

УСТРОЙСТВО ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ ОРИЕНТАЦИИ В ПРОСТРАНСТВЕ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ПО ЗРЕНИЮ

Торопицына Екатерина Максимовна

Дементьев Кирилл Александрович

студенты

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный
университет аэрокосмического приборостроения»

Аннотация: в статье представлена разработка системы периферического интерактивного интерфейса для восприятия окружающих предметов для лиц с ограниченными возможностями. «Дозорный» — носимое устройство для тактильной навигации, предназначенное для повышения уровня ориентации в пространстве и минимизации потенциальных рисков за счёт идентификации высотных барьеров, несимметричных поверхностей, динамичных и случайных объектов. Устройство сочетает в себе простой интерфейс и эргономичный дизайн.

Ключевые слова: периферическое зрение, доступная среда, носимое устройство, средства ориентировки, пространственные представления.

DEVICE OF PERIPHERAL ORIENTATION IN SPACE FOR PEOPLE WITH VISUAL DISABILITIES

Toropitsyna Ekaterina Maksimovna

Kirill Alexandrovich Dementiev

Abstract: the article presents the development of a peripheral interactive interface system for the perception of surrounding objects for persons with disabilities. «Dozorny» is a wearable device for tactile navigation designed to increase the level of orientation in space and minimize potential risks by identifying high-altitude barriers, asymmetrical surfaces, dynamic and random objects. The device combines a simple interface and ergonomic design.

Key words: peripheral vision, accessible environment, wearable device, means of orientation, spatial representations.

Проблема. Согласно официальной статистической информации Всемирной организации здравоохранения около 39 миллионов людей в мире страдают полной слепотой и ещё 217 миллионов человек имеют частичные нарушения зрения [1, e888]. 90% из них проживают в развитых экономиках мира и мегаполисах, однако каждый ежедневно сталкивается с трудностями передвижения по улицам и внутри зданий. Проблемы пространственной ориентации лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению усугубляются неграмотно оборудованными помещениями, недостаточным количеством пространственных ориентиров и непредсказуемостью окружающей среды, что приводит к ограничениям людей с ОВЗ по зрению в сферах хобби, работы и повседневной жизни. Статистика показывает стабильное увеличение количества людей, страдающих от нарушений зрительной функции [2, e895].

По результатам исследования аналитического бюро информационного портала GxP News в России на 2023 год насчитывается не менее 19 млн человек с проблемами слуха и зрения. В соответствии с данными исследования число людей с нарушениями зрения будет расти. К 2025 году число слабовидящих увеличится как минимум на 5,1%, до 6,2 млн человек [3].

Анализ целевой аудитории и проблемной области. В процессе разработки устройства была проведена научно-исследовательская работы с исследованием статистики динамики роста популяции населения людей с ограниченными возможностями здоровья по зрению и особенностей способов ориентации. Благодаря слуховому восприятию незрячие способны локализовать объекты по характеру распространения звука, обоняние позволяет идентифицировать определённые места и предметы. Формированию цельного образа окружающего пространства способствует вибрационная чувствительность, позволяющая незрячим людям ощущать неподвижные предметы на расстоянии. Навык пространственного мышления имеет прямую зависимость с опытом, уровнем интеллекта и вида слепоты.

После проведения тестирования первого прототипа устройства на одном представителе целевой аудитории и проведённого CustDev опроса среди 20 претендентов были определены проблемы наибольшей значимости, которые приводят к наиболее критическим социальным последствиям (табл.1).

Таблица 1

Основные проблемы по результатам опроса

	~ 90% упоминаний	~ 80% упоминаний	~ 70% упоминаний
Препятствия на улице	Автомобили, динамичные и высокоскоростные объекты (автомобили, самокаты, велосипеды), поиск пешеходных переходов.	Объекты на уровне головы (низкие дорожные знаки, вывески, навесы), перемещение при неблагоприятных погодных условиях.	Приподнятые объекты (скамейки, грузовики, ветви деревьев).
Препятствия в помещении	Перемещение в незнакомых больших зданиях, отсутствие доступной среды или неграмотное оборудование	Ориентация в метро и взаимодействие с сенсорными экранами.	Взаимодействие с цифровыми табло, лишёнными звукового сопровождения, взаимодействие с табличками.

