

Школа - Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки - 15.03.06 Мехатроника и Робототехника
 Отделение школы (НОЦ) - Отделение автоматизации и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Интеллектуальная обучающаяся система контроля качества пищевой продукции

УДК 004.81:612.87-047.27

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8E51	Паксеев Иван Николаевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Мамонова Т.Е.	К.Т.Н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Научный сотрудник научно-учебной лаборатории «ИСКРА»	Андраханов А.А.			

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Суханов А.В.	К.Х.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Фадеева В.Н	к. ф. н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Немцова О.А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Мамонова Т.Е.	К.Т.Н.		
Руководитель ОАР ИШИТР	Леонов С.В.	К.Т.Н.		

ЗАПЛАНИРОВАННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО НАПРАВЛЕНИЮ МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА

Код результата	Результат обучения (Выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
Р1	Применять глубокие естественно-научные, математические знания в области анализа, синтеза и проектирования для решения научных и инженерных задач производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, в том числе их систем управления.
Р2	Воспринимать, обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области теории, проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, принимать участие в командах по разработке и эксплуатации таких устройств и систем.
Р3	Применять полученные знания для решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных мехатронных и робототехнических устройств и систем (в том числе интеллектуальных) с использованием технологий мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.
Р4	Определять, систематизировать и получать необходимую информацию в области проектирования, производства, исследований и эксплуатации мехатронных и робототехнических модулей, устройств и систем.
Р5	Планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования для целей проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических средств и систем с использованием передового отечественного и зарубежного опыта, уметь критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать выводы.
Р6	Понимать используемые современные методы, алгоритмы, модели и технические решения в мехатронике и робототехнике и знать области их применения, в том числе в автоматизированных производствах.

P7	Применять глубокие естественнонаучные, математические знания в области анализа, синтеза и проектирования для решения научных и инженерных задач производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, в том числе их систем управления.
<i>Универсальные компетенции</i>	
P8	Эффективно работать в профессиональной деятельности индивидуально и в качестве члена команды.
P9	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий.
P10	Проявлять широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, демонстрировать понимание вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду.
P11	Следовать кодексу профессиональной этики и ответственности и международным нормам инженерной деятельности.

Школа - Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки - 15.03.06 Мехатроника и Робототехника
 Отделение школы (НОЦ) - Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 Мамонова Т.Е.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ **на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8E51	Паксеев Иван Николаевич

Тема работы:

Интеллектуальная обучающаяся система контроля качества пищевой продукции	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	12.02.2019, 1096/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Работа направлена на создание системы контроля качества пищевой продукции.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	– Анализ предметной области, – Проведение серии экспериментов, – Анализ полученной базы данных с помощью самоорганизующейся карты Кохонена, – финансовый менеджмент, – социальная ответственность. – Оформление конструкторскую документацию
Перечень графического материала	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант

Финансовый менеджмент	Фадеева Вера Николаевна
Социальная ответственность	Немцова Ольга Александровна
Нормоконтроль	Суханов Алексей Викторович
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Мамонова Татьяна Егоровна	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е51	Паксеев Иван Николаевич		

Школа - Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки - 15.03.06 Мехатроника и робототехника
 Уровень образования - Бакалавриат
 Отделение школы (НОЦ) - Отделение автоматизации и робототехники
 Период выполнения - весенний семестр 2018 /2019 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
21.03.2019	<i>Анализ предметной области</i>	10
20.04.2019	<i>Проведение серии экспериментов</i>	30
16.05.2019	<i>Анализ полученных результатов с помощью карты Кохонена</i>	35
27.05.2019	<i>Финансовый менеджмент</i>	15
28.05.2019	<i>Социальная ответственность</i>	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Мамонова Татьяна Егоровна	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Мамонова Татьяна Егоровна	к.т.н.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Е51	Паксееву Ивану Николаевичу

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.06 Мехатроника и робототехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклад инженера – 21760 руб., Оклад руководителя – 33664 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Премимальный коэффициент 30 %; Коэффициент доплат и надбавок 20 %; Районный коэффициент 30 %; Коэффициент дополнительной заработной платы 12 %; Накладные расходы 16 %.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30 %.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Анализ конкурентных технических решений.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ, - определение трудоемкости работ, - создание диаграммы Ганта. Формирование бюджета затрат на разработку: - материальные затраты, - затраты на специальное оборудование; - заработная плата (основная и дополнительная), - социальные отчисления, - накладные расходы.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности разработки	Определение потенциального эффекта разработки.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Диаграмма Ганта,
2. Расчет бюджета затрат.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Фадеева В.Н.	к. ф. н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е51	Паксеев И.Н.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Е51	Паксееву Ивану Николаевичу

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.06 Мехатроника и робототехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

4. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является прибор контроля качества пищевой продукции. Оборудованием, на котором осуществляется работа, является персональный компьютер и осциллограф. Разработанная система может применяться на предприятиях, а также для мобильных групп контроля качества продуктов.
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. Используемая нормативно-техническая документация: - ГОСТ 12.2.032-78 [15] - СанПиН 2.2.4.548-96 [16] - ГОСТ 12.2.032-78 [17]
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Анализ выявленных вредных факторов: - Недостаточная освещенность рабочей зоны - Отклонение параметров микроклимата - Превышение уровня шума - Психофизические факторы Анализ выявленных опасных факторов: - Электрический ток - Короткое замыкание - Статические электричество
3. Экологическая безопасность	Воздействие объекта на атмосферу, гидросферу отсутствует. Воздействие на литосферу происходит при утилизации ПК и осциллографа, используемых для разработки, а также утилизации ламп освещения
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	Возможной чрезвычайной ситуацией при разработке системы является возникновение пожара на рабочем месте

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Немцова О.А.	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е51	Паксеев И.Н.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа выполнена на 89 страницах, содержит 30 рисунков, 21 таблицу, 22 источника, 2 приложения.

ЭЛЕКТРОННЫЙ ЯЗЫК, ДАТЧИК ВКУСА, КИСЛОТНОСТЬ, ЭЛЕКТРОДЫ, ГЛОБАЛЬНАЯ СЕЛЕКТИВНОСТЬ, НЕЙРОННАЯ СЕТЬ, САМООРГАНИЗУЮЩАЯСЯ КАРТА КОХОНЕНА.

Объектом исследования являются потенциометрические свойства продуктов питания для определения их кислотно-щелочных свойств.

Цель работы – создание системы, способной разделять входные данные на кластеры, определяя тем самым отношение продукта к определенной группе качества.

В процессе исследования проводились: эксперименты с лимонной кислотой и апельсиновыми соками, получение базы данных разности потенциалов для разных концентраций и пар электродов и анализ с помощью самоорганизующейся карты Кохонена.

В результате исследования была получена база данных для апельсинового сока различной концентрации и делимость соков на кластеры, что обеспечивает информацию о наличии 100% сока в продукте.

Область применения: пищевая промышленность.

В будущем планируется увеличение выборки, повышения качества делимости и разработка аппаратной части системы.

Разработанная система в перспективе может послужить началом для создания автоматизированного комплекса определения качества продуктов питания.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ	11
ВВЕДЕНИЕ	12
1 Анализ предметной области	14
1.1 «Базовые вкусы», кислотность пищевых продуктов.....	14
1.2 Методы определения кислотности.....	15
1.3 Электронный язык. Применение и принцип работы.....	16
1.4 Датчик вкуса. Применение и принцип работы	19
2 Практическая часть	23
2.1 Используемые электроды	23
2.2 Определение конструктивного расположения электродов датчика	24
2.3 Получение экспериментальных данных	26
2.4 Использование нейронной сети для анализа.....	33
3 Аппаратная часть.....	46
3.1 Контроллер.....	46
3.2 Мультиплексор	47
3.3 Функциональная электрическая схема	48
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	49
5 Социальная ответственность	63
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	76
СПИСОК ИСТОЧНИКОВ.....	79
ПРИЛОЖЕНИЕ А ГРАФИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РАЗНОСТИ ПОТЕНЦИАЛОВ	82
ПРИЛОЖЕНИЕ Б ТАБЛИЧНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАЗДЕЛЕНИЯ	86

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В данной работе применены следующие обозначения и сокращения:

ДВ – Датчик вкуса;

ЭЯ – Электронный язык;

АМ – Алюминий-медь;

АН – Алюминий-нихром;

АО – Алюминий-олово;

НМ – Нихром-медь;

ОМ – Олово-медь;

ОН – Олово-нихром;

НС – Нейронная сеть.

ВВЕДЕНИЕ

Рынок вкуса в современном мире с каждым годом все больше растет. Существует необходимость в постоянном контроле качества пищевых продуктов, в создании новых продуктов с необходимыми вкусовыми качествами. В технологии изготовления пищевых продуктов используются новые методы, повышающие эффективность производства и контролирующие качество изготавливаемой продукции. Все эти вопросы решаются путем поиска и внедрения новых методов анализа сырья и готовых продуктов. Помимо старой технологии химического анализа, сейчас внедряются различные чувствительные системы для распознавания вкусов.

Чувствительные технологии для распознавания и количественного определения вкусов, разрабатываются с 1990 года, еще до открытия рецепторов вкуса. К таким технологиям относятся электронные языки и датчики вкуса. Электронные языки направлены на анализирование и разбиение на классы продуктов, напитков и различных сред. Основное их применение – это управление качеством продуктов. Датчик вкуса – это электронный язык с глобальной селективностью. Он разработан для количественного определения вкуса по пяти различным характеристикам (в основном). Стоит отметить, что все подобные устройства работают только со средами в жидком агрегатном состоянии.

В данном дипломном проекте разрабатывается методика для анализа кислотно-щелочных свойств пищевых продуктов потенциометрическим методом. На основе данной методики выбираются электроды, используемые для снятия потенциалов, и метод, используем для анализа полученных результатов. Данная методика разрабатывается с целью замены лаборатории качества продукции и ускорения анализа продуктов в режиме реального времени. Создав аппаратную оболочку и получив работающее устройство, можно внедрить его на заводах по кисломолочной и пивоваренной продукции.

В ходе данной работы опытным путем получены потенциометрические данные для различных концентраций апельсинового сока для дальнейшего их анализа и передаче нейронной сети, которая будет сравнивать натуральный апельсиновый сок с покупными апельсиновыми соками.

1 Анализ предметной области

1.1 «Базовые вкусы», кислотность пищевых продуктов

Вкус – это реакция рецепторов (расположенных на вкусовых луковицах языка, а также задней стенки глотки, мягкого неба, миндалина, надгортанника) на действия различных веществ. Сигнал от рецепторов передается по волокнам и нервам к мозгу.

Традиционно вкус продукта может содержать/состоит из пяти основных вкусов. Это кислотность, соленость, сладость, горечь и умами. При употреблении пищи человек воспринимает каждый тип вкуса вкусовыми луковицами на языке. Так кислый вкус определяется величиной рН жидкости ($\text{pH} < 7$). Носитель соленого вкуса – это хлорид натрия (поваренная соль). Сладость обычно ассоциируется с присутствием сахаров, но то же ощущение возникает от глицерина, некоторых белковых веществ, аминокислот (аспартам). Горечь, как и сладость, воспринимается при посредстве G-белков. Вкус высокобелковых веществ, вкус «умами» создают глутамат натрия и некоторые аминокислоты.

Кислотность водного раствора обуславливается наличием в ней положительных водородных ионов H^+ и оценивается концентрацией в 1 литре раствора $\text{C}(\text{H}^+)$ (моль/л или г/л). Раствор является нейтральным в случае равной концентрации ионов H^+ и OH^- , таким раствором может являться чистая вода. Преобладание в растворе ионов H^+ делает его кислым, ионов OH^- наоборот щелочным. Увеличение концентрации одних ионов приводит к пропорциональному уменьшению ионов другого типа.

Кислыми называются растворы, в которых $\text{pH} < 7$, и, соответственно, чем ниже уровень рН, тем кислее раствор. В щелочных растворах $\text{pH} > 7$, и, чем ближе это значение к 14, тем раствор считается более щелочным. Установленная шкала кислотности начинается от $\text{pH} = 0$ (крайне высокая кислотность) до $\text{pH} = 14$ (крайне высокая щелочность). Нейтральная среда имеет показатель рН, равный 7 (при комнатной температуре) [1].

С 2000 года начали обнаруживать различные рецепторы, отвечающие за разные типы вкусов. Но каждый рецептор реагирует на множество химических

веществ, составляющих один вкус. Получается, что рецепторы проявляют полуселективность, а не высокую селективность, отвечающую конкретному химическому веществу. Поэтому практически невозможно измерить вкус продуктов, содержащих несколько сотен видов вкусовых веществ, методами химического анализа. Кроме того, существуют взаимодействия между различными вкусами и между вкусовыми веществами. Например, горечь кофе подавляется добавлением сахара [2].

1.2 Методы определения кислотности

В пищевой промышленности существуют различные приборы для определения кислотно-щелочных свойств продуктов. Данные приборы используют различные методы измерения, но для определения pH существуют два основных метода: колориметрический и потенциометрический.

Колориметрический (химический метод) – метод, основанный на определении концентрации вещества по изменению окраса индикатора, помещенного в исследуемую среду. В зависимости от величины pH в растворе индикатор изменять цвета, что соответствует определенной концентрации, так например метиловый оранжевый индикатор будет при $\text{pH} < 3,1$ иметь красный цвет, а при $\text{pH} > 4,4$ – желтый. Как можно понять, этот метод недостаточно точен. Необходимо вводить различные поправки для уменьшения погрешности измерений. Такой метод обычно используется для ориентировочных определений в лабораторных экспериментах.

Второй метод – потенциометрический намного более точен. Но для его использования требуется лабораторное оборудование – pH-метры. Данные приборы измеряют электрический потенциал специального электрода, погруженного в раствор. Потенциал электрода зависит от концентрации ионов водорода в растворе. Данный метод распространяется только на вещества, находящиеся в ионном состоянии, т.е. основной объект исследований это растворы (обычно водные), однако при этом растворы могут содержать взвеси твердых частиц, эмульсии, быть гелеобразными т.д.

Потенциометрический метод основан на измерении ЭДС электродной системы, состоящей из индикаторного электрода и электрода сравнения. Электрод, который реагирует на изменение концентрации определяемого иона в растворе, называется индикаторным. Другой электрод является индифферентным по отношению к титруемым ионам. Он служит только для определения потенциала индикаторного электрода и называется электродом сравнения.

Наибольшее практическое применение нашел стеклянный индикаторный электрод, который можно использовать в широком диапазоне pH и в присутствии окислителей. Кроме стеклянного электрода, для определения величины pH применяются также водородный, хингидронный, сурьмяный и другие электроды. Однако широкого распространения они не получили [3].

В данной работе будем использовать потенциометрический метод, как наиболее точный и эффективный.

1.3 Электронный язык. Применение и принцип работы

ЭЯ направлен на классификацию и анализ продуктов питания. Данная технология способствует управлению качеством. Система контроля вкуса представляет собой аналитические сенсорные массивы, которые могут обнаруживать конкретные вещества с помощью различных искусственных мембран, электродов и электрохимических методов.

В 1989 Токо с командой подал заявку на патент своего вкусового сенсора и затем разработал датчик вкуса, снабженный многоканальными электродами. Разработанный датчик вкуса считается электронным языком с глобальной селективностью. Глобальная селективность – это термин, предложенный Токо для обозначения разложения характеристик химического вещества на определенные типы каждого вкуса и их количественного определения, а не на различные химические вещества, что могло имитировать человеческий язык.

В 1997 Ингемар Лундстрем и Фредрик Винкист, шведские профессора в области биосенсоров и химических сенсоров, сообщили о вольтамперном электронном языке, а затем разработали гибридный электронный язык, объединив технологии измерения потенциометрии, вольтамперометрии и электронной проводимости жидкостей. Для измерения вольтамперометрических характеристик жидкостей в экспериментах использовались шесть различных типов металлических электродов. Результаты с различных пар электродов использовались для анализа и получения соответствия между потенциальными ответами электродов и исследуемыми жидкостями [4].

В 2008 году А.В. Легин, руководитель группы «Электронный язык» СПбГУ, с коллегами применил твердотельные кристаллические ионоселективные электроды на основе халькогенидного стекла в электронном языке. Анализ результатов проводился с использованием нейронных сетей.

На данный момент лидером в разработке ЭЯ и ДВ является Япония. На их счету системы определения вкуса SA 402B и TS-5000Z (Рисунок 1), разработанные Intelligent Sensor Technology Inc. Обе системы определения вкуса используются для количественной оценки интенсивности каждого типа вкуса. В настоящее время такие системы используются для контроля качества пищевых продуктов и напитков, в пивоварении и оценке горечи фармацевтических препаратов.



Рисунок 1 – Датчик вкуса TS-5000Z (Intelligent Sensor Technology, Inc.)

ЭЯ состоит из различных датчиков с уникальными свойствами и характеристиками частичной селективности. Их уникальным свойством является измерение и характеристика сложных жидких растворов. Благодаря этим особенностям, они были впервые использованы в области пищевой промышленности. Позднее их использование распространилось в области мониторинга, медицинской диагностики, лекарственных препаратов, обнаружения пестицидов и т. д. [4].

ЭЯ является инструментом, предназначенным для сортировки вкусовых характеристик состава в короткие сроки. Для применения электронного языка необходима достаточная растворимость в воде тестируемых соединений. Датчики имеют одинаковую структуру, состоящую из трех основных компонентов: сенсорного массива, оборудования излучающих и принимающих сигналов и распознавания образов. В последние годы были разработаны три типа устройств, называемые электронным языком или датчиком вкуса, основанные на потенциальной, импедансной спектроскопии и вольтамперометрии [4]. Потенциометрические датчики - наиболее распространенный тип датчиков, используемых в ЭЯ.

Основными элементами электронной системы определения вкуса являются некоторое количество различных типов датчиков, образец, усилитель

и компьютер для записи данных [5]. На рисунке 2 приведен базовый принцип работы электрохимической системы определения вкуса. Эта система имитирует то, что происходит, когда молекулы с определенной вкусовой природой взаимодействуют с вкусовыми почками человеческого языка. Вкусовые рецепторы представлены датчиками, которые взаимодействуют с этими молекулами на поверхности, инициируя изменения потенциала [6]. Эти сигналы сравниваются с физиологическими потенциалами, регистрируются компьютером, которые соответствуют нейронной сети на физиологическом уровне. Полученные данные могут быть дополнительно оценены на основе уже существующей матрицы ответов, которые в свою очередь можно сравнить с человеческой памятью.

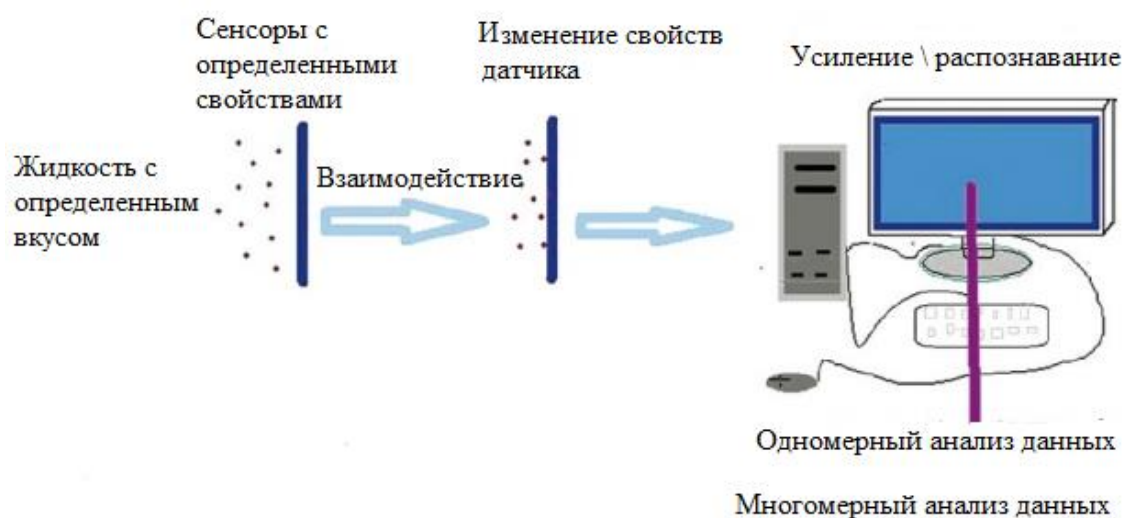


Рисунок 2 – Основной принцип электронной системы определения вкуса

1.4 Датчик вкуса. Применение и принцип работы

Несмотря на одинаковое получения потенциометрической информации об исследуемой жидкости с ЭЯ, ДВ имеет другое направление работы. ДВ реагирует на химическое вещество и может использоваться для его количественного определения типа вкуса.

