

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

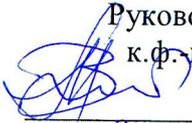
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Радиофизический факультет

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ В ГЭК

Руководитель ООП

к.ф.м.н., доцент


В.А. Мещеряков

«23» января 2023 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

**РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ ЗАПОЛНЕНИЯ
ЕМКОСТЕЙ С ПРОМЫШЛЕННО-БЫТОВЫМИ ОТХОДАМИ**

по основной образовательной программе подготовки специалиста
по специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы»

Креницкий Алексей Дмитриевич

Руководитель ВКР

канд. физ.-мат. наук, доцент



О.А. Доценко

«23» января 2023 г.

Автор работы

студент группы № 07709



А.Д. Креницкий

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель ООП

к.ф.-м.н., доцент



В.А. Мещеряков

« 20 » декабря 2022 г.

ЗАДАНИЕ

на подготовку ВКР специалиста
студенту 07709 группы Криницкому Алексею Дмитриевичу

1. Тема ВКР: Разработка устройства измерения уровня заполнения емкостей с промышленно-бытовыми отходами

2. Срок сдачи студентом выполненной ВКР:

а) на кафедре 25.01.2023,

б) в ГЭК 03.02.2023.

3. Краткое содержание работы:

Работа посвящена разработке программной и аппаратной части устройства измерения уровня твердых, сыпучих и жидких материалов. В результате будет получена рабочая модель прибора.

4. Календарный график выполнения ВКР:

а) оформление литературного обзора	22.12.2022 – 16.01.2023
б) оформление конструкторской документации	28.12.2022 – 16.01.2023
в) сборка и тестирование устройства	28.12.2022 – 20.01.2023
г) оформление ВКР и сдача в ГЭК	12.01.2023 – 01.02.2023
д) размещение текста ВКР в электронной библиотеке ТГУ	26.01.2023 – 01.02.2023

5. Дата выдачи задания «20» декабря 2022 г.

Руководитель ВКР –
кандидат физ.-мат. наук,
доцент кафедры РЭ



О.А. Доценко

Задание принял к исполнению



А.Д. Криницкий

АННОТАЦИЯ

Отчет о дипломной работе 73 с., 41 рис., 4 табл., 31 источник, 3 приложения.
ПРОМЫШЛЕННО-БЫТОВЫЕ ОТХОДЫ, ПЕЧАТНАЯ ПЛАТА,
УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДАТЧИК, МИКРОКОНТРОЛЛЕР, ДАТЧИК НАКЛОНА,
GSM МОДУЛЬ, ИЗМЕРИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО.

Цель работы – создание устройства, которое будет отслеживать уровень заполнения емкости с отходами производства.

Задачи:

- 1) провести обзор литературы;
- 2) выбрать датчики, подходящие для создания устройства;
- 3) разработать блок-схему устройства;
- 4) приобрести необходимые комплектующие;
- 5) собрать прототип;
- 6) провести апробацию работы прототипа;
- 7) провести анализ результатов работы прототипа устройства;
- 8) разработать эскизный проект устройства;
- 9) разработать электрическую принципиальную схему устройства;
- 10) создать печатную плату;
- 11) разработать и создать корпус модели;
- 12) собрать устройство и протестировать на ошибки.

Методы исследования: поиск информации, натурный эксперимент.

В результате выполнения работы была разработана электрическая схема устройства, выбраны комплектующие, напечатан корпус, собран прототип и проведены измерения с некоторыми типами материалов.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
1 Устройства и технологии для систем сбора отходов. Литературный обзор.....	6
1.1 Датчики измерения расстояния.....	6
1.2 Сети передачи данных	9
1.3 Существующие аналоги.....	11
2 Практическая часть.....	18
2.1 Описание работы устройства	18
2.2 Эксперименты и обсуждение результатов.....	24
3 Разработка устройства.....	30
3.1 Печатная плата	30
3.2 Корпус устройства	34
4 Безопасность труда	40
Заключение	44
Список использованных источников и литературы.....	46
Приложение А (справочное) Конструкторская документация.....	49
Приложение Б (справочное) Программная документация.....	63
Приложение В (справочное) Официальное письмо-подтверждение.....	73

ВВЕДЕНИЕ

Прогресс не стоит на месте, и с начала XXI века все большие обороты начали набирать электроника и вычислительная техника, что послужило предпосылкой для автоматизации различных процессов, как в промышленности, так и в повседневной жизни. Большую роль в этом сыграла разработка устройств для сбора информации об исследуемых параметрах, проще говоря, усовершенствование возможностей датчиков.

Датчики – это приспособления, измеряемые нужные параметры и преобразуя их в выходной сигнал, удобный для измерения или передаче. Насколько может быть полезно использование таких устройств?

С возрастанием мирового населения и спроса на продукты питания, а также других материалов для обеспечения жизнедеятельности человека, увеличился объем отходов, приносимых каждым домом и населенным пунктом [1]. Большая доля образующихся отходов проходит через мусорные контейнеры, откуда их собирают местные муниципалитеты [2]. Неправильное обращение с данными продуктами жизнедеятельности людей создает серьезный удар по экологической обстановке в городе.

Актуальность проблемы автоматизации процессов утилизации отходов можно также проследить на возрастающем количестве публикуемых статей за пять лет в базе данных рецензируемой научной литературы «Scopus» [3, 4]. График результатов поиска по ключевым словам «internet of things» и «garbage container» приведен на рисунке 1.

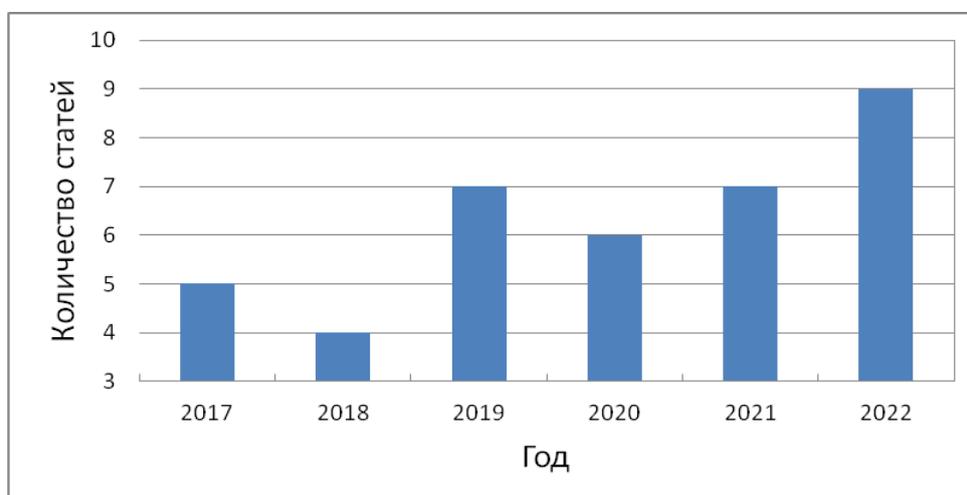


Рисунок 1 – Анализ количества статей по годам в «Scopus»

Если количество остаточных отходов технологии в кратчайший срок не готовы изменить, то автоматизировать процесс их утилизации вполне можно. Так, например, с помощью средств промышленной электроники и автоматики можно частично справиться с одной из областей этой проблемы, а именно переполнение городских мусорных контейнеров, путем контроля уровня наполненности резервуара.

Принцип действия подобного рода измерительных систем будет одинаков – контроллер собирает информацию, с измерительного преобразователя, сигнал поступает в устройство обработки данных. Отличие заключается лишь в выборе типа датчика и их количестве.

Для такого рода измерений наиболее актуальными будут емкостные, оптические и ультразвуковые датчики. Если выбирать из соотношения цена/качество, то явно можно выделить последний тип.

Применение таких датчиков позволит собирать статистические данные, позволяющие оценить наиболее заполняемые места, оптимизировать систему очистки контейнеров, а также снизить затраты на горючее и создать достойную замену импортным аналогам на отечественном рынке.

В связи с этим сформулирована цель работы – создание устройства, которое будет отслеживать уровень заполнения емкости с отходами производства.

1 Устройства и технологии для систем сбора отходов. Литературный обзор

1.1 Датчики измерения расстояния

Датчики измерения расстояния могут использовать различные принципы измерений: индуктивный, оптический, инфракрасный, ультразвуковой (рисунок 2). Все они имеют как свои достоинства, так и недостатки. Рассмотрим каждый из них и определим, какой эффективнее и выгоднее использовать для измерения уровня наполненности мусорного контейнера.

	Индуктивные	Ультразвуковые	Оптические	
			Триангуляционные	Радарные
Расстояние	0 – 20 мм	10 – 10.000 мм	10 – 1.000 мм	10 – 500.000 мм
Разрешение	0,1 мкм	0,1 мм	1 мкм	0,5 мм
Точность	1 мкм	0,2 мм	2 мкм	2 мм
Линейность	0,4% – 5%	0,5%	0,05% - 1%	0,001%
Время	0,3 мс	20 мс	1 мс	1 мс

Рисунок 2 – Сравнение параметров датчиков расстояния [5]

1.1.1 Индуктивные датчики

Индуктивные датчики определяют расстояние до объектов, но с одним условием – они должны проводить электрический ток, иначе объект игнорируется (рисунок 3). Такие устройства основаны на принципе определения токов взаимной индукции, что определяет их основное достоинство – они очень устойчивы к воздействию немаetalлических предметов и помех, например, пыль, грязь, и др. Так же они имеют превосходную точность, разрешение и время. Если рассматривать такие измерители в роли датчиков для установки в мусорных контейнерах, то можно точно определить, что для такой эксплуатации они негодны, по крайней мере, на сегодняшний момент. Возможность измерения – только для токопроводящих материалов и очень маленькое расстояние до объекта измерения не позволяют рассматривать прибор как конкурент тем же ультразвуковым или оптическим датчикам.

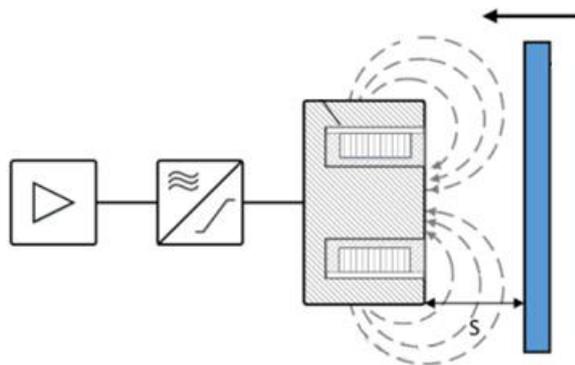


Рисунок 3 – Принцип работы индуктивного датчика [6]

1.1.2 Оптические датчики

Существует различное множество способов измерить расстояние с помощью оптики: лазерные измерители, с рассеянным отражением света, радарного типа. Принцип действия датчиков основан на излучении светового пучка, направленного на объект и анализе отраженного от него света (рисунок 4). Полученные результаты измерений преобразуются в электрический сигнал. Однако испускание светового потока используется не во всех типах датчиков. Лазерные датчики имеют большой диапазон измерений, устойчивы к внешним воздействиям, однако имеют довольно большую стоимость и сложны в эксплуатации [7]. Измерители с рассеянным отражением могут измерять в широких пределах, однако не восприимчивы к окрашенным или отражающим поверхностям. Оптические датчики радарного типа могут измерять большие расстояния, но имеют относительно большую погрешность. Так же, сильное загрязнение или «удачно» поставленный на пути сенсора предмет могут сильно исказить показания, что приведет к ложным данным, а такие явления в планируемом устройстве не редкое явление. Учитывая, что подобные приборы будут установлены на контейнерах для мусора, расставленных по городу, себестоимость готовых устройств будет достаточно высока, не говоря уже о других компонентах и обслуживании радиосетей.

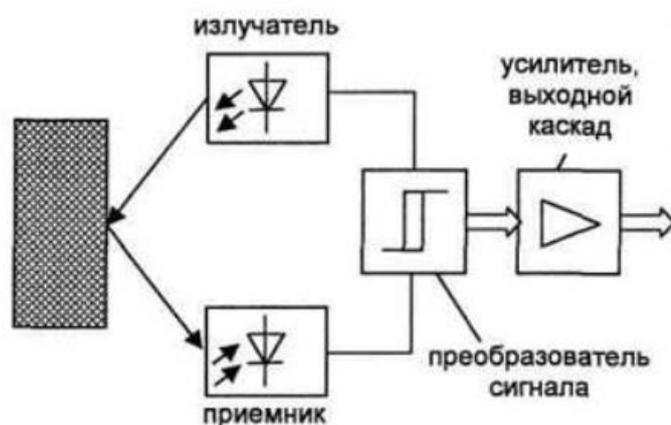


Рисунок 4 – Принцип работы оптического датчика

1.1.3 Ультразвуковой датчик

Принцип его действия основан на излучении импульсов ультразвука, которые, отражаясь от объекта, возвращаются на приемник, который регистрирует время прихода импульса и замеряет время его прохождения (рисунок 5). При этом достигается разрешение порядка 0,2 мм [8]. Так как преобразователь может служить как излучателем, так и приемником, то появляется возможность создать датчик с одним преобразователем. Принцип работы заключается в следующем: пьезорезистивный элемент посылает короткий ультразвуковой импульс и одновременно с этим в датчике запускается внутренний таймер. Отразившийся от препятствия импульс, возвратившись в приемник, останавливает таймер. Время, за которое ультразвук совершил путь, является базовой информацией, из которой рассчитывается расстояние [9]. Достоинство ультразвукового датчика перед вышеперечисленными заключается в том, что он может измерять расстояние до сыпучих веществ, жидкостей, прозрачных и отражающих поверхностей. Так же данные приборы могут измерять на больших расстояниях, не искажая размеры объектов. Помимо этого, он имеет относительно небольшую стоимость. Однако такой датчик также имеет ограничения: в случае попадания ультразвукового импульса на пену, или другие сильно поглощающие ультразвуковые колебания рыхлые или изогнутые поверхности, происходит уменьшение измеряемой дистанции или рассеивание большей части сигнала.



Рисунок 5 – Принцип действия ультразвукового датчика

1.2 Сети передачи данных

Одним из важных вопросов, необходимых для рассмотрения, является выбор технологии передачи данных. Чаще всего разработчики устройств и систем используют несколько типов сетей, основные из которых: Low Power Wide Area Network и NarrowBand Internet of Things.

1.2.1 Low Power Wide Area Network (LPWAN)

LPWAN представляют собой беспроводную технологию передачи данных небольших объемов на дальние расстояния (рисунок 6). В основе принципа работы лежит свойство радиосистем – увеличение энергетика, а значит и дальности связи при уменьшении скорости передачи данных. Низкая битовая скорость передачи позволяет вкладывать больше энергии в каждый бит, что позволяет выделять его на фоне шумов в приемной части. Как следствие, низкая скорость передачи данных позволяет добиться большей дальности их приема.

Преимуществами LPWAN можно выделить:

- большая дальность передачи радиосигнала по сравнению с другими беспроводными технологиями (теми же ZigBee или GPRS);
- низкое энергопотребление у конечных устройств благодаря минимальным затратам энергии на передачу пакетов данных;
- высокая проникающая способность, что важно в городской среде;
- использование безлицензионного диапазона радиочастот;
- большая площадь покрытия одной базовой станцией;
- меньшая стоимость конечного IoT устройства.

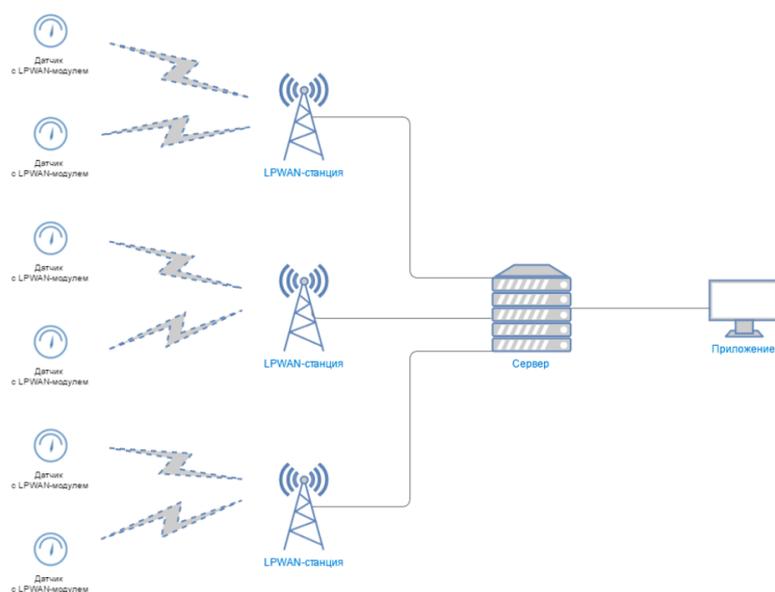


Рисунок 6 – Технология LPWAN сети

Если смотреть на LPWAN с точки зрения эффективности потребления энергии, то это практически эталонная технология передачи данных. Но на деле она имеет ряд существенных недостатков, одним из которых является инфраструктура страны. Для передачи информации необходимо либо искать партнеров с уже существующей сетью, либо же строить свою сеть, что влечет большие затраты как финансовые, так и коммуникационные. Еще одним недостатком является то, что такие сети легче вывести из строя, чем сотовые, у которых имеются хорошие службы безопасности.

К основным недостаткам можно отнести:

- относительно низкую пропускную способность;
- задержка передачи данных от датчика до конечного приложения, связанная со временем передачи сигнала;
- отсутствие единого стандарта, который определяет управление доступом к среде для беспроводных LPWAN-сетей [10].

1.2.2 NarrowBand Internet of Things (NB-IoT)

Технология является расширением традиционного стандарта сотовой связи для устройств IoT и использует существующую инфраструктуру сетей сотовой связи. Особенности перед другими протоколами являются:

- большая емкость сети;

- высокая пропускная способность;
- работа в лицензируемом радиодиапазоне, высокая безопасность сетей;
- низкая стоимость устройств.

До недавнего появления технологии передачи данных NB-IoT основными считались мобильные сети 2G, 3G, созданные для удовлетворения потребительских нужд. Технология до сих пор считается одной из самых массово используемых, т.к. используется во всех странах мира и приходится на 80% всех абонентов мира. Такие сети массово развернуты по всему миру, имеют внушительный процент покрытия используемых для размещения датчиков территорий, а обслуживанием эти сетей занимаются крупные компании. Для первоначальной эксплуатации (можно считать минусом) необходимо заключить договор с оператором, получить выгодный тариф и пользоваться. Однако это и считается минусом. Постоянная финансовая зависимость от оператора (сюда входят как расходы на сотовую связь, так и процент от продаж, что повлечет за собой увеличение цен на услуги и цену устройств). Так же, у такого вида передачи данных достаточно низкая энергоэффективность из-за потребления достаточного количества энергии радиомодуля (включение модуля, регистрация в сети, отправка СМС могут занимать десятки секунд, например, если рассматривать самую массовую и недорогую сеть – 2G, время регистрации в которой достаточно длительное). Намного лучше себя ведут NB IoT. Они работают в сетях 4G, имеют меньшее энергопотребление и накладные расходы. Но они имеют те же проблемы, только в меньшем масштабе. Также отрицательным фактом в данный момент является меньшая площадь покрытия в России, что приводит к проблеме использования таких технологий в дальних уголках страны.