Воспользовавшись инструментом Quality Function Deployment [4, с. 425] (развёртывание функций качества) было проведено сопоставление предпочтений клиентов с характеристиками продукта и отражением числовых значений «голоса потребителя» для построения наиболее эффективной стратегии развития и технических характеристик устройства (рис. 1). Анализ проблемной области показал, что разработка продукта и его технических функциональных параметров должна учитывать эргономичность, возможность эксплуатации при любых погодных условиях, универсальность использования как на улице, так и в помещении. Также важным фактором является возможность реализации сборки устройства на территории РФ с возможностью проведения живого тестирования.

Критерии выбора	Баллы	Вес	Характеристики						Особенности				Знакомство					
			Работа аккумулятора		Регуляция вибрации		Эргономичность		Погодная адаптация		Сервис и гарантия		Универсальность		Доставка с сайта		Тест-драйв	
Новизна	20	0,03	3	0,08	1	0,03	3	0,08	1	0,03	1	0,03	3	0,08	1	0,03	1	0,03
Уникальность	84	0,12	1	0,12	3	0,35	9	1,06	1	0,12	1	0,12	1	0,12	3	0,35	9	1,06
Доступность	53	0,07	1	0,07	1	0,07	1	0,07	3	0,22	9	0,67	3	0,22	9	0,67	9	0,67
Производительность	73	0,10	9	0,92	9	0,92	1	0,10	3	0,31	9	0,92	3	0,31	1	0,10	1	0,10
Безопасность	96	0,13	9	1,21	1	0,13	3	0,40	9	1,21	9	1,21	1	0,13	3	0,40	1	0,13
Дизайн	32	0,04	1	0,04	1	0,04	9	0,40	9	0,40	1	0,04	3	0,13	3	0,13	1	0,04
Цена	98	0,14	3	0,41	3	0,41	3	0,41	1	0,14	3	0,41	3	0,41	1	0,14	3	0,41
Доверие	59	0,08	1	0,08	1	0,08	3	0,25	3	0,25	9	0,74	9	0,74	9	0,74	9	0,74
Функционал	24	0,12	3	0,36	9	1,09	9	1,09	9	1,09	1	0,12	9	1,09	1	0,12	1	0,12
Первое касание	97	0,49	1	0,49	1	0,49	3	1,46	3	1,46	3	1,46	9	4,39	9	4,39	9	4,39
Особенности	78	0,39	1	0,39	3	1,18	9	3,53	9	3,53	1	0,39	9	3,53	1	0,39	3	1,18
Итого	714	1,00		4,19		4,80		8,86		8,75		6,12		11,16		7,47		8,88

Рис. 1. QFD матрица

Описание прототипа. Устройство содержит 5 лазерных датчиков с углом обзора 25° и работает на расстоянии до 2-х метров (рис. 2). Это гарантирует универсальность в помещении путём ручной регулировки расстояния действия в любом помещении или на улице, реагируя на высокие препятствия, стационарные и движущиеся объекты.