ДВ применяется не только для контроля качества, но также для маркетинга в пищевой промышленности. Кроме того, были разработаны методы определения срока годности пищевых продуктов с использованием

системы ДВ. Так на рисунке 3 показана карта вкуса. На карту нанесены интенсивности вкуса для пива из разных стран. Ордината представляет собой интенсивность горечи, а абсцисса интенсивность кислотности, обеспечивая визуализированную информацию о вкусе пива.

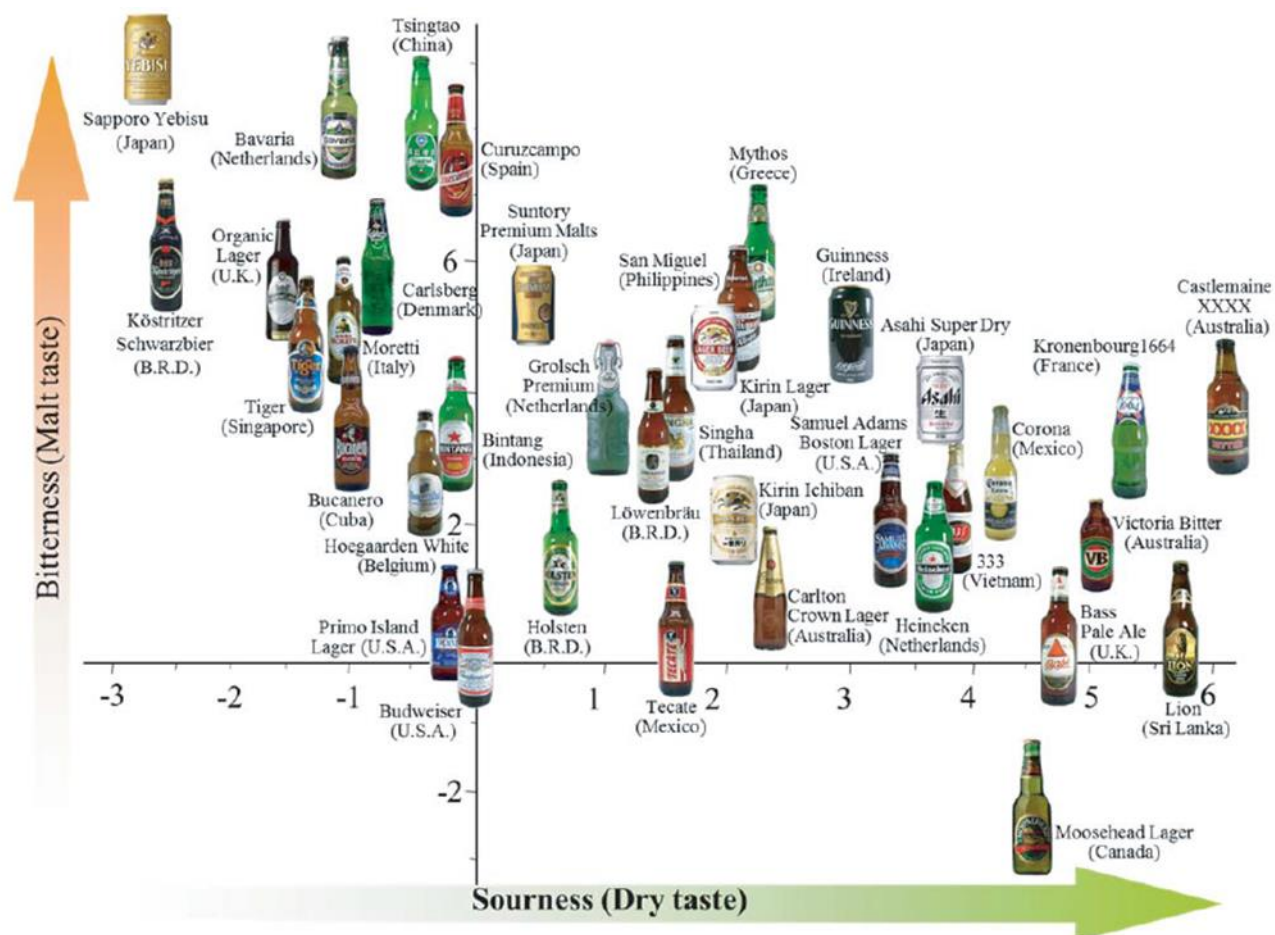


Рисунок 3 – Вкусовая карта пива

Датчик вкуса имеет сенсорные электроды (рабочие электроды), на которых закреплена липидная / полимерная мембрана (Рисунок 4), и контрольный электрод, измеряющий изменения в потенциале мембраны, возникающие при погружении этих электродов в раствор образца. Состав мембраны разработан с учетом зарядов на поверхности мембраны и гидрофобности на основе физико-химических свойств веществ для каждого из основных вкусов.

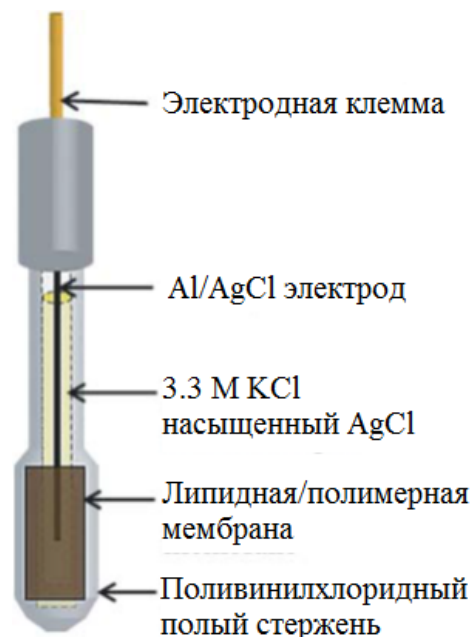


Рисунок 4 – Сенсорный электрод

Процедура измерения следующая (Рисунок 5). Во-первых, измеряется мембранный потенциал для эталонного раствора (стандартный раствор, содержащий только один вид мембраноактивных ионов), V_r . Затем измеряется мембранный потенциал для раствора образца V_s . Разница между V_s и V_r , то есть $V_s - V_r$, используется как относительное значение. Затем снова измеряется мембранный потенциал для эталонного раствора ($V_{r'}$). Разность между $V_{r'}$ и V_r , то есть $V_{r'} - V_r$, определяется как изменение мембранного потенциала, вызванное адсорбцией (ИПА). Примечание – Адсорбция — самопроизвольный процесс увеличения концентрации растворённого вещества у поверхности раздела двух фаз [7]. Наконец, мембрану промывают раствором для промывки датчика [2].

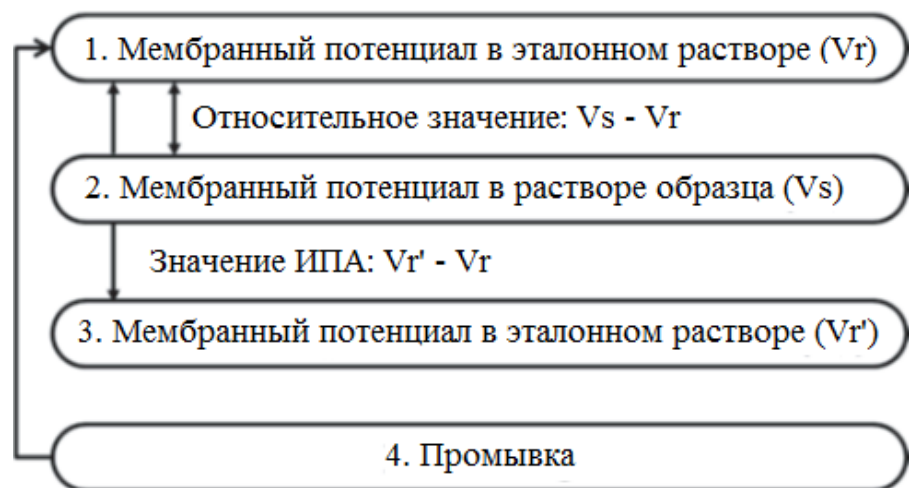


Рисунок 5 – Процедура измерения вкуса

2 Практическая часть

2.1 Используемые электроды

В пищевой промышленности используются многие металлы и их сплавы, однако не все из них универсальны. Некоторые материалы, в силу своего строения, могут взаимодействовать (вступать в реакцию) с пищевыми продуктами и делать их непригодными для дальнейшего использования, или результат эксперимента.

Среди металлов, подходящих для использования с продуктами, есть [8]:

- Нержавеющая сталь;
- Алюминий;
- Титан;
- Медь;
- Латунь;
- Бронза;
- Серебро;
- Золото;
- Платина;
- Сплавы;
- И другие.

В работе были использованы простые электроды в виде прямой проволоки длиной 10 см и диаметром 0.2 см, так как мы хотим разработать устройство, результат работы которого бы не зависел от сложности его электродов и мог принимать решения, используя недорогие простые элементы.

Основная проблема использования таких электродов в том, что данные материалы участвуют в различных окислительно-восстановительных реакциях, поэтому снимаемое значение имеет изменяемый характер. Вследствие этого возникает проблема получения устойчивого сигнала.

Для того чтобы не испортить продукт при проникновении в него электродов датчика и обеспечить работоспособность датчика при проведения многократных измерений - выбираем слабо активные металлы. А именно в качестве электродов датчика будем использовать следующие металлы: Медь (Cu), Алюминий (Al), Нихром (NiCr80/20) , Олово(Sn). Таким образом, получается 6 пар измерительных электродов и отсюда следует 6 измерительных каналов:

- Алюминий-Медь (АМ);
- Алюминий-Нихром (АН);
- Алюминий-Олово (АО);
- Нихром-Медь (НМ);
- Олово-Медь (ОМ);
- Олово-Нихром (ОН).

Пары электродов в соке представляют собой примитивный гальванический элемент, роль электролита в котором играет сок. Ряд электронных потенциалов металлов, используемых в работе, будет иметь следующий вид:



Самый низкий потенциал находится в начале ряда у самого активного металла – лития минус 3,04 В, а самый высокий у золота 1,68 В. Для алюминия электрохимический потенциал равен минус 1,7 В, для хрома минус 0,852 В, для никеля минус 0,234 В, для олова минус 0,141 В и для меди 0,338 В [9]. Металлы из левой части ряда более активны и вытесняют из солей химические элементы, находящиеся правее [10].

2.2 Определение конструктивного расположения электродов датчика

Расстояние между электродами и глубина их погружения влияет на снимаемый сигнал, поэтому для получения стабильного устойчивого сигнала необходимо определиться с конструктивным расположением электродов. В

своей работе буду опираться на параметры, полученные в ВКР С.Техриба [ЗиВФ ДП.414342.664]. Выбор параметров обусловлен тем, что в указанной работе были выбраны те же пищевые электроды и пищевые среды.

Недостатком вышеуказанной работы является нарушение целостности структуры пищевого продукта при его анализе. Датчик погружался непосредственно в мякоть исследуемого объекта. Такая методика не может быть применена на производстве, так как продукт после использования не может быть реализован. В настоящей же работе акцент делается на диагностику качества жидких сред, без нарушения их физико-химических свойств. В связи с изменением исследуемой среды необходимо проведение новой группы экспериментов, но за начальную основу были использованы полученные рекомендации по конфигурации датчиков.

В указанной работе были проведены опыты на лимоне, апельсине и яблоке. В качестве контактной пары использовалась пара АМ. Первым проводились эксперименты с изменением глубины погружения измерительных контактов датчика, расстояние между контактами при этом оставляем неизменным и равным 1 см.

В ходе проведения данного эксперимента выявлено, что при увеличении глубины проникновения измерительных электродов показания увеличиваются относительно своего среднего значения. Также отмечено, что при погружении электродов на глубину более двух сантиметров - показания меняются незначительно. Поэтому глубина погружения электродов должна составлять от одного до двух сантиметров.

Вторым опытом менялось расстояние между электродами, глубина была постоянной и равной 2 см.

В ходе проведения данного эксперимента выявлено, что при увеличении расстояния между электродами показания уменьшаются относительно своего среднего значения, но на небольшую величину. Однако отметим, что при расстоянии между электродами равными два сантиметра данные имеют относительно стабильный характер.

Результат поставленных опытов заключается в выборе следующих параметров датчика:

- расстояние между измерительными контактами датчика было принято равным 2 см;
- глубину погружения измерительных контактов датчика было принято равным 2 см.

2.3 Получение экспериментальных данных

Данные для работы были получены с помощью осциллографа компании OWON путем съема потенциалов с четырех различных электродов, погруженных в воду, воду с лимонной кислотой, апельсиновый сок различной концентрации и покупные апельсиновые соки. Выбор указанных жидкостей для экспериментов обусловлен тем, что для данных сред есть рекомендации по конструкции датчика. Также апельсиновый сок является наиболее популярным соком и имеет большое количество аналогов, что упрощает получение материала различного качества. Данные сняты с 6 пар электродов с каждой жидкости, длительностью 30 секунд с шагом по 10 мс.

Обратим внимание на выбор времени снятия данных, равный (0 – 30) с, он объясняется тем, что при продолжительном контакте измерительных электродов с кислотной-щелочной средой, происходит окисление контактов датчика и вследствие этого показания с течением времени уменьшаются.

Первыми исследуемыми жидкостями были: чистая вода, 2 % раствор лимонной кислоты и 3.8 % раствор лимонной кислоты. В данном эксперименте отработывался метод снятия потенциалов и основные зависимости. В результате были получены таблицы для каждого эксперимента. В таблице 1 показаны результаты для графиков с рисунка 6. Таблица имеет ознакомительный характер и представлена в неполном объеме.

Таблица 1 – Таблица для ознакомления

Время, мс	Номер эксперимента, мВ										Среднее
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
10	508	468	400	508	408	508	508	508	448	428	469,2
20	508	464	396	508	404	508	508	508	444	428	467,6
30	508	464	396	508	404	508	508	508	444	428	467,6
40	508	448	384	508	388	508	508	508	428	416	460,4
50	508	448	384	508	388	508	508	508	432	416	460,8
60	508	444	384	508	388	508	508	508	428	412	459,6
70	508	444	384	508	388	508	508	508	428	412	459,6
80	508	432	376	508	376	508	508	508	416	404	454,4

Так как таблицы содержат порядка 30000000 строк, то для анализа таблицы построим графики зависимостей измеренных потенциалов от времени. В ходе экспериментов было снято большое количество показаний (Рисунок 6), поэтому на графиках для удобства представлены усредненные значения сигналов.

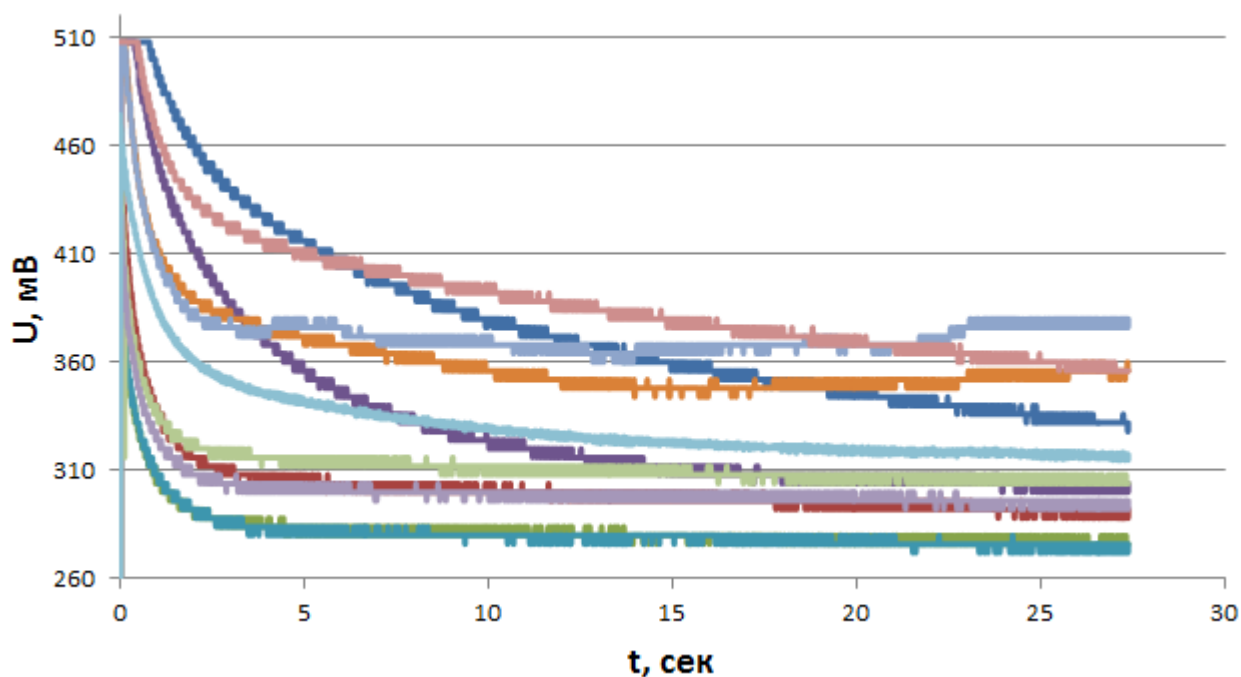


Рисунок 6 – Пример экспериментальных данных, полученных с воды парой
Алюминий-Медь

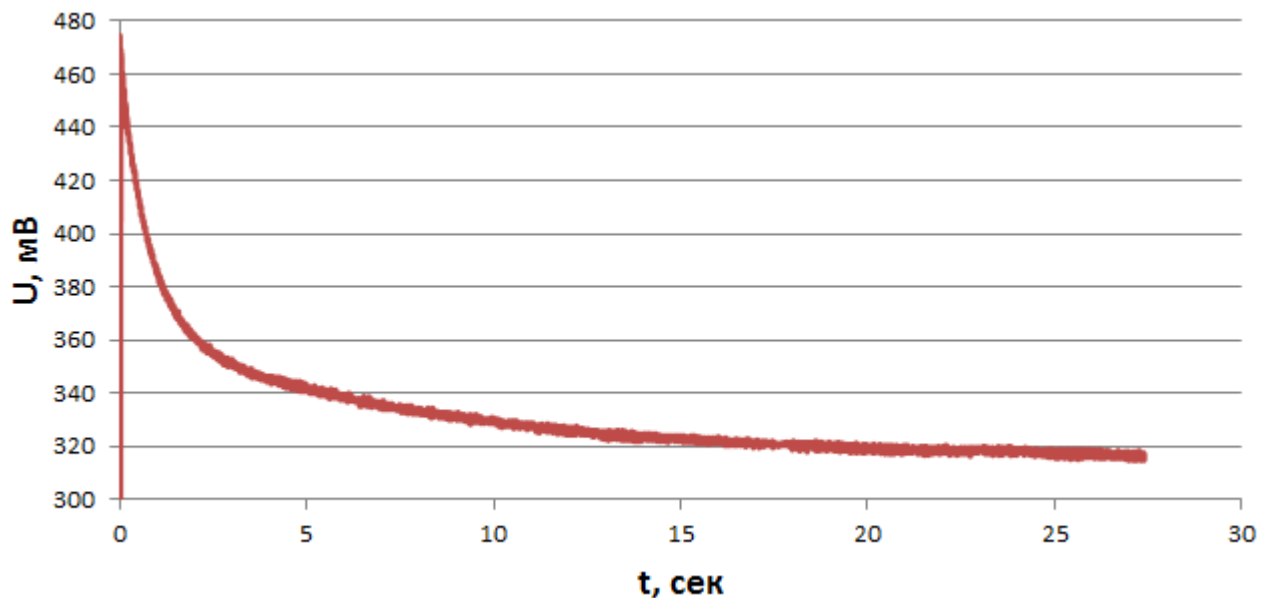


Рисунок 7 – Усредненные экспериментальные данные, полученные с воды парой алюминий-медь

Но в связи с усреднением результатов многочисленных экспериментов появляется вероятность получить значение, несоответствующее реальному значению, так на рисунке 8 показаны результаты пары Олово-Нихром в 50 % апельсиновом соке, разброс значений для которых составляет 30 мВ, что будем считать положительным результатом. Обратным примером являются результаты экспериментов для Алюминия-Меди, на рисунке 9, в этой же среде. Разброс результатов равен 400 мВ, что далеко от получения значения, соответствующего предполагаемому истинному. Поэтому для анализа полученных значений принято решение не учитывать выбросы. Выбросами будем считать напряжение, имеющее нелинейный характер с резкими скачками (кривая №7 на рисунке 9) или имеющие волновой характер с большой амплитудой (кривая №2 на рисунке 9).