1.3 Существующие аналоги

Устройства измерения уровня наполненности мусора в баке, с появлением большого количества протоколов беспроводной передачи данных, не являются новшеством. Существует достаточное количество, как прототипов устройств, так и уже готовых и эксплуатируемых приборов для измерения уровня наполненности мусорных баков. Однако многие из них не являются полностью автономными, т.к. требуют монтажа в готовые устройства, подключения к питанию, или являются

составной частью других приборов. Так, например, в статье [11] показан готовый прототип умного контейнера с датчиком приближения человека и встроенным экраном отображения информации, однако применение такой модели возможно только в домашнем пользовании. Аналогичные конструкции из [12-14] являются лишь прототипами с наглядной демонстрацией работы идей их авторов и на данный момент не возможны для широкого применения.

Другим примером можно взять прототип из статьи [15], где представлена продвинутая конструкция с приводом для открытия крышки и подсчета количества подсчета взаимодействий с емкостью. Возможность выпуска такого устройства в массовое пользование возможно при удешевлении стоимости устройства и нахождении способа сделать его экономичным в потреблении энергии, что на данный момент является достаточно сложным в силу развитости технологий.

Среди большого количества, как прототипов, так и выпускаемых приборов можно отметить несколько аналогов, представляющих продукцию конкурирующих между собой компаний, имеющих готовые, автономные устройства.

1) Wasteout. Устройство было представлено на рынке в 2019 году (рисунок 7). Прибор основан на ультразвуковом датчике расстояния. Имеет основные характеристики (таблица 1):

- для передачи данных используются беспроводные сети 2G/GPRS и LoRaWAN;
- в устройстве работает ультразвуковой датчик-дальномер, датчик температуры и наклона;
- все оборудование работает в интервале температур $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+75\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- корпус датчика водо- и пыленепроницаемый. Соответствует классу IP56;
- низкое энергопотребление позволяет эксплуатировать датчик в течение 5 лет.



Рисунок 7 – Модель WO-1 от компании Wasteout

Так же устройство можно заказать в различных модификациях на усмотрение потребителя.

Таблица 1 – Технические характеристики прибора от компании Wasteout [16]

Характеристика	Значение
Модель	WO-1
Габаритные размеры (Ш×Д×В), мм	100×165×45
Масса, грамм	320
Рабочая температура	от -40 до +75
Средний срок службы, лет	5
Максимальное расстояние до противоположной стенки контейнера, м	2,1
Класс защиты	IP65

2) Geotek. Компания основана в 2010 году и на данный момент имеет свою платформу, включающую оборудования для автоматизации, мониторинга и управления различными сферами ЖКХ, энергетики, безопасности, промышленности и транспорта (рисунок 8). Так же имеется датчик наполненности мусорных баков, предназначенный для определения уровня заполнения емкостей, используемых для сбора твердых отходов. Однако датчик является частью аппаратного комплекса и имеет собственный протокол передачи данных. Подробные характеристики представлены в таблице 2.



Рисунок 8 – Модель датчика ТБО от компании Geotek

Таблица 2 – Технические характеристики прибора Unlight [17]

Наименование характеристики	Значение характеристики
Питание	Батарея 7000 мАч 3,6 В
Антенна GSM	Внутренний
Антенна GPS/GLONASS	Внутренний
Максимальное детектируемое расстояние	200 см
Время автономной работы	Не менее 5 лет
Датчик движения/наклона	Есть
Протокол передачи данных	DingTek protocol
Степень защиты	IP66
Температура эксплуатации	-20 до +65 градусов
Масса	0,15 кг
Габаритные размеры	115×115×50 мм

Данное устройство отличается достаточно малыми размерами, однако имеет большую стоимость и может использоваться только по собственному протоколу с обязательной подпиской на использование.

3) AuroraEvernet. Автоматизированная система контроля вывоза твердых бытовых отходов. Решение позволяет отслеживать наполняемость мусорных баков

и контролировать посещение мусоровозами контейнерных площадок (рисунок 9).

Основные функции:

- контроль степени наполняемости мусорных баков в процентах;
- контроль соблюдения графика вывоза мусора;
- отображение мусорных баков на карте;
- формирование отчетов по данным статистики наполняемости баков и вывоза мусора;
- оповещение диспетчера о внештатных ситуациях.

Устройство поставляется с поддержкой различных каналов связи: GSM (3G), NB-IoT, LoRaWAN. Имеет встроенный GPS-модуль.



Рисунок 9 – Модель устройства от компании AuroraEvernet

4) GoodWAN. В 2019 году компания представила датчик мусора, предназначенный для круглосуточного автоматизированного мониторинга состояния наполненности мусорного контейнера с цапфой. За 4 года конструкция устройства пережила множество изменений. Датчик обзавелся ударопрочным и влагозащищенным корпусом. Система контроля состоит из двух устройств, располагаемых на противоположных краях емкости, и работает по собственной технологии, называемой «ИК шторка». Первая часть обеспечивает периодическую подсветку в инфракрасном (ИК) диапазоне в сторону противоположной стенки контейнера; вторая часть обеспечивает прием ИК излучения, обработку сигналов и передачу сообщений по радиоканалу [18]. Корпус обеспечивает защиту от пыли и влаги по стандарту IP68 (рисунок 10).



Рисунок 10 – Модель устройства от компании GoodWAN

Так же, компания разработала свою беспроводную технологию передачи данных для интернета вещей по радиоканалу на огромные расстояния, называемую GoodWAN.

5) ECube labs. Компания специализируется на технологиях интеллектуального управления отходами. Их продукция включает баки с функцией прессования отходов, работающие от солнечной батареи и ультразвуковые датчики уровня заполнения (рисунок 11).



Рисунок 11 – Модель устройства CleanFLEX от компании ECube labs [19]

Для мониторинга статуса устройств компания разработала собственную платформу для мониторинга и анализа данных в режиме реального времени CleanCityNetworks (CCN).

6) Enevo. Датчик измерения уровня заполнения контейнера WE-009T спроектирован на основе технологии ультразвуковой гидролокации с

использованием датчиков температуры и движения и интеллектуального программирования (рисунок 12).



Рисунок 12 – Модель устройства WE-009T от компании Enevo

За время существования компании первоначальная технология претерпела ряд изменений и на данный момент представлена несколькими моделями датчиков, подходящих под разные типы контейнеров.

Принцип работы заключается в следующем: данные с датчика передаются на собственный сервер Enevo One Collect с помощью сотовой связи (2G/3G). Корпус выполнен по стандарту IP66, рабочая температура имеет достаточно широкий диапазон -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$, размеры модели уменьшились до минимальных 71×95 мм, а корпус сменился с ABS пластика, на запатентованную полиуретановую смолу со вставками для крепежа к контейнеру [20].

2 Практическая часть

2.1 Описание работы устройства

После обзора всех типов датчиков расстояния было установлено, что ультразвуковой измеритель является лучшим вариантом среди всех, т.к. он имеет относительно небольшую стоимость, измеряет расстояние до сыпучих, жидких, прозрачных и других типов материалов, что, в связи со спецификой области применения, является оптимальным решением. Также он может работать в суровых условиях эксплуатации, таких как пыль, грязь, влага и др.

На первом этапе разработки необходимо было установить, какими опциями будет обладать будущее устройство. В качестве базового функционала решено было взять микроконтроллер, ультразвуковой датчик измерения расстояния, модуль для беспроводной передачи данных, датчик наклона и датчик температуры.

На следующем этапе работы был составлен алгоритм работы одного из видов устройства. Блок-схема приведена на рисунке 13.

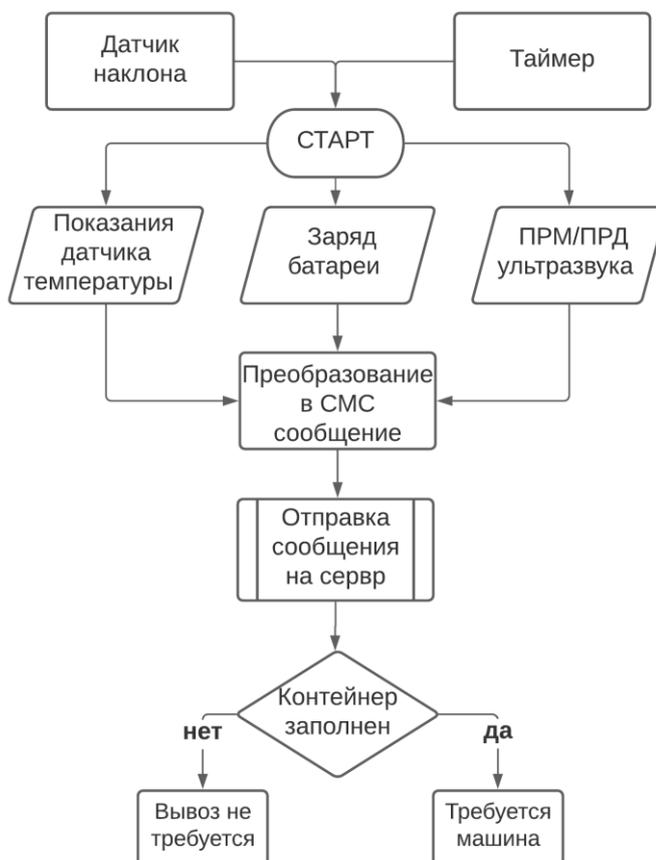


Рисунок 13 – Блок-схема базового функционала устройства

Так как устройство должно работать автономно в течение долгого времени, то для экономии энергии аккумулятора измерения должны проводиться не непрерывно, а с некоторым интервалом. Для этого необходимо выбирать микроконтроллер со встроенным режимом сна. Для вывода измерителя из состояния покоя будет использоваться внутренний таймер или датчик наклона, который подает сигнал микроконтроллеру на выход из режима сна во время передвижения или переворота контейнера. Измерение температуры позволит регулировать преобразование данных о состоянии контейнера с учетом условий распространения звука, а также просигнализировать в случае возникновения пожара.

Как уже отмечалось ранее, устройство начинает работать по истечению времени встроенного таймера или сигнала датчика наклона. После включения микроконтроллер собирает информацию о результатах измерения расстояния, показаниях датчика температуры и текущем заряде батареи. После получения информации данные преобразуются в СМС сообщение и отправляются на удаленный сервер, где уже принимается решение о необходимости отправки машины и корректировке маршрутов.

2.1.1 Микроконтроллер ATmega 168P

Используется микроконтроллер на платформе Arduino Nano. ATmega 168P (рисунок 14) является 8-битным КМОП контроллером на архитектуре AVR. Ядро сочетает расширенный набор команд с 32 рабочими регистрами общего назначения, соединенными с АЛУ, что обеспечивает доступ к двум независимым регистрам на время исполнения команды.

Характеристики микроконтроллера ATmega 168P:

1. Тактовая частота: 0-20 МГц;
2. Объем Flash-памяти: 32 кб;
3. Напряжение питания: 1,8-5,5 В;
4. Потребляемый ток в режиме работы: 0,2 мА;
5. Потребляемый ток в режиме сна: 0,75 мА;
6. Количество портов: 23;
7. Количество каналов АЦП: 6;
8. Встроенные интерфейсы: i2c, spi, uart.

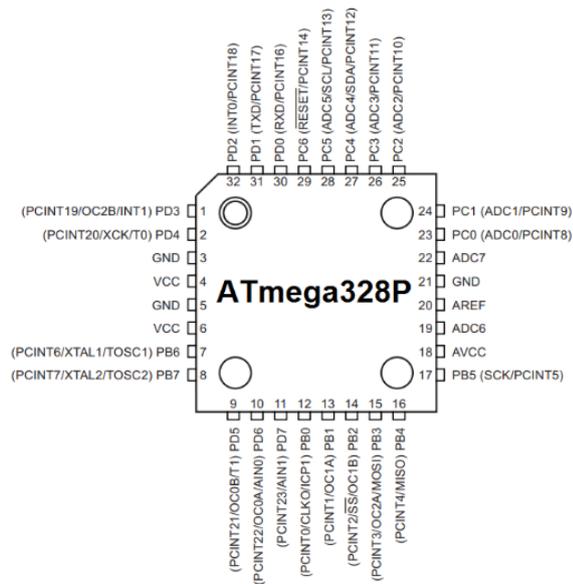


Рисунок 14 – Расположение выводов микросхемы ATmega 328P

Блок-схема микроконтроллера ATmega 168P приведена на рисунке 15.

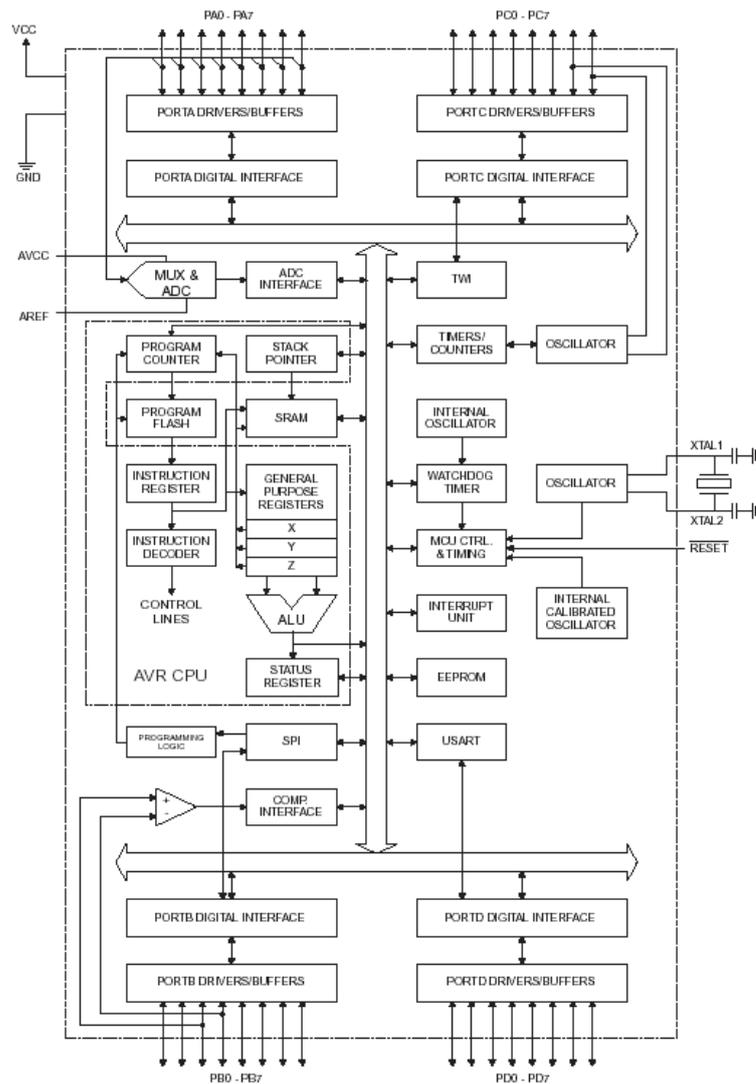


Рисунок 15 – Блок-схема микроконтроллера ATmega 168P [21]

2.1.2 Ультразвуковой датчик HC-SR04

Принцип работы датчика основан на известном явлении эхолокации. Излучатель импульса формирует акустический сигнал продолжительностью 10 мкс, преобразуемый в 8 импульсов частотой 40 кГц, который, отразившись от преграды, возвращается к датчику и регистрируется приемником. Зная скорость распространения ультразвука в воздухе и время прохождения импульса, рассчитывается расстояние до акустической преграды. Строение датчика показано на рисунке 16.



Рисунок 16 – Ультразвуковой датчик HC-SR04

На рисунке 16 следующие обозначения:

VCC – питание от +5 В.

Trig – вывод входного сигнала.

Echo – вывод выходного сигнала.

GND – земля.

Технические характеристики ультразвукового дальномера:

- измеряемый диапазон – от 2 до 500 см;
- точность – 0,3 см;
- эффективный угол измерений: 30 градусов;
- напряжение питания – 5 В;
- сила тока покоя: < 2 мА;
- рабочая сила тока: 15 мА;
- ширина импульса передатчика: 10 мкс;
- размеры: 45×20×15 мм. [22].

2.1.3 GSM модуль SIM800L

Arduino SIM800L GSM – GPRS достаточно функциональный и недорогой модуль связи от компании SimCom (рисунок 17). Может работать в режиме пониженного энергопотребления.

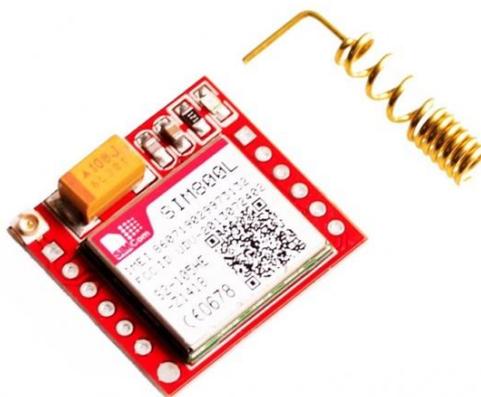


Рисунок 17 – GSM модуль SIM800L

Технические характеристики модуля:

- четыре диапазона частоты GSM 850/900/1800/1900 МГц;
- интерфейс для связи с контроллером UART;
- микро SIM карта;
- управление AT командами через UART;
- напряжение питания 3-4,2 В;
- рабочий температурный диапазон: -20...+80 °С;
- размеры 22×18 мм.

Так как модем питается от напряжения в диапазоне от 3,0 до 4,2 В, а Arduino Nano способно обеспечивать напряжение 3,3 В или 5 В, то для работы модуля будет использоваться питание от батареи 9 В [23]. Нормировать напряжение будет понижающий преобразователь GW1584 (рисунок 18).



Рисунок 18 – Понижающий преобразователь напряжения

Особенностями данного чипа является преобразование входного напряжения 4,5–28 В в выходное 0,8–20 В, высокий КПД – 96% и большой диапазон рабочих температур от минус 45 °С до плюс 85 °С [24].

2.1.4 Датчик наклона SW-200D

Датчик представляет собой два контакта в металлической капсуле, между которыми катается металлический шарик (рисунок 19). При наклоне в разные стороны шарик либо замыкает, либо размыкает электрическую цепь.

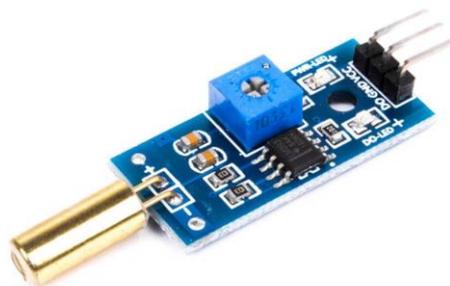


Рисунок 19 – Датчик наклона SW-200D

Технические характеристики датчика наклона:

- вертикальный угол срабатывания: 45 градусов;
- горизонтальный угол срабатывания: 10 градусов;
- рабочее напряжение: 3,3–5 В;
- сопротивление разомкнутых контактов: 10 МОм;
- сопротивление замкнутых контактов: 30 Ом;
- размеры модуля с датчиком: 45×14 мм;
- рабочая температура: -30...+70 °С [25].

2.1.5 Датчик температуры DHT22

DHT22 – цифровой датчик влажности и температуры, состоящий из термистора и емкостного датчика влажности (рисунок 20). Также датчик содержит в себе АЦП для преобразования аналоговых результатов. Отличительными чертами является простота, дешевизна, быстродействие.

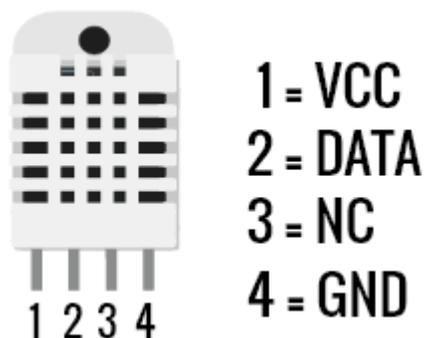


Рисунок 20 – Датчик температуры и влажности DHT22

Характеристики датчика температуры и влажность DHT11 [26]:

- напряжение питания: 3,5–5,5 В;
- ток питания в режиме измерения: 1,5 мА;
- ток питания в режиме ожидания 60 мкА;
- определение температуры: -40 до +125 °С с точностью 2 %;
- определение влажности 0-100 % с точностью 2 %;
- размеры 15,5×12×5,5 мм.

2.2 Эксперименты и обсуждение результатов

Первый прототип был создан на основе микроконтроллера ATmega 168 на платформе Arduino Nano, трех ультразвуковых датчиков HC-SR04, т.к. мусор распределяется неравномерно, и светодиода для индикации уровня наполнения. Емкость, имитирующая контейнер для отходов, была взята высотой 0,4 м и шириной 0,3 м.

Эксперимент проводился следующим образом: по краям верхней крышки картонной коробки размещались три ультразвуковых датчика, соединенные проводами с микроконтроллером, прикрепленным к внешней боковой стенке коробки. В качестве сигнализирующего устройства использовался светодиод с тремя режимами работы: выключен, пока уровень содержимого не достиг 54 % высоты емкости; мигающий через секунду, если уровень составляет от 54 % до 71 %, и непрерывный, если уровень наполнения более 71 %. В качестве тестовых образцов использовались разнотипные материалы. К таким были отнесены: смятая бумага, радиомонтажные провода, мишура, фольга и углеродосодержащий

поролон. Бумага имитировала обычный мусор (полиэтиленовые мусорные пакеты, бутылки и т.д.) как разновидность сыпучих материалов. Спутанные провода использовались из-за возможных рассеивающих свойств ультразвукового излучения. Елочная мишура и фольга – из-за возможности наличия у нее отражающих свойств по отношению к ультразвуковому излучению. Углеродсодержащий поролон с одной из поверхностей в форме уголковых отражателей использовался в качестве пенного материала, имеющего поглощающие свойства.

Результаты измерений импровизированного мусорного бака (рисунок 21) с бумажным содержимым показали, что в среднем относительная погрешность определения уровня составляет порядка 8%. Необходимо учесть тот факт, что коробка имеет размеры, которые относительно реального мусорного бака достаточно малы, и за счет этого погрешность в данном эксперименте больше, чем была бы в ходе исследования настоящего контейнера.



Рисунок 21 – Макет первого прототипа устройства измерения

После наполнения контейнера мишурой оказалось, что показания датчиков с абсолютной погрешностью в 1 см совпали с результатами прямых измерений, полученных с помощью линейки. Также было обнаружено, что в результатах появились значения с большей погрешностью, чем основное значение. Из этого можно сделать вывод, что материалы с подобными характеристиками имеют отражательные и рассеивающие свойства, способные повлиять на показания датчиков, однако суммарные показания трех датчиков дают малую погрешность.

Обычные медные радиомонтажные провода, перепутанные между собой, не повлияли на способность ультразвуковых датчиков измерять расстояния до таких объектов. Полученная погрешность составила 12 %. Однако, в отличие от опыта с мишурой, случайных значений было немного больше, что привело к погрешности в определении уровня от 12 % до 18 %. Последним же материалом для исследования был взят звукопоглощающий поролон, у которого одна из поверхностей имела форму уголковых отражателей.

Результаты исследования оказались ожидаемыми. Два УЗД не дали абсолютно никаких адекватных результатов (из-за разных моделей один измеритель показывал максимальное расстояние, соответствующее пустому контейнеру, а второй не получил отраженного сигнала). Но третий УЗД смог зарегистрировать отраженный сигнал, хотя и с погрешностью более 60 %.

Далее схема была доработана: были добавлены GSM модуль SIM800L, датчик наклона SW-200D, датчики температуры и влажности DHT22 (рисунок 22).

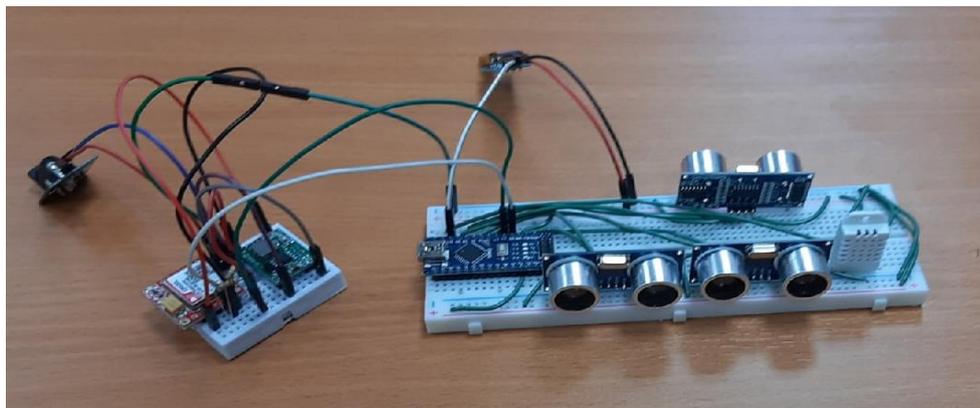


Рисунок 22 – Макет нового прототипа устройства без корпуса

Так как элементы, а в частности GSM модуль, требовательны к питанию, то для корректной работы потребовалось два источника питания по 9 В – один был подключен к плате Arduino Nano, а второй – модуль беспроводной передачи. Емкость, имитирующая контейнер для отходов, была взята немного большего размера, чем в первом случае: высотой 0,6 м и шириной 0,5 м. Для простоты эксперимента датчики так же соединялись проводами, проведенными по периметру емкости. В качестве удаленного сервера использовалась другая SIM-карта. СМС сообщение, передаваемое на сервер, в своем содержании имело данные каждого

датчика, их среднее значение, процентное наполнение, а также влажность и температуру среды нахождения (рисунок 23).



Рисунок 23 – Пример передаваемого СМС-сообщения

Результаты проводились для тех же типов материалов: бумага, радиомонтажные провода, мишура, фольга и углеродосодержащий поролон. Для большей точности измерения проводились по три раза для каждого из материалов в емкости, высотой 0,6 м. Все данные, полученные при испытании последнего прототипа, представлены в таблице 3.

В результате было установлено, что погрешности измерения расстояния при испытании устройства в большем по объему контейнере оказались меньше. Также стоит отметить, что при большем объеме датчики два раза смогли измерить расстояние до поролона, хотя и с такими же большими разбросами значений. Это показывает, что подобные материалы практически полностью рассеивают звуковое излучение, из-за чего применение ультразвуковых датчиков в местах утилизации таких материалов невозможно.

Как известно, скорость распространения звуковых волн зависит от температуры среды. К примеру, при температуре 0 °C скорость звука составляет 331 м/с (или 192 км/ч), тогда как при +20 °C она уже оставляет порядка 343 м/с (или 1192 км/ч). Исходя из этого и того факта, что среда применения устройства

находится в климатически изменяющихся условиях, нужно установить степень воздействия различных температур на показания ультразвукового датчика.

Таблица 3 – Результаты эксперимента

№ эксперимента	Тип материала	Погрешность измерения уровня наполнения, %
1.1	Бумага	4
1.2		2
1.3		3
2.1	Радиомонтажные провода	3
2.2		5
2.3		6
3.1	Фольга и мишура	7
3.2		10
3.3		13
4.1	Углеродосодержащий поролон	–
4.2		55
4.3		84

Для проверки этой теории использовался конечный вариант устройства на плате в сборе без корпуса. В качестве среды с изменяющейся температурой выступила термокамера от российской компании Testa серии ТНС (рисунок 24).

Для создания более точных тепловых условий и в связи с особенностями работы камеры изменение температуры происходило на 5 градусов каждые 10 минут (5 минут на нагрев или охлаждение и 5 минут для установки равномерной температуры). Испытываемое устройство располагалось на пенополистироловой подставке на расстоянии 36 см от противоположной стенки камеры (которая являлась объектом изучения расстояния). Запись результатов происходила каждый раз, когда температура изменялась на 0,2 °С. Выбранный для устройства датчик HC-SR04 не обладает высокой точностью, поэтому эксперимент проводился с точностью измерения расстояния 1 см. Результаты проведенных испытаний приведены на рисунке 25.



Рисунок 24 – Тестируемый образец в термокамере

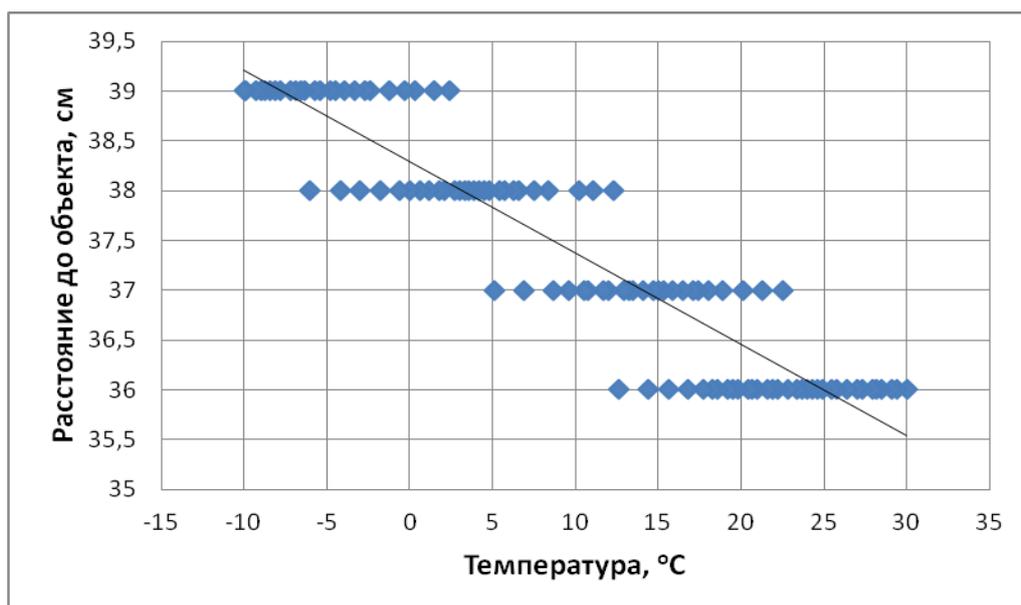


Рисунок 25 – Результаты измерений расстояния в термокамере

Как можно видеть из графика, с уменьшением температуры показания расстояния до объекта действительно увеличивается, что доказывает то, что температурная среда влияет на показания ультразвукового датчика. Однако, зная, что средняя высота контейнера для отходов не превышает 1,5 м, создаваемая погрешность является слишком маленькой, чтобы ощутимо влиять на показания. Эти данные показывают то, что корректировкой программы с учетом температуры в данном устройстве можно пренебречь.

3 Разработка устройства

3.1 Печатная плата

После тестирования первого прототипа была поставлена новая задача – разработка и разводка печатной платы. В качестве среды для моделирования была выбрана простая online-программа EasyEDA. Данная платформа имеет достаточно простой, но в то же время необходимый функционал, простое управление проектированием, а также возможность заказа партии плат по доступным ценам. Итоговый результат должен был воспроизводить весь функционал прототипа, но при этом иметь удобную форму для размещения элементов и крепления устройства на стенке мусорного бака.

Вначале была изучена теоретическая составляющая для переноса микроконтроллера ATmega 168P на плату, а после этого соединение контактов микроконтроллера с остальной обвязкой. Чтобы после монтажа микроконтроллера была возможность вносить правки в исходный код были добавлены выходы под UART и ICSP. Разделенное питание ATmega 168P и SIM800L решалось установкой стабилизатора напряжения L7805ABV, что уменьшало размеры платы, однако увеличивало потребление энергии.

Плата была разработана по стандартному классу точности на двухслойном текстолите FR-4 с толщиной готовой печатной платы 1,6 и с толщиной меди 35 мкм. Габаритные размеры платы с отступами под крепление в корпусе равны 86×49 мм.

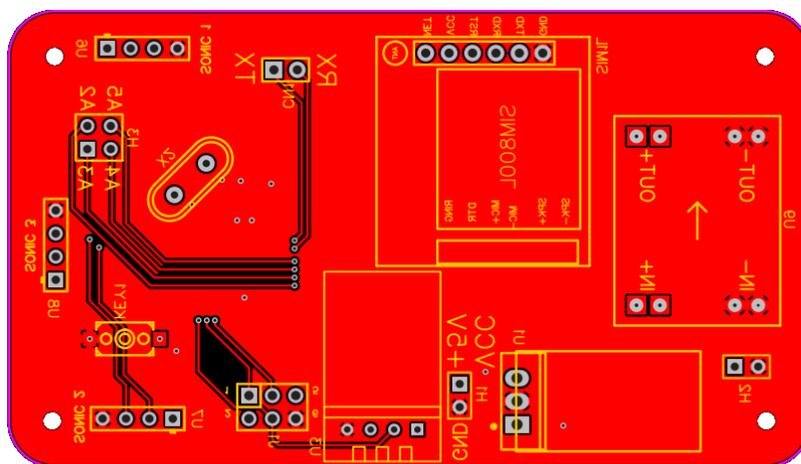


Рисунок 26 – Верхний слой печатной платы

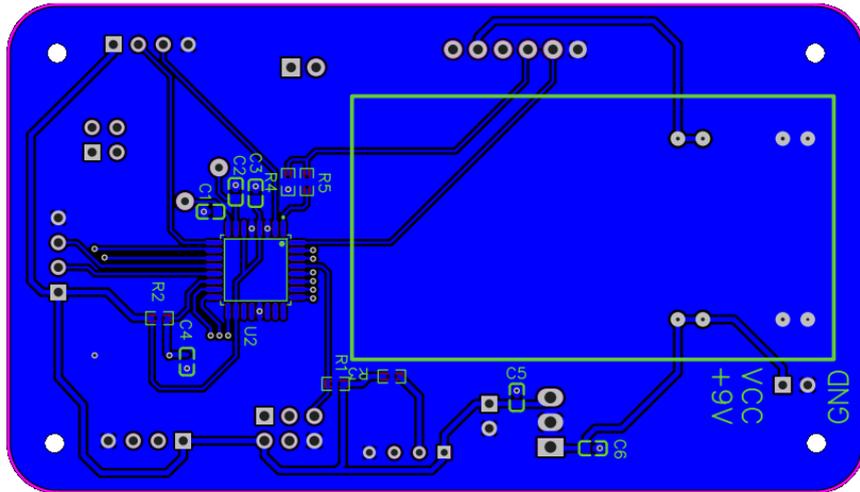


Рисунок 27 – Нижний слой печатной платы

Среда EasyEDA позволяет произвести внешний осмотр полученного образца, так как имеет функцию 3D вида с нанесенными элементами и датчиками.

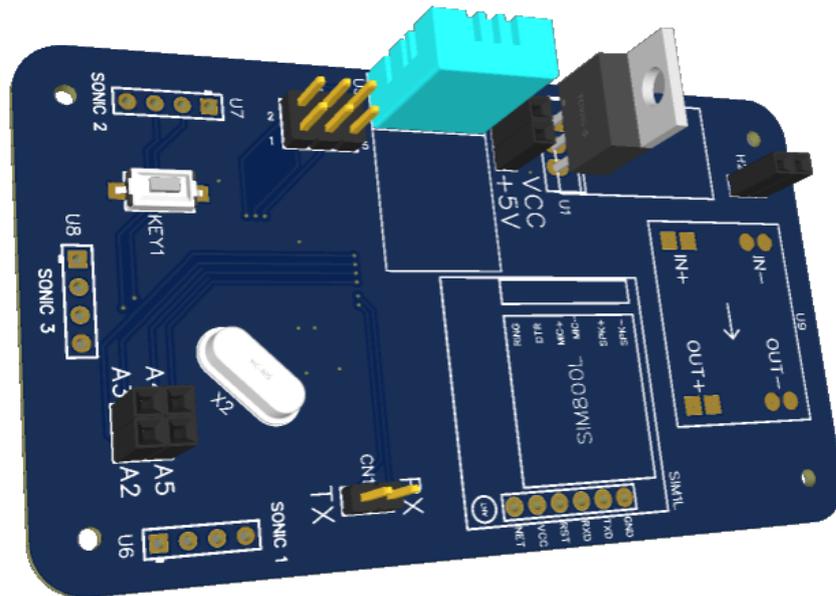


Рисунок 28 – 3D модель печатной платы (вид сверху)

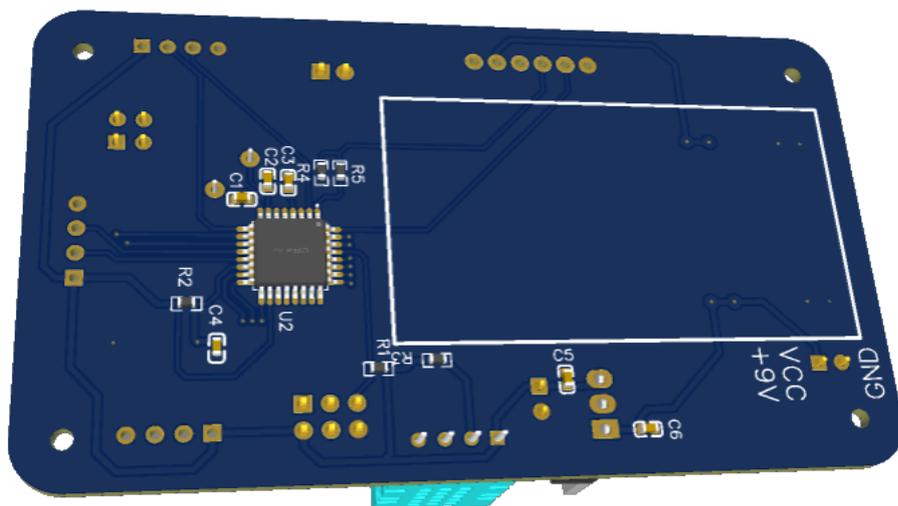


Рисунок 29 – 3D модель печатной платы (вид снизу)

После анализа размещения элементов и уменьшения размеров печатной платы было принято решение GSM-модуль SIM800L и датчик температуры/влажности DHT11 оставить в виде сборки, а датчик наклона SW-200D монтировать непосредственно на поверхность изделия.

Полученные чертежи печатной платы использовались для заказа пробной партии в количестве 5 штук. Пример готового образца печатной платы без электрических элементов представлен на рисунке 31.

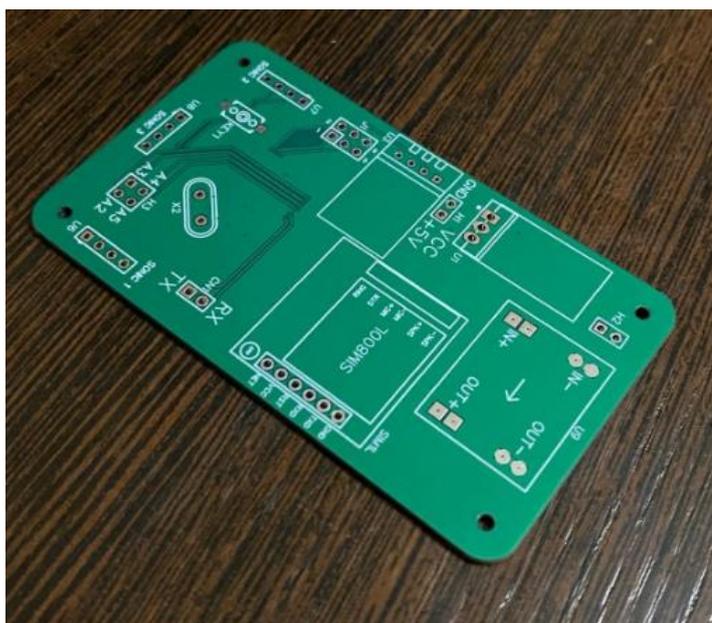


Рисунок 30 – Готовая печатная плата

Электронные компоненты для монтажа приобретались в магазине «Чип и Дип» в нескольких экземплярах для апробации и монтажа на все платы. Микроконтроллер ATmega 168P был демонтирован с платформы Arduino Nano. Основной датчик монтировался непосредственно на печатную плату.

Монтаж электрических элементов производился с использованием припоя Rexant 09-3223 и флюса ФКСп по всем правилам техники безопасности.



Рисунок 31 – Печатная плата с нанесенными элементами

Прошивка микроконтроллера происходила через интерфейс UART платформы Arduino Nano, с которой он был демонтирован.



Рисунок 32 – Arduino Nano с подключением ICSP

После проверки работоспособности модели устройства было установлено, что во время передачи сообщения модуль GSM кратковременно потребляет ток более 100 мА, что сказывается на стабильности солевых батарей. Для решения этой проблемы была приобретена литий-ионная аккумуляторная батарея, которая выдерживает больший ток потребления. Она дороже обычных солевых источников энергии, однако в долгосрочном использовании становится более экономичным и экологичным вариантом.

3.2 Корпус устройства

Корпус устройства предназначен для размещения печатной платы, аккумуляторной батареи, антенны и различных других устройств, не предназначенных для прямой работы с ними потребителя.

Размеры корпуса устройства должны быть минимального размера, чтобы не уменьшать полезный объем емкости, на которую он монтируется, а также для невысокой заметности, но в то же время не терять в удобстве установки и эксплуатации.

Первые версии корпуса показали, что лучше всего для устройства подойдет каплеобразная форма, позволяющая уменьшить контактную площадь конструкции без изменения объема. Также она способствует скатыванию влаги, образованной промышленно-бытовыми отходами и климатическими условиями.

Конечная форма конструкции представляет собой прямоугольную коробку с расширением у основания и закругленными краями (для меньшего сцепления с объектами контейнера) и состоит из верхней и нижней частей, крепящихся друг к другу болтами.

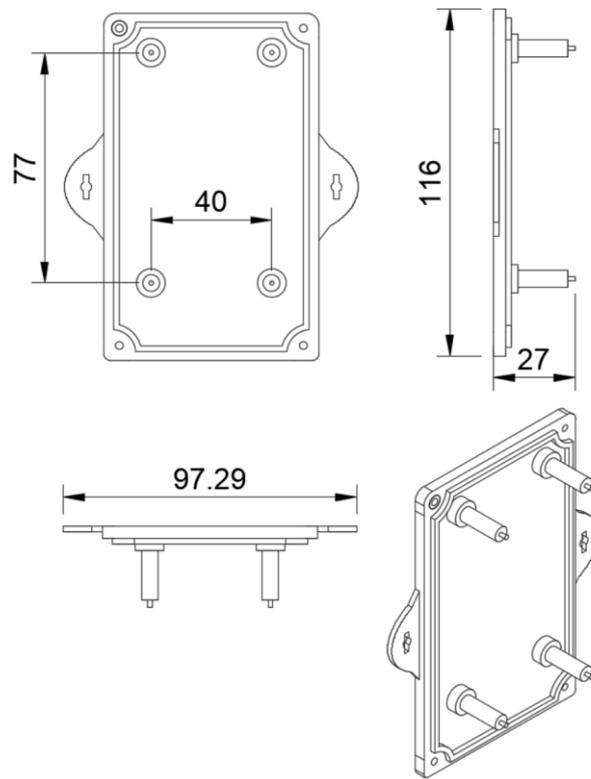


Рисунок 33 – Чертеж нижней части корпуса основного устройства

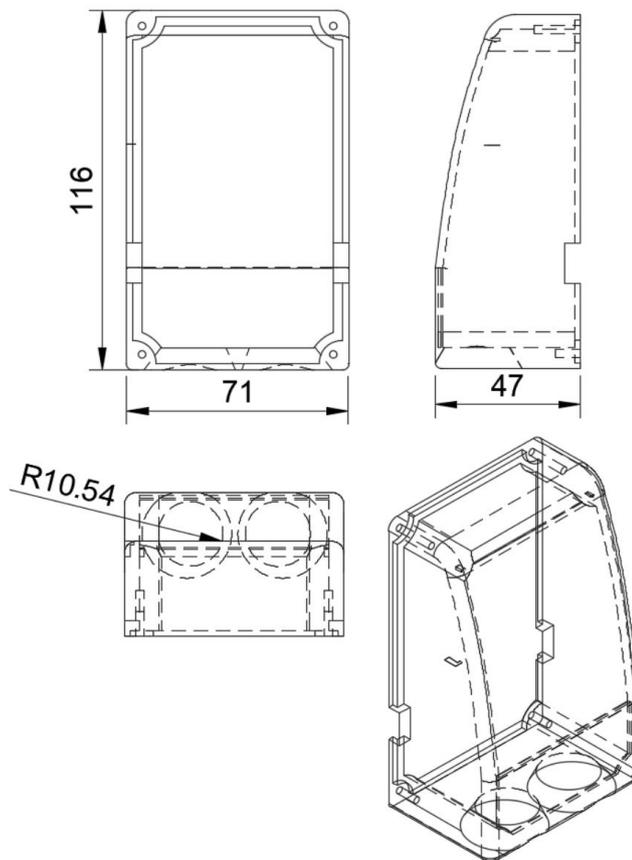
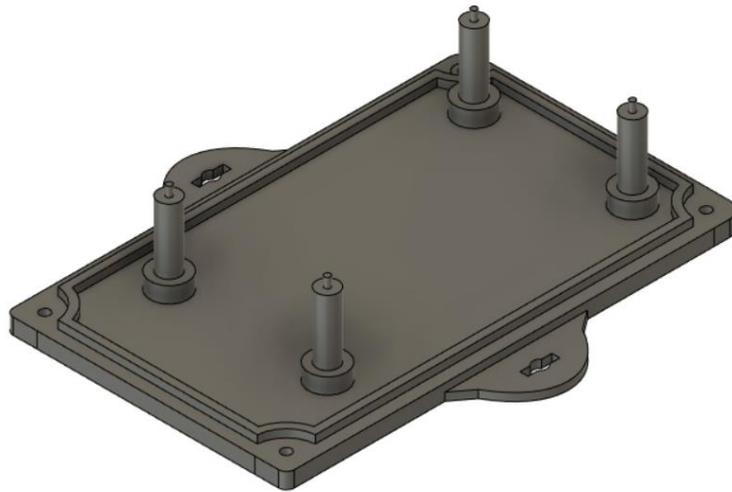
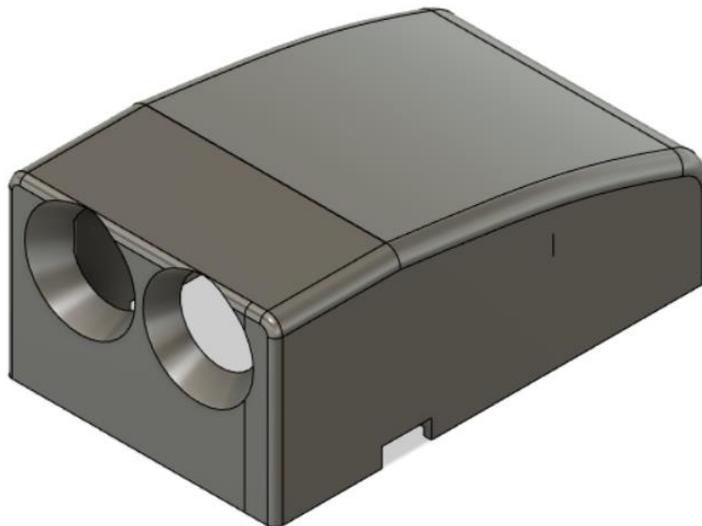


Рисунок 34 – Чертеж верхней части корпуса основного устройства



Рисунки 35 – 3D модель нижней части конструкции основного устройства



Рисунки 36 – 3D модель верхней части конструкции основного устройства

Антенна располагается внутри корпуса над верхним слоем печатной платы. Отверстия по бокам позволяют протянуть провода для подключения ультразвуковых датчиков измерения расстояния. Конусообразные отверстия на нижней части защищают датчик от воздействия внешней среды, не мешая прохождению ультразвукового импульса. Влагозащита в местах крепления датчиков обеспечивается дополнительными вставками уплотнителя в местах отверстий. При необходимости корпус позволяет быстро добраться до элементов управления и питания платы.

Цвет внешней крышки предполагается выбрать в соответствии с цветом

контейнера, на котором будет располагаться устройство. По умолчанию это будет черный или темно-зеленый цвета, что позволит сделать датчик менее заметным для глаз.

Разработка защитного корпуса для ультразвуковых датчиков основывалось на тех же принципах, что и модель основного устройства. Крышка должна иметь похожую форму для предотвращения лишних ударов, а также увеличить стекание влаги с устройства.

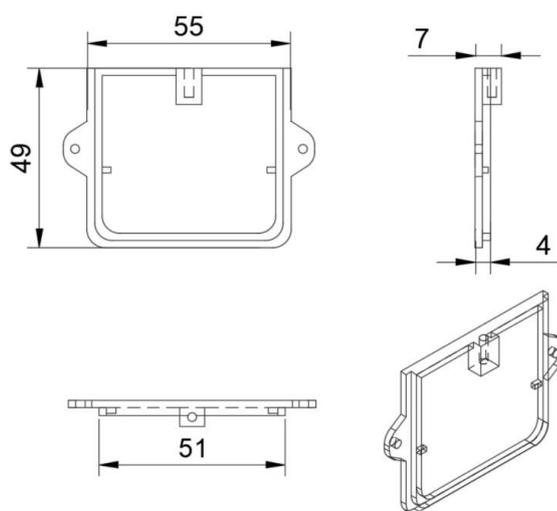


Рисунок 37 – Чертеж нижней части корпуса для датчиков

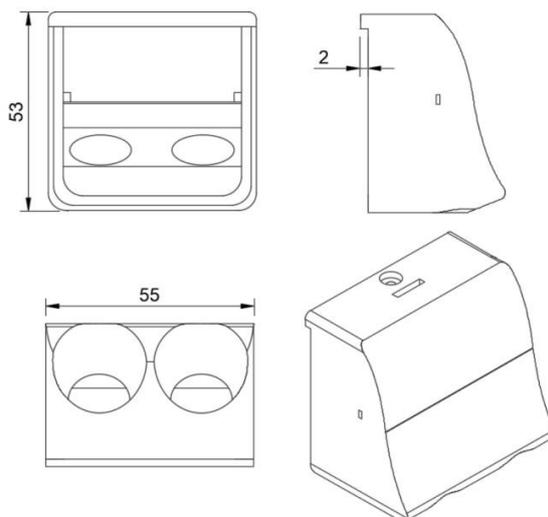
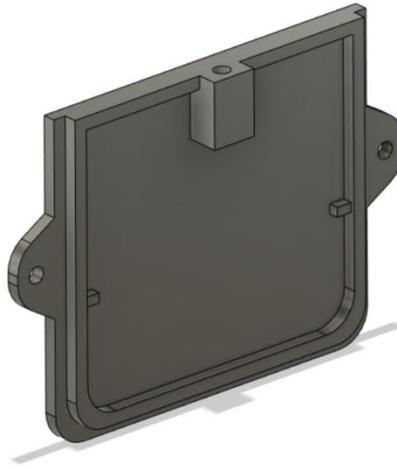
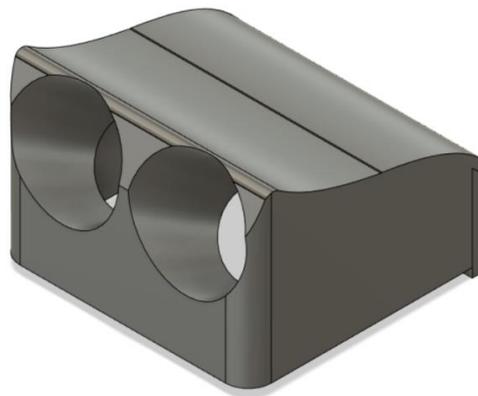


Рисунок 38 – Чертеж верхней части корпуса для датчиков



Рисунки 39 – 3D модели нижней части корпуса для датчиков



Рисунки 40 – 3D модели верхней части корпуса для датчиков

Фиксация датчиков осуществляется с помощью зазоров внутри корпуса, находящихся на обеих частях конструкции, а фиксация от произвольных ударов предусматривается благодаря дополнительным вставкам под крышку, что обеспечивает прижимной эффект. Влагозащита обеспечивается специальными вставками в местах соприкосновения составных частей корпуса и открытых щелей между приемо-передатчиком и крышкой. Форма отверстия является конусообразной с углом отклонения 30 градусов, что не перекрывает обзор датчика и исключает его повреждение внешними воздействиями.

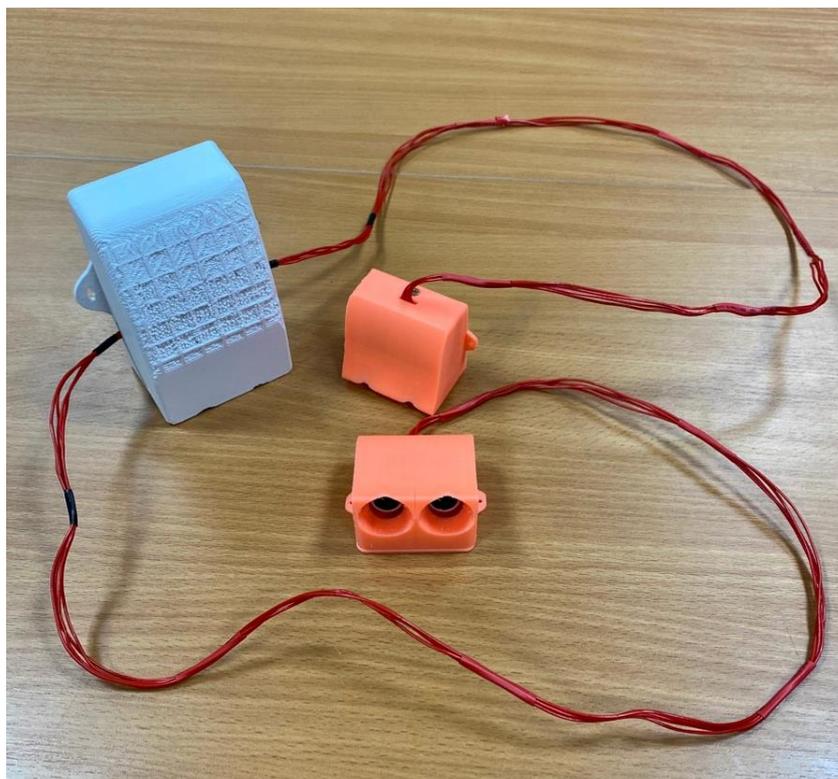


Рисунок 41 – Устройство в сборе

Соединение датчиков с платой происходит одножильными изолированными медными проводами, располагаемыми по периметру обслуживаемой емкости по направлению к основному устройству. Крепление нижних и верхних крышек корпусов осуществляется с помощью болтов 2,5×14 мм, а конструкции к стенкам емкости – болтами 3×20.

4 Безопасность труда

В соответствии с Трудовым кодексом РФ, работник должен обеспечиваться безопасными условиями труда, причем обязанности по обеспечению условий охраны труда возлагаются на работодателя [27].

Для эффективного и безопасного выполнения выпускной квалификационной работы в соответствии с санитарно-эпидемиологическими правилами и нормами (СанПиН) было выбрано и обустроено рабочее место в одной из аудиторий учебного корпуса.

При работе с паяльником на трудящегося могут воздействовать опасные и вредные производственные факторы:

- пожароопасность;
- повышенная температура поверхности изделия, оборудования, инструмента и расплавленных капель припоя;
- повышенная загазованность воздуха рабочей зоны парами вредных химических веществ;
- брызги капель припоя и флюса;
- повышенная температура воздуха рабочей зоны;
- повышенное значение напряжения в электрических цепях, которые могут образоваться при замыкании через тело работника.

При работе с паяльной станцией необходимо соблюдать правила, установленные в Постановлении Минтруда РФ от 17 июля 2003 г. №55 «Об утверждении Межотраслевых типовых инструкций по охране труда для работников, занятых проведением работ по пайке и лужению изделий» [28].

Во время использования паяльника трудящийся должен быть обеспечен средствами индивидуальной защиты для глаз и кожи от брызг капель припоя и флюса. Также при нанесении на элементы печатной платы припоев, флюсов и других вспомогательных элементов, образующих при пайке дым или образование вредных газов, необходимо пользоваться местной встроенной или выносной вентиляцией.

При выполнении работы процесс пайки проводился на специальном месте в аудитории, оборудованной всеми средствами защиты и выполняющем все требования, указанные в постановлении.

Написание текста дипломной работы производилось удаленно в домашних условиях. В соответствии с нормативным документом СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» [29] одно рабочее место с ПВМ с жидкокристаллической основой экрана должно составлять 4,5 м². В домашних условиях оборудовано место с 6 м² и площадью 12 м². Комната имеет одно большое окно, выход которого направлен на солнечную сторону и имеет две потолочные лампы. На рабочем месте находится стул и стол, на котором располагаются ноутбук, проводная компьютерная мышь, коврик для мыши и настольная лампа.

Перед началом работы были выполнены измерения освещенности рабочего места. В соответствии с п.6.3 документа СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 освещенность места для выполнения работы должна находиться в пределах 300-500 лк. Освещенность измерялась при помощи приложения для мобильных телефоном «Люкс Лайт Метр Про». Результаты показали, что комната освещается в пределах 400 лк, что полностью соответствует нормам, указанным в документе, таким образом, применяемое освещение не является негативным фактором.

Основополагающим нормативно-правовым документом, устанавливающим санитарные требования к месту для работы, является СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах» [30]. Согласно указанному указу, определяются допустимы уровни физических факторов рабочего места (РМ), методы измерения данных показателей, а также необходимые требования гигиены к показателям на рабочем месте, которые будут соответствовать разрешенным и не вызывать негативных изменений в состоянии здоровья трудящегося работника.

В соответствии с Приложением 1 СанПиН 2.2.4.3359-16, выполняемый объем работ относится к категории Ia, из-за того, что энергозатраты не превышают 139 Вт.

В таблице 4 приведены допустимые для работы условия микроклимата, взятые из документа СанПиН 2.2.4.3359-16 и исследованные на рабочем месте для написания выпускной квалификационной работы.

Таблица 4 – Оптимальные измеренные условия микроклимата для работы

Период года	Категория работ по уровням энергозатрат	Температура воздуха, °С	Температура на поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Оптимальные условия микроклимата					
Холодный	Ia	22-24	21-25	40-60	0,1
Измеренные условия микроклимата на рабочем месте					
Холодный	Ia	22	Стол:24 Ноутбук:25 Потолок:23 Стены:22 Пол:21	42	0

Климат в комнате исследовался с помощью обычного комнатного электронного термометра, а показания на поверхностях измерялись при помощи бесконтактного пирометра. Влажность измерялась с использованием гигрометра. Результат исследований определил, что полученные показатели параметров микроклимата рабочего места соответствуют допустимым условиям, указанным в таблице 4.

Шум является немаловажным показателем, определяющим комфортную работу, и является отрицательным фактором при долгом воздействии высокого или повышенного уровня на работу человека. Следствием может являться повышенная беспокойность и ранняя утомляемость.

Ссылаясь на требования СанПиН 2.2.2.542-96, уровень шума в комнате не должен превышать 65 дБ [31]. Измеренное значение шума составило 38 дБ, что ниже уровня, установленного в нормативном акте. Исследование параметров шума проводилось с использованием мобильного приложения «Шумомер».

Опираясь на п. 1.4 Приложения 7 к СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 для предупреждения преждевременной утомляемости сотрудников при постоянном взаимодействия с жидкокристаллической основой монитора с напряжением внимания, рекомендуется создавать перерывы на 10 – 15 минут через каждые 45 – 60 минут работы. В установленные интервалы регламентированных перерывов

для понижения нервно-эмоционального напряжения, утомления зрительного анализатора и других отрицательных последствий работы с ПЭВМ необходимо совершать ряд зрительно-моторных упражнений.

В ходе анализа и проведении реальных исследований параметров рабочего места можно заявить, что РМ полностью удовлетворяет всем указаниям и санитарно-гигиеническим нормам и правилам комфортного и безопасного выполнения дипломной работы. Полностью были учтены и установлены микроклиматические условия, освещенность рабочего места и уровень шума на нем. Также установлены оптимальные промежутки в выполнении перерывов между работой за компьютером и физиологические правила нахождения за рабочим местом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы была разработана печатная плата устройства измерения наполнения емкости с промышленно-бытовыми отходами, корпус для датчиков и основного механизма. Проведена сборка всего устройства и тесты работоспособности. Результаты проведенного тестирования показали, что разработанная система успешно справляется со своими задачами. Большим преимуществом является то, что программная часть изделия является достаточно гибкой и может быть настроена под конкретного пользователя за счет изменения кода программы. Устройство хорошо справляется с измерением наполненности емкости с различными видами материалов, учитывая погрешность, возникающую в ходе экспериментов, но тот факт, что расстояние до измеряемых объектов является достаточно большим, расхождения результатов не представляет серьезную проблему.

Результаты работы представлялись на конкурсах АПР-2019, РИА 2020, конференциях ФОС 2020, СНИИ 2020-2021, ПРФН 2021, АПР-2021. По результатам работы были опубликованы статьи, из них 5 в РИНЦ:

1) Криницкий А.Д. Разработка устройства измерения уровня заполнения емкостей с промышленно-бытовыми отходами / А.Д. Криницкий // Труды семнадцатой Всероссийской конференции студенческих научно-исследовательских инкубаторов. Томск, 11-15 мая 2020 г. – Томск: STT, 2020. С. 49–52.

2) Криницкий А.Д. Разработка устройства измерения уровня заполнения емкости с промышленно-бытовыми отходами / А.Д. Криницкий // Физика окружающей среды: материалы XIV Международной Школы молодых ученых «Физика окружающей среды» им. А.Г. Колесника. – Томск: STT, 2020. – С. 45–47.

3) Криницкий А.Д. Разработка устройства измерения уровня заполнения емкости с промышленно-бытовыми отходами / А.Д. Криницкий // Перспективы развития фундаментальных наук: сборник трудов XVIII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Томск, 27-30 апреля 2021 г.) В 7 томах. Том 7. IT-технологии и электроника / под ред. И.А. Курзиной, Г.А. Вороновой. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2021. – С. 59–61.

4) Криницкий А.Д. Разработка системы контроля уровня и скорости

природного сырья на предприятиях добывающих отраслей / А.Д. Криницкий // Восемнадцатая Всероссийская конференция студенческих научно-исследовательских инкубаторов. Томск, 5–7 мая 2021 г. – Томск: СТТ, 2021. С. 58–61.

5) Криницкий А.Д., Доценко О.А. Разработка системы контроля уровня и скорости потока природного сырья на предприятиях добывающих отраслей / А.Д. Криницкий // Актуальные проблемы радиофизики: IX Международная научно-практическая конференция, г. Томск, 20-22 октября 2021 г. Сборник трудов. - Томск: Издательский дом ТГУ, 2021. – С. 253–255.

Температурные исследования прототипа устройства проводились на оборудовании центра коллективного пользования Томского государственного университета «Центр радиофизических измерений, диагностики и исследования параметров природных и искусственных материалов».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Chen X. Machine learning approach for a circular economy with waste recycling in smart cities // Energy Reports. –2022. – Vol. 8. – P. 3127–3140.
- 2 Rodriguez H., Díaz J., Fajardo-Calderín J., et al. Waste Collection Vehicle Routing Problem Using Filling Predictions // Hybrid Artificial Intelligent Systems. HAIS 2021. Lecture Notes in Computer Science, vol. 12886. – Springer, Cham., 2021. – P. 637–648.
- 3 Sharma S., Chauhan V., Jain A. Smart and Inexpensive Implementation of Garbage Disposal System for Smart Cities // IJRTE. – 2019. – Vol. 8, Iss. 3. – P. 3220–3224.
- 4 Jaid Jim A.A., Kadir R., Mamun M.A.A., et al. A Noble Proposal for Internet of Garbage Bins (IoGB) // Smart Cities. – 2019. – Vol. 2. – P. 214–229.
- 5 Применение датчика расстояния и обзор видов – URL: <http://howelektrik.ru/elektrooborudovanie/datchiki/primenenie-datchika-rasstoyaniya-i-obzor-vidov.html> (дата обращения 13.12.2022).
- 6 Индуктивный датчик. Принцип работы и подключение. – URL: <https://electroandi.ru/elektronika/induktivnyj-datchik-printsip-raboty-i-podklyuchenie.html> (Дата обращения 19.12.2022).
- 7 Система оптимизации вывоза твердых коммунальных отходов – URL: <http://www.wasteout.ru/> (дата обращения 13.12.2022).
- 8 Юлдашев М.Н. Ультразвуковые системы для определения пространственного положения подвижного объекта // Сборник научных трудов. 17-я молодежная научно-техническая конференция «Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы 2015», 22-23 апреля 2015 г. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. – С. 465-472.
- 9 Мельникова А.А. Ультразвуковые преобразователи в средах измерения. – М.: Компания Спутник+, 2010. – 154 с.
- 10 Базовые станции LoRaWAN – URL: https://auroraevernet.ru/catalog/IoT/bazovye_stantsii_lorawan/ (дата обращения 13.12.2022).
- 11 Sohag M. U., Podder A. K. Smart garbage management system for a sustainable urban life: An IoT based application // Internet of Things. – 2020. – Vol. 11.

– P. 100255-1-15.

12 Anggrawan A., Hadi S., Satria C. IoT-Based Garbage Container System Using NodeMCU ESP32 Microcontroller // Journal of Advances in Information Technology. – 2022. – Vol. 13, No. 6. – P. 569–577.

13 Azyze N. L. A. M. S., Isa I. S. B. M., Chin T. S. IoT-based communal garbage monitoring system for smart cities // Indonesian J. Elec. Eng. & Comp. Sci. – 2022. – Vol. 27, No. 1. – P. 37–43.

14 Vishnu S., Ramson S.R.J., Senith S., et al. IoT-Enabled Solid Waste Management in Smart Cities // Smart Cities. – 2021. – Vol. 4. – P. 1004–1017.

15 Pardini K., Rodrigues J.J.P.C., Diallo O., et al. A Smart Waste Management Solution Geared towards Citizens // Sensors. – 2020. – Vol. 20. – P. 2380-1-15.

16 Приборы учета накопления ТКО – URL: <http://www.wasteout.ru> (дата обращения 13.12.2022).

17 Автономный ультразвуковой датчик для ТБО – URL: <https://geotek.online/product/bin-sensor/> (дата обращения 12.01.2023).

18 Датчик наполненности мусорного бака универсальный – URL: https://goodwan.ru/waste_sensor (дата обращения 12.01.2023).

19 Технологии управления отходами на основе данных – URL: <https://www.ecubelabs.com/ru/#clean-cap> (дата обращения 12.01.2023).

20 Сенсор Enevo – URL: <https://enevo.com/technology/> (дата обращения 12.01.2023).

21 Arduino Nano – URL: <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardNano> (дата обращения 05.10.2022).

22 Ультразвуковой датчик расстояния Ардуино HC-SR04 – URL: <https://arduinomaster.ru/datchiki-arduino/ultrazvukovoj-dalnomer-hc-sr04/> (дата обращения 14.10.2022).

23 GSM/GPRS модуль SIM800L с антенной – URL: <https://3d-diy.ru/product/gsm-gprs-modul-sim800l> (дата обращения 01.06.2021).

24 Понижающий DC-DC преобразователь GW1584 – URL: <https://roboshop.spb.ru/modules/gw1584-module-dc-dc> (дата обращения 01.06.2021).

25 Датчик наклона SW-200D – URL: <https://robototehnika.ru/e-store/catalog/202/1972/> (дата обращения 01.06.2021).

26 Датчик влажности и температуры DHT11 – URL: <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-datchiki/datchik-vlazhnosti-i-temperature-dht11/> (дата обращения 01.06.2021).

27 Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 №197-ФЗ. Статья 209. Основные понятия. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/78f36e7afa535cf23e1e865a0f38cd3d230eecf0/ (дата обращения 12.01.2023).

28 Постановление Минтруда РФ от 17 июля 2003 г. N 55 «Об утверждении Межотраслевых типовых инструкций по охране труда для работников, занятых проведением работ по пайке и лужению изделий» – URL: <http://ivo.garant.ru/#/document/186408/paragraph/807:1> (дата обращения 12.01.2023).

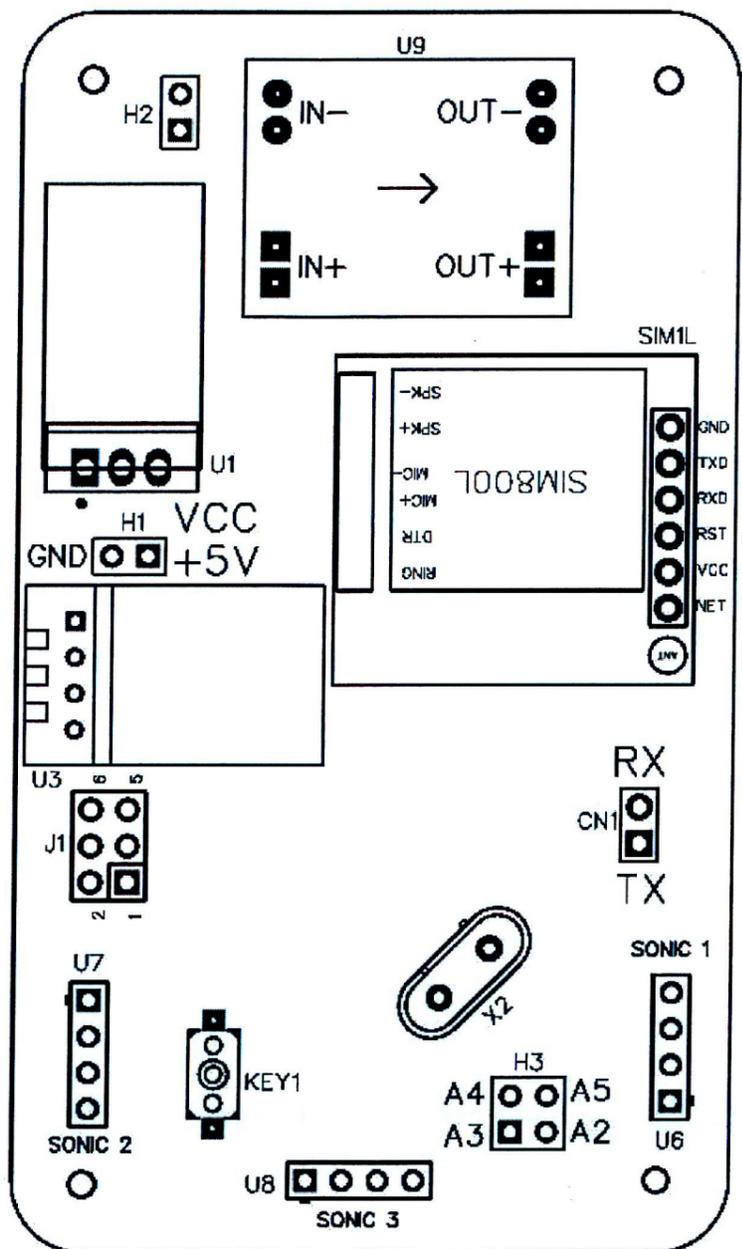
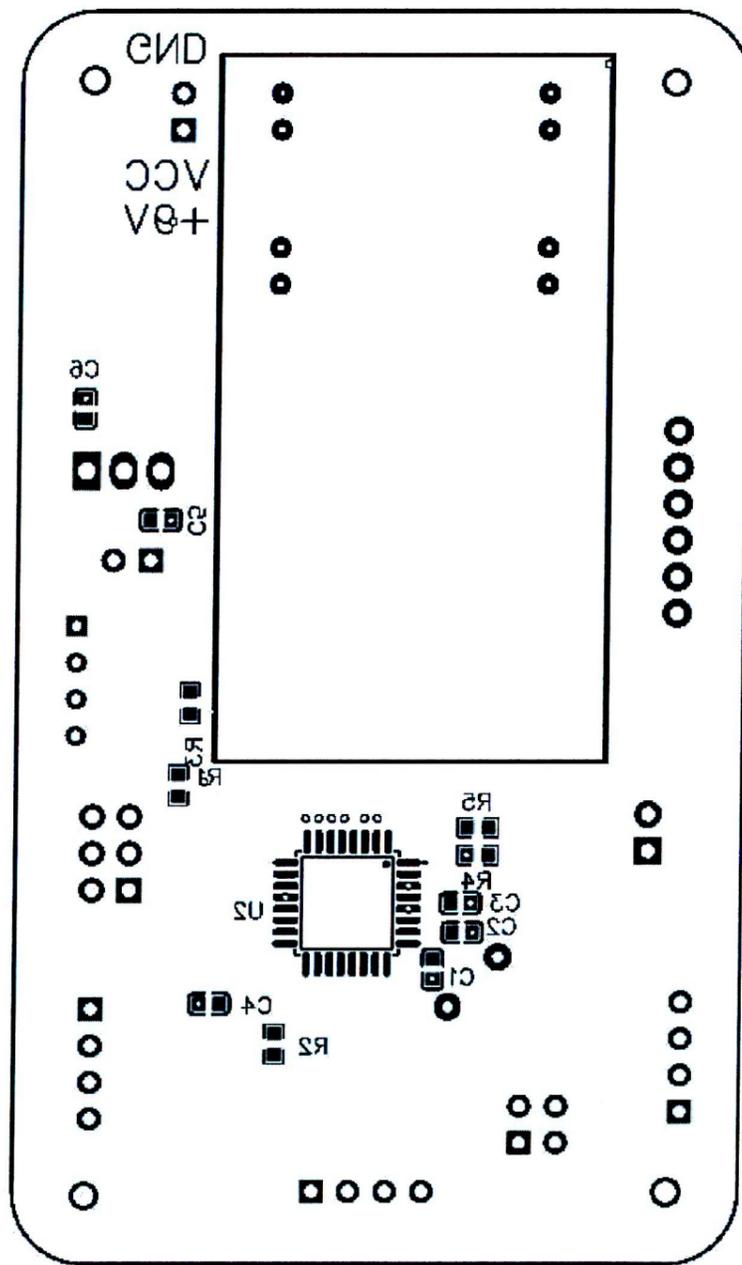
29 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы – URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4294817/4294817617.pdf> (дата обращения 12.01.2023)

30 СанПиН 2.2.4.3359-16 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71362000/> (дата обращения 20.01.2023).

31 СанПиН 2.2.2.542-96 Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работ – URL: <http://www.gostrf.com/normadata/1/4294851/4294851476.pdf> (дата обращения 13.01.2023).

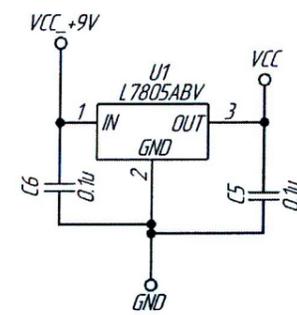
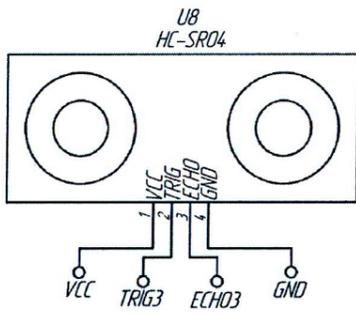
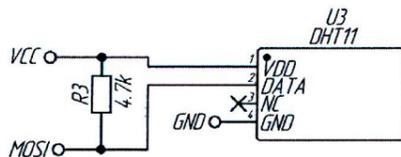
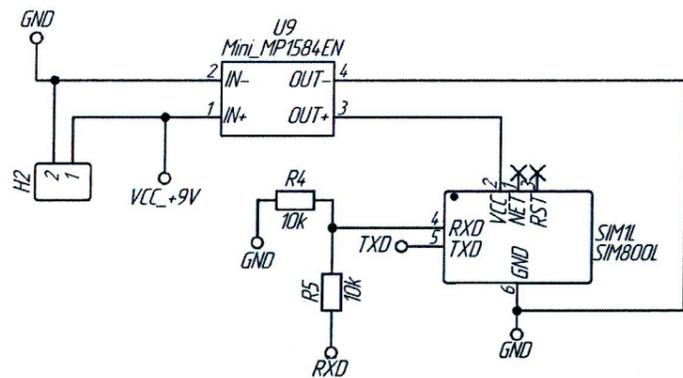
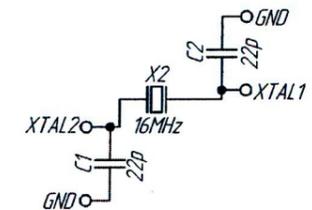
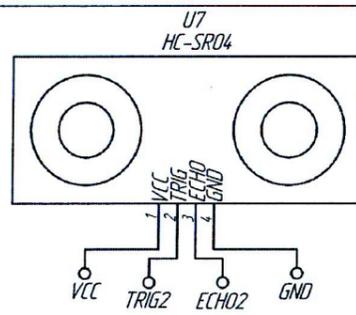
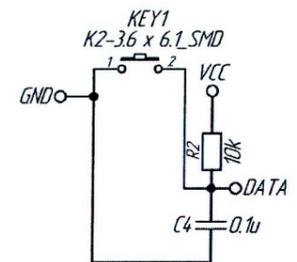
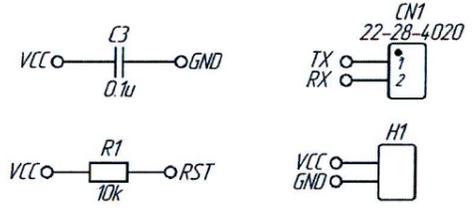
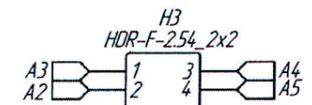
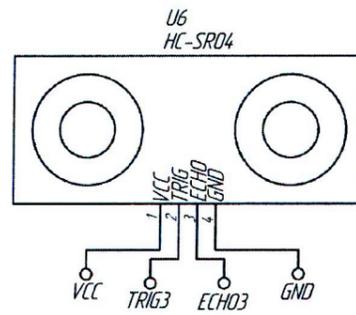
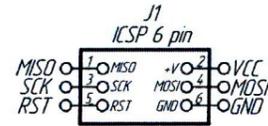
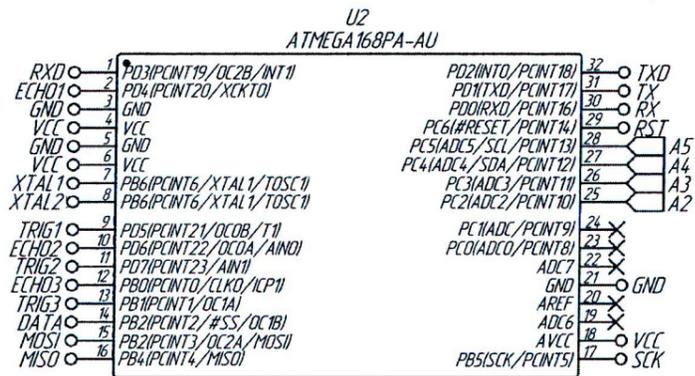
ПРИЛОЖЕНИЕ А
(справочное)
Конструкторская документация

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
									Справ. №
						<u>Документация</u>			
		A3			ТУБК.467863.012 СБ	Сборочный чертеж			
		A3			ТУБК.467863.012 ЭЗ	Схема электрическая			
		A2			ТУБК.467863.012 ПЭЗ	Перечень элементов			
		A3			ТУБК.467863.012 ВП	Ведомость покупных изделий			
						<u>Детали</u>			
		A3	1		ТУБК.467863.012 ВП	Плата печатная	1		
						Устройство измерения уровня промышленно-бытовых отходов			
						<u>Прочие изделия</u>			
						Конденсаторы			
			2			SMD 0603 22пФ 50В ±5% Yageo	2	С1, С2	
			3			SMD 0603 0,1пФ 50В ±5% Yageo	4	С3-С6	
			4			Вилка штыревая DS1021-1x2	1	СN1	
			5			Вилка штыревая DS1021-1x6	1	Л1	
		ТУБК.467963.012							
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Инв. № подл.	Разраб.	Криницкий А.Д.		<i>AK</i>			Лит.	Лист	Листов
	Проб.	Доценко О.А.		<i>OD</i>					
	Рук.пр.	Криницкий А.Д.		<i>AK</i>			НИ ТГУ РФФ		
	Н.контр.								
Утв.	Доценко О.А.		<i>OD</i>						
Устройство измерения уровня промышленно- бытовых отходов Спецификация									



- 1 Установку и пайку элементов производить по ГОСТ Р 56427-2015.
- 2 Элементы C1-C6, R1-R5, U9, KEY1, U2 размещать на плате по технологии поверхностного монтажа.
- 3 Элементы H1-H3, U1, U3, U6-U8, SIM1, J1, CN1, X2 размещать на плате по технологии монтажа в отверстие.
- 4 Меры защиты от статического электричества по ОСТ 92-1615-74.
- Степень жесткости II по ОСТ 11.073.062-2001.
- 5 Элементы поверхностного монтажа паять припойной пастой ПОС-61 ЛОК ТУ 400 К"Р"-1805-22-91, флюс ФПС-3 ТУ400 СП "ЭВ"-2178-137-98.
- 6 Покрывание лак УР-231 ТУ6-21-14-90(3). Допускается покрытие лаком ЭП-730 ГОСТ 20824-81(3).
- 7 Маркировать обозначение и заводской номер печатного узла черной краской МКЭ ОСТ 4ГО.054.2050М2 шрифтом 3,5 или 5 тип А ГОСТ 2.304-81, в месте, удобном для чтения.
- 8 Клеимить.

					ТУБК.467863.012 СБ			
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Устройство измерения уровня промышленно- бытовых отходов	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Креницкий А.Д.	<i>AKD</i>					2:1
Пров.		Доценко О.А.	<i>OA</i>					
Т. контр.						Лист	Листов	1
Рук. пр.		Креницкий А.Д.	<i>AKD</i>			НИ ТГУ РФФ		
Н. контр.								
Утв.		Доценко О.А.	<i>OA</i>					



Перв. примен. ТУБК.467863.012
 Справ. №
 Подп. и дата
 Изм. № докум.
 Изм. № листа
 Испол. и дата

ТУБК.467863.012 ЭЗ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
		Разраб. Крицкий А.Д.	<i>AK</i>	
		Проб. Доценко О.А.	<i>OD</i>	
		Т. контр.		
		Рук.пр. Крицкий А.Д.	<i>AK</i>	
		Н. контр.		
		Утв. Доценко О.А.	<i>OD</i>	
Схема устройства измерения уровня промышленно-бытовых отходов				
		Лит.	Масса	Масштаб
				1:1
		Лист	Листов	
НИ ТГУ РФФ				

Перв. примен.		ТУБК.467863.012		Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание				
Справ. №					Конденсаторы						
				C1, C2	SMD 0603 22нФ 50В ±5%	2	Yageo				
				C3-6	SMD 0603 0,1мкФ 50В ±5%	4	Yageo				
				CN1	Вилка штыревая DS1021-1x2	1	Connfly electronic				
				J1	Вилка штыревая DS1021-1x6	1	Connfly electronic				
				KEY1	Датчик наклона SW-2000	1					
					Резисторы						
				R1, R2, R4, R5	SMD 0603 10кОм ±5%, 50В, 100мВт	4	Yageo				
				R3	SMD 0603 4,7кОм ±5%, 50В, 100мВт	1	Yageo				
				SIM1L	Электронный GSM модуль SIM800L	1	SIMCom Wireless Solutions				
Подп. и дата					Схемы интегральные						
				U1	L7805ABV	1	STMicroelectronics				
				U2	АТmega 168РА-AU	1	Microchip Technology / Atmel				
				U3	Датчик температуры и влажности DHT22	1	Wenzhou Zhengke Electromotor				
				U6-U8	Ультразвуковой датчик HC-SR04	3					
				U9	DC-DC конвертер GW1584	1					
				X2	Кварцевый резонатор 16 МГц	1					
				Подп. и дата				ТУБК.467863.012 ПЭЗ			
								Изм.	Лист	№ докум.	Подп.
				Инв. № подл.						Устройство измерения уровня промышленно-бытовых отходов	
	1	1									
НИ ТГУ РФФ											
Разраб.	Креницкий А.Д.	<i>AKP</i>									
Пров.	Доценко О.А.	<i>OD</i>									
Рук.пр.	Креницкий А.Д.	<i>AKP</i>									
Н.контр.											
Утв.	Доценко О.А.	<i>OD</i>									

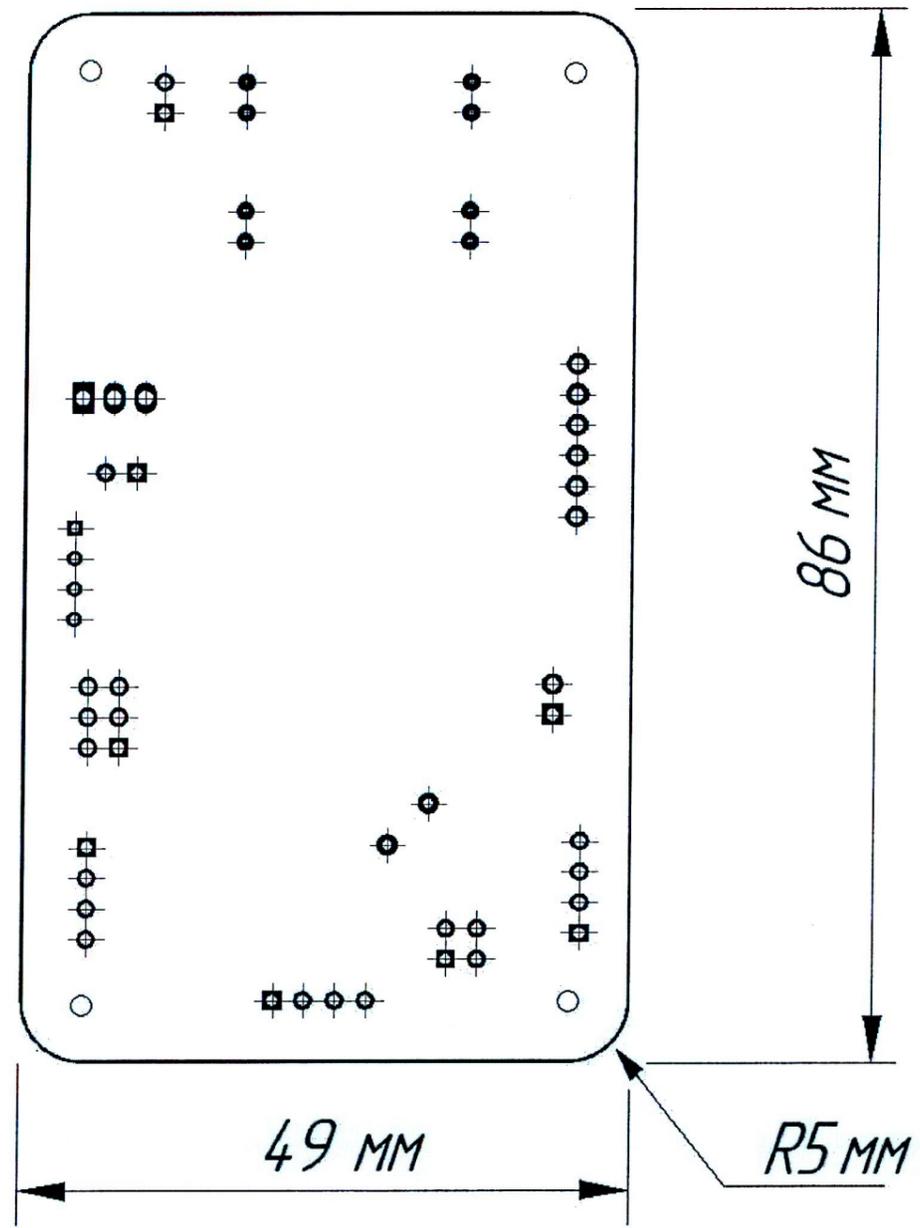
№ строки	Наименование	Код продукции	Обозначение документа на поставку	Поставщик	Куда входит (обозначение)	Количество				Примечание
						на из-делие	в комп-лекты	на ре-зултат	Всего	
1										
2	Конденсаторы									
3	SMD 0603 22нФ 50В ±5%	GRM3165C1H220J001D		ЗАО "ЧИП и ДИП"	ТУБК.467863.012	2			2	
4	SMD 0603 0,1нФ 50В ±5%	CL10C2R7BB8NNNC		ЗАО "ЧИП и ДИП"	ТУБК.467863.012	4			4	
5										
6	Резисторы									
7	SMD 0603 10кОм ±5%, 50В, 100мВт	NCP18XV103J03RB		ЗАО "ЧИП и ДИП"	ТУБК.467863.012	4			4	
8	SMD 0603 4,7кОм ±5%, 50В, 100мВт	NCP15XM472J03RC		ЗАО "ЧИП и ДИП"	ТУБК.467863.012	1			1	
9										
10	Кварцевый резонатор 16МГц	FTX16.000M20U-30/30BFC08		ЗАО "ЧИП и ДИП"	ТУБК.467863.012	1			1	
11										
12	Схемы интегральные									
13	АТмега 168РА-AU	АТмега168РА-AU		ЗАО "ЧИП и ДИП"	ТУБК.467863.012	1			1	
14	L7805ABV	L7805ABV		ЗАО "ЧИП и ДИП"	ТУБК.467863.012	1			1	
15										
16	Вилка штыревая DS1021-1x8	PLS-8 (DS1021-1x8)		ЗАО "ЧИП и ДИП"	ТУБК.467863.012	1			1	
17										
18	DC-DC конвертер GW1584	600004609084		ООО "МАРКЕТПЛЕЙС"	ТУБК.467863.012	1			1	
19										
20	Ультразвуковой датчик HC-SR04	HC-SR04		ЗАО "ЧИП и ДИП"	ТУБК.467863.012	3			3	
21										
22	Электронный GSM модуль SIM800L	SIM800L-MOD-W1		ЗАО "ЧИП и ДИП"	ТУБК.467863.012	1			1	
23										
24	Датчик наклона SW-2000	8009105177		ЗАО "ЧИП и ДИП"	ТУБК.467863.012	1			1	
25										
26	Датчик температуры и влажности DHT22	AM2302		ЗАО "ЧИП и ДИП"	ТУБК.467863.012	1			1	
27										
28										
29										
30										

Перв. примен. ТУБК.467863.012
 Справ. №
 Подп. и дата
 Инд. № дубл.
 Взвеш. инд. №
 Подп. и дата
 Инв. № подл.

ТУБК.467863.012 ВП				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Креницкий А.Д.	<i>AK</i>	
Проб.		Доценко О.А.	<i>OD</i>	
Рук. пр.		Креницкий А.Д.	<i>AK</i>	
Н. контр.				
Утв.		Доценко О.А.	<i>OD</i>	
Устройство измерения уровня промышленно-бытовых отходов Ведомость покупных изделий				
			Лит.	Лист
				1
			Листов	
			1	
НИ ТГУ РФФ				

√ Rz 160 (√)

ТУБК.467863.012



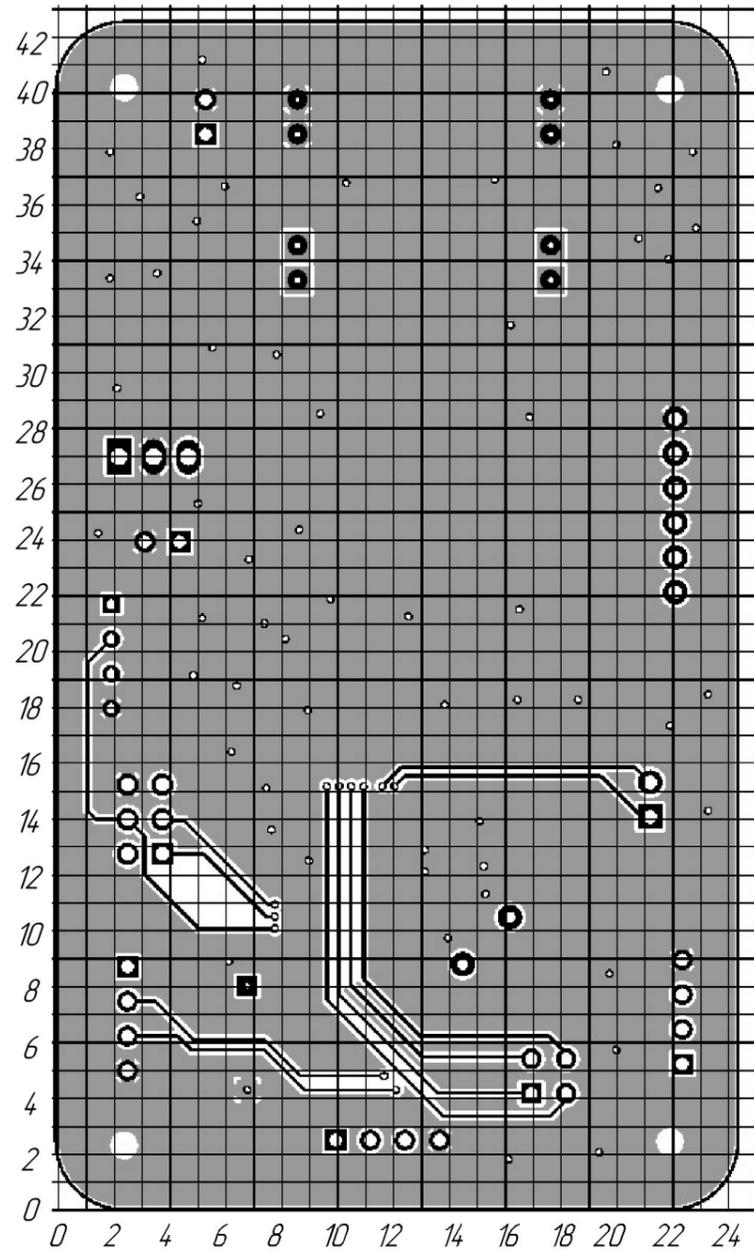
- 1 * Размер для справок.
- 2 Плату изготовить методом металлизации сквозных отверстий. Внутренние слои изготовить химическим методом.
- 3 Печатная плата должна соответствовать ГОСТ Р 53429-2009, группе жесткости 3 при верхнем значении температуры окружающей среды (85±2) °C.
- 4 Шаг координатной сетки 2 мм. Линии сетки нанесены через одну.
- 5 Конфигурацию печатных проводников выдерживать по координатной сетке с отклонениями от чертежа ±1,5 мм.
- 6 Места, обведенные штрихпунктирной линией, печатными проводниками и контактными площадками не занимать.
- 7 Ширина печатных проводников не менее 0,2 мм.
- 8 Расстояние между элементами печатного рисунка не менее 0,2 мм.
- 9 Форма контактной площадки произвольная. Допускается занижение контактных площадок до 0,05 мм от края отверстия.
- 10 Предельные отклонения размеров между осями двух любых отверстий, между осями двух любых контактных площадок ±0,2 мм, кроме оговоренных особо.
- 11 Допускается полное или частичное заполнение припоем переходных отверстий, их диаметры контролю не подрежат.
- 12 Покрытие проводящего рисунка платы Хим. Мм.
- 13 Покрытие печатной платы маска Itadecure XV501T-4 фирма "SUN CHEMICAL" с двух сторон, кроме контактных площадок и монтажных отверстий. Допускается отсутствие покрытия вокруг контактных площадок на размере не более 0,2 мм и между контактными площадками при расстоянии между ними менее 0,2 мм. Допускается отсутствие покрытия по контуру платы и вокруг неметаллизированных отверстий на размере не более 0,5 мм. Допускается покрытие защитной паяльной маской TAIYO PSR-4000 H855/CA-40 H855 фирма "TAIYO INK".
- 14 Покрытие контактных площадок и металлизированных отверстий Гор. Сплав Розе, чистый ТУ 6-09-4065-88.

- 15 Маркировать месяц и год изготовления черной краской МКЭ ОСТ4 ГО.054.0205 ОМ2 по инструкции И-75-89 шрифтом 3,5 или 5 тип А ГОСТ 2,304-81. Допускается маркировать на упаковочной таре.
- 16 Маркировать маской Itadecure XV501T-4, цвет белый, фирма "SUN CHEMICAL". Попадание маркировочной краски на паяемые поверхности не допускается. Допускается применение маркировочной краски PMR-6000 W30/CA-40 G30, цвет белый, фирма "TAIYO INK".
- Допускаются разрывы в маркировочных знаках, не искажающие восприятие информации.
- 17 Клеить краской МКЭ любого цвета по ОСТ ГО.054.205 ОМ2. Допускается клеить на упаковочной таре
- 18 Остальные ТТ по ОСТ4 ГО.070.015.

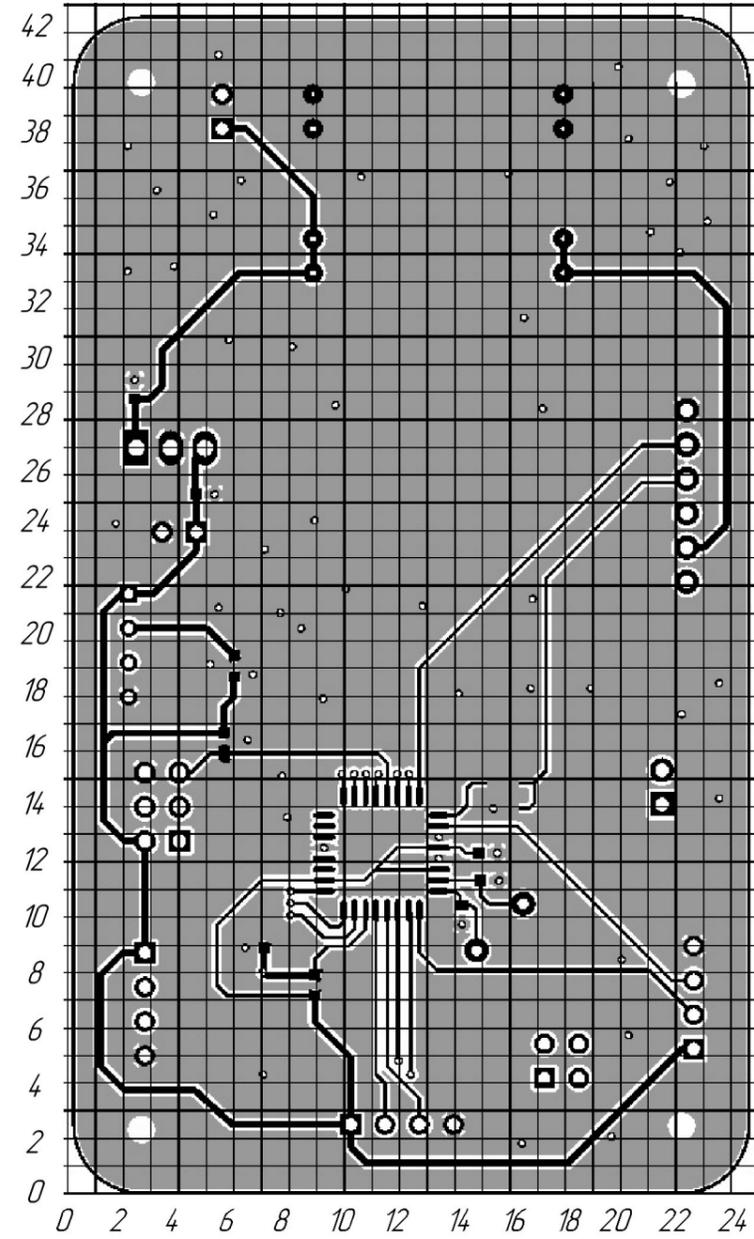
					ТУБК.467863.012			
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Устройство измерения уровня промышленно- бытовых отходов Печатная плата FR4-35-35-1,6 мм	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Креницкий А.Д.	<i>AK</i>					2:1
Проб.		Доценко О.А.	<i>OK</i>					
Т. контр.						Лист 1	Листов 3	
Рук. пр.		Креницкий А.Д.	<i>AK</i>			НИ ТГУ РФФ		
Н. контр.								
Утв.		Доценко О.А.	<i>OK</i>					

Перв. примен. ТУБК.467863.012
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.

A(1)



B(1)



↓ A(2)

↑ B(2)

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

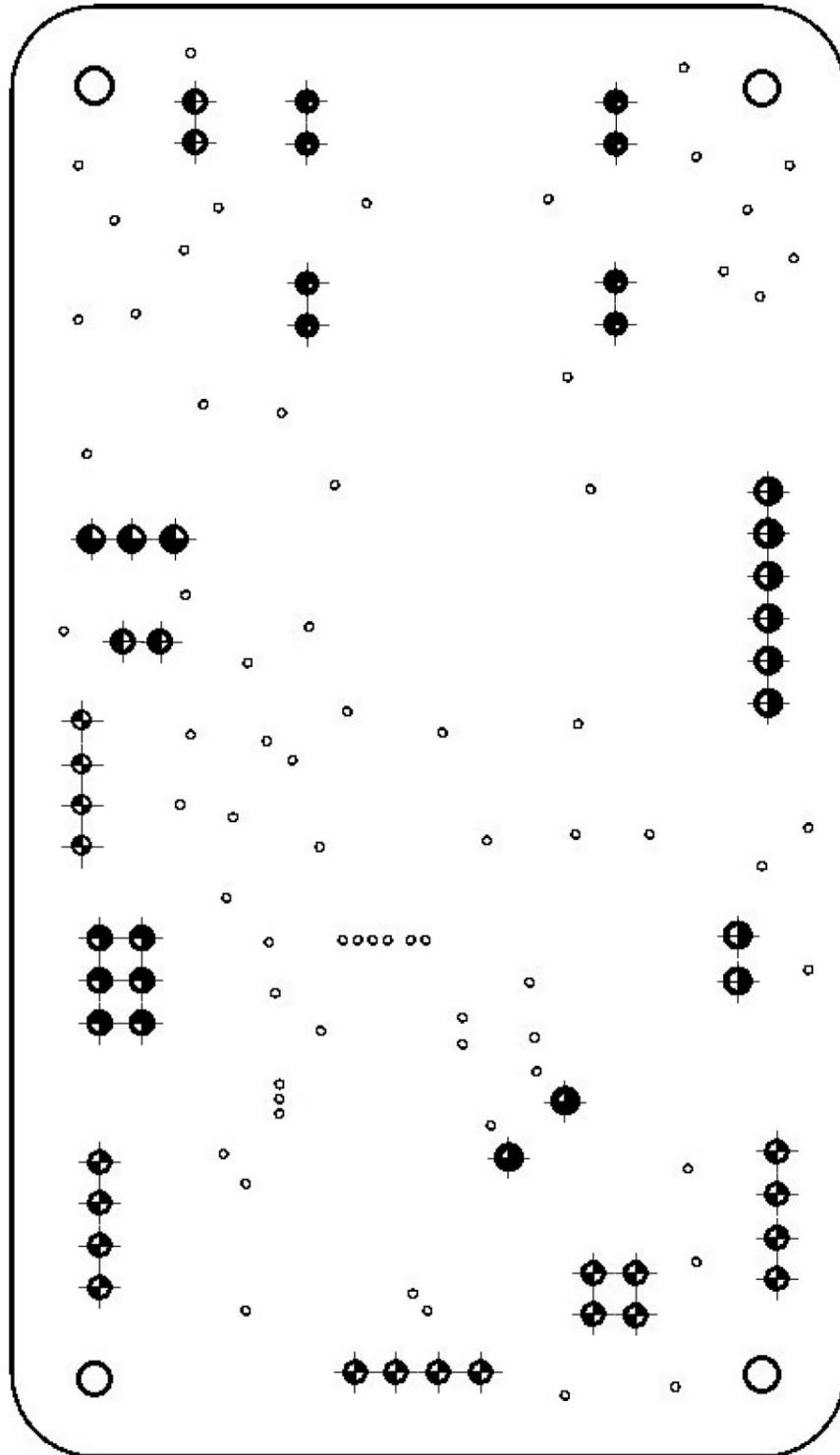


Таблица 1

Обозначение отв.	Диаметр отв., мм	Диаметр конт. площадки, мм	Наличие металлизации	Кол. отв.
●	0,3	1,5	Да	8
◦ переходное	0,35	0,65	Да	70
●	0,71	1,29	Да	4
●	0,8	1,8	Да	2
●	0,89	1,57	Да	4
●	0,91	1,52	Да	16
●	1	1,8	Да	8
●	1,02	1,63	Да	6
●	1,2	1,8	Да	3

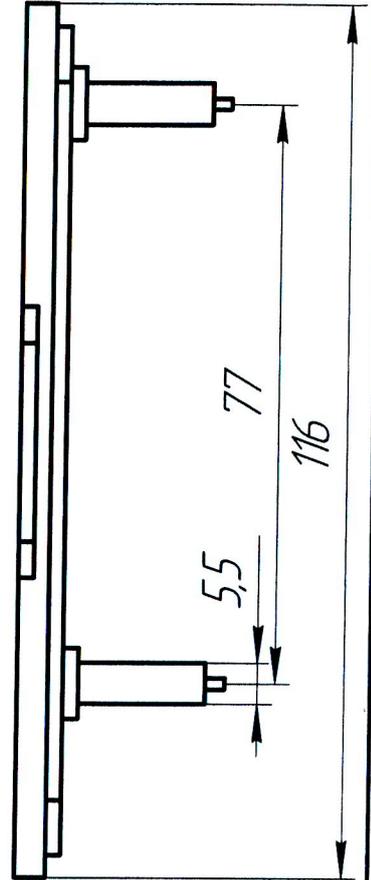
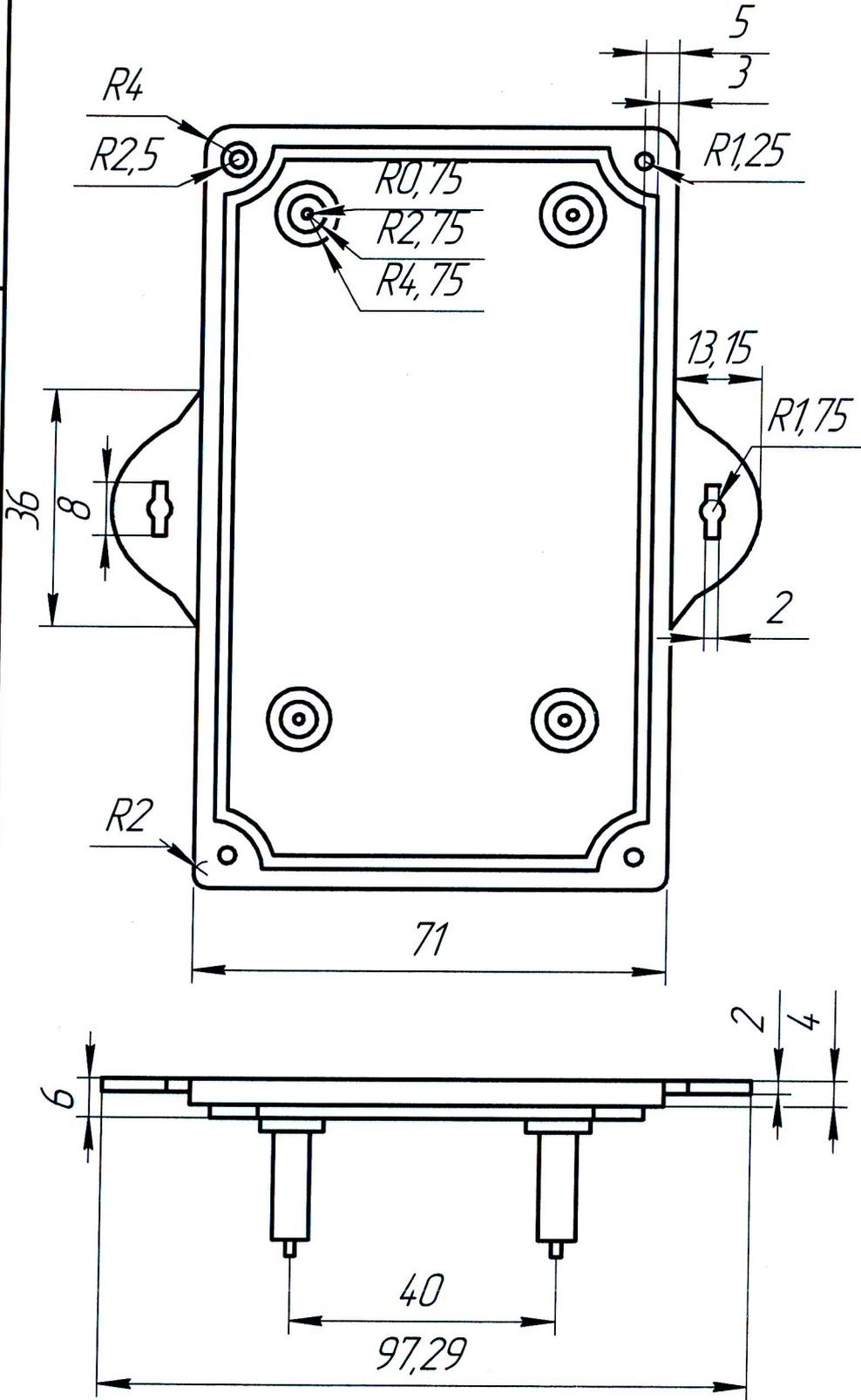
Инв. № подл.	Подп. и дата.
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата.	Подп. и дата.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ТУБК.467863.012

Перв. примен.
ТУБК.467863.012

Справ. №



Подп. и дата

Инд. № дробл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

ТУБК.467863.012

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
		Кривичкий А.Д.	<i>AK</i>	
		Проб.		
		Т.контр.		
		Н.контр.		
		Утв.	Доценко О.А.	<i>OD</i>

Нижняя часть

ABS ГОСТ 15.009-91

Лит.	Масса	Масштаб
	0,3	1:1
Лист		Листов 1

НИ ТГУ РФФ

ТУБК.467863

Перв. примен.
ТУБК.467863.012

Справ. №

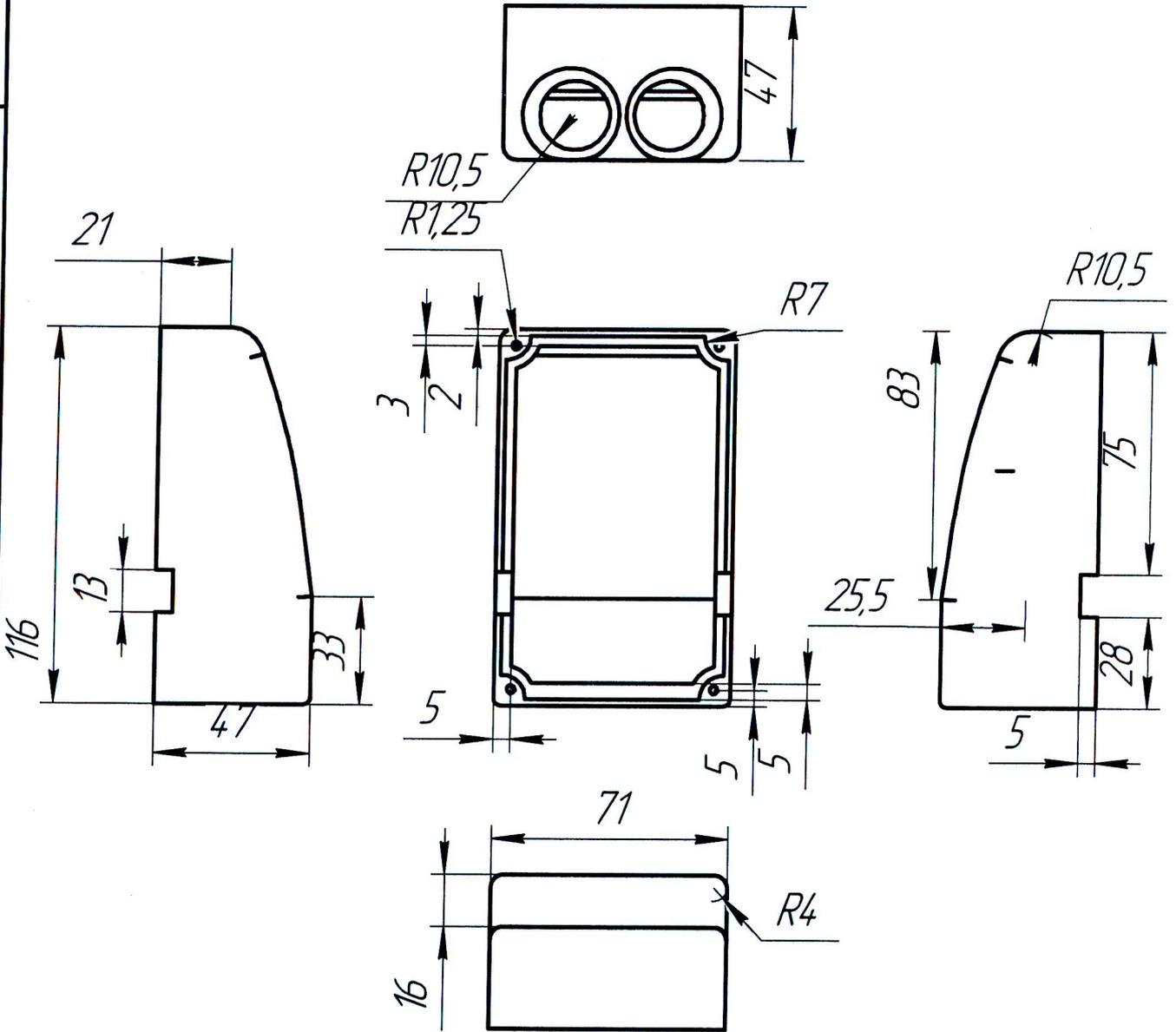
Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



ТУБК.467863

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Креницкий А.Д.	<i>AKD</i>	
Проб.				
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.		Доценко О.А.	<i>ADZ</i>	

Верхняя часть

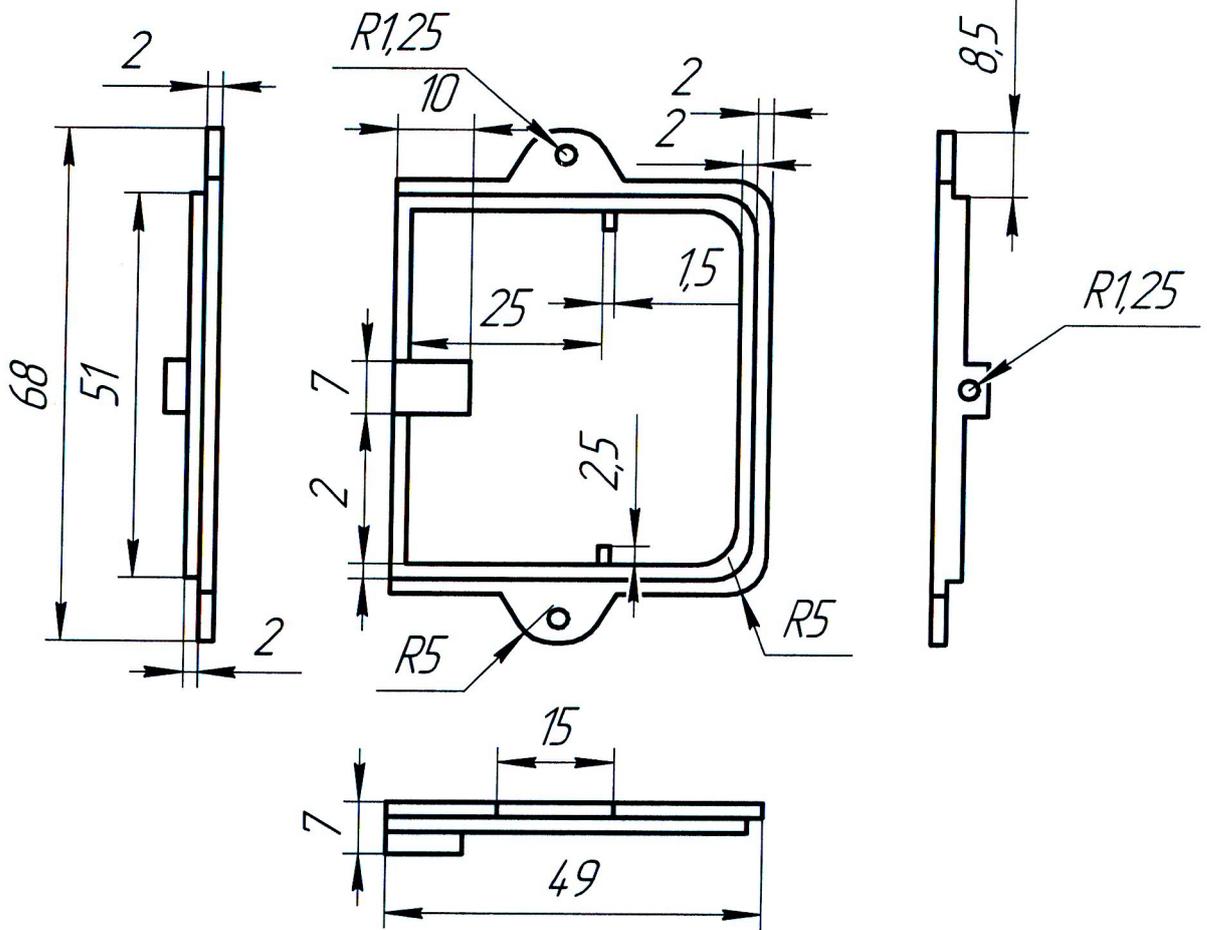
Сталь 10 ГОСТ 1050-88

Лит.	Масса	Масштаб
	0,68	1:2
Лист	Листов	1
НИ ТГУ РФФ		

ТУБК.467863.012

Перв. примен.
ТУБК.457863.012

Справ. №



Подп. и дата

Изм. №

Взам. инв. №

Подп. и дата

Изм. №

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Креницкий А.Д.	<i>AKP</i>	
Проб.				
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.		Доценко О.А.	<i>DA202</i>	

ТУБК.467863.012

Нижняя деталь

ABS ГОСТ 15.009-91

Лит.	Масса	Масштаб
	0,05	1:1
Лист	Листов 1	

НИ ТГУ РФФ

ТУБК.467863.012

Перв. примен.
ТУБК.467863.012

Справ. №

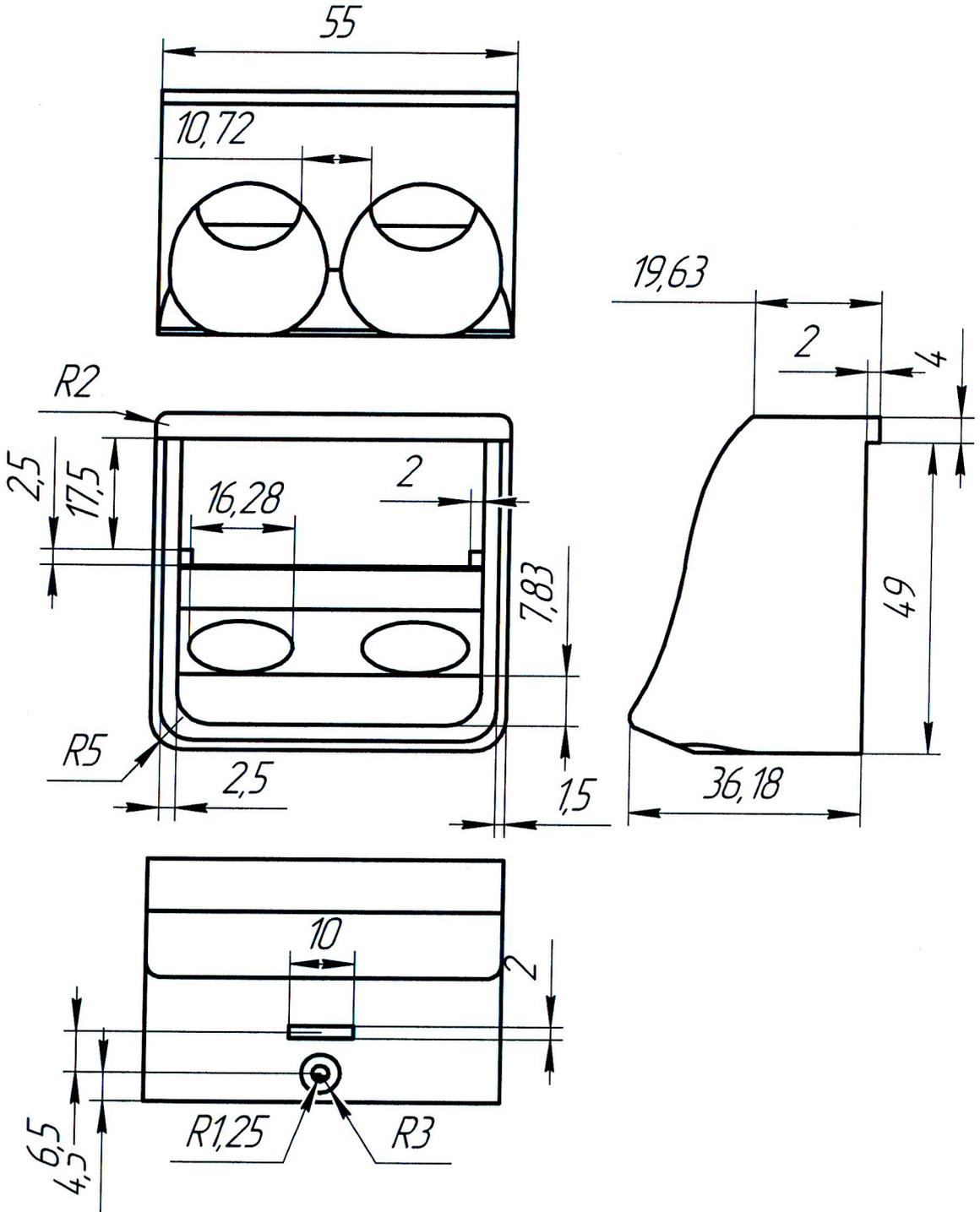
Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



ТУБК.467863.012

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Креницкий А.Д.	<i>AKP</i>	
Проб.				
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.		Доценко О.А.	<i>ока</i>	

Верхняя деталь

ABS ГОСТ 15.009-91

Лист	Масса	Масштаб
	0,22	1:1
Лист	Листов	1
НИ ТГУ РФФ		

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(справочное)
Программная документация

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Радиофизический факультет
Кафедра радиоэлектроники

**ПРОГРАММА ДЛЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ УСТРОЙСТВА ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ
ЗАПОЛНЕНИЯ ЕМКостей С ПРОМЫШЛЕННО-БЫТОВЫМИ ОТХОДАМИ**

СПЕЦИФИКАЦИЯ

РОФ.02068318.00001-01
Твердотельный накопитель

Листов 1

Руководитель ВКР
канд. физ.-мат. наук, доцент
 О.А. Доценко

«__» января 2023 г.

Разработчик
студент группы № 07709
 А.Д. Криницкий

Томск – 2023

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Радиофизический факультет
Кафедра радиоэлектроники

**ПРОГРАММА ДЛЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ УСТРОЙСТВА ИЗМЕРЕНИЯ
УРОВНЯ ЗАПОЛНЕНИЯ ЕМКОСТЕЙ С ПРОМЫШЛЕННО-БЫТОВЫМИ
ОТХОДАМИ**

ТЕКСТ ПРОГРАММЫ

РОФ.02068318.00001-12-01
Твердотельный накопитель

Листов 7

Руководитель ВКР
канд. физ.-мат. наук, доцент
 О.А. Доценко

«__» января 2023 г.

Разработчик
студент группы № 07709
 А.Д. Криницкий

Томск – 2023

АННОТАЦИЯ

В данном программном документе приведен текст программы, предназначенной для работы всех датчиков и модулей системы измерения уровня заполнения емкости с промышленно-бытовыми отходами. Текст программы реализован в виде символической записи на исходном языке. Исходным языком данной работы является C/C++.

Основной функцией программы является передача команд управления модулям, периодический сбор данных со всех датчиков, преобразование этой информации в сообщение и передача его пользователю.

Оформление программного документа «Текст программы» произведено по требованиям ЕСПД (ГОСТ 19.101-77¹, ГОСТ 19.103-77², ГОСТ 19.104-78*³, ГОСТ 19.105-78*⁴, ГОСТ 19.106-78*⁵, ГОСТ 19.401-78⁶, ГОСТ 19.604-78*⁷).

¹ ГОСТ 19.101-77 ЕСПД. Виды программ и программных документов

² ГОСТ 19.103-77 ЕСПД. Обозначение программ и программных документов

³ ГОСТ 19.104-78* ЕСПД. Основные надписи

⁴ ГОСТ 19.105-78* ЕСПД. Общие требования к программным документам

⁵ ГОСТ 19.106-78* ЕСПД. Общие требования к программным документам, выполненным печатным способом

⁶ ГОСТ 19.401-78 ЕСПД. Текст программы. Требования к содержанию и оформлению

⁷ ГОСТ 19.604-78* ЕСПД. Правила внесения изменений в программные документы, выполненные печатным способом

СОДЕРЖАНИЕ

1. Аннотация..... 67
2. Содержание..... 68
3. Текст программы устройства..... 69

ТЕКСТ ПРОГРАММЫ УСТРОЙСТВА

```

#include <SoftwareSerial.h>    // Использование библиотеки для работы с GSM
модулем
#include <DHT.h>              // Использование библиотеки для работы с DHT11

SoftwareSerial smsSerial(2,3); // Определение выводов RX и TX для общения с
модулем SIM800L
#define sense_pin 10
const int trigPin1 = 5;
const int echoPin1 = 4;
const int trigPin2 = 7;
const int echoPin2 = 6;
const int trigPin3 = 9;
const int echoPin3 = 8;
#define DHTPIN 11
DHT dht(DHTPIN, DHT11);
String number = "961095****"; // Определение номера отправления сообщения

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  smsSerial.begin(9600);
  pinMode(sense_pin,INPUT);
  digitalWrite(sense_pin,HIGH);
  dht.begin();
}

void loop()
{
  delay(2000);
  float h = dht.readHumidity(); //Измеряем влажность
  float t = dht.readTemperature(); //Измеряем температуру
  if (isnan(h) || isnan(t)) // Проверка. Если не удастся считать показания,
выводится «Ошибка считывания», и программа завершает работу
  {
    Serial.println("Ошибка считывания");
    return;
  }

  int duration1, duration2, duration3, inches1, inches2, inches3, cm1, cm2, cm3, cm4,
cmM;

  pinMode(trigPin1, OUTPUT);

```

```

digitalWrite(trigPin1, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(trigPin1, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigPin1, LOW);
pinMode(echoPin1, INPUT);
duration1 = pulseIn(echoPin1, HIGH);
inches1 = microsecondsToInches(duration1);
cm1 = microsecondsToCentimeters(duration1);

```

```

pinMode(trigPin2, OUTPUT);
digitalWrite(trigPin2, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(trigPin2, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigPin2, LOW);
pinMode(echoPin2, INPUT);
duration2 = pulseIn(echoPin2, HIGH);
inches2 = microsecondsToInches(duration2);
cm2 = microsecondsToCentimeters(duration2);

```

```

pinMode(trigPin3, OUTPUT);
digitalWrite(trigPin3, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(trigPin3, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigPin3, LOW);
pinMode(echoPin3, INPUT);
duration3 = pulseIn(echoPin3, HIGH);
inches3 = microsecondsToInches(duration3);
cm3 = microsecondsToCentimeters(duration3);

```

```

cm4 = ((cm1+cm2+cm3)/3);    // Определение среднего расстояния до объекта
cmM = 100-(cm4*100)/35;    // Определение заполненности в процентах
(корректируеся с учетом размеров емкости)

```

```

int sensorValue = digitalRead(sense_pin);
if (digitalRead(sense_pin)==LOW)    // Проверка если sense_pin установлен в 0
{
    smsSerial.println("AT+CMGF=1");    // Установка текстового режима
    delay(1500);    // Задержка 1,5 секунд
    smsSerial.println("AT+CMGS="+7"+number+"\");    // Установка номера для
отправки сообщения
    delay(1500); // Задержка 1,5 секунд

    smsSerial.print("Hum=");
    smsSerial.print(h);

```

```

smsSerial.println(" %");

smsSerial.print("Temp=");
smsSerial.print(t);
smsSerial.println(" *C");

smsSerial.print("M=");
smsSerial.print(cm4);
smsSerial.println(" cm");

smsSerial.print("F=");
smsSerial.print(cm1);
smsSerial.println(" cm");

smsSerial.print("S=");
smsSerial.print(cm2);
smsSerial.println(" cm");

smsSerial.print("T=");
smsSerial.print(cm3);
smsSerial.println(" cm");

smsSerial.print("Fil.Lev.=");
smsSerial.print(cmM);
smsSerial.println(" %");

delay(150);
smsSerial.write((byte)0x1A); // Символ окончания сообщения 0x1A :
ЭКВИВАЛЕНТНО Ctrl+Z
delay(500);
smsSerial.println();

}
Serial.print("Влажность: ");
Serial.print(h);
Serial.print(" %\t");

Serial.print("Температура: ");
Serial.print(t);
Serial.println(" *C ");

Serial.print("");
switch (sensorValue)
{
case 1:
Serial.println("Норма");
break;

```

```

    case 0:
        Serial.println("Перевернут");
        break;
    }

    Serial.print("M=");
    Serial.print(cm4);
    Serial.print(" cm, ");

    Serial.print("F=");
    Serial.print(cm1);
    Serial.print("cm, ");

    Serial.print("S=");
    Serial.print(cm2);
    Serial.print("cm, ");
    Serial.print("T=");
    Serial.print(cm3);
    Serial.print("cm, ");

    Serial.print("Заполненность ");
    Serial.print(cmM);
    Serial.print("% ");

    Serial.println("");
    Serial.println("");

}
long microsecondsToInches(long microseconds)
{
    return microseconds / 74 / 2;
}
long microsecondsToCentimeters(long microseconds)
{
    return microseconds / 29 / 2;
}

```

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(справочное)

Официальное письмо-подтверждение

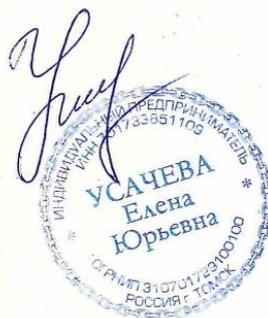
Декану радиофизического факультета
Томского государственного
университета
А.Г. Коротаеву,
ул. Ф. Лыткина, 28г, г. Томск

26 января 2023 г.

Официальное письмо-подтверждение

Подтверждаю, что результаты дипломной работы Криницкого А.Д. «Разработка устройства измерения уровня заполнения емкостей с промышленно-бытовыми отходами» являются востребованными на рынке и возможно внедрение представленной разработки в нашей компании.

Директор



Е.Ю. Усачева

Отчет о проверке на заимствования №1



Автор: krinitskii1999@mail.ru / ID: 5154923

Проверяющий:

Отчет предоставлен сервисом «Антиплагиат» - <http://users.antiplagiat.ru>

ИНФОРМАЦИЯ О ДОКУМЕНТЕ

№ документа: 31
Начало загрузки: 21.01.2023 18:27:25
Длительность загрузки: 00:00:01
Имя исходного файла: Диплом Криницкий 2023.pdf
Название документа: Диплом Криницкий 2023
Размер текста: 54 кБ
Символов в тексте: 55199
Слов в тексте: 6490
Число предложений: 385

ИНФОРМАЦИЯ ОБ ОТЧЕТЕ

Начало проверки: 21.01.2023 15:27:27
Длительность проверки: 00:00:09
Комментарии: не указано
Модули поиска: Интернет Free

СОВПАДЕНИЯ	САМОЦИТИРОВАНИЯ	ЦИТИРОВАНИЯ	ОРИГИНАЛЬНОСТЬ
2,79%	0%	0%	97,21%

Совпадения — доля всех найденных текстовых пересечений, за исключением тех, которые система отнесла к цитированиям, по отношению к общему объему документа.
Самоцитирования — доля фрагментов текста проверяемого документа, совпадающий или почти совпадающий с фрагментом текста источника, автором или соавтором которого является автор проверяемого документа, по отношению к общему объему документа.
Цитирования — доля текстовых пересечений, которые не являются авторскими, но система посчитала их использование корректным, по отношению к общему объему документа. Сюда относятся оформленные по ГОСТу цитаты; общепотребительные выражения; фрагменты текста, найденные в источниках из коллекций нормативно-правовой документации.
Текстовое пересечение — фрагмент текста проверяемого документа, совпадающий или почти совпадающий с фрагментом текста источника.
Источник — документ, проиндексированный в системе и содержащийся в модуле поиска, по которому проводится проверка.
Оригинальность — доля фрагментов текста проверяемого документа, не обнаруженных ни в одном источнике, по которым шла проверка, по отношению к общему объему документа.
Совпадения, самоцитирования, цитирования и оригинальность являются отдельными показателями и в сумме дают 100%, что соответствует всему тексту проверяемого документа.
Обращаем Ваше внимание, что система находит текстовые пересечения проверяемого документа с проиндексированными в системе текстовыми источниками. При этом система является вспомогательным инструментом, определение корректности и правомерности заимствований или цитирований, а также авторства текстовых фрагментов проверяемого документа остается в компетенции проверяющего.

№	Доля в отчете	Доля в тексте	Источник	Актуален на	Модуль поиска	Блоков в отчете	Блоков в тексте	Комментарии
[01]	1,31%	1,42%	не указано http://dspace.susu.ru	08 Ноя 2018	Интернет Free	9	10	
[02]	0,2%	1,24%	Создание испытательного стенда для проверки шумов операционного усилителя https://core.ac.uk	01 Янв 2017	Интернет Free	2	10	
[03]	1,19%	1,19%	LPWAN http://ru.wikipedia.org	19 Ноя 2016	Интернет Free	11	11	

Еще источников: 3
Еще совпадений: 0,09%

Научный руководитель Анос (О. А. Жуковский)