно-экономическая часть дипломного проекта: методические указания для студентов специальности 1-54 01 02 «Методы прибора контроля качества и диагностики состояния объектов» / А.П. Тренихин – Могилев: Белорусско-Российский университет, 2004г. - 23 с.

15. Тренихин, А.П. Организация производства: Методические указания к выполнению курсовой работы для студентов специальности 1-54 01 02 «Методы прибора контроля качества и диагностики состояния объектов» / 13. А.П. Тренихин – Могилев: Белорусско-Российский университет, 2008г. - 31с.

16. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. - М. Издательство стандартов, 1975. - 11с.

ГОСТ 12.0.003-74. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. - М.: Изд-во стандартов, 1980. - 4 с.

17. ГОСТ12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. - Мн. Издательство стандартов, 1988. - 25с.

18. ГОСТ 12.4.021-75. ССБТ. Системы вентиляционные. Общие требования. - Мн. Издательство стандартов, 1975. - 25с

19. СНБ 2.04.05-98.ССТБ. Естественное и искусственное освещение. - Мн. Издательство стандартов, 1998. - 24с.

20. ГОСТ 12.4.021-75. ССБТ. Системы вентиляционные. Общие требования. - Мн. Издательство стандартов, 1975. - 25с.

21. Акимова, Т.А. Основы экоразвития. Учебное пособие. - М.: Издательство Российской экономической академии им. Г.В. Плеханова, 1994. - 312 с.

22. Максименко, А.Н. Оптико-волоконный контроль технических сред и масел строительно-дорожных машин и агрегатов / А.Н. Максименко, А.П. Марков, А.Г. Старовойтов - Метрология и приборостроение. – 2005. – №3.- с. 20–24

23. Гурьянов, Ю.А. О критериях предельного загрязнения моторного масла топливом / Ю.А. Гурьянов – Химия и технология топлив и масел, 2007. - №1.