

**Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение  
«Лицей – инженерный центр» Советского района, г. Казани**

## **Практический проект**

**Тема: «Браслет – персональный доктор»**

Выполнил: Газизуллин Дамир Ниязович  
ученик 10А класса МАОУ  
«Лицей – инженерный центр»  
Советского района, г. Казани

Научные руководители:  
Денисов Евгений Сергеевич,  
Педагог дополнительного образования

г. Казань, 2019-2020 учебный год.

## **Содержание**

<b>Введение</b>	<b>3</b>
<b>I глава. Разработка и сборка браслета «Персональный доктор»</b>	<b>7</b>
<b>II глава. Разработка программного обеспечения устройства</b>	<b>9</b>
2.1 Написание кода для NodeMCU	9
2.2 Создание мобильного приложения с помощью Blynk	9
2.3 Передача и анализ данных в сервисе Thingspeak	11
<b>IV глава. Испытание браслета</b>	<b>13</b>
4.1 Результаты исследования	13
4.2 Определение основных направлений практического применения	14
4.3 Определение направлений развития и совершенствования проекта в будущем	15
<b>Заключение</b>	<b>16</b>
<b>Список использованной литературы</b>	<b>18</b>

## **Введение**

Развитие науки, техники и технологий с каждым днём движется вперёд, оказывая огромное влияние на различные сферы человеческой деятельности, в том числе и на медицину. Медицина не стоит на месте. В этой отрасли появляются сложные аппараты для жизнеобеспечения человека, различные роботы для ухода за больными, осуществляется разумная доставка лекарств, проводятся сложные операции, которые несколько лет назад казались невозможными.

Перспективными направлениями развития медицины являются автоматизация процессов измерения показателей состояния здоровья человека и диагностики, внедрение высокоинтеллектуальных методов анализа в том числе и внедрение робототехники. В целом можно выделить несколько основных направлений, развития робототехники в медицине. С одной стороны, это освобождение медицинского персонала от рутины (регистрация пациентов, работа с электронными картами, предоставление справочной информации), с другой – качественное улучшение лечения и решение нестандартных, сложных задач (например, использование роботов в хирургии, что позволяет сделать лечение более эффективным и менее травматичным для пациента, снизить риск развития осложнений, или использование программируемых нанороботов, которые смогут свободно перемещаться внутри организма и точно убивать раковые клетки).

По областям применения можно выделить следующие виды медицинских роботов:

1. Роботы, призванных автоматизировать труд врача. К таким системам относятся роботы для облегчения диагностики заболеваний (включая диагностику в режиме телеприсутствия), проведения хирургических операций, как da Vinci, радиационной терапии, реабилитации, анестезии и т.п.;

2. Робопациенты - это целая группа роботов-тренажёров для обучения врачей и другого медицинского персонала. Такие тренажёры имитируют пациента - целиком или только относящийся к теме обучения "фрагмент". Например, адресованная учащимся на стоматологов система Showa Hanako;

3. Роботы, призванные облегчить труд младшего медицинского персонала, например, роботы для проведения инъекций и забора анализов, роботы-тележки для обхода больных, способные вносить данные в истории болезни на основе речи врача (системы speech-to text или в виде звуковых файлов);

4. Разнообразные вспомогательные роботы, например, роботы-курьеры TransCar или TUG для транспортировки по медучреждениям лекарств, инструментов и прочего;

5. Роботы, предназначенные для реабилитации пациентов после операций или активной фазы заболеваний. Есть различные робототехнические системы восстановления подвижности после операций или инсульта, например, швейцарские системы Lokomat;

6. Робопротезы предназначены для постоянного ношения людьми с ограниченной мобильностью. Различают протезы ног, протезы рук, протезы кисти руки. Активный поиск идёт в направлении снижения стоимости таких протезов, улучшения их управляемости, автономности. Передовым является направление протезов с обратной связью - такие позволяют пациентам ощущать - к чему они прикасаются, чтобы контролировать усилия;

7. Медицинские экзоскелеты могут использоваться для возвращения частичной подвижности маломобильным категориям пациентов. Их принято разделять на реабилитационные - для ускорения восстановления пациентов после травм и операций и на те, что предназначены для постоянного ношения маломобильными людьми в домашних условиях и не только;

8. "Роботы-таблетки" - такая таблетка рассчитана на длительное активное функционирование в организме. Проглоченная пациентом, она

вводит в его организм лекарство там и в тех дозировках, где и как это обеспечивает наилучший эффект, позволяя снижать дозировки и сопутствующий вред для организма;

9. Роботы телеприсутствия могут использоваться для удалённого общения с пациентами их родственников, или, например, для общения пациентов из разных палат между собой - применение таких роботов особенно актуально для инфекционных отделений;

10. Роботы-сиделки и другие роботы - помощники пациентов. Они предназначены для облегчения жизни пациентов и могут, например, помочь встать с постели и дойти до туалета, пересесть в кресло-каталку;

11. Роботы, основанные на теории социальной взаимопомощи, адресованные пожилым людям. Пожилой пациент вынужденный взять на себя роль заботящегося о ком-либо, например, о роботе-младенце Babyloid, подсознательно ощущает свою значимость, полезность и благодаря этому его состояние улучшается. Есть также роботы "взаимной заботы", например, шведский Hobbitt - он подразумевает, что пожилой человек и робот взаимно заботятся друг о друге, забота о роботе упрощает человеку принятие заботы со стороны робота;

12. Фармацевтические роботы - направление автоматизации аптек, роботы, способные облегчить труд провизора. Это, например, Consis B2, M5000 и другие;

Данная работа посвящена актуальной задаче разработки системы мониторинга состояния здоровья человека, с возможностью передачи ключевых параметров врачу по глобальной сети Интернет.

Более конкретно, в данной работе разрабатывается и испытывается «Браслет – персональный доктор», который будет способен выполнять определённые функции младшего медицинского персонала, такие как:

- Измерение температуры тела пациента;

- Измерение частоты пульса, процентного содержания кислорода в крови;
- Снятие кардиограммы пациента;
- Измерение давления, влажности, температуры окружающей среды;
- Отправка данных в облачный сервис Blynk;
- Анализ данных на облачной платформе ThingSpeak;
- Отображение данных измерений и их обработки на устройстве, подключенном к сети Интернет.

**Тема проекта:** Браслет – персональный доктор.

**Актуальность проекта** обусловлена возможностью практического применения специальных браслетов для наблюдения за здоровьем человека.

**Гипотеза:** использование браслета-доктора практично и удобно в различных сферах деятельности и повседневной жизни человека.

**Цель работы:** Разработать и протестировать браслет, написать программное обеспечение для устройства.

**Задачи проекта:**

1. Сконструировать и изготовить браслет для сбора первичных данных о состоянии здоровья человека и передачи их в облачный сервис Blynk;
2. Разработать методику взаимодействия облачных сервисов Blynk и ThingSpeak;
3. Разработать программу обработки данных в облачном сервисе ThingSpeak;
4. Провести испытания системы;
5. Определить основные направления практического системы;
6. Обозначить направления развития и совершенствования проекта в будущем.

Практическая составляющая проекта – оценка состояния окружающей среды и диагностика состояния здоровья человека.

## I глава. Разработка и сборка браслета «Персональный доктор»

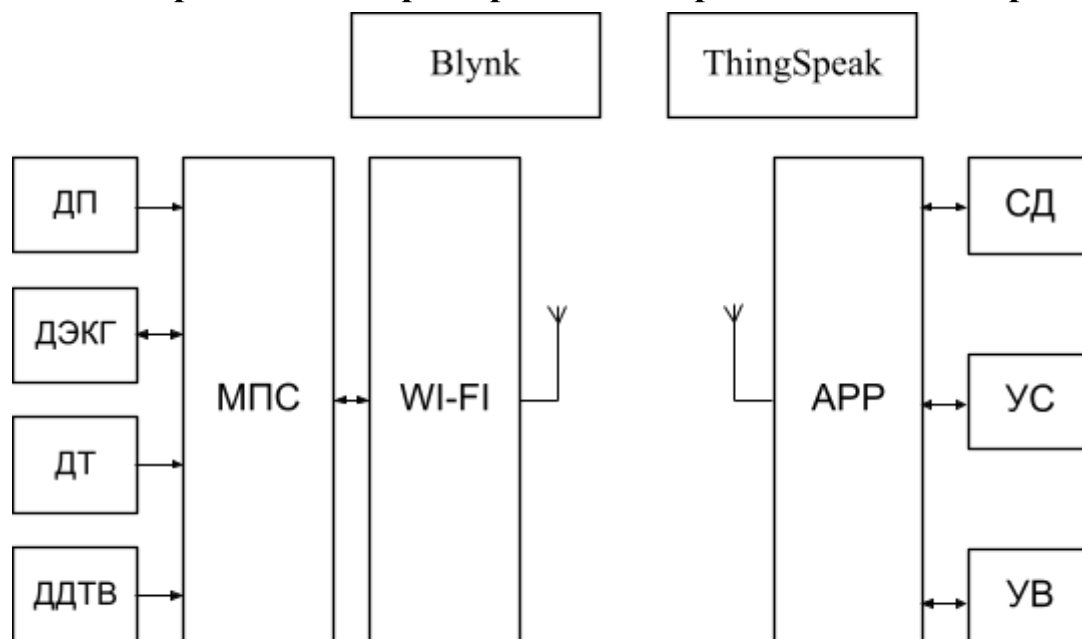


Рисунок 1 Структурная схема разрабатываемой системы

Система содержит следующие основные элементы: ДП – датчик пульса, ДЭКГ – датчик ЭКГ, ДТ – датчик температуры, ДДТВ – датчик давления, температуры и влажности окружающего воздуха, МПС – микропроцессорная система сбора данных, WI-FI – приемопередатчик для подключения к беспроводной сети, СД – сенсорный дисплей, УВ – устройство ввода информации пользователем, APP – приложение на смартфоне, Blynk и ThingSpeak – удалённый сервер.

Система работает следующим образом. Микропроцессорная система, установленная на браслете, определяет параметры, характеризующие параметры здоровья человека. Данные передаются на удаленный сервис Blynk. Затем полученные данные отправляются на сервер Thingspeak, где анализируются с помощью программы, написанной на языке MATLAB. Полученные результаты через сервис Blynk передаются на удаленное устройство (смартфон или планшет), где представляются в виде графиков, таблиц и рекомендаций.

Схема подключения датчиков к МПС показана на рис. 2.

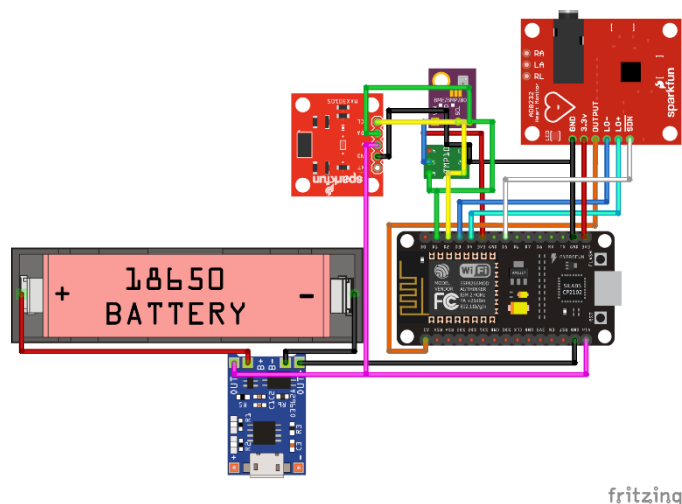


Рисунок 2 Схема подключения датчиков

В качестве МПС используются микропроцессорная система NodeMCU, 3. Программное обеспечение соответственно создавалось в среде Arduino IDE (МПС) и в приложении Blynk (APP). Упрощённая электрическая схема системы показана на рис. 3.

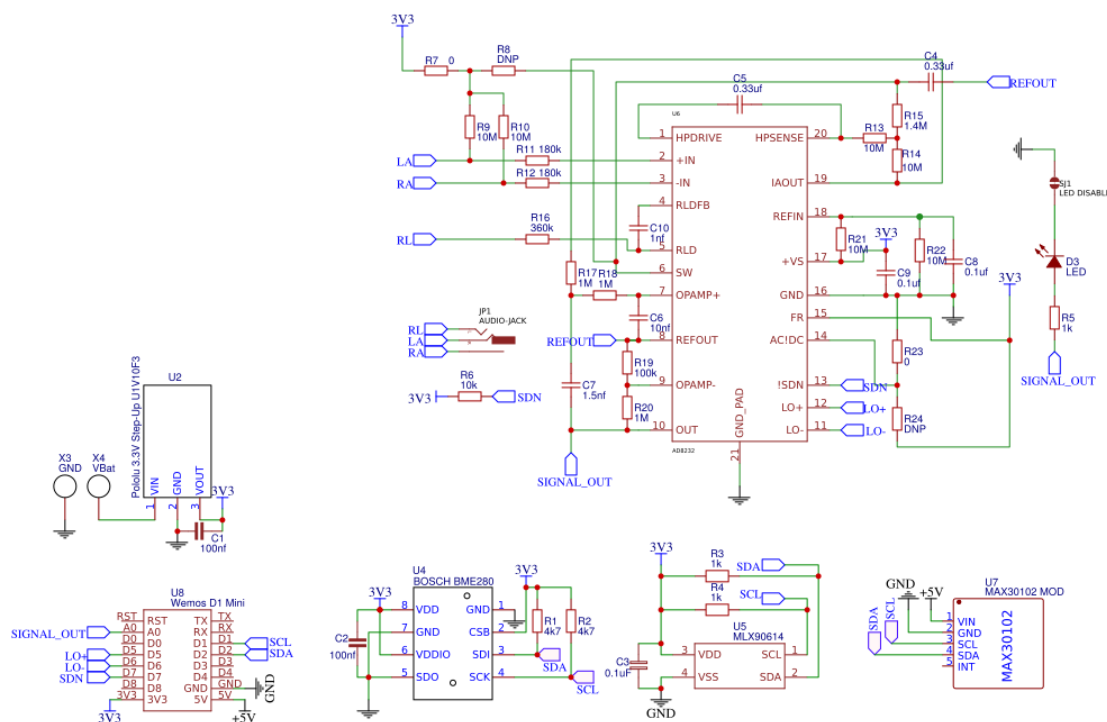


Рисунок 3 Упрощенная электрическая схема системы «Браслет – персональный доктор»



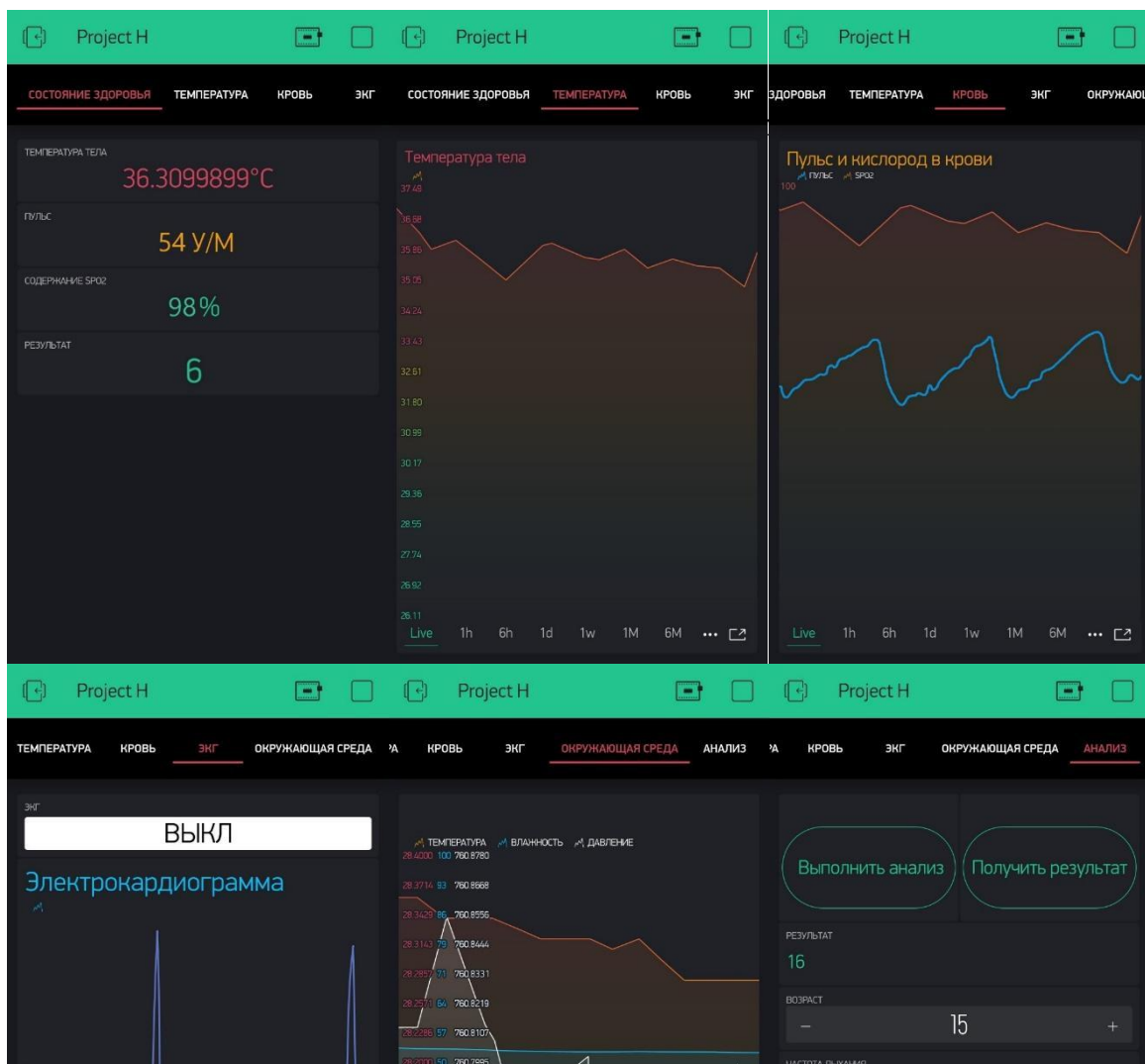
## II глава. Разработка программного обеспечения устройства

### 2.1 Написание кода для NodeMCU

Поскольку используется микроконтроллер NodeMCU, в качестве среды разработки будет использоваться Arduino IDE, в которой программы пишутся на видоизменённом C++. Также будут использоваться общедоступные библиотеки, такие как SparkFun\_MAX3010x\_Sensor\_Library, BME280, MLX90614, Blynk, BlynkESP8266\_Lib, Time. Программа выполняет функции сбора данных с датчиков и передачи их в приложение.

### 2.2 Создание мобильного приложения с помощью Blynk

Для отображения данных необходимо создать объекты Button, Labeled Value, SuperChart, Notification, Tabs для управления ДЭКГ, отображения актуальных данных, показа изменения параметров в течение определённого времени, навигации по приложению и отправки push-уведомлений при превышении нормы одним из параметров.



### **III глава Анализ данных**

#### **3.1 Медицинские системы анализа**

##### **3.1.1 Система MEWS**

Модифицированная оценка раннего предупреждения (MEWS) - это руководство, используемое медицинскими службами для быстрого определения степени заболеваемости пациента. Он основан на показателях жизнедеятельности (частота дыхания, насыщение кислородом, температура, артериальное давление, пульс / частота сердечных сокращений, реакция AVPU). Результаты были разработаны в конце 1990-х годов, когда исследования показали, что внутрибольничному ухудшению и остановке сердца часто предшествовал период увеличения нарушений жизненных функций [1].

Во всем мире MEWS основывается на том принципе, что клиническое ухудшение может быть замечено через изменения в нескольких физиологических измерениях, а также большие изменения в пределах одной переменной. Однако шкала откалибрована для разных групп населения и иногда расширяется для включения дополнительных параметров, специфичных для разных частей света. Оцененные параметры могут варьироваться, а также взвешивание оценок ухудшения. Некоторые системы также присваивают баллы другим параметрам, включая выход мочи, насыщение кислородом, скорость подачи кислорода и баллы боли.

Отсутствует консенсус в отношении того, что составляет «идеальную» систему оценки раннего предупреждения. Сравнение различных систем в клиническом использовании показывает различия в том, какие параметры оцениваются и как эти оценки присваиваются различным уровням ухудшения. Это привело к призыву в нескольких странах разработать национальный показатель раннего предупреждения, который позволил бы

стандартизировать подход к оценке и реагированию на ухудшающихся пациентов.

Показатель	3	2	1	0	1	2	3
Частота дыхания	<8	9	9-10	11-14	15-20	21-30	>30
SpO2	<85	85-89	90-92	>92			
Дополнительный кислород		Есть		Нет			
Температура	<34	34-34.9	35-35.9	36-37.9	38-38.9	>38.9	
Давление крови	<70	70-79	80-99	100-199		>199	
Частота сердцебиения	<30	30-39	40-49	50-99	100-109	110-129	>129
Самооценка	Нет сознания	Боль	Беспокойство	Спокойствие			

*Таблица 1 MEWS*

### **3.1.2 Система PEWS**

Педиатрические Ранние Предупреждающие Знаки (PEWS) являются клиническими проявлениями, которые указывают на состояние детей от младенчества до подросткового возраста. PEWS Score или PEWS System являются инструментами объективной оценки, которые включают клинические проявления, которые оказывают наибольшее влияние на исход ребёнка [2] [3].

Он был разработан на основе успеха MEWS у взрослых пациентов, чтобы соответствовать жизненным параметрам и проявлениям, наблюдаемым у детей. Цель PEWS - предоставить инструмент оценки, который может использоваться несколькими специальностями и подразделениями для объективного определения общего статуса пациента. Цель этого состоит в том, чтобы улучшить коммуникацию внутри команд и между полями, время распознавания и ухода за пациентами, а также показатели заболеваемости и смертности. Монаган создал первые PEWS на основе MEWS, интервью с

педиатрическими медсестрами и наблюдения за педиатрическими пациентами

В настоящее время в обращении находятся несколько систем PEWS. Они похожи по своей природе, измеряя те же домены, но различаются по параметрам, используемым для измерения доменов. Таким образом, некоторые из них оказались более эффективными, чем другие, однако все они были статистически значимыми в улучшении сроков и результатов ухода за пациентами [4] [5].

Показатель	3	2	1	0	1	2	3
Частота дыхания	<8	9	9-10	11-14	15-20	21-30	>30
SpO2	<85	85-89	90-92	>92			
Дополнительный кислород		Есть		Нет			
Температура	<34	34-34.9	35-35.9	36-38.3	38.3-38.9	>38.9	
Давление крови	<70	70-79	80-99	100-199		>199	
Частота сердцебиения	<50	50-57	57-65	65-100	100-109	110-120	>120
Самооценка	Нет сознания	Боль	Беспокойство	Спокойствие			

*Таблица 2 PEWS для детей 13-16 лет*

### **3.1.3 Интерпретация ЭКГ**

Интерпретация ЭКГ в основном о понимании системы электропроводности сердца. Нормальная проводимость начинается и распространяется в предсказуемой схеме, и отклонение от этой схемы может быть нормальным изменением или патологическим. ЭКГ не соответствует механической насосной деятельности сердца. Известно, что определенные ритмы имеют хороший сердечный выброс, а некоторые имеют плохой сердечный выброс. В конечном счете, эхокардиограмма или другой метод анатомической визуализации полезен при оценке механической функции сердца [6].

Как и все медицинские тесты, то, что составляет «нормальный», основано на популяционных исследованиях. Диапазон частоты сердечных

сокращений от 60 до 100 ударов в минуту считается нормальным, поскольку данные показывают, что это обычная частота сердечных сокращений в покое

Чтобы кратко суммировать компоненты нормальной трассировки ЭКГ, она состоит из компонентов формы волны, которые указывают электрические события во время одного сердечного сокращения. Эти сигналы помечены P, Q, R, S, T и U.

P-волна - это первое короткое восходящее движение ЭКГ. Это указывает на то, что предсердия сжимаются, перекачивая кровь в желудочки.

Комплекс QRS, обычно начинающийся с отклонения вниз, Q; большее отклонение вверх, пик (R); и затем нисходящая волна S. Комплекс QRS представляет деполяризацию и сокращение желудочков.

Интервал PR указывает время прохождения электрического сигнала от синусового узла к желудочкам.

T-волна обычно представляет собой умеренную восходящую форму волны, представляющую реполяризацию желудочков [7].

### **3.2 Передача и анализ данных в сервисе Thingspeak**

По нажатии кнопки, данные собираются в одну переменную и передаются через виджет Blynk WebHook в сервис Thingspeak.

Затем они анализируются при помощи систем EWS (early warning score) в зависимости от возраста. Системы EWS представляют собой комплекс различных норм показателей, определяющих необходимость врачебного вмешательства. Нами будут использоваться PEWS (pediatric early warning score) для детей до 16 лет включительно и MEWS (modified early warning score) для детей старше 16 и взрослых людей.

При отклонении различных факторов от нормы увеличиваются очки. Чем больше очков было набрано, тем больше необходимость врачебного вмешательства.

Затем данные анализируются при помощи языка программирования MATLAB и, с помощью другого WebHook, присылаются обратно в приложение.

## IV глава. Испытание браслета

### 4.1 Результаты исследования

Система была протестирована на членах моей семьи. В тестировании приняли участие: Газизуллин Нияз Наилевич (Отец), Газизуллина Наиля Рафаиловна (Мать), Газизуллина Ильвина Ниязовна (Младшая сестра), Габдрахманова Софья Габдуловна (Бабушка), Габдрахманов Рафаил Рахимзянович (Дедушка). Результаты исследования отражены в таблице 3.

Испытуемый	Показатели						
	Частота дыхания	SpO2	Дополнительный кислород	Температура	Давление крови	Частота сердцебиения	Самооценка
Я	10	95	Нет	36,7	145	79	Спокойствие
Отец	13	99	Нет	36,6	140	80	Спокойствие
Мать	15	92	Нет	37,1	137	86	Беспокойство
Сестрёнка	12	96	Нет	36,9	134	68	Спокойствие
Бабушка	10	91	Нет	36,4	190	113	Спокойствие
Дедушка	12	93	Нет	36,5	174	91	Спокойствие

*Таблица 3 Определение температуры тела и частоты пульса испытуемых*

Полученные результаты и хорошее самочувствие отца и младшей сестры свидетельствуют о том, что на момент испытания они были абсолютно здоровы.

Повышенная температура и учащённый пульс мамы свидетельствовали об определённых отклонениях здоровья, что подтверждалось диагнозом ОРВИ, установленным доктором.

Значительное отклонение показаний пульса бабушки от нормы свидетельствует о патологии работы сердца и возрастных изменениях, что подтверждается её диагнозом: Кардиомиопатия смешанного генеза, Трикуспидальная регургитация 2-3 степени, Аортальная регургитация.

Также были измерены показатели температуры воздуха и атмосферное давление в комнате до и после проветривания. Полученные результаты отражены в таблице 4.

Состояние комнаты	Показатели		
	Температура воздуха (°C)	Давление (мм. рт. ст.)	Влажность( %)
До проветривания	26	780	60
После проветривания	20	780	70

*Таблица 4 Изменение температуры воздуха и атмосферного давления окружающей среды*

## **4.2 Определение основных направлений практического применения**

Опираясь на результаты исследований, мы определили ряд направлений и сфер деятельности человека, где практическое применение браслета «Персональный доктор» возможно и целесообразно.

1. В медицинских учреждениях. Браслет «Персональный доктор» может быть использован в качестве робота – помощника, выполняющего ряд простых операций: измерение температуры тела пациента; измерение частоты пульса; измерение давления, влажности, температуры воздуха, процентного содержания кислорода в палатах и функциональных помещениях, тест выполняющего определённые функции и облегчающего труд младшего медицинского персонала.

2. В быту. Любой человек с помощью браслета «Персональный доктор» может измерить температуру своего тела и частоту пульса, а также определить качественные и количественные характеристики воздуха в помещении и окружающей среде и отправить показания лечащему доктору с помощью Wi-Fi.

3. В космонавтике. В космос отправляются исключительно здоровые люди. Однако, от непредвиденных осложнений в организме не застрахован никто. С помощью браслета космонавт сможет температуру своего тела и частоту пульса, а также измерить давление, влажность, температуру воздуха, содержание кислорода в воздухе на космической станции или внутри космического корабля во время полёта.



4. Люди определённых профессий. Например, водители общественного, грузового транспорта обязаны проходить медосмотр перед выходом в рейс.

#### **4.3 Определение направлений развития и совершенствования проекта в будущем**

В данном был создан прототип системы удаленного мониторинга здоровья человека, который способен выполнять определённые функции младшего медицинского персонала, такие как:

- Измерение температуры тела пациента;
- Измерение частоты пульса, процентного содержания кислорода в крови;
- Снятие кардиограммы пациента;
- Измерение давления, влажности, температуры окружающей среды;
- Отправка данных в облачный сервис Blynk;
- Анализ данных на облачной платформе ThingSpeak;
- Отображение данных измерений и их обработки на устройстве, подключенном к сети Интернет.

В дальнейшем планируется расширить возможности устройства, наделив его способностями измерять артериальное давление, замерять количество вдохов и выдохов в минуту. Для этого необходимо установить и запрограммировать датчик артериального давления, спирометр. Так же планируется внедрить в устройство адаптационные изменения диагноза в зависимости от норм показателей определённого человека.

## **Заключение**

Наука - это часть природы. С достижениями в области науки и многими растущими технологиями на переднем крае, робототехника в медицине является перспективной областью современной науки, вносящей большой вклад в человеческую жизнь от рождения до загробной жизни в семи формах, таким образом, изящно изображая научную радугу в больничной среде.

Перспективными направлениями развития медицины являются внедрение робототехники в различных её областях.

Использование медицинских роботов обеспечивает самые различные положительные эффекты:

- повышение уровня автоматизации облегчает труд врачей, повышает его производительность, может обеспечивать выход на принципиально новые уровни возможностей (повышение сложности доступных операций, снижение инвазивности операций и других видов лечения, а также вероятности врачебных ошибок);
- снижение расходов на средний и младший медицинский персонал, облегчение труда этого персонала, включая фармацевтов;
- интенсификация процессов возвращения пациентов к нормальному существованию после травм, заболеваний, операций;
- повышение мобильности маломобильных групп населения;
- облегчение дожития для пожилых пациентов;
- облегчение пребывания пациентов в больницах, сглаживание проблем, связанных с "отрывом" пациентов от привычного круга общения, от семьи, обеспечение контактов или удалённого наблюдения за пациентом в больнице или пожилым человеком у него дома членами его семьи, которые могут находиться в другом месте;
- другие.

В данной работе разработана система удаленного мониторинга здоровья человека, которая может контролировать целый ряд параметров:

температура тела пациента, частота сердечных сокращений, давление, влажность и температура окружающей среды. Система может отображать на экране ключевые параметры, анализировать их и передавать по сети Интернет необходимую информацию лечащему врачу. Простота устройства и его портативность позволяют использовать систему не только в медицинских учреждениях, но и в быту и призваны обеспечить лучший контроль за состоянием здоровья людей.

## Список использованной литературы

- [1] S. C.P., K. M. и G. L., «Validation of a modified Early Warning Score in medical admissions,» *Quarterly Journal of Medicine.*, p. 94 (10): 521–6. doi:10.1093/qjmed/94.10.521. PMID 11588210., 2001.
- [2] M. F. M. E. M. L. M. V. L. a. B. G. Akre, Sensitivity of the pediatric early warning score to identify patient deterioration., *Pediatrics*, 125(4), e763-e769. doi: 10.1542/peds.2009-0338, 2010.
- [3] S. Agrawal, Normal vital signs in children: heart rate, respirations, temperature, and blood pressure., *Complex Child E-Magazine*, 1-4, 2009.
- [4] J. V. B. L. J. D. M. T. a. L. L. C. Fuijkschot, Validation of a paediatric early warning score: first results and implications of usage., *European Journal of Pediatrics*, 174, 15-21. doi: 10.1007/s00431-014-2357-8, 2015.
- [5] A. Monaghan, Detecting and managing deterioration in children., *Paediatric Nursing*, 17(1), 32-35., 2005.
- [6] A. K. MD., «ECG - simplified,» *LifeHugger*.
- [7] «Интерпритация ЭКГ,» [В Интернете].
- [8] С. Анастасия, Роботы в медицине.
- [9] Д. Блум, Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства, БХВ Петербург, 2015.
- [10] А. П. А. К. В. У. И.Б. Ушаков, Использование медицинской робототехники в бортовых тренажёрах и биотехнических системах на орбитальной станции, 2015.
- [11] В. Петин, Проекты с использованием контроллера Arduino, БХВ Петербург, 2016.