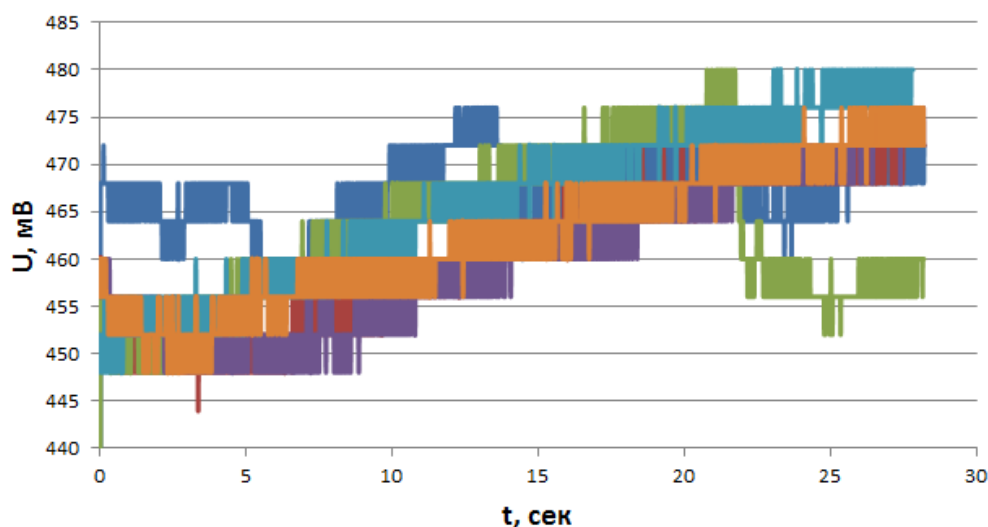


Рисунок 8 – Данные, полученные парой Олово-Нихром в 50 % апельсиновом соке

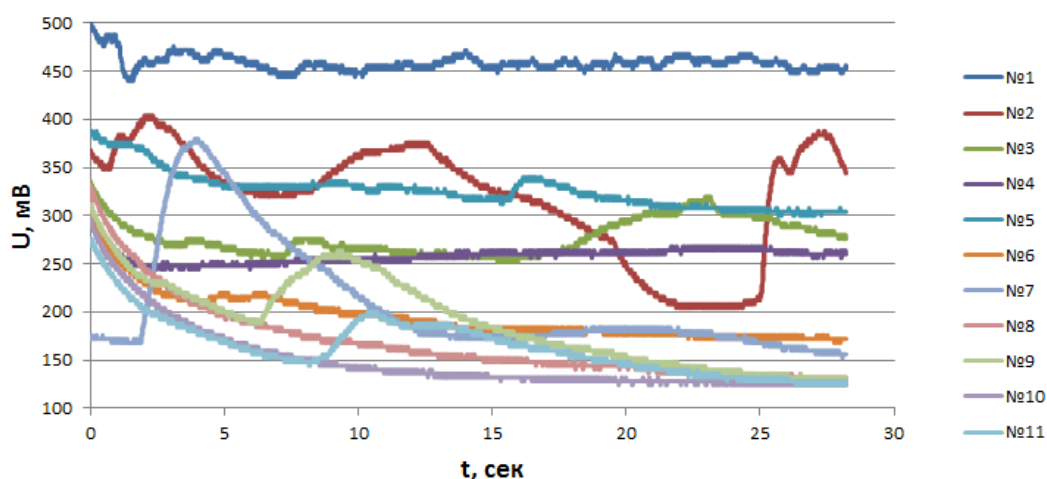


Рисунок 9 – Данные, полученные парой Алюминий-Медь в 50 % апельсиновом соке

Графики представлены на рисунке 10 – для воды, на рисунке 11 – для 2 % раствора, на рисунке 12 – для 3.8 % раствора. Первая буква в паре соответствует земле на осциллографе.

При длительном контакте электродов со средой наблюдается снижение потенциала. Это свидетельствует об окислении электродов датчика вследствие измерения сильноокислых сред. Для нормализации показаний необходимо промыть электроды раствором воды с пищевой содой.

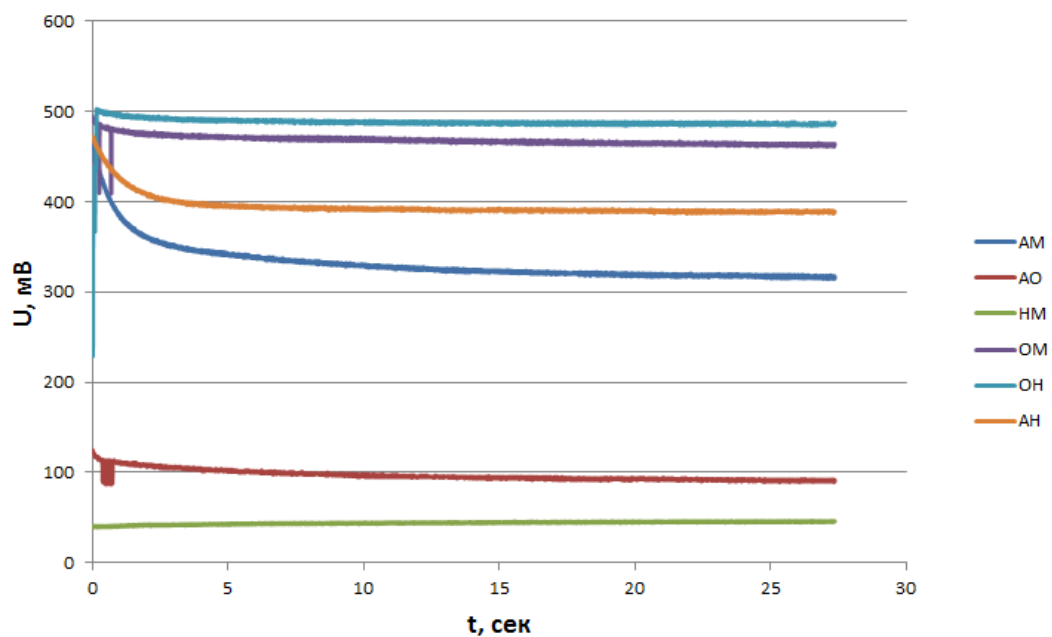


Рисунок 10 – 0 % (Вода)

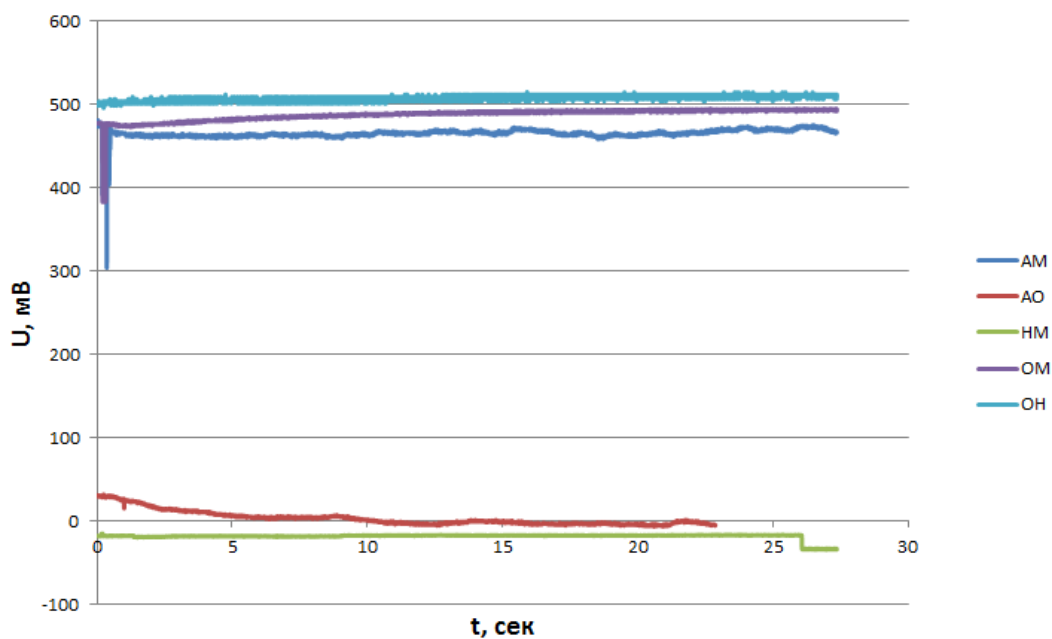


Рисунок 11 – 2 % раствор лимонной кислоты

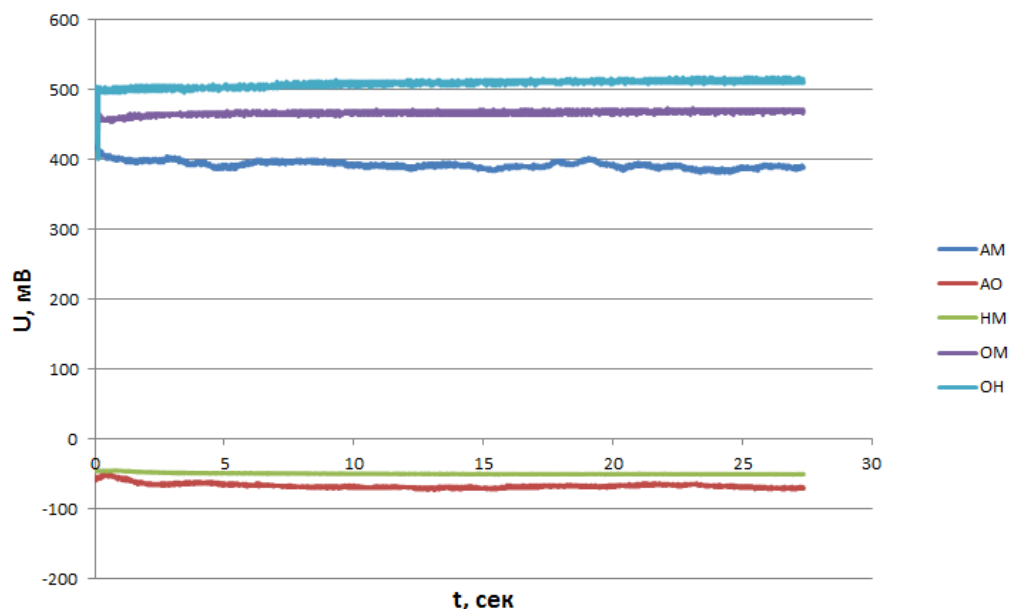


Рисунок 12 – 3.8 % раствор лимонной кислоты

Из графиков можно сделать вывод, что делимость для различных жидкостей существует, следовательно, последующие эксперименты имеют смысл. Поэтому перейдем непосредственно к основным экспериментам с апельсиновыми соками.

Было снято около 400 экспериментов с различными концентрациями сока, полученного путем прямого отжима из апельсинов. Графики для различных концентраций жидкостей представлены на рисунке 13 – для 100 % апельсинового сока, в приложении А на рисунке А.1 – для 70 % апельсинового сока, в приложении А на рисунке А.2 – для 50 % апельсинового сока, в приложении А на рисунке А.3 – для 30 % апельсинового сока, на рисунке 14 – для 10 % апельсинового сока и на рисунке 10 – для воды.

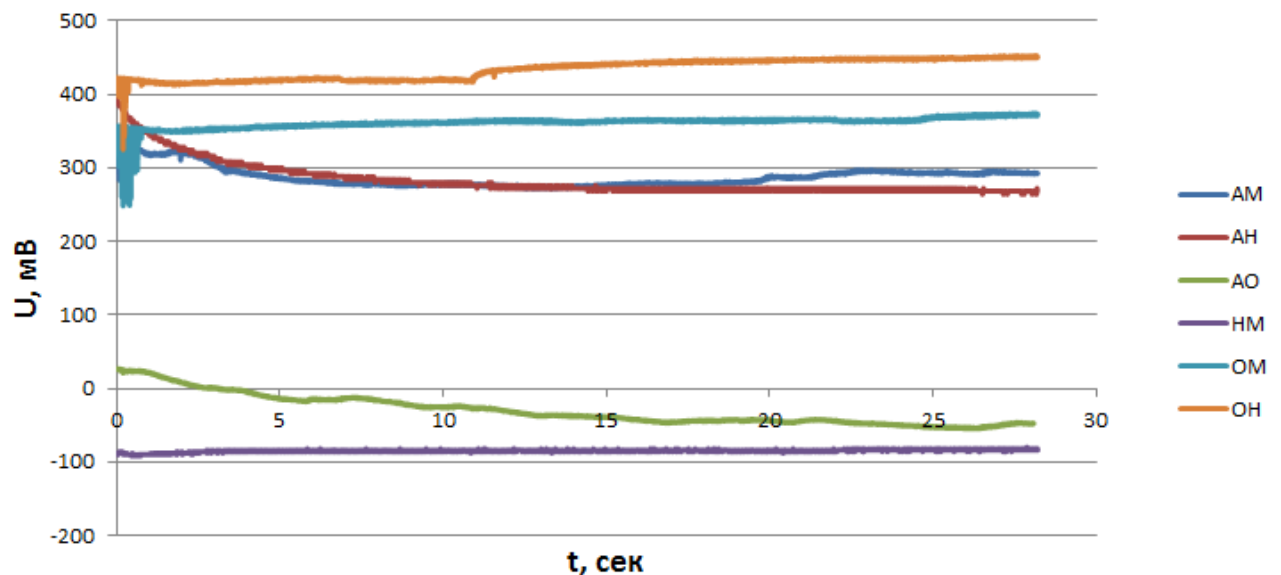


Рисунок 13 – 100 % апельсиновый сок

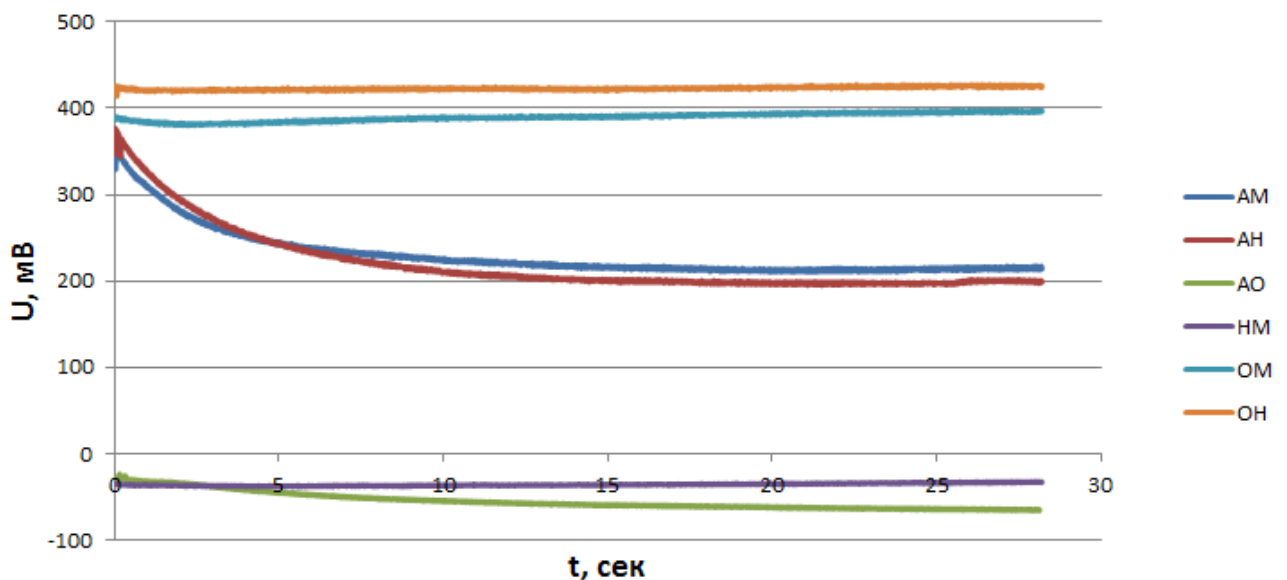


Рисунок 14 – 10 % апельсиновый сок

Анализ графиков позволяет заметить, что результаты имеют парный характер. Так AM и AN, AO и HM и OM и OH имеют близкие значения потенциалов, особенно это видно на последних графиках.

Для отслеживания изменения динамики значений потенциалов различных пар электродов представлены графики на рисунке 15 – для пары AN, в приложении А на рисунке А.4 – для пары AM, в приложении А на рисунке А.5 – для пары АО, в приложении А на рисунке А.6 – для пары НМ, в приложении А на рисунке А.7 – для пары ОМ, в приложении А на рисунке А.8 – для пары ОН.

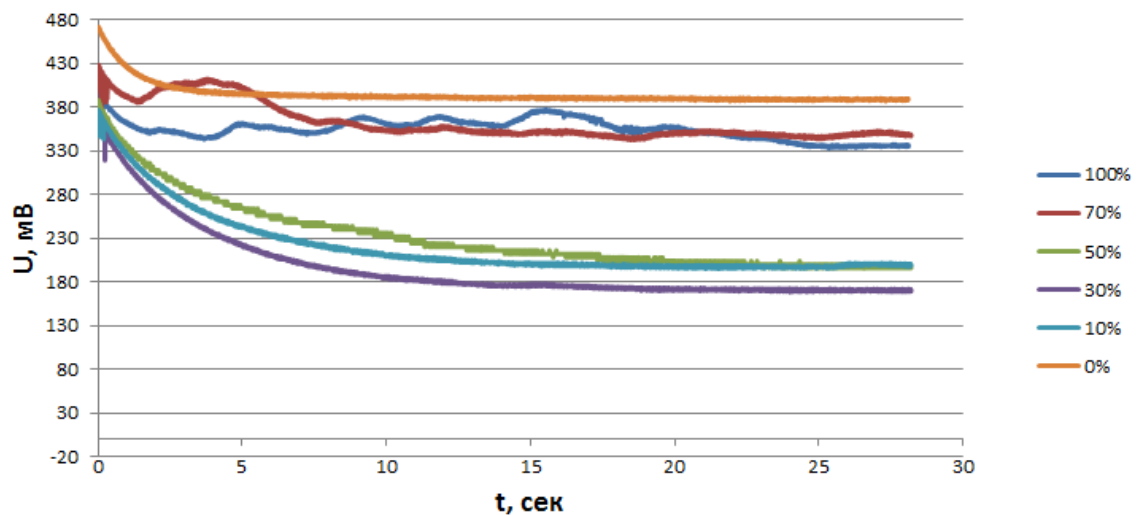


Рисунок 15 – Пара электродов Алюминий-Нихром

Из графиков различных пар электродов нельзя сделать вывод о типе функции, которой подчиняются изменения потенциалов при изменении концентрации сока, следовательно, и кислотности продукта, так как для всех графиков изменения различны. Изменение значения потенциала для одной пары не подчиняется линейной функции и их нельзя проанализировать обычными программными алгоритмами. Таким образом, использование нейронной сети для решения нашей задачи оправданно. Произвести описание физической модели для полученных результатов невозможно, ввиду этого использование НС также целесообразно для получения нефизической модели.

2.4 Использование нейронной сети для анализа

Нейронные сети – попытка воспроизвести нервную систему человека, используя различные математические модели. НС представляет собой систему из искусственных нейронов, соединенных между собой синапсами. Данная структура имеет под собой реальный пример из биологии. Благодаря такой структуре, машина обретает способность анализировать, распознавать и разделять различную информацию.

Нейронные сети имеют широкий список использования для решения различных сложных задач. Основными из таких применений являются:

- Классификация – распределение данных по параметрам, группам;

- Предсказание – возможность сети предсказать какой-либо параметр, основываясь на знании текущей ситуации;
- Распознавание - распознавание лиц, элементов и других объектов на фото или видео.

Для решения нашей задачи необходимо разделить большой объем данных на группы (кластеры), т.е. кластеризовать. Такую задачу с успехом решают самоорганизующиеся нейронные сети.

Данный метод был предложен финским ученым Т. Кохоненом. Самоорганизующиеся сети могут выявлять группы (кластеры) из набора входных данных, основываясь на некоторых их общих свойствах, что в рамках нашей работы очень удобно, так как данный метод основан на методе обучения сети без учителя, что позволяет работать с большим объемом данных, не затрачивая много времени. Нейронная сеть сама найдет объединяющие признаки для групп.

Для работы с результатами экспериментов будем применять карту Кохонена. Карта кластеризует входные векторы в группы схожих. Это достигается с помощью такой подстройки весов карты Кохонена, что близкие входные векторы активируют один и тот же нейрон данного слоя.

Все исходные данные представлены в виде таблиц «Microsoft Excel». Экспериментальные данные собраны в таблицу следующего вида. По горизонтали располагается значение процентного содержания сока и номер эксперимента, по вертикали пара электродов и момент снятия данных.

Данные векторов имеют размер 210 ячеек по вертикали и 36 ячеек по горизонтали. На каждое процентное содержание сока приходится 6 векторов. На каждую пару электродов приходятся моменты времени 10, 100, 200, 300, 400, 500 мс и далее с шагом в 500 мс до 15000 мс. Общий вид таблицы представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Общий вид таблицы

Процент, %	100	...	70	...	50	...	30	...	10	...	0 (Вода)	...	0 (Вода)
Номер	1	...	7	...	13	...	19	...	25	...	31	...	36
AM10000													
...													
AM1500000													
AN10000													
...													
AO10000													
...													
HM10000													
...													
OM10000													
...													
OH10000													
...													
OH1500000													

Так как на данном этапе работы нам необходимо только проанализировать собранные данные и сделать вывод об их разделимости, то воспользуемся готовой картой Кохонена в среде «MATLAB 2017a». «MATLAB 2017a» позволяет экспортировать данные из «Microsoft Excel» автоматически. Для этого после запуска среды необходимо запустить «Import Data» (Рисунок 16), после чего выбрать нужную таблицу для анализа. Откроется окно «Import Data».

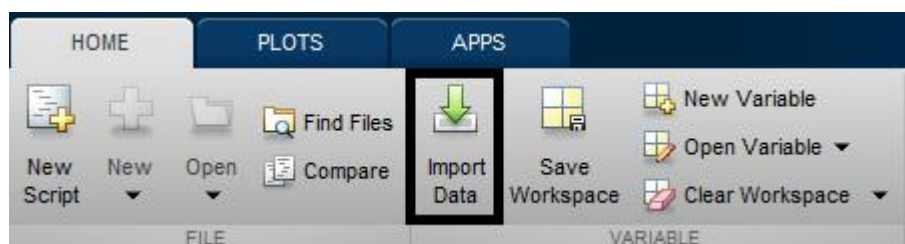


Рисунок 16 – Расположение «Import Data»

Вектора данных в таблицах должны располагаться вертикально. После выбора рабочей области данных (Рисунок 17), выбираем «Numeric Matrix» (Рисунок 18).

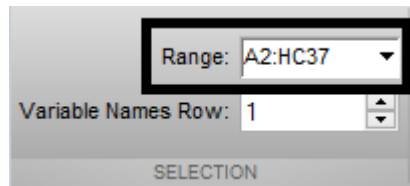


Рисунок 17 – Выбор рабочей области

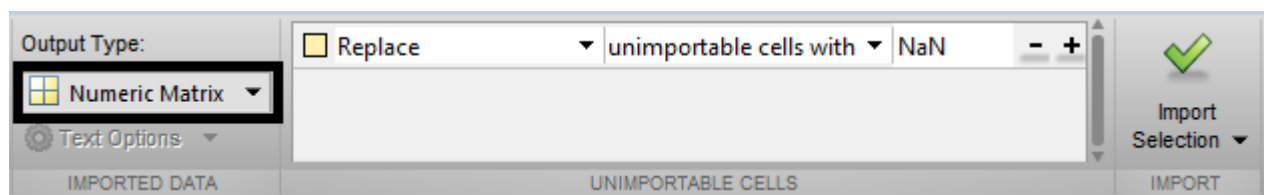


Рисунок 18 – Выбор «Numeric Matrix»

Выбираем Import Selection и наша таблица загружается в виде матрицы во временную память среды «Matlab».

Для создания самоорганизующейся карты Кохонена предусмотрена функция «selforgmap». Нам необходимо создать сеть для обработки входных векторов с диапазоном изменения от нуля до единицы. Выходное количество векторов будет совпадать с количеством выбранных кластеров.

Для обучения сети экспортируем 36 различных 210 элементных векторов из «MS Excel», обозначим данный массив как «Selfmap». Зададим количество циклов обучения 1000: «net.trainParam.epochs = 1000;» [11].

Для обучения сети, воспользуемся оператором: «net=train(net, Selfmap);». Код будет иметь вид:

```
net = selforgmap([2 3]);
net.trainParam.epochs = 1000;
net = train(net, Selfmap3);
a=sim(net, Selfmap3);
plotsompos(net, Selfmap3);
plotsomhits(net, Selfmap3)
```

Откроется диалоговое окно, демонстрирующее процесс обучения.

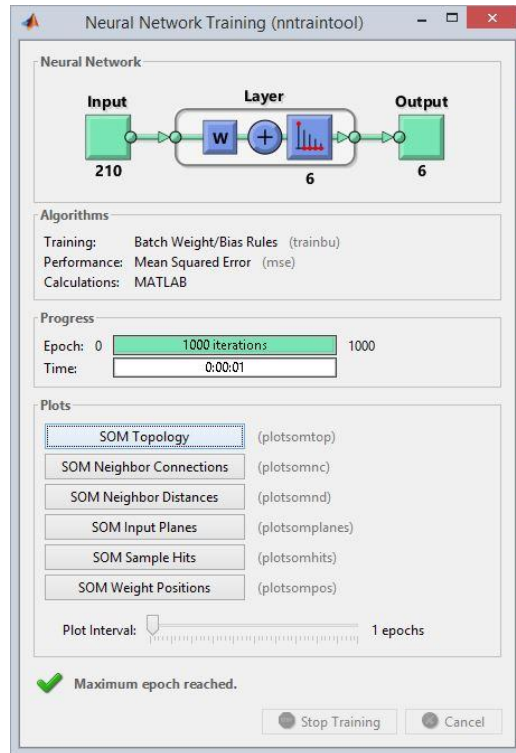


Рисунок 19 – Диалоговое окно процесса обучения

В результате работы программы получили следующие результаты. На рисунке 20 показаны входные данные в разбросе по отношению к текущему весу:

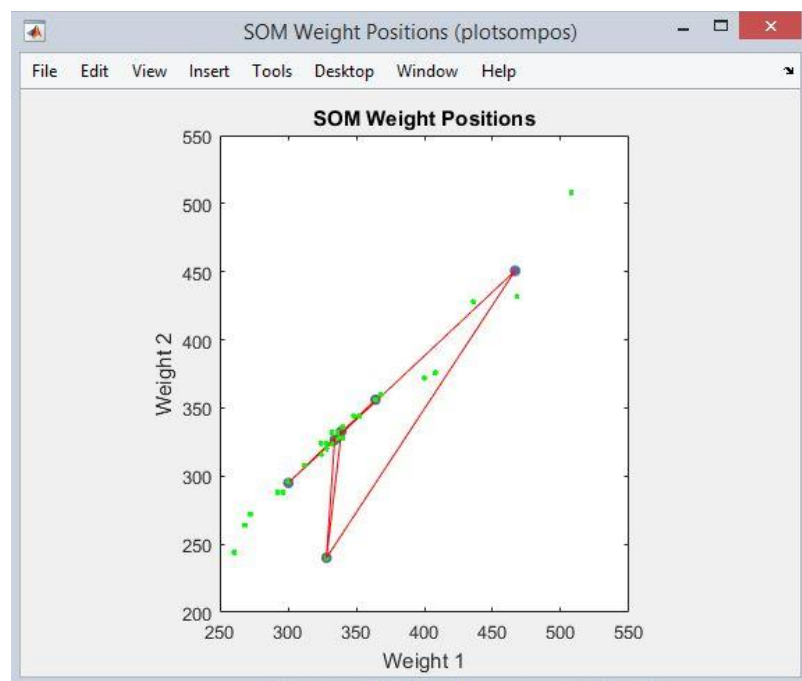


Рисунок 20 – Карта весовых позиций

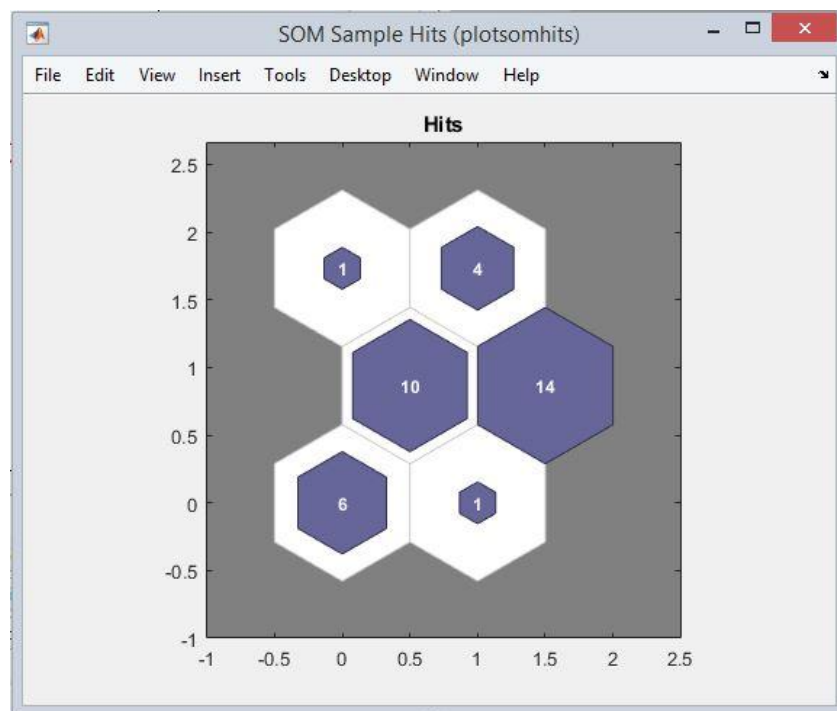


Рисунок 21 – карта Кохонена

Columns 1 through 16															
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Columns 17 through 32															
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Columns 33 through 36															
1	1	1	1												
0	0	0	0												
0	0	0	0												
0	0	0	0												
0	0	0	0												

Рисунок 22 – Результат работы кластеризатора

Из последнего рисунка можно сделать вывод о том, куда Самоорганизующаяся карта отнесла входные векторы. Представим полученный результат в виде таблицы 3. Таблица показывает, какие входные вектора исследуемой среды НС объединила в кластеры. Одним цветом выделены вектора, принадлежащие одному кластеру.

Таблица 3 – Время (0 – 15) с. 6 выходных кластеров

Исследуемая среда	Количество входных векторов	Полученные кластеры
0 % (Вода)	6 векторов	Класс из 6 векторов
10 % сок	6 векторов	Объединено в отдельный класс из 14 векторов
30 % сок	6 векторов	
50 % сок	1,2-й вектор	
	3-6-й вектор	Класс из 4 векторов
70 % сок	4-й вектор	Класс из 1 вектора
	6 векторов, кроме 4-го	Объединено в отдельный класс из 10 векторов
100 % сок	6 векторов, кроме 3-го	
	3-й, вектор	Класс из 1 вектора

Также для получения более полной картины необходимо рассмотреть другое количество выходных кластеров и другие моменты времени. Так мы сможем увидеть динамику и выбрать наилучшие параметры для последующей работы. Для этого были осуществлены следующие пункты:

- Результаты с количество выходных кластеров равным 4 и 8 для промежутка времени от 0 до 15 с;
- Результаты количество выходных кластеров равным 4 и 6 для промежутка времени от 10 до 20 с;
- Результаты количество выходных кластеров равным 4 и 6 для промежутка времени от 15 до 25 с.

Полученные результаты представлены в виде таблиц в приложении Б (Таблица Б.1 – Б.2).

Результаты для промежутка времени от 10 до 20с. представлены в виде таблиц в приложении Б (Таблица Б.3 – Б.4).

Результаты для промежутка времени от 15 до 25с. представлены в виде таблиц в приложении Б (Таблица Б.5 – Б.6).

Обратим внимание на то, что имеет место выделение определенных векторов в кластеры, содержащие 1 или 2 вектора. Решить проблему можно исходя из того, что данные в таблице набирались из экспериментов,

проводимых не одновременно, но на одной жидкости, следовательно, данные можно комбинировать для одного процентного содержания. Такое решение позволяет однозначно определить 70 и 100 % в один кластер. Но такое решение недействительно для пачки электродов, снимающих сигнал одновременно.

Из полученных результатов можно сделать следующие выводы:

- Нейронная сеть всегда однозначно отделяет входные вектора воды всегда и определяет их как отдельный класс в независимости от числа рассмотренных кластеров или времени;
- На промежутке (0 – 15) с и (10 – 20) с имеет место формирование кластера из 10, 30 и 50 % соков, что говорит об их общих признаках;
- На промежутке (0 – 15) с и (10 – 20) имеет место формирование кластера из 70 и 100 % соков, что говорит об их общих признаках;
- На промежутке (15 – 25) с имеет место формирование кластера из 10 и 30 % соков, что говорит об их общих признаках на данном участке времени;
- На промежутке (15 – 25) с имеет место формирование кластера из 50 и 70 % соков, что говорит об их общих признаках на данном участке времени;
- Со временем имеет место переназначение кластеров, обусловленное изменением потенциала на электродах в связи с протекающими химическими реакциями;
- Начиная с 50 % (в меньшей степени) и заканчивая 100 % (в большей) наблюдается создание одиночных кластеров. Это связано с большей кислотностью среды и большей активностью протекания реакций. Имеет место большое количество выбросов и разбросов полученных напряжений. Напротив, на 0, 10 и 30 % наблюдаются прямолинейные результаты без выбросов.

Необходимо добиться более точного разделение 70 и 100%. Этого можно добиться двумя путями: увеличением числа циклов обучения и увеличением количества элементов входных векторов. Количество эпох обучения достаточно велико, поэтому будем увеличивать количество элементов векторов, для этого проведем дополнительные эксперименты и добавим 7 векторов для 70 и 100%. Также в таблицы включим данные, полученные с покупных соков «Dario» и «Привет» в количестве 8 векторов каждый. Проведем аналогичные действия для получения карты Кохонена.

Таблица 4 – Время (0 - 15) с. 3 выходных кластеров

Исследуемая среда	Количество входных векторов	Полученные кластеры
Привет	8 векторов	Объединено в отдельный класс из 14 векторов
0 % (Вода)	6 векторов	
Dario	8 векторов	Объединено в отдельный класс из 26 векторов
10 % сок	6 векторов	
30 % сок	6 векторов	
50 % сок	6 векторов	
70 % сок	13 векторов	Объединено в отдельный класс из 26 векторов
100 % сок	13 векторов	

Результаты для количества кластеров равное 4 и 6 представлены в виде таблиц в приложении А (Рисунок Б.7 – Б.8).

Последующее увеличение кластеров приводит к тому, что увеличивается дробление 70 и 100 % сока на кластеры, 50 % сок частично отделяется в отдельный кластер и, начиная с 12 кластеров, «Dario» полностью отделяется и делится на 2 самостоятельных кластера.

Из полученных результатов таблицы 4 и таблиц Б.7 – Б.8 (Приложение Б) можно сделать следующие выводы:

- Сок «Привет» имеет больше признаков объединяющих его с водой, нежели разбавленными соками;

- Сок «Dario» имеет общие признаки с разбавленными соками 10 и 30% концентрации, что является неожиданным результатом, так как сок заявлен как 100 % апельсиновый сок. Данный результат можно объяснить тем, что сок является не соком прямого отжима, а восстановленным. Восстановленный сок — сок, приготовленный из концентрированного сока и питьевой воды [12];
- Увеличение базы входных векторов 70 и 100 % соков привело к ликвидации создания единичных кластеров и улучшению разделимости.

Сравним полученные результаты Карты Кохонена с результатами К-средних. Метод К-средних является одним из наиболее популярных и простых методов кластеризации. Разделение заключается в том, что каждый входной вектор относится к тому кластеру, к центру которого он ближе всего.

Данный метод будем реализовывать с помощью среды «Matlab». Код с комментариями представлен ниже:

```
rng('default'); %команда сбрасывает генератор случайных к исходному
значению
[idx,c] = kmeans(Selfmap3S1,6); %Объявляем метод и указываем количество
выходных кластеров
Figure %Вызов графика
gscatter(Selfmap3S1(:,1),Selfmap3S1(:,2),idx,'bgmycr')
hold on
plot(C(:,1),C(:,2),'kx')
legend('Cluster 1','Cluster 2','Cluster 3','Cluster 4','Cluster
5','Cluster 6','Cluster Centroid')
```

В результате работы программы получаем карту весовых позиций.

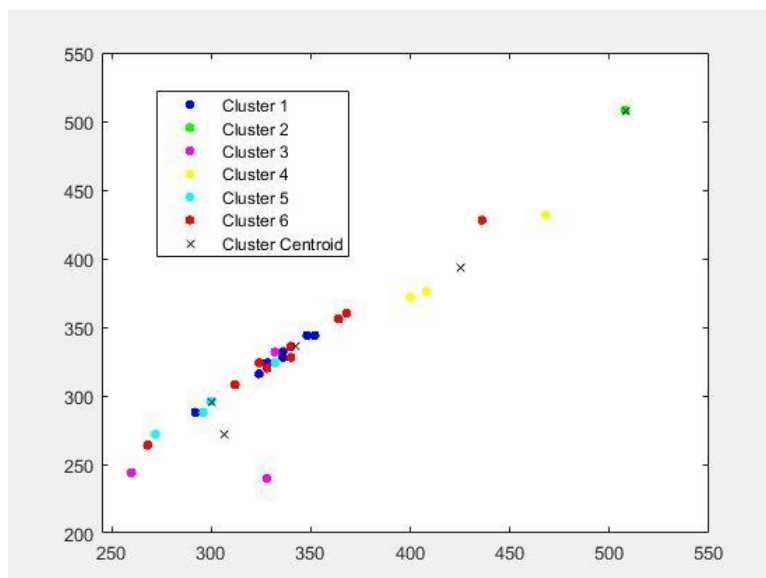


Рисунок 23 – Карта весовых позиций для (0 – 15) с 6 кластеров

Создадим силуэтную диаграмму из кластеризованных данных. Данная диаграмма помогает наглядно увидеть ситуацию с распределением данных. Код программы представлен ниже.

```
rng('default');
clust = kmeans (Selfmap3S1, 6);
silhouette(Selfmap3S1,clust) % Вызов силуэтной диаграммы
```

Результат работы программы:

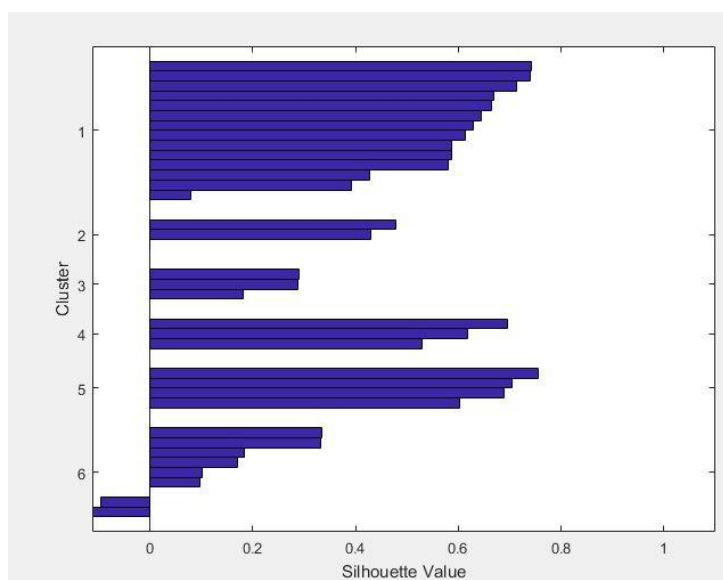


Рисунок 24 – Силуэтная диаграмма для (0 – 15) с 6 кластеров

Силуэт показывает, что данные разбиты на шесть кластеров разных размеров. Точки в трех кластерах имеют большие значения силуэта (0,6 или более), что указывает на то, что эти кластеры хорошо разделены. Однако остальные кластеры содержат много точек с низкими значениями силуэта, а в

шестом кластере присутствуют два вектора с отрицательными значениями разделимости, что указывает на то, что эти кластеры плохо разделены.

Проведем сравнение полученных результатов на Карте весовых позиций для времени (0 – 15) с.

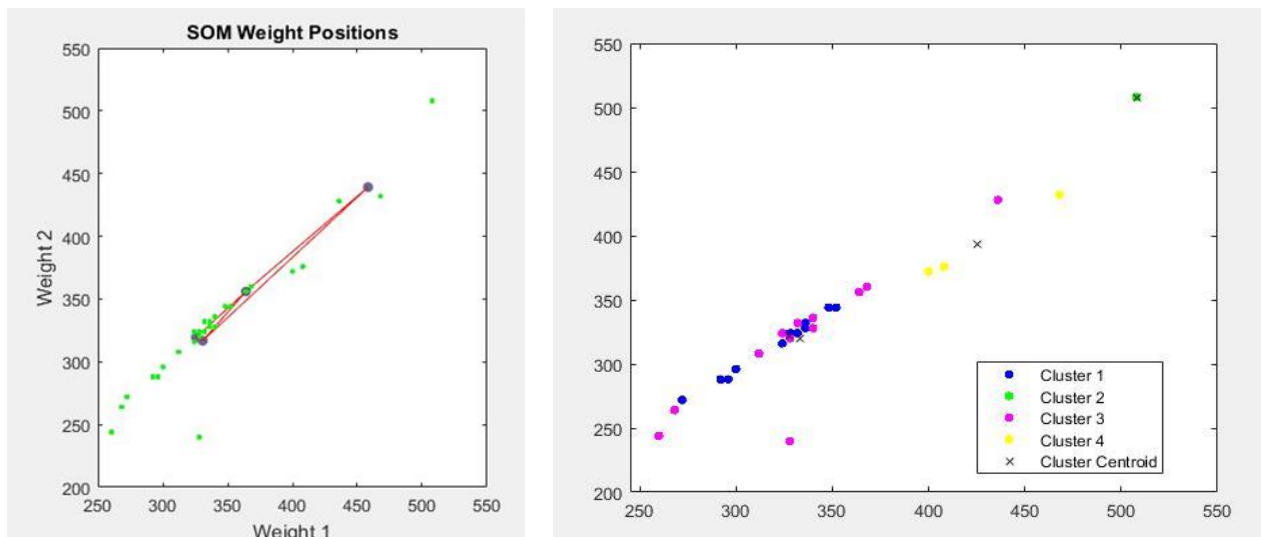


Рисунок 26 – Весовые позиции Карты Кохонена (слева) и К-средних (справа).
4 кластера

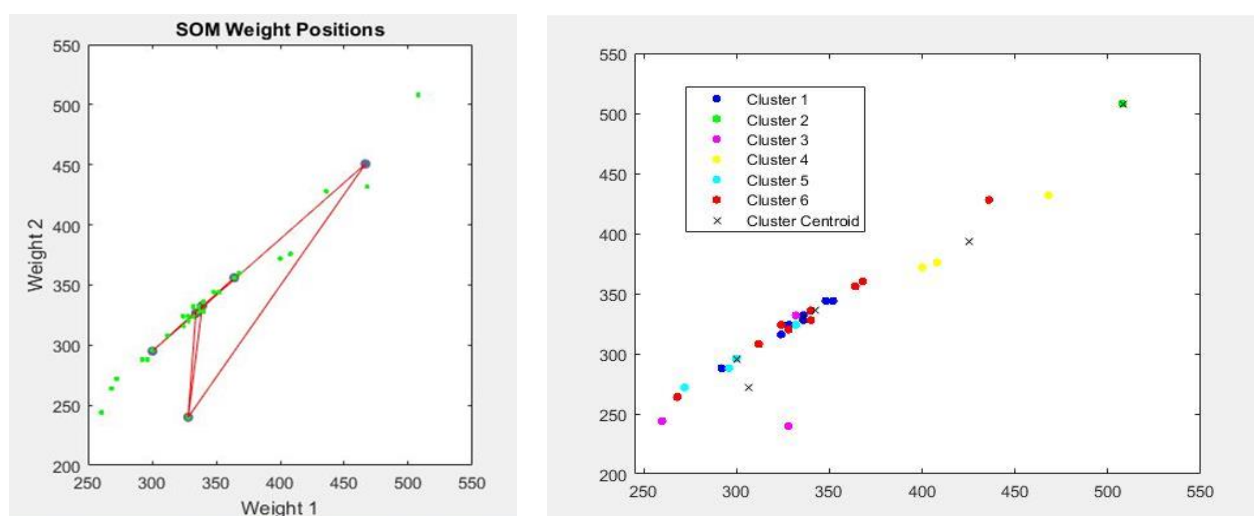


Рисунок 25 – Весовые позиции Карты Кохонена (слева) и К-средних (справа).
6 кластеров

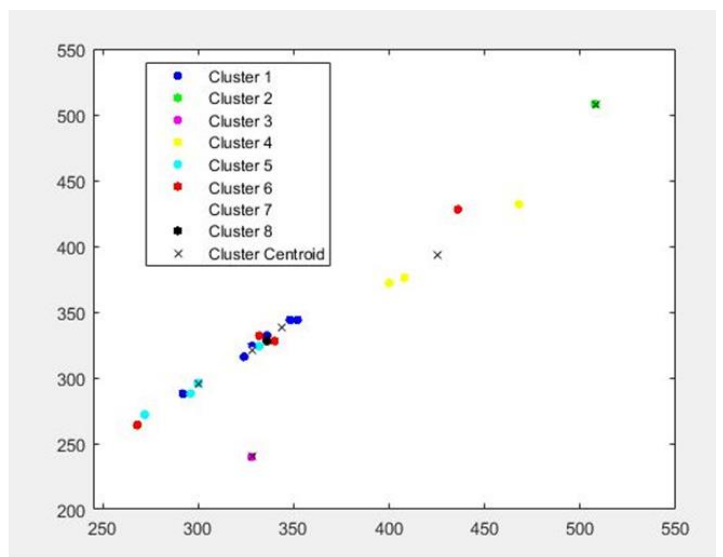
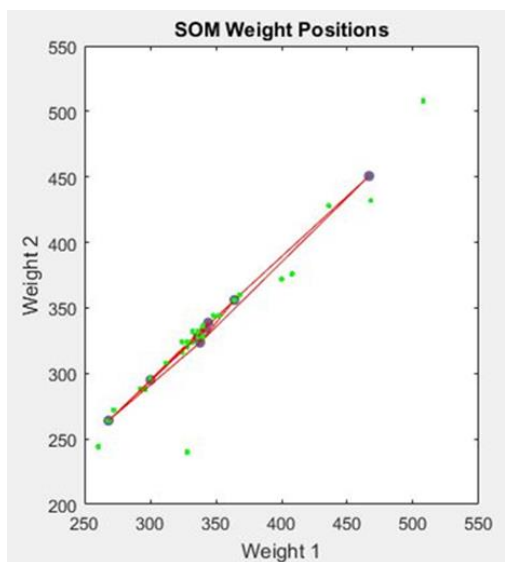


Рисунок 27 – Весовые позиции Карты Кохонена (слева) и К-средних (справа).
8 кластеров

Из рисунков видно, что результаты разбросов весов кластеров имеют схожую картину. Предпочтительным остается самоорганизующаяся карта Кохонена, как более информативная, нежели метод К-средних.

3 Аппаратная часть

3.1 Контроллер

Систему планируется реализовывать на базе контроллера EVAL-AD7770 компании Analog Devices. Это плата с одним из самых современных процессоров ARM с ядром Cortex M7. ARM Cortex M7 разработан для обеспечения высокого уровня производительности при сохранении высокой скорости отклика и простоты использования архитектуры. Процессор идеально подходит для широкого спектра областей применения, включая автомобильную, промышленную автоматизацию, медицинские устройства, высококачественную обработку звука, изображений и голоса, объединение датчиков и управление двигателем [13].

Выбор данного контроллера обуславливается тем, что он имеет 24-разрядное прецизионное АЦП. Этот параметр важен в нашей работе, так как устройство должно будет снимать потенциал с электродов порядка мВ, учитывая этот факт, точность значений должна быть высока.

«Разрешение АЦП — минимальное изменение величины аналогового сигнала, которое может быть преобразовано данным АЦП — связано с его разрядностью. В случае единичного измерения без учёта шумов разрешение напрямую определяется разрядностью АЦП» [14]. Рассчитаем разрешение АЦП для нашего случая.

Диапазон входных значений = от минус 150 до 500 мВ.

Разрядность двоичного АЦП 24 бит:

$$2^{24} = 16\,777\,216 \text{ уровней квантования.}$$

Разрешение двоичного АЦП по напряжению:

$$\frac{(500 - (-150))}{16\,777\,216} = 3,874 * 10^{-5} \text{ мВ.}$$

На практике разрешение АЦП ограничено наличием различных шумов. При большой интенсивности шумов на входе АЦП различить соседние уровни входного сигнала становится невозможным, что ухудшает значение разрешения АЦП.

Контроллер ограничен 2 каналами, что решается установкой аналогового мультиплексора.

3.2 Мультиплексор

Мультиплексор – устройство, имеющее несколько входов, управляющий вход и один выход. Устройство позволяет передавать сигнал с одного из входов по команде управляющего сигнала, что позволяет реализовать датчик, используя одновременно все электроды. Для реализации аппаратной части устройства понадобится два мультиплексора, так как необходимо снимать сигнал с двух электродов одновременно.

3.3 Функциональная электрическая схема

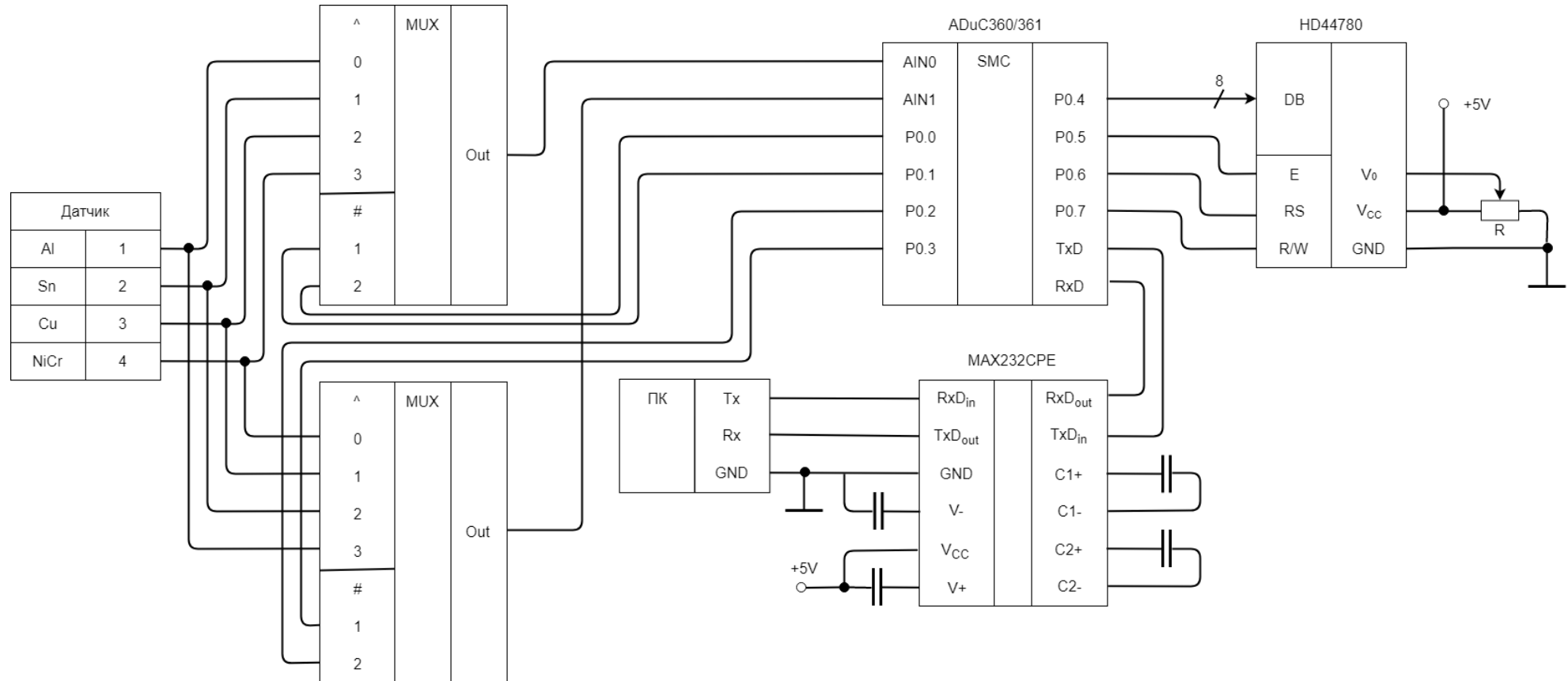


Рисунок 28 – Функциональная электрическая схема

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Разработанная самообучающаяся система контроля качества пищевой продукции обеспечивает контроль состояния среды и определяет к какой группе продуктов относится исследуемая жидкость.

Разработанная программа может быть внедрена на пищевых предприятия или использована группами контроля качества, для мобильного мониторинга состояния продукции.

4.1.2 SWOT-анализ

Результат анализа рынка и конкурентных решений представлен в виде матрицы SWOT анализа в таблице 5. Матрица показывает сильные и слабые стороны проекта, потенциальные возможности и угрозы для разработки.

Таблица 5 – SWOT анализ

	Внутренние факторы	
	Сильные стороны проекта: С1. Широкие возможности по расширению использования системы, С2. Универсальность системы, С3. Возможность обучить систему под новую среду, С4. Простота системы по сравнению с другими.	Слабые стороны проекта: Сл1. Необходимость проведения большого числа экспериментов, Сл2. Необходимость в отсутствии «выбросов» показаний, Сл3. Требовательность к точности данных.

Продолжение таблицы 5 – SWOT анализ

Внешние факторы	Возможности: В1. Автоматизация процесса загрузки и обработки данных, В2. Потребность предприятий в автоматизации процессов контроля качества продукции, В3. Развитие технологий в данной отрасли.	Пересечение полей сильных сторон и возможностей позволяют заключить, что будет необходимо обеспечить поддержку системы после введения в эксплуатацию и адаптацию системы к каждому предприятию.	Дополнительный спрос на систему может повлечь за собой необходимость дополнительных экспериментов для адаптации системы.
	Угрозы: У1. Невостребованность системы, У2. Развитая конкуренция, У3. Отсутствие спроса на новые технологии производства.	Привлечь новых пользователей через научные публикации и конференции.	Необходимо сделать систему доступной в эксплуатации.

4.1.3 Планирование научно-исследовательских работ

4.1.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения бакалаврской работы был сформирован план и назначены исполнители для каждого этапа работы (таблица 6).

Таблица 6 – Перечень работ по проекту

Основные этапы	№ работы	Наименование работы	Исполнители работы
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение темы бакалаврской работы	Руководитель темы, Инженер
Выбор направления исследований	2	Составление календарного плана-графика выполнения бакалаврской работы	Руководитель темы
	3	Подбор и изучение литературы по теме бакалаврской работы	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	4	Анализ предметной области	Инженер
	5	Разработка методики проведения экспериментов	Инженер
	6	Проведение первичных экспериментов, отработка методики снятия данных	Инженер
	7	Анализ первичных результатов, корректировка методики	Инженер
	8	Проведение экспериментов с апельсиновым соком	Инженер

Продолжение таблицы 6 – Перечень работ по проекту

	9	Обработка полученных результатов с помощью нейронной сети	Инженер
Обобщение и оценка результатов	10	Анализ результатов и согласование выполненной работы с научным руководителем	Руководитель темы, Инженер
Обобщение и оценка результатов	11	Выполнение других частей работы (финансовый менеджмент, социальная ответственность)	Инженер
Обобщение и оценка результатов	12	Подведение итогов, оформление работы	Инженер

4.1.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Для того чтобы определить трудоемкость работ, используются следующие показатели:

- Ожидаемое значение трудоемкости,
- Продолжительность каждой работы,
- Продолжительность выполнения i -ой работы в календарных днях,
- Коэффициент календарности.

Расчет ожидаемого значения продолжительности работ $t_{ож}$ осуществляется согласно формуле:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5}, \quad (1)$$

где

t_{min} – минимально возможная трудоемкость i -ой работы, чел.-дни;

t_{max} – максимально возможная трудоемкость i -ой работы, чел.-дни.

Далее определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} , которая учитывает параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{ч_i}, \quad (2)$$

где

T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дни;

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дни;

Ч_i – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

4.1.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для построения графика, осуществляется перевод длительности каждого из этапов работ рабочих дней в календарные дни по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (3)$$

где

T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (4)$$

где

$T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Согласно производственному календарю (для 6-дневной рабочей недели) в 2019 году 365 календарных дней, из них 66 выходных или праздничных дней, следовательно, $k_{\text{кал}} = 1,22$.

Расчеты по трудоемкости выполнения работ представлены в таблице 7. Диаграмма Ганта, построенная по рассчитанным показателям, представлена на рисунке 29.

Таблица 7 – Временные показатели осуществления разработки

№	Наименование работы	Исполнители работы	Трудоемкость работ, чел.-дни			Длительность работ, дни	
			t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	T_p	T_k
1	Составление и утверждение темы бакалаврской работы	Руководитель	3	5	3,8	4	5
2	Составление календарного плана-графика выполнения бакалаврской работы	Руководитель	3	4	3,8	4	5
3	Подбор и изучение литературы по теме бакалаврской работы	Инженер	10	12	10,8	11	13
4	Анализ предметной области	Инженер	7	10	8,2	8	10
5	Разработка методики проведения экспериментов	Инженер	2	4	2,8	3	4
6	Проведение первичных экспериментов, отработка методики снятия данных	Инженер	10	12	10,8	11	13
7	Анализ первичных результатов, корректировка методики	Руководитель	3	5	3,8	2	2
		Инженер	3	5	3,8	2	2
8	Проведение экспериментов с апельсиновым соком	Инженер	30	45	36	36	44
9	Обработка полученных результатов с помощью нейронной сети	Инженер	10	12	10,8	11	13
10	Анализ результатов и согласование выполненной работы с научным руководителем	Руководитель	3	5	3,8	2	2
		Инженер	3	5	3,8	2	2
11	Выполнение других частей работы (финансовый менеджмент, социальная ответственность)	Инженер	5	7	5,8	6	7
12	Подведение итогов, оформление работы	Инженер	3	4	3,4	3	4
Итого		Руководитель				12	14
		Инженер				97	117

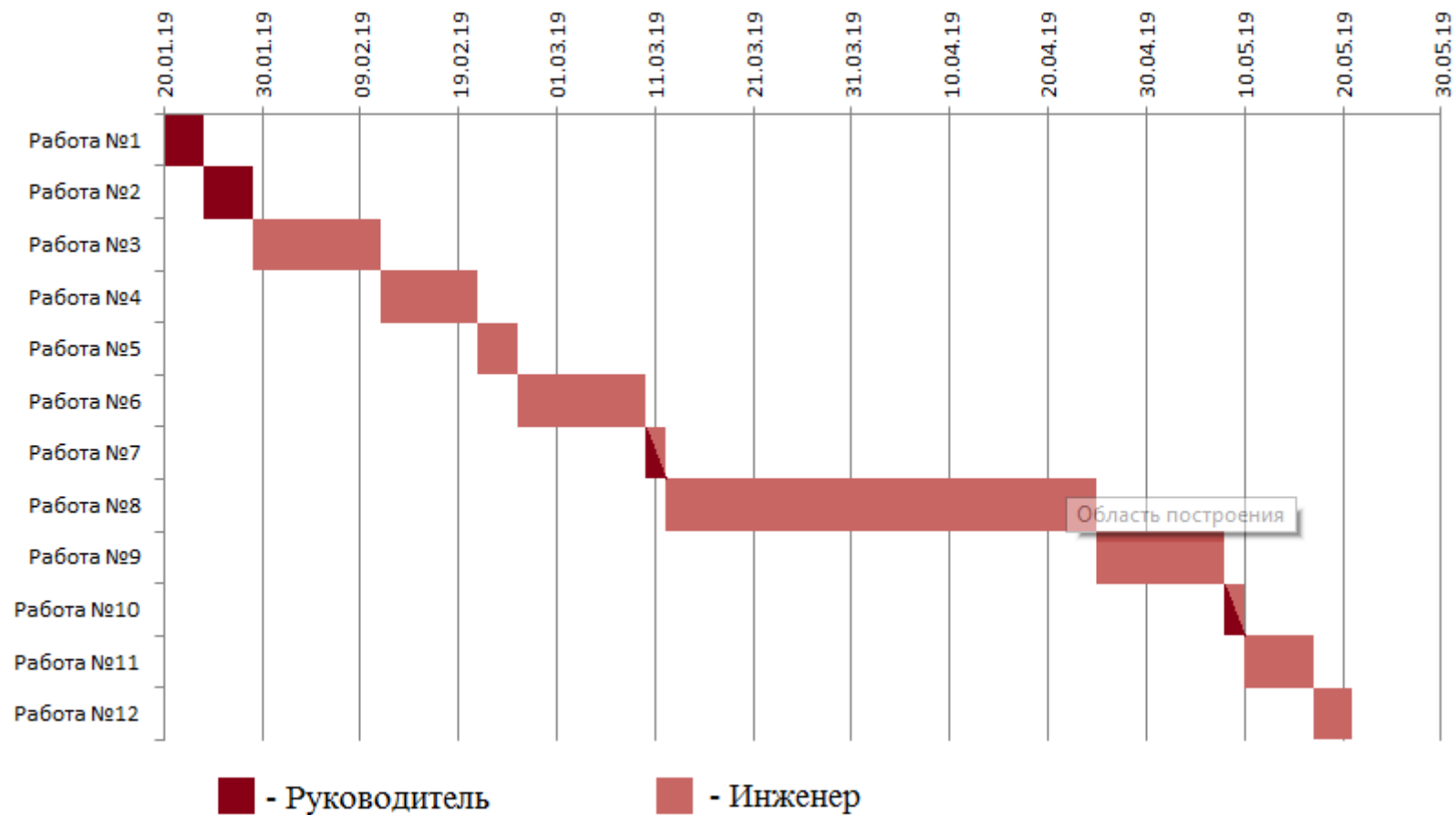


Рисунок 29 – Диаграмма Ганта: этапы выполнения работ (слева), загруженность исполнителей (сверху)

4.1.4 Бюджет научно-технической разработки

4.1.4.1 Расчет материальных затрат

Данная статья затрат включает в себя затраты на приобретение сырья, материалов, полуфабрикатов и комплектующих со стороны. Также в эту статью включаются транспортные расходы, равные 15 % от общей стоимости материальных затрат.

Таблица 8 – Материальные затраты

Наименование	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, руб.
Карандаш	1	20	20
Лимонная кислота	3	5	15
Вода дистиллированная	2	22	44
Апельсин	6	23	138
Сок «Dario»	1	79	79
Сок «Привет»	1	42	42
Итого			338

Таким образом, общая сумма материальных затрат составляет 338 руб.

4.1.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование

В данную статью затрат входят суммы, необходимые на обеспечение амортизации используемого оборудования.

Расчет амортизации персонального компьютера, используемого при написании работы: первоначальная стоимость персонального компьютера составляет 24000 рублей; срок полезного использования для офисных машин – 3 года; планируется использовать персональный компьютер для написания ВКР в течение 4 месяцев. Тогда:

– норма амортизации:

$$A_n = \frac{1}{n} \cdot 100\% = \frac{1}{3} \cdot 100\%, \quad (5)$$

- годовые амортизационные отчисления:

$$A_{\text{г}} = 24000 \cdot \frac{1}{3} = 8000 \text{ руб.}, \quad (6)$$

- ежемесячные амортизационные отчисления:

$$A_{\text{м}} = \frac{8000}{12} = 667 \text{ руб.}, \quad (7)$$

- итоговая сумма амортизации основных средств:

$$A = 667 \cdot 4 = 2667 \text{ руб.} \quad (8)$$

Расчет амортизации осциллографа OWEN, используемого при проведении экспериментов: первоначальная стоимость осциллографа OWEN составляет 17700 рублей; срок полезного использования для офисных машин – 4 года; планируется использовать персональный компьютер для написания ВКР в течение 4 месяцев. Тогда:

- норма амортизации:

$$A_{\text{н}} = \frac{1}{n} \cdot 100\% = \frac{1}{4} \cdot 100\%, \quad (9)$$

- годовые амортизационные отчисления:

$$A_{\text{г}} = 17700 \cdot 0,25 = 4425 \text{ руб.}, \quad (10)$$

- ежемесячные амортизационные отчисления:

$$A_{\text{м}} = \frac{4425}{12} = 368.75 \text{ руб.}, \quad (11)$$

- итоговая сумма амортизации основных средств:

$$A = 368.75 \cdot 4 = 1475 \text{ руб.} \quad (12)$$

Итоговая сумма затрат на амортизацию составила 4142 руб.

4.1.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Данная статья расходов включает основную заработную плату с учетом премий и доплат для исполнителей проекта: студента и научного руководителя.

Месячный оклад руководителя ТПУ с должностью доцента и степенью кандидата наук составляет 33664 рубля, для студента был взят оклад ассистента без научной степени – 21760 рублей.

В таблице 9 показаны количества календарных, нерабочих и праздничных дней, дней, пришедшихся на потерю рабочего времени и действительный годовой фонд рабочего времени.

Таблица 9 – Баланс рабочего времени (для 6-дневной недели)

Показатели рабочего времени	Дни
Календарные дни	365
Нерабочие дни (праздники/выходные)	66
Потери рабочего времени (отпуск/невыходы по болезни)	56
Действительный годовой фонд рабочего времени	243

Количество месяцев работы без отпуска принимается за 10,4 (с учетом длительности отпуска в 48 дней). Тогда, зная месячную заработную плату, можно рассчитать среднедневную заработную плату:

$$З_{\text{дн}}^{\text{рук}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot М}{F_{\text{д}}} = \frac{33664 \cdot 10,4}{243} = 1441,76 \text{ руб.}, \quad (13)$$

$$З_{\text{дн}}^{\text{студ}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot М}{F_{\text{д}}} = \frac{21760 \cdot 10,4}{243} = 931,29 \text{ руб.} \quad (14)$$

Расчет основной заработной платы с учетом рассчитанных значений представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Расчет основной заработной платы

№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя	Трудовое мкость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	5	1441,76	7208.8
2	Составление календарного плана-графика выполнения бакалаврской работы	Руководитель	5	1441,76	7208.8
3	Подбор и изучение литературы по теме бакалаврской работы	Инженер	12	931,29	11175.84

Продолжение таблицы 10 – Расчет основной заработной платы

4	Анализ предметной области	Инженер	10	931,29	9313.2
5	Разработка методики проведения экспериментов	Инженер	4	931,29	3725.28
6	Проведение первичных экспериментов, отработка методики снятия данных	Инженер	12	931,29	11175.84
7	Анализ первичных результатов, корректировка методики	Руководитель	5	1441,76	7208.8
		Инженер	5	931,29	4656.6
8	Проведение экспериментов с апельсиновым соком	Инженер	45	931,29	41909.4
9	Обработка полученных результатов с помощью нейронной сети	Инженер	12	931,29	11175.84
10	Анализ результатов и согласование выполненной работы с научным руководителем	Руководитель	5	1441,76	7208.8
		Инженер	5	931,29	4656.6
11	Выполнение других частей работы (финансовый менеджмент, социальная ответственность)	Инженер	7	931,29	6519.24
12	Подведение итогов, оформление работы	Инженер	4	931,29	3725.28
Итого					136868.32

Расчет основной заработной платы осуществляется по формуле:

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_p \cdot (1 + K_{\text{пр}} + K_{\text{д}}) \cdot K_p, \quad (15)$$

где

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата, руб.;

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дни;

$K_{пр}$ – премиальный коэффициент;

K_d – коэффициент доплат и надбавок;

K_p – районный коэффициент;

Результаты соответствующих расчетов приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{осн}$, руб.	$K_{пр}$	K_d	K_p	T_p	$Z_{осн}$, руб.
Студент	931,29	0,3	0,2	1,3	97	176153.50
Научный руководитель	1441,76	0,3	0,2	1,3	12	33737.18
Итого						209890.69

4.1.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

В данную статью расходов входит заработная плата, начисленная рабочим и служащим в соответствии с действующим законодательством, в том числе оплата очередных отпусков рабочих, времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей.

Зная основную заработную плату, можно рассчитать дополнительную заработную плату в размере 12 % от основной:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (16)$$

где

$k_{доп}$ – коэффициент дополнительная заработная плата;

$Z_{осн}$ – основная заработная плата.

Таблица 12 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнители	$k_{доп}$	$Z_{осн}$, руб.	$Z_{доп}$, руб.
Студент	0,12	176153.50	21138.42
Научный руководитель	0,12	33737.18	4048.46
Итого			25186.88

4.1.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данную статью затрат включаются отчисления в органы социального страхования, пенсионные фонды и отчисления медицинского страхования.

Отчисления во внебюджетные фонды рассчитываются как:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (17)$$

где

$k_{внеб}$ – коэффициент внебюджетные фонды; в 2019 г., в соответствии с Федеральным законом для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность, используется пониженная ставка – 30%;

$З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Таблица 13 – Расчет страховых отчислений

Исполнители	$k_{внеб}$	$З_{доп}$	$З_{осн}$	$З_{внеб}$
Студент	0,30	21138.42	176153.50	59187.58
Научный руководитель	0,30	4048.46	33737.18	11335.69
Итого				70523.27

4.1.4.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов, оплата услуг связи, электроэнергии и т.д. Их величина определяется согласно следующей формуле:

$$З_{накл} = k_{накл} \cdot (\text{сумма статей расходов}), \quad (18)$$

где

$k_{накл}$ – коэффициент накладных расходов, принятый за 16 %.

Таблица 14 – Расчет накладных расходов

Статьи затрат	Сумма, руб.
Материальные затраты	338
Затраты на амортизацию	4142
Затраты на основную заработную плату	209890.69
Затраты на дополнительную заработную плату	25186.88
Затраты на отчисления во внебюджетные фонды	70523.27
Накладные расходы	49362.80

4.1.4.9 Формирование бюджета затрат проекта разработки

Рассчитанные величины затрат научно-исследовательской работы являются основой для формирования бюджета затрат проекта. Результаты

составления итогового бюджета разработки представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Бюджет затрат на разработку

Наименование	Сумма, руб.	Удельный вес, %
Материальные затраты	250	0.09
Затраты на амортизацию	4142.00	1.15
Затраты на основную заработную плату	209890.69	58.39
Затраты на дополнительную заработную плату	25186.88	7.01
Затраты на отчисления во внебюджетные фонды	70523.27	19.62
Накладные расходы	49362.80	13.73
Общий бюджет	359443.64	100

4.1.5 Определение потенциального эффекта разработки

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i b_i, \quad (19)$$

где

I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i-го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i-го варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i-го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Результат расчета интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в таблице 16. В качестве аналогов выбран «Электронный язык» 2018 года, разработанный студентами СПбГУ (в таблице обозначен как БЭЯСПбГУ), и Электронный язык TS-5000Z (в таблице обозначен как Б_{TS}), разработанный Ясуке Тахарой и Киоши Токо.

Таблица 16 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии оценки	Весовой коэффициент параметра	Баллы		
		Б _р	Б _{эяспбгу}	Б _{тс}
1. Стоимость	0,3	5	3	1
2. Использование доступных, недорогих электродов	0,3	4	2	1
3. Возможность обучить систему под любую среду	0,2	4	3	4
4. Точность кластеризации	0,2	3	3	5
ИТОГО	1	16	11	11
Значение интегрального показателя	-	4,1	2,7	2,4

Из значений интегрального показателя ресурсоэффективности системы и ее существующих аналогов можно сделать вывод о ее высокой конкурентоспособности.

Выводы к главе 4

В ходе осуществления оценки конкурентоспособности разработки было установлено, что разработанная система обладает высоким уровнем конкурентоспособности; общая длительность разработки составляет 117 календарных дней (период с 20.01.2019 по 22.05.2019); общий бюджет был оценен в 359443.64рублей.

Разработанная система может использоваться предприятиями и группами контроля качества продукции для решения задач контроля качества пищевой продукции. При этом разработанная система значительно упростит и ускорит процесс контроля и уменьшит необходимость в проведении химических анализов.

5 Социальная ответственность

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка самообучающейся системы контроля качества пищевой продукции.

В данном разделе ВКР исследованы меры по защите работника от возможного негативного воздействия среды, а также вредные и опасные факторы среды, а также рассмотрены возможные чрезвычайные ситуации и необходимые действия, которые разработчик должен выполнить в случае возникновения чрезвычайной ситуации.

Разработанная система может использоваться пищевыми предприятиями для контроля качества продукции, а также мобильными группами контроля качества продуктов.

Были выделены и рассмотрены следующие факторы, воздействующие на разработчика программы:

1. Недостаточная освещенность рабочей зоны
2. Отклонение параметров микроклимата
3. Превышения уровня шума
4. Нервно-психические перегрузки.

К опасным факторам при работе с персональным компьютером и осциллографом относятся высокое напряжение и возможность короткого замыкания, влекущего за собой опасность поражения разработчика электрическим током. Рассмотрены вопросы правового регулирования трудовых отношений, связанных с использованием разработанной системы.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Государственный надзор и контроль в организациях независимо от организационно-правовых форм и форм собственности осуществляют специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с федеральными законами. Согласно трудовому кодексу РФ:

- продолжительность рабочего дня не должна превышать 40 часов в неделю;
- во время регламентированных перерывов целесообразно выполнять комплексы упражнений и осуществлять проветривание помещения.

Существуют также специализированные органы, осуществляющие государственный контроль и надзор в организациях на предмет соблюдения существующих правил и норм.

К таким органам относятся:

- Федеральная инспекция труда;
- Государственная экспертиза условий труда Федеральной службы по труду и занятости населения;
- Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека и др.

5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Рабочее место для выполнения работ сидя организуют при легкой работе, не требующей свободного передвижения работающего, а также при работе средней тяжести в случаях, обусловленных особенностями технологического процесса.

Конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы.

Очень часто используемые средства отображения информации, требующие точного и быстрого считывания показаний, следует располагать в вертикальной плоскости под углом $\pm 15^\circ$ от нормальной линии взгляда и в горизонтальной плоскости под углом $\pm 15^\circ$ от сагиттальной плоскости, которые представлены на рисунке 30.

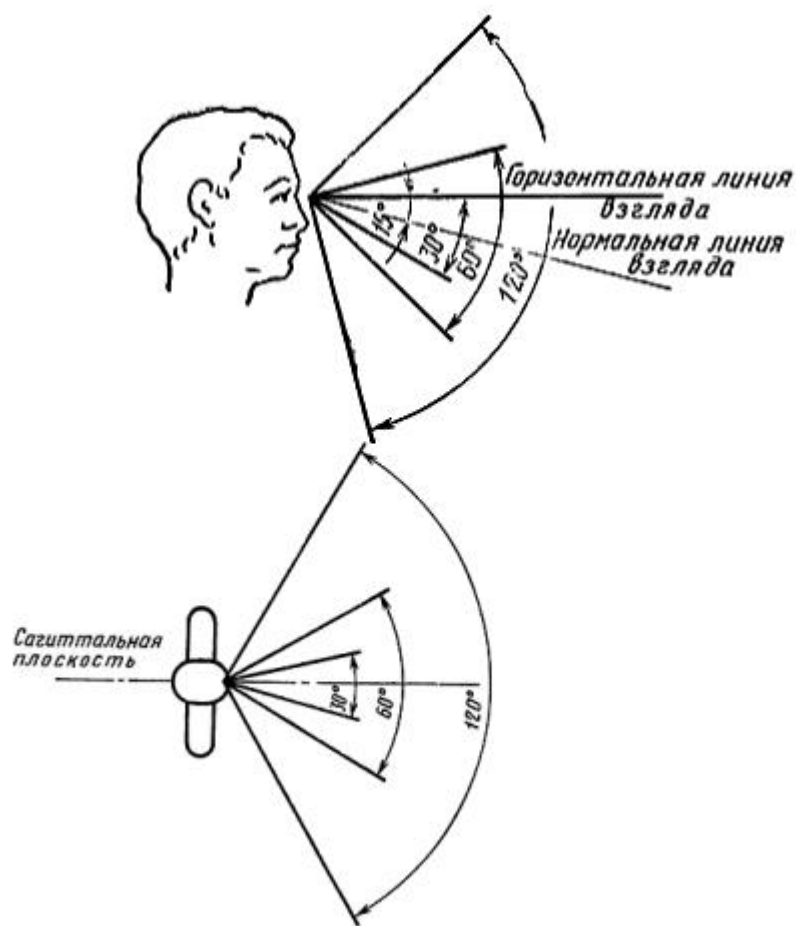


Рисунок 30 – Зоны зрительного наблюдения в горизонтальной плоскости и в вертикальной плоскости

5.2 Производственная безопасность

Вредные и опасные факторы, воздействующие на сотрудника, устанавливаются согласно ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

Опасные и вредные факторы при выполнении работ по разработке программы:

Таблица 17 – Вредные и опасные факторы

Источник фактора, наименования видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Разработка системы контроля качества пищевой продукции	1. Недостаточная освещенность рабочей зоны; 2. Превышение уровня шума на рабочем месте; 3. Отклонение параметров микроклимата на рабочем месте; 4. Психофизиологические факторы: нервно-психические нагрузки; 5. Монотонность труда.	1. Электрический ток (использование ПК и осциллографа); 2. Возможность короткого замыкания; 3. Повышенный уровень статического электричества.	Освещение, шум, статическое электричество, психофизиологические факторы: СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [18]; ТОИ П-45-084-01 [19]. Микроклимат: СанПиН 2.2.4.548-96 [20]; СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Электрический ток, короткое замыкание: «Правила устройства электроустановок» утвержденные Главтехуправлением, Госэнергонадзором Минэнерго СССР 05.10.1979 г. [21]; ГОСТ 12.1.033-81 [22] «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей», утвержденные

Продолжение таблицы 17 - Вредные и опасные факторы

			приказом Минэнерго России от 13.01.2003 г. №6 «Межотраслевые правила охраны труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок» (ПОТ РМ 016-2001), утвержденные Постановлением Минтруда России от 05.01.2001 г №3
--	--	--	--

5.2.1 Недостаточная освещенность рабочей зоны

При разработке программы к негативным факторам можно отнести повышенные урони излучения, а также увеличенную нагрузку на зрительные органы.

Требования к освещению установлены в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 (таблица 18).

Таблица 18 – Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ

Освещенность на рабочем месте	300-500 лк
Освещенность на экране ПЭВМ	Не выше 300 лк
Блики на экране	Не выше 40 кд/м ²
Прямая блесткость иточника света	200 кд/м ²
Показатель ослепленности	Не более 20
Показатель дискомфорта	Не более 15
Отношение ярости между рабочими поверхностями	3:1-5:1 10:1
Коэффициент пульсации	Не более 5%

5.2.2 Превышение уровня шума

В производственных помещениях при выполнении основных или вспомогательных работ с использованием ПЭВМ уровни шума на рабочих местах не должны превышать предельно допустимых значений, установленных для данных видов работ в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 установлены допустимые значения уровней звукового давления, создаваемого ПЭВМ (таблица 19).

Таблица 19 – Допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот и уровня звука, создаваемого ПЭВМ

Уровни звукового давления, дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц.									Уровни звука в дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

5.2.3 Отклонение параметров микроклимата

В производственных помещениях, в которых работа с использованием ПЭВМ является основной (диспетчерские, операторские, расчетные, кабины и посты управления, залы вычислительной техники и др.) и связана с нервно-эмоциональным напряжением, должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата для категории работ 1а и 1б в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами микроклимата производственных помещений.

Содержание вредных химических веществ в производственных помещениях, в которых работа с использованием ПЭВМ является основной (диспетчерские, операторские, расчетные, кабины и посты управления, залы вычислительной техники и др.), не должно превышать предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест в соответствии с действующими гигиеническими нормативами.

Также указывается, что в помещениях с ПЭВМ должна ежедневно

проводиться влажная уборка.

Уставленные гигиенические нормативы для помещений с ВДТ и ПЭВМ для категории работы 1б приведены в таблице 20.

Таблица 20 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений (СанПиН 2.2.4.548-96)

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	1б (140-174	21-23	20-24	60-40	0,1
Теплый	Вт)	22-24	21-25	60-40	0,1

5.2.4 Статическое электричество

В помещениях, оборудованных ПЭВМ, токи статического электричества чаще всего возникают при прикосновении персонала к любому из элементов ПЭВМ. Такие разряды опасности для человека не представляют, однако кроме неприятных ощущений могут привести к выходу оборудования из строя.

Для предотвращения образования и защиты от статического электричества в помещении используются нейтрализаторы и увлажнители, а полы имеют антистатическое покрытие в виде поливинилхлоридного антистатического линолеума.

Также в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 установлен максимальный допустимый электростатический потенциал экрана видеомонитора – 500 В.

В качестве мер уменьшения влияния вредных факторов на пользователя используются защитные фильтры для мониторов, увлажнители воздуха. Должны использоваться розетки с заземлением. Требуется проводить регулярную влажную уборку.

5.2.5 Психофизиологические факторы

Работа с ПК сопряжена с воздействием вредных психофизиологических факторов, в частности, нервно-психических перегрузок. Для снижения воздействия вредных факторов, устанавливаются перерывы в работе для отдыха сотрудников. Суммарное время регламентированных перерывов при работе с ПК зависит от категории трудовой деятельности и уровня нагрузки за рабочую смену. В таблице 21 приведено суммарное время отдыха для каждой категории работ.

Таблица 21 – Суммарное время перерывов в зависимости от категории работы и нагрузки

Категория работы с ПЭВМ	Уровень нагрузки за рабочую смену при видах работ с ПЭВМ			Суммарное время регламентированных перерывов при 8-часовой смене, мин
	Группа А, количество знаков	Группа Б, количество знаков	Группа В, часов	
I	До 20000	До 15000	До 2	50
II	До 40000	До 30000	До 4	70
III	До 60000	До 40000	До 6	90

При разработке программы уровень нагрузки относился к группе В, категория работы III. Согласно таблице, суммарное время перерывов необходимо установить не менее 90 минут. По типовой инструкции по охране труда при работе на персональном компьютере ТОО Р-45-084-01 для данной категории работ требуется установить перерывы по 15 минут каждый трудовой час.

5.2.6 Электрический ток

К опасностям использования электрического тока относятся возможность поражения электрическим током, а также возгорания электронных устройств из-за воздействия различных условий – попадания влаги или нарушения изоляции. Поражение электрическим током может привести к ожогам, судорогам, повреждению нервной системы, а также

смерти. Возникновение пожара может привести к последствиям, описанным в ГОСТ 12.1.033-81.

Во избежание негативных эффектов необходимо соблюдать правила пожарной и электрической безопасности. Подготовка к возникновению данных ситуаций должна производиться до начала работы.

Требования безопасности при эксплуатации электрооборудования регламентируются следующими нормативными актами:

- Правилами устройства электроустановок (издание шестое с отдельными разделами и главами в издании седьмом), утвержденными Главтехуправлением, Госэнергонадзором Минэнерго СССР 05.10.19 г.
- Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей, утверждёнными Приказом Минэнерго России от 13.01.2003 г. №6;
- Межотраслевыми правилами охраны труда (правилами безопасности) при эксплуатации электроустановок (ПОТ РМ 016-2001), утвержденными Постановлением Минтруда России от 05.01.2001 г. №3.

Согласно им:

- Электрооборудование, имеющее контакты для подключения заземления, должно быть заземлено, а помещения, где размещаются рабочие места с ПЭВМ, должны быть оборудованы защитным заземлением (занулением) в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации оборудования;
- Все крышки и защитные панели должны находиться на своих местах (при отсутствии крышки или защитной панели эксплуатация электрооборудования не допускается);
- При работе с электрооборудованием не допускать попадания влаги на поверхность электрооборудования, а также запрещается работать на электрооборудовании влажными руками;

- Вентиляционные отверстия электрооборудования не должны быть перекрыты находящимися вплотную стенами, мебелью, посторонними предметами;
- Выдергивание штепсельной вилки электроприбора необходимо осуществлять за корпус штепсельной вилки, при необходимости придерживая другой рукой корпус штепсельной розетки;
- подключение и отключение разъемов компьютеров и оргтехники должно производиться при отключенном питании (за исключением подключения и отключения USB-устройств);
- Удаление пыли с электрооборудования должно производиться в отключенном от электрической цепи состоянии
- Перед использованием электроприборов необходимо проверить надёжность крепления электророзетки, свериться с номиналом используемого напряжения;
- Корпуса штепсельных розеток и выключателей не должны содержать трещин, оплавлений и других дефектов, способных снизить защитные свойства или нарушить надёжность контакта;
- Кабели (шнуры) электропитания не должны содержать повреждений изоляции, сильных изгибов и скручиваний;

5.3 Экологическая безопасность

Для разработки системы контроля качества пищевой продукции необходим компьютер и осциллограф, потому воздействие на литосферу происходит исключительно при их утилизации. В ходе разработки возможно повышение температуры ПК и осциллографа, при этом они являются источником электромагнитного и ионизирующего излучения, а также шума. Для защиты здоровья сотрудников, работающих с устройствами, рекомендуется соблюдать необходимую дистанцию при работе (от 0.5 до 1 м), а также использовать эффективные охлаждающие системы и наиболее современное и эффективное оборудование.

Федеральный закон № 89 от 1998г. «Об отходах производства и потребления» [21] запрещает юридическим лицам самовольно избавляться от опасных отходов. Этим видом деятельности, согласно постановлению Правительства РФ № 340 от 2002 г. [22], могут заниматься только специализированные структуры. В их число входят и фирмы, которые занимаются утилизацией электронных отходов.

Обращение с отходами регламентируется ГОСТ Р 53692-2009 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами.» [23].

Поэтому, при необходимости утилизировать вышедшую из употребления электронику наиболее безопасным для окружающей среды способом необходимо обращаться в специализированную компанию по утилизации. Такие компании действуют на всей территории Российской Федерации, в том числе и в Томской области.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией при работе является пожар на рабочем месте. В качестве противопожарных мероприятий должны быть применены следующие меры:

- В помещении должны находиться средства тушения пожара, средства связи;
- Электрическая проводка электрооборудования и осветительных приборов должна быть исправна;
- Все сотрудники должны знать место нахождения средств пожаротушения и уметь ими воспользоваться, средства связи и номера экстренных служб.

Связи с возможностью возникновения пожара разработан следующий план действий:

- В случае возникновения пожара сообщить о нем руководителю, постараться устранить очаг возгорания имеющимися силами при

помощи первичных средств пожаротушения (огнетушитель порошковый, углекислотный О-1П0 (з)-ABCE);

- Привести в действие ручной пожарный извещатель, если очаг возгорания потушить не удастся;
- Сообщить о возгорании в службу пожарной охраны по телефону 01 или 101, сообщить адрес, место и причину возникновения пожара;
- Принять меры по эвакуации людей и материальных ценностей;
- Встретить пожарную охрану, при необходимости сообщить всю необходимую информацию и оказать помощь при выборе наилучшего подхода к очагу возгорания;
- Рабочее помещение оборудовано в соответствии с требованиями пожарной безопасности. Имеется порошковый огнетушитель, а также пожарная сигнализация и средства связи.

Выводы к главе 5

В ходе выполнения работы над разделом «Социальная ответственность» были выявлены опасные и вредные факторы, воздействию которых может подвергнуться человек, разрабатывающий систему контроля качества пищевой продукции. Также был проведен анализ нормативной документации.

Установлено, что рабочее место удовлетворяет требованиям безопасности. Выполняемая работа не сопряжена с высоким риском травматизма. Освещение на рабочем месте соответствует нормам – используются энергосберегающие лампы. Уровни шума находятся в допустимых пределах – источником шума при эксплуатации ПК является система охлаждения. Микроклиматические условия соблюдаются за счет использования систем отопления и кондиционирования. В виду того, что корпус ПК и осциллографа является токонепроводящим, необходимость в мерах против статического электричества отсутствует. Во время работы осуществляются перерывы для снижения нагрузки и предотвращения нервно-

психических перегрузок. Помещение оборудовано согласно требованиям электробезопасности. Рабочее помещение оборудовано в соответствии с требованиями пожарной безопасности. Имеется порошковый огнетушитель, а также пожарная сигнализация.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного обзора было выяснено, что в настоящий момент существует три основных способа анализа пищевых продуктов:

- Химический способ,
- Дегустационная комиссия,
- Электронный язык.

Данные способы отличаются дороговизной, сложностью и большими временными затратами. Из выше указанных способов в представленном дипломном проекте была выбрана разработка системы «Электронный язык», так как данное устройство является перспективным в плане полной автоматизации и цифровизации. Также отсутствие устройств российского производства открывает свободную нишу для его внедрения.

При разработке технического решения в данной работе основной акцент делается на дешевизне, простоте и легкой заменяемости компонентов датчика, а его распознающая способность формируется за счет интеллектуальной программной части, основанной на методологии машинного обучения.

В ходе работы над устройством было решено использовать потенциометрический метод определения кислотности исследуемой жидкой пищевой среды и электроды, разрешенные к контакту с пищевыми продуктами:

- Медь (Cu),
- Алюминий (Al),
- Нихром (NiCr80/20) ,
- Олово(Sn).

Выбранные способы измерения и материалы электродов удовлетворяют выдвинутые в работе (и указанные выше) требования к аппаратной части измерительной системы.

Для получения устойчивого стабильного сигнала, на основании 35 проведенных экспериментов, при разной глубине погружения электродов и

разном расстоянии между ними было получено наиболее оптимальное конструктивное решение:

- Глубина погружения – 2 см;
- Расстояние между электродами – 2 см.

В результате работы были проведены 361 эксперимент с различными жидкими пищевыми средами. Для анализа результатов была использована самоорганизующаяся карта Кохонена. Для работы с ней были скомпонованы таблицы из полученных результатов измерений.

Была проведена серия экспериментов по делимости данных на карте Кохонена при различных интервалах времени измерения и количестве выходных кластеров. В результате чего получили следующие результаты/выводы:

- Нейронная сеть всегда однозначно отделяет 0 % (воду) от остальных сред;
- Объединены в общий кластер 10, 30 и 50 % апельсиновые соки;
- Объединены в общий кластер 70 и 100 % апельсиновые соки;
- Начиная с 50% (в меньшей степени) и заканчивая 100% (в большей) наблюдается создание одиночных кластеров. Это связано с большей кислотностью среды и большей активностью протекания реакций. Имеет место большое количество выбросов и разбросов полученных напряжений. Напротив, на 0, 10 и 30% наблюдаются прямолинейные результаты без выбросов;
- Наиболее оптимальные результаты показывает промежуток времени (0 – 15) секунд с количеством выходных кластеров равным 4 и 6.

При добавлении к собранной базе данных результатов экспериментов промышленно изготовленных жидких пищевых сред для сравнения с эталонными было получено, что:

- Сок «Привет» имеет больше признаков объединяющих его с водой, нежели разбавленными соками;

- Сок «Dario» имеет общие признаки с разбавленными соками 10 и 30% концентрации.

При проведении анализа методом К-средних на тех же данных были получены результаты близкие к результатам карты Кохонена. Но в дальнейшей работе будем пользоваться картой Кохонена, как более информативной.

В результате проделанной работы был сделан вывод, что выбранный метод разработки системы показал результаты, оправдывающие выбор методики, элементов и параметров системы, позволив сделать акцент на интеллектуальную часть системы с простой реализацией аппаратной части.

На данный момент разработана функциональная электрическая схема. В дальнейшем планируется реализовать аппаратную часть на основе контроллера с процессором ARM с ядром Cortex M7. Выбор данного контроллера обуславливается тем, что он имеет 24-разрядное прецизионное АЦП. Этот параметр важен в нашей работе, так как устройство должно будет снимать потенциал с электродов порядка мВ, учитывая этот факт, точность значений должна быть высока.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Что такое кислотность и методы ее определения [Электронный ресурс]: ЭкоЮнит. Измерительное оборудование URL: https://www.ecounit.ru/artikle_65.html - дата обращения: 21.03.2019
2. Yusuke Tahara and Kiyoshi Toko. Electronic Tongues—A Review. – IEEE SENSORS JOURNAL, VOL. 13, NO. 8, AUGUST 2013;
3. pH-метрия, водородный показатель, понятие pH, буферные растворы. Определение pH в воде. [Электронный ресурс]: Общая экология URL: <https://all-ecology.ru/index.php?request=full&id=266> - дата обращения: 21.03.2019
4. Podrażka, M.; Bączyńska, E.; Kundys, M.; Jeleń, P.S.; Witkowska Nery, E. Electronic Tongue—A Tool for All Tastes? *Biosensors* 2018, 8, 3;
5. Rewanthwar Swathi Latha, P. K. Lakshmi; Electronic tongue: An analytical gustatory tool. *Biosensors* 2018, 8, 3;
6. K. Toko, “Taste sensor with global selectivity,” *Mater. Sci. Eng., C*, vol. 4, no. 2, pp. 69–82, Jun. 1996;
7. А-Дарзана/Редкол.: Кнунянц И. Л. (гл. ред.) и др., Химическая энциклопедия. Т. 1. — М.: Советская энциклопедия, 1990. — 623 с.;
8. Перечень материалов, изделий и оборудования, допущенных для контакта с пищевыми продуктами. Часть 1. [Электронный ресурс]: Электронный Фонд Правовой и Нормативной документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200068428> - дата обращения: 22.12.2018
9. Электрохимический ряд активности металлов [Электронный ресурс]: Википедия URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Электрохимический_ряд_активности_металлов - дата обращения: 13.04.2019
10. РАЗНОСТЬ ЭЛЕКТРОДНЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ [Электронный ресурс]: Батарейки URL: https://xn--80aabsph9bq.xn--p1ai/electrode_pot.php - дата обращения: 13.04.2019

11. selforgmap [Электронный ресурс]: MathWorks URL: https://www.mathworks.com/help/deeplearning/ref/selforgmap.html?s_tid=doc_ta - дата обращения: 11.05.2019
12. Сок. Производство восстановленного сока [Электронный ресурс]: Википедия URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Сок#Производство_восстановленного_сока - дата обращения: 18.05.2019
13. Cortex-M7 [Электронный ресурс]: armDeveloper URL: <https://developer.arm.com/ip-products/processors/cortex-m/cortex-m7> - дата обращения: 20.05.2019
14. АЦП (Аналого-цифровой преобразователь) [Электронный ресурс]: Национальная библиотека им. Н. Э. Баумана URL: [https://ru.bmstu.wiki/АЦП_\(Аналого-цифровой_преобразователь\)](https://ru.bmstu.wiki/АЦП_(Аналого-цифровой_преобразователь)) - дата обращения: 20.05.2019
15. СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах" // Техноэсперт URL: <http://docs.cntd.ru/document/420362948> - дата обращения: 22.04.2019
16. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений // Техноэсперт URL: <http://docs.cntd.ru/document/901704046> - дата обращения: 22.04.2019
17. ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования // Техноэсперт URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200003913> - дата обращения: 22.04.2019
18. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 // Техноэсперт URL: <http://docs.cntd.ru/document/901865498> - дата обращения: 24.04.2019
19. ТОИ Р-45-084-01 Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере // Техноэсперт URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200030047/> - дата обращения: 24.04.2019
20. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы"

(с изменениями на 21 июня 2016 года) // Техноэсперт URL:
<http://docs.cntd.ru/document/901865498> - дата обращения: 24.04.2019

21. ГОСТ 12.1.033-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).
Пожарная безопасность. Термины и определения (с Изменением N 1) //
Техноэсперт URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200003841/> - дата обращения:
24.04.2019

22. Об утверждении Правил технической эксплуатации
электроустановок потребителей // Техноэсперт URL:
<http://docs.cntd.ru/document/901839683> - дата обращения: 24.04.2019

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

ГРАФИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РАЗНОСТИ ПОТЕНЦИАЛОВ

Результаты при различных средах

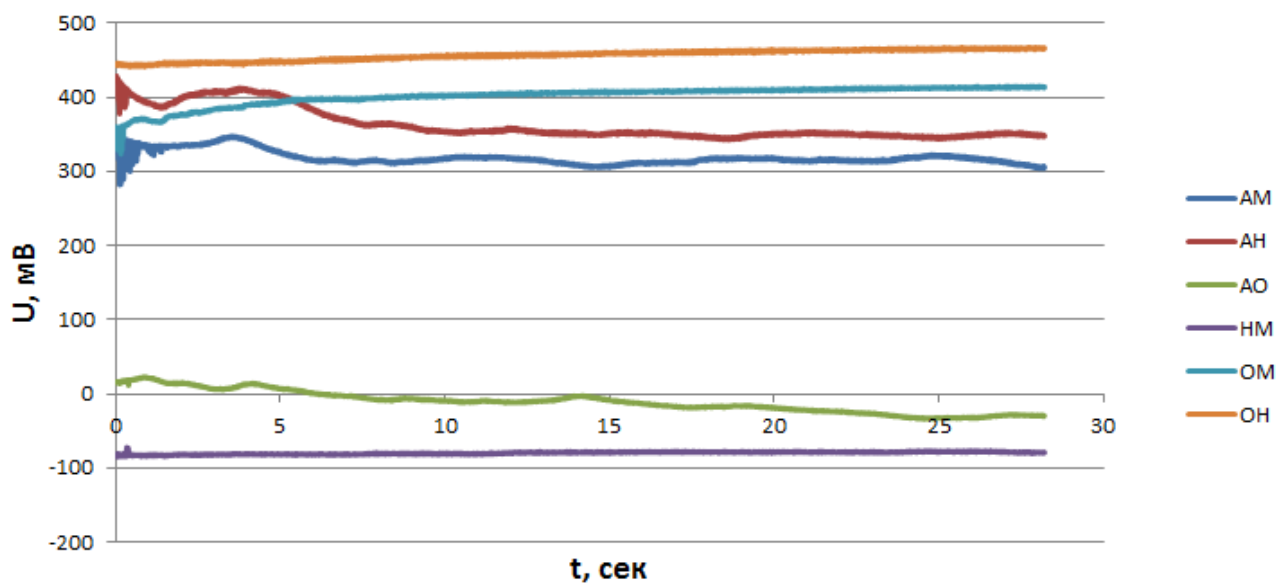


Рисунок А.1 – 70 % апельсиновый сок

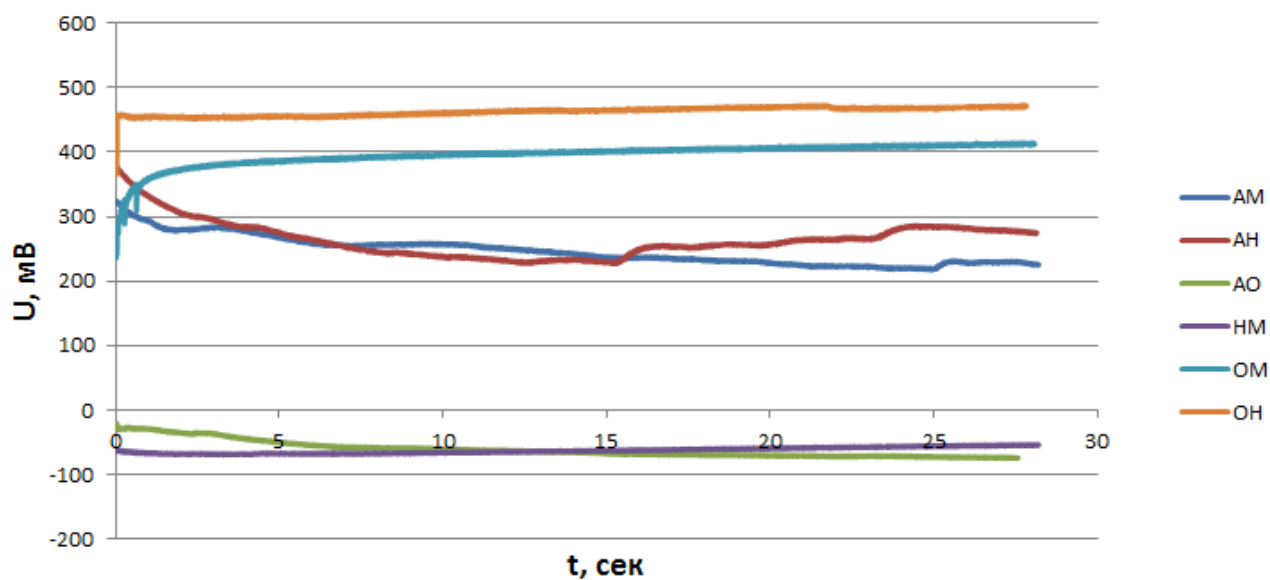


Рисунок А.2 – 50 % апельсиновый сок

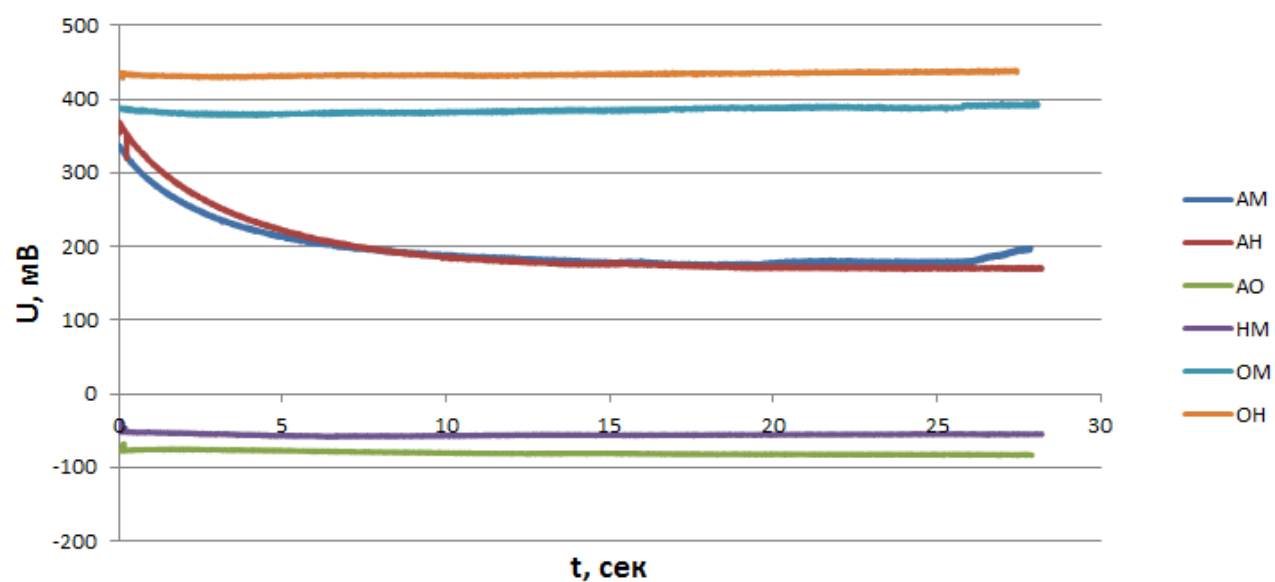


Рисунок А.3 – 30 % апельсиновый сок

Результаты для различных пар электродов

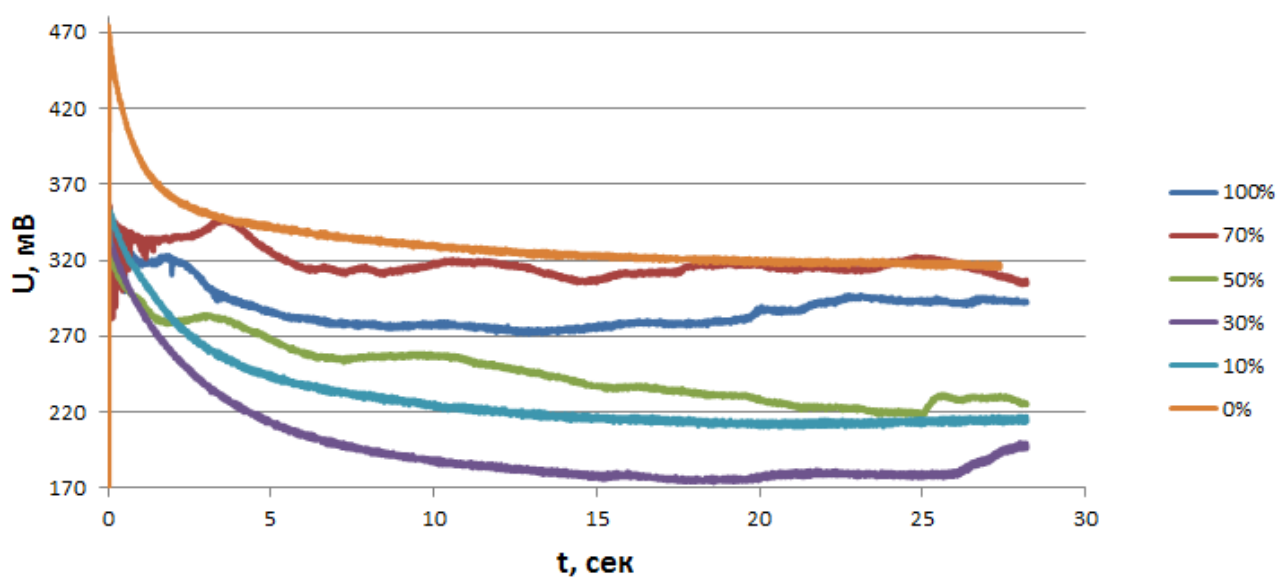


Рисунок А.4 – Пара электродов Алюминий-Медь в апельсиновом соке различной концентрации

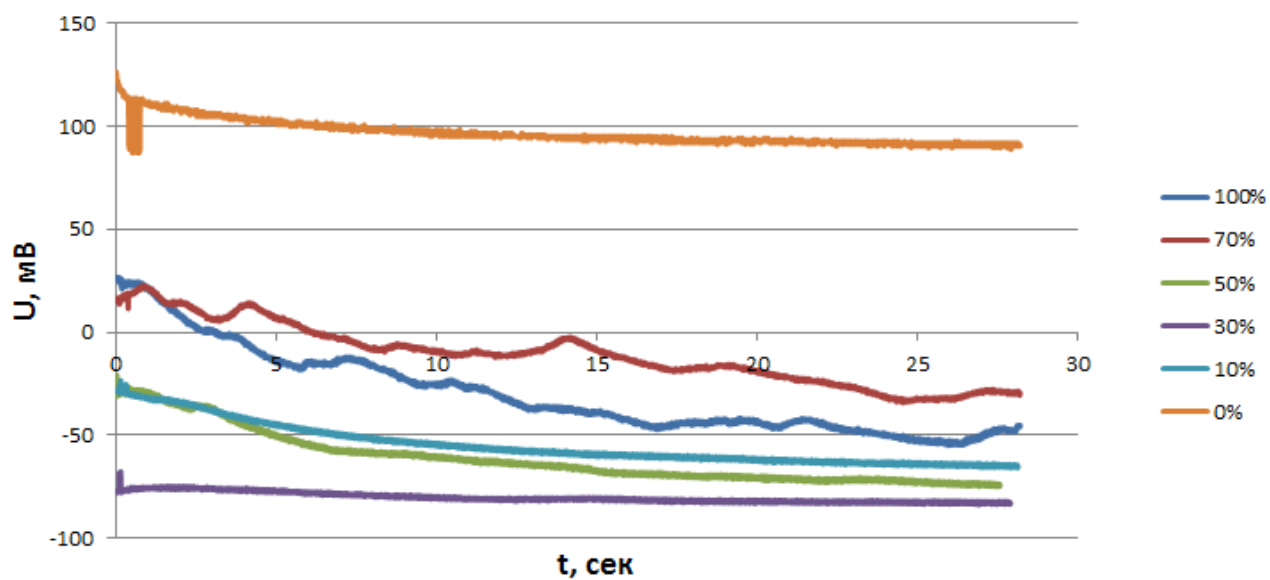


Рисунок А.5 – Пара электродов Алюминий-Олово

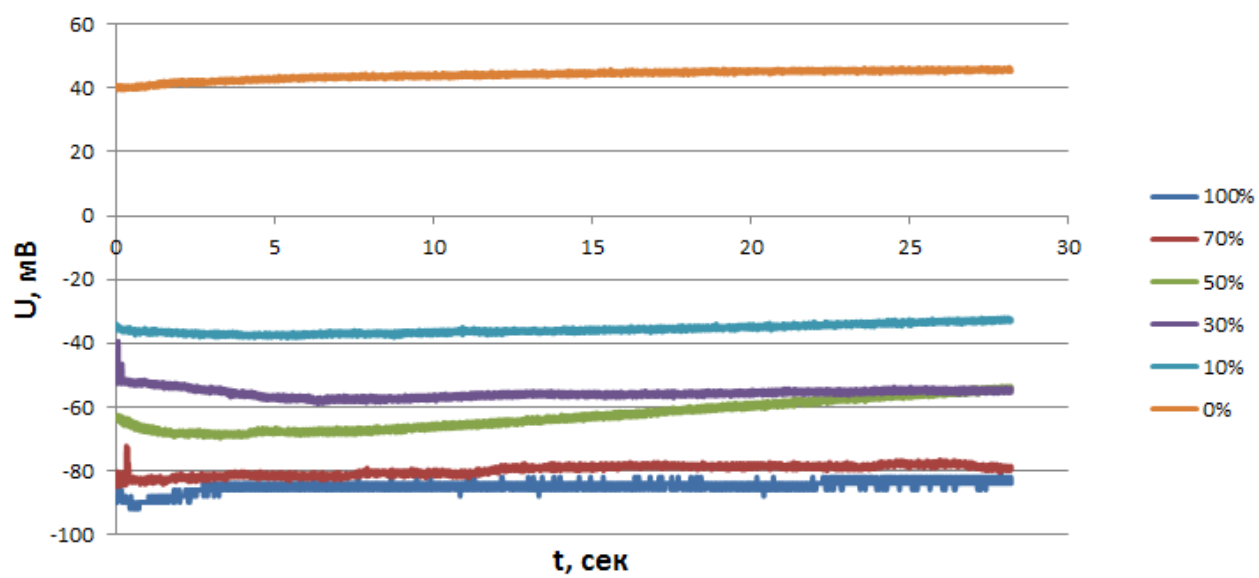


Рисунок А.6 – Пара электродов Нихром-Медь

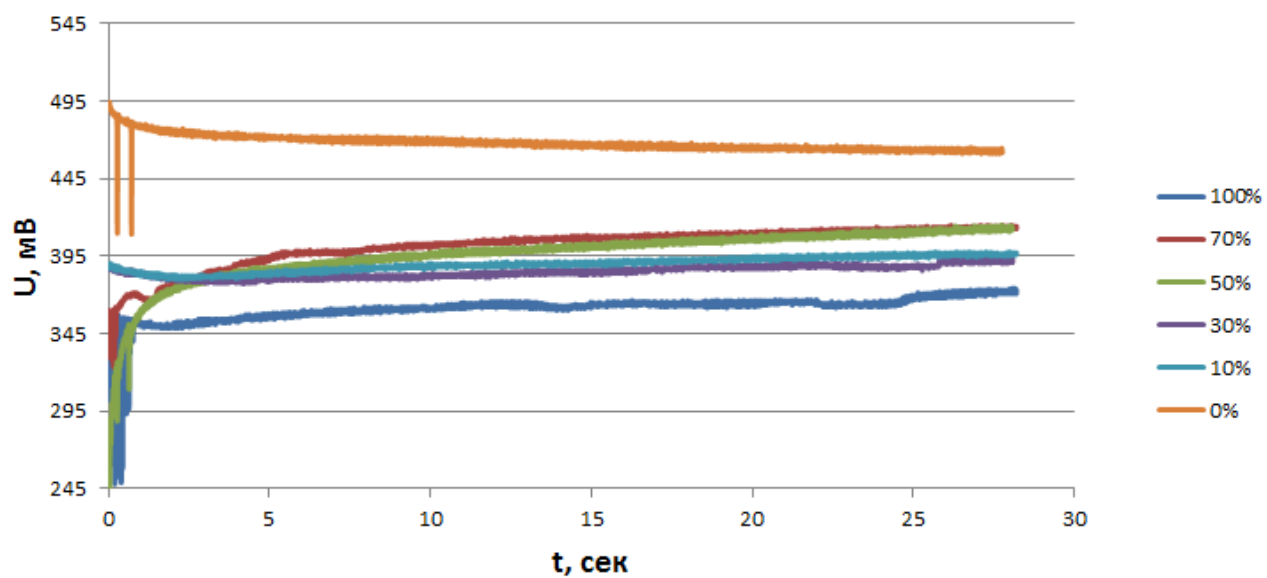


Рисунок А.7 – Пара электродов Олово-Медь

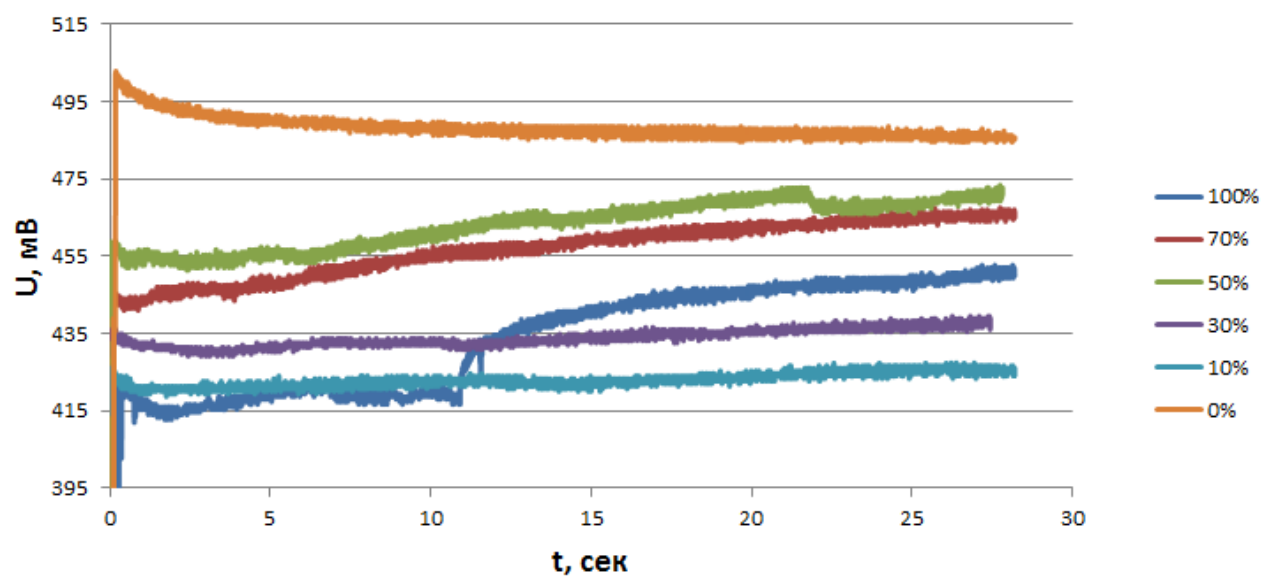


Рисунок А.8 – Пара электродов Олово-Нихром

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

ТАБЛИЧНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАЗДЕЛЕНИЯ

Результаты для промежутка времени (0 – 15) с.

Таблица Б.1 – Время (0 – 15) с. 4 выходных кластера

Исследуемая среда	Количество входных векторов	Полученные кластеры
0 % (Вода)	6 векторов	Класс из 6 векторов
10 % сок	6 векторов	Объединено в отдельный класс из 18 векторов
30 % сок	6 векторов	
50 % сок	6 векторов	
70 % сок	4й вектор	Класс из 1го вектора
	6 векторов кроме 4го	Объединено в отдельный класс из 11 векторов
100 % сок	6 векторов	

Таблица Б.2 – Время (0 – 15) с. 8 выходных кластеров

Исследуемая среда	Количество входных векторов	Полученные кластеры
0 % (Вода)	6 векторов	Класс из 6 векторов
10 % сок	6 векторов кроме 1го	Класс из 5 векторов
	1й вектор	Объединено в отдельный класс из 7 векторов
30 % сок	6 векторов	
50 % сок	3-6й вектор	Класс из 4 векторов
	1й вектор	Класс из 1го вектора
	2й вектор	*
70 % сок	4й вектор	Класс из 1 вектора
	6 векторов кроме 4го	Объединено в отдельный класс из 11 векторов *(+2й вектор из 50%)
100 % сок	6 векторов кроме 2го	
	2й вектор	Класс из 1го вектора

Результаты для промежутка времени (10 – 20) с.

Таблица Б.3 – Время (10 – 20) с. 4 выходных кластера

Исследуемая среда	Количество входных векторов	Полученные кластеры
0 % (Вода)	6 векторов	Класс из 6 векторов
10 % сок	6 векторов	Объединено в отдельный класс из 15 векторов
30 % сок	6 векторов	
50 % сок	2-4й вектор	
	1, 5, 6 вектор	Объединено в отдельный класс из 12 векторов
70 % сок	6 векторов	
100 % сок	1-3 вектор	
	4-6 вектор	Класс из 3 векторов

Таблица Б.4 – Время (10 – 20) с. 6 выходных кластеров

Исследуемая среда	Количество входных векторов	Полученные кластеры
0 % (Вода)	6 векторов	Класс из 6 векторов
10 % сок	6 векторов	Объединено в отдельный класс из 19 векторов
30 % сок	6 векторов	
50 % сок	1й векторов	
	4-6 вектор	Класс из 4 векторов
	2й вектор	*
70 % сок	4-6 вектор	**
	1-3 вектор	Объединено в отдельный класс из 5 векторов
100 % сок	1-2 вектор	
	4, 5 вектор	Класс из 2 векторов
	3, 6 вектор	Объединено в отдельный класс из 6 векторов *(+2й вектор из 50%) **(+4-6й вектор из 70%)

Результаты для промежутка времени (15 – 25) с.

Таблица Б.5 – Время (15 – 25) с. 4 выходных кластера

Исследуемая среда	Количество входных векторов	Полученные кластеры
0 % (Вода)	6 векторов	Класс из 6 векторов
10 % сок	6 векторов	Объединено в отдельный класс из 16 векторов
30 % сок	6 векторов	
50 % сок	1, 2, 5 и 6й вектор	
	3, 4 вектор	Объединено в отдельный класс из 13 векторов
70 % сок	6 векторов	
100 % сок	6 векторов кроме 5го	
	5й вектор	Класс из 1 векторов

Таблица Б.6 – Время (15 – 25) с. 6 выходных кластеров

Исследуемая среда	Количество входных векторов	Полученные кластеры
0 % (Вода)	6 векторов	Класс из 6 векторов
10 % сок	6 векторов	Объединено в отдельный класс из 19 векторов
30 % сок	6 векторов	
50 % сок	1, 2, 5 и 6й вектор	
	3, 4 вектор	Класс из 2 векторов
70 % сок	4-6 вектор	*
	1-3 вектор	Объединено в отдельный класс из 5 векторов
100 % сок	1-2, 4 вектор	
	3, 6 вектор	Объединено в отдельный класс из 6 векторов *(+4-6й вектор из 70%)
	5й вектор	Класс из 1 векторов

**Результаты для промежутка времени (0 – 15) с., увеличенная база
входных векторов**

Таблица Б.7 – Время (0 – 15) с. 4 выходных кластеров

Исследуемая среда	Количество входных векторов	Полученные кластеры
Привет	8 векторов	Класс из 8 векторов
0 % (Вода)	6 векторов	Класс из 6 векторов
Dario	8 векторов	Объединено в отдельный класс из 26 векторов
10 % сок	6 векторов	
30 % сок	6 векторов	
50 % сок	6 векторов	
70 % сок	13 векторов	Объединено в отдельный класс из 26 векторов
100 % сок	13 векторов	

Таблица Б.8 – Время (0 – 15) с. 6 выходных кластеров

Исследуемая среда	Количество входных векторов	Полученные кластеры
Привет	8 векторов	Класс из 8 векторов
0 % (Вода)	6 векторов	Класс из 6 векторов
Dario	8 векторов	Объединено в отдельный класс из 26 векторов
10 % сок	6 векторов	
30 % сок	6 векторов	
50 % сок	6 векторов	
70 % сок	Входные вектора разделяются на 3 кластера каждый из которых имеет в себе вектор из 70 и 100% сока. Каждый из этих кластеров не отражает реальной ситуации о разделимости двух групп соков.	
100 % сок		