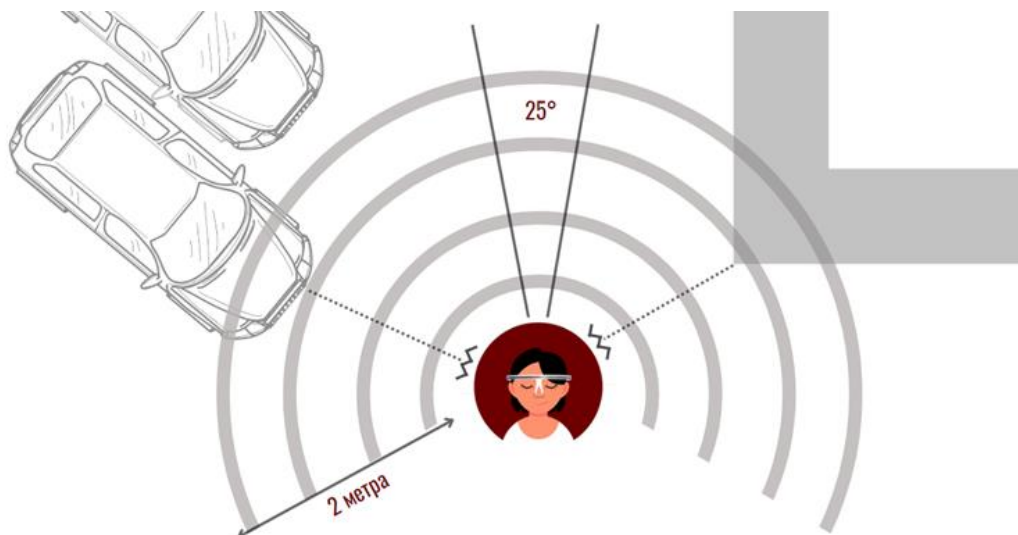


Рис. 2. Визуальная схема работы

Помимо этого, сильным конкурентным преимуществом исходя из проблемной области и анализа рынка устройств для адаптации людей с ограниченными возможностями является малогабаритность (рис. 3). Разработанное устройство не требует дополнительного оборудования и позволяет рукам быть полностью свободными для повседневных действий.



Рис. 3. Разработанное устройство «Дозорный»

Технологическое направление. Выбор рынка HomeNet обосновывается функциональным назначением устройства, целевой функцией которого является создание возможности обнаружения высокогабаритных и нестандартных объектов городской и промышленной инфраструктуры в оптическом радиусе устройства. Разработанное устройство цифровой навигации является синергетическим результатом применения аддитивных технологий и компонентом промышленной сенсорики. Это обосновывает рынок TechNet. [5]

Разработка устройства, используемые технологии. В процессе разработки устройства были использованы аддитивные технологии для быстрого прототипирования. Необходимость использования средств быстрого прототипирования обуславливается потребностью в быстрой оценке эргономичности и визуальной составляющей изделия и проверке основных принципов работы устройства. Для этих задач был использован САПР Fusion 360 (рис. 4).

Модель была напечатана на 3D-принтере Creality Ender 3 Pro. Технология печати – FDM. Для наибольшего удобства печати, а также из соображений экологичности и нетоксичности материала, в качестве филамента для печати был выбран PLA-пластик.

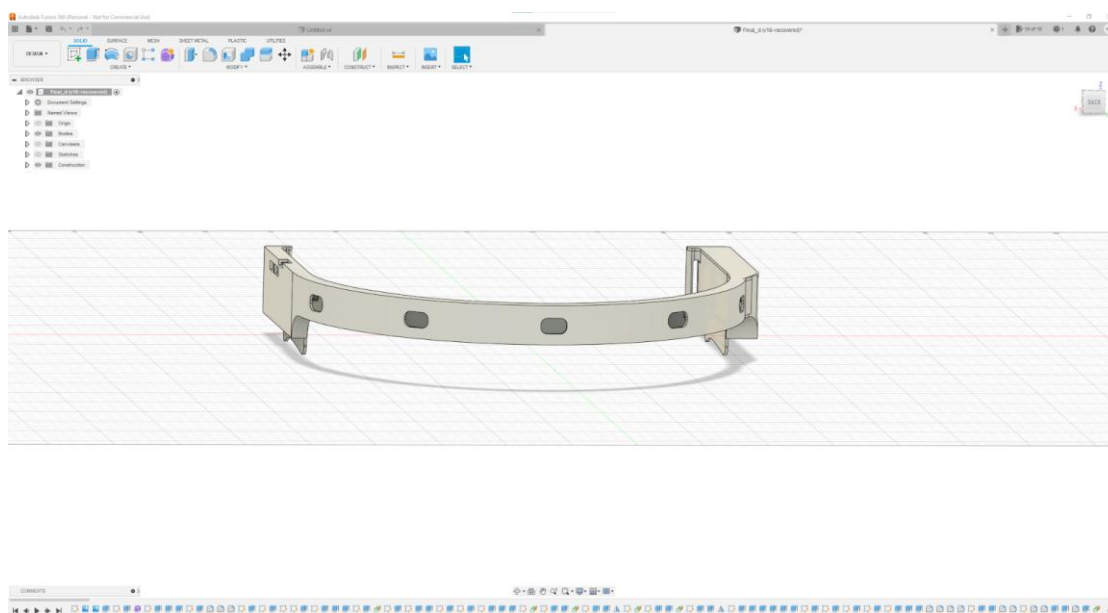


Рис. 4. Разработка проекта Fusion 360

В качестве отладочной платы для тестирования прототипа устройства была выбрана платформа Arduino Nano. Размеры устройства позволяют

напрямую интегрировать его в носимый образец и провести полноценное тестирования MVP на целевой аудитории. В качестве датчика расстояния использовались ультразвуковые датчики HC-SR04. Их характеристики представлены ниже (табл. 2).

Таблица 2

Электрические параметры HC-SR04

Рабочее напряжение, В	5
Рабочий ток, мА	15
Рабочая частота, Гц	40
Максимальная дальность, см	400
Угол измерения, град.	15
Размер, мм	45x20x15

Полученный прототип был выполнен в виде модульного устройства с возможностью регулировки размера под любой охват головы человека (рис. 5).

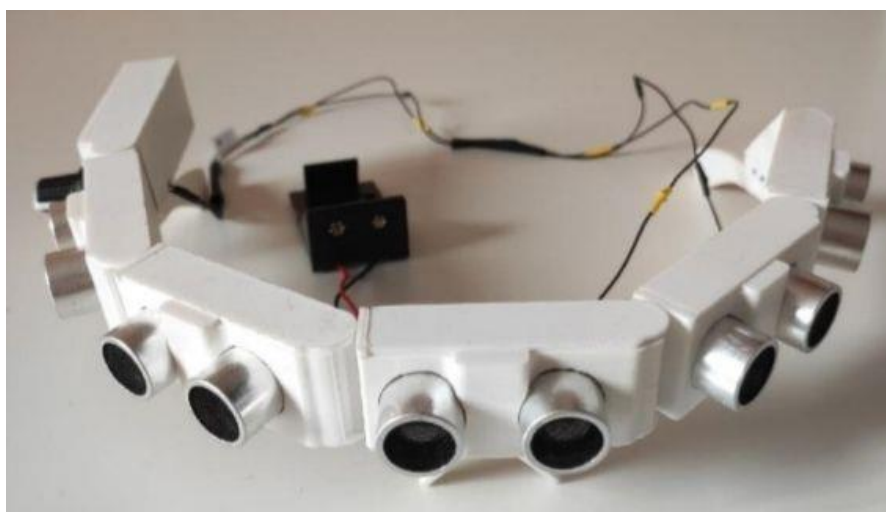


Рис. 5. Первый прототип на тестировании

Основным элементом устройства, позволяющим передавать обратную связь пользователю, является вибромотор. Идеальным вариантом оказалось использование вибромоторов, применяемых в современных смартфонах. Был подобран плоский круглый вибромотор BVM 1027 10мм (рис. 6). Его технические характеристики, а именно – номинальное напряжение 3В, номинальный ток 0,5А, диаметр 10 мм, высота 2,7 мм, вес 6 гр., позволят существенно уменьшить размеры корпуса устройства.



Рис. 6. BVM 1027 10мм

Среда разработки ПО устройства — Arduino IDE. Язык разработки C++ (с фреймворком Wiring). Для создания принципиальной электрической схемы и схемы печатной платы устройства была выбран САПР EasyEDA.

По результатам тестирования была подтверждена основная гипотеза полезности устройства при перемещении: эффективность в помощи при перемещении в пространстве. Основными недостатками было отмечено: плохая эргономичность устройства, отсутствие стабильного источника питания, отсутствие управляющих элементов на устройстве.

Для решения существующих проблем был выполнен ряд преобразований устройства: создание собственной печатной платы с контроллером на базе существующей разработки, интеграция элементов управления и элементов обратной связи, смена источника питания на более стабильный вариант.

Модификации устройства. Микроконтроллер (далее – МК) ATmega328P-AU выбран в качестве оптимального МК в плане стоимость/возможности. Учитывались следующие параметры: максимальное число доступных цифровых портов для подключения внешних устройств, температурная устойчивость девайса (важный параметр для носимого вне дома устройства (-40°C до +80°C)), приемлемый уровень питания для подключения к Li-ion аккумулятору. Функциональная схема работы устройства с дополнительными элементами приведена на рис. 7.

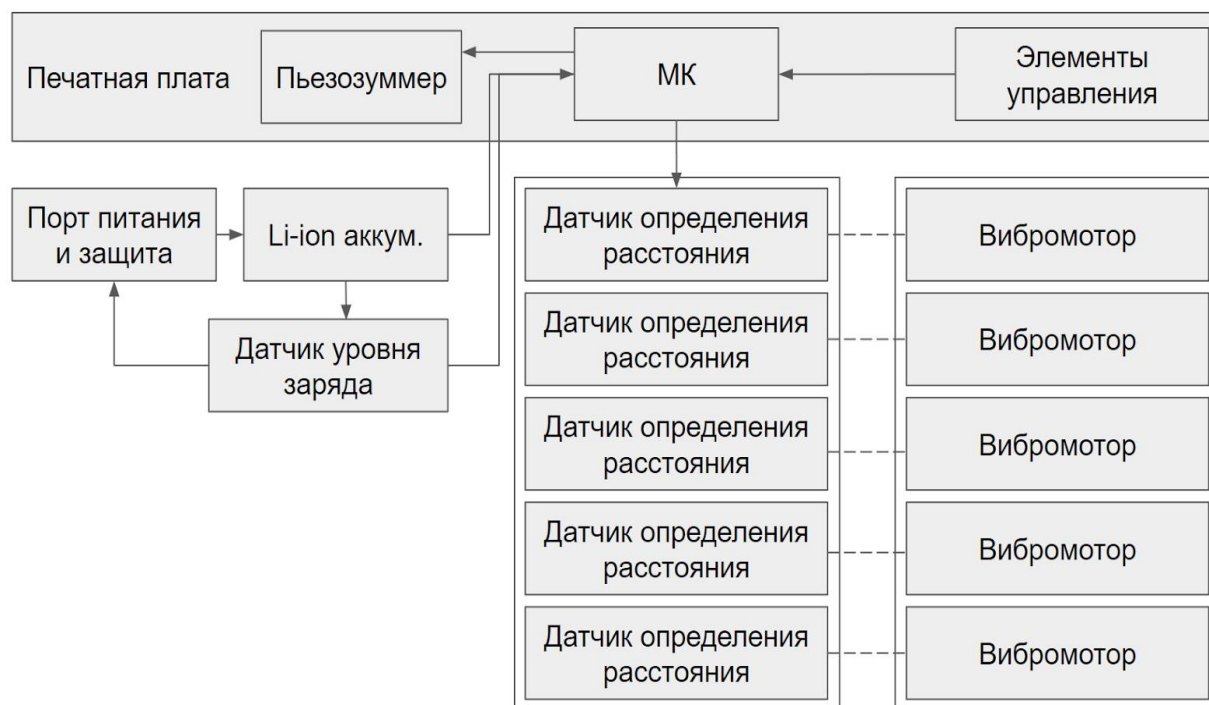


Рис. 7. Функциональная схема устройства

В качестве основы для серийного прототипа был выбран более компактный лазерный датчик пролёта VL53L0X (табл. 3). Среди его основных характеристик:

1. Возможность подключения по I2C протоколу. Важно для удобства подключения дополнительных устройств к контроллеру из-за возможности дополнительных модификаций устройства.

2. Безопасность для глаз окружающих пользователей. Лазерное устройство класса 1, соответствующее последнему стандарту IEC 60825-1:2014 — 3-е издание.

3. Усовершенствованная встроенная компенсация перекрестных оптических помех для упрощения выбора покровного стекла.

4. Быстрота и точность определения расстояния.

5. Дальность работы до 2-ух метров. Ради уменьшения размеров устройства и повышения эргономики, а также для сохранения адекватной себестоимости пришлось уменьшить эффективное расстояние измерения в сравнении с ультразвуковым датчиком HC-SR04.

Таблица 3

Технические спецификации

Оптический пакет	LGA12
Размер	4,40 x 2,40 x 1,00 мм
Рабочее напряжение	от 2,6 до 3,5 В
Рабочая температура	от -20 до 70°C
Инфракрасный излучатель	940 нм
I2C	до 400 кГц (режим FAST)

В качестве средства идентификации уровня заряда устройства был выбран звуковой формат, вследствие специфики целевой аудитории (далее – ЦА). Пассивный зуммер YX-SMD5020 обеспечивает достаточный уровень максимальной громкости (75 дБ) и является SMD-компонентом.

Стандартное питание для носимых устройств – Li-Ion аккумулятор 3.7 В. Был выбран аккумулятор емкостью 650 мАч. Это обусловлено малым размером аккумулятора. Предполагаемое время работы устройство в умеренном режиме использования составит 6-7 часов.

Для обеспечения удобного процесса зарядки аккумулятора, был интегрирован порт питания формата USB Type-C. Для ЦА важным фактором является то, что его можно подключить любой стороной. В качестве защиты от перенапряжения и переразряда на печатной плате использованы следующие SMD-компоненты: TP4056, DW01A, FS8205A. При последующих модификациях устройства будет рассмотрен вариант зарядки через магнитный порт или же более технологичный вариант – беспроводная зарядка.

Большим плюсом является возможность прошивки устройства напрямую через порт питания. Для этого на схему интегрирован адаптер CH340G. Это позволит без вмешательства во внутреннюю конструкцию устройства менять «прошивку» и обновлять его.

В качестве элементов для настройки персонализации устройства были добавлены кнопки управления силой вибрации устройства, кнопка включения и выключения.

Необходимость влагозащиты устройства напрямую связана с его повседневным использованием на улице. Для этого предлагается использовать прорезиненные вкладки внутри устройства. В дальнейшем необходимо пройти стандартизацию устройства по формату IP67 [6].

Используя подобную конфигурацию, удалось создать эргономичное устройство, толщиной 8 мм. Итоговые технические параметры предсерийной версии устройства представлены в таблице 4.

Таблица 4

Технические спецификации устройства

Размеры, мм	160x80x12
Толщина, мм	8
Вес, г.	120
Порт питания	USB Type-C
Аккумулятор	Li-Ion 3.7 В, 650 мАч
Время работы, ч	6-7
Материал корпуса	PLA
Защита от влаги	Планируется
Датчик расстояния	Лазерный датчик, 5 шт.
Определение препятствий	До 2 м
Вибромотор	BVM 1027
Звуковая индикация	Есть, до 75 дБ
Элементы управления	Регуляция силы вибрации; Вкл/Выкл.

Вывод. Для максимизации удобства использования и повышения эргономичности устройства был выполнен ряд преобразований: внедрение элементов управления, уменьшение размеров компонентов схемы, добавлен автономный источник питания. Несмотря на снижение дальности обнаружения препятствий вследствие смены типа датчиков (с ультразвукового на лазерный), это компенсируется быстроедействием лазерного датчика и его малыми размерами. Устранен минус ультразвуковых датчиков – частичное поглощение сигнала некоторыми поверхностями.

«Дозорный» минимизирует потенциальные риски при перемещении за счет определения препятствий на расстоянии и передачи тактильной обратной связи со стороны, зависимой от расстояния до препятствия, через вибрацию.

Список литературы

1. Rupert R A Bourne, Seth R Flaxman, Tasanee Braithwaite, Maria V Cicinelli, Aditi Das, Jost B Jonas, Jill Keefe, John H Kempen, Janet Leasher, Hans Limburg, Kovin Naidoo, Konrad Pesudovs, Serge Resnikoff, Alex Silvester, Gretchen A Stevens, Nina Tahhan et al. Magnitude, temporal trends, and projections of the global prevalence of blindness and distance and near vision impairment: a systematic review and meta-analysis, September 2017, The Lancet Global Health, Publisher: Elsevier. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(17\)30293-0](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(17)30293-0)

2. Rupert R A Bourne, Seth R Flaxman, Tasanee Braithwaite, Maria V Cicinelli, Aditi Das, Jost B Jonas, Jill Keefe, John H Kempen, Janet Leasher, Hans Limburg, Kovin Naidoo, Konrad Pesudovs, Serge Resnikoff, Alex Silvester, Gretchen A Stevens, Nina Tahhan et al. Magnitude, temporal trends, and projections of the global prevalence of blindness and distance and near vision impairment: a systematic review and meta-analysis, September 2017, The Lancet Global Health, Publisher: Elsevier. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(17\)30293-0](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(17)30293-0)

3. Инвалидов по зрению и слуху в России в 200 раз больше, чем по официальной статистике: аналит. обзор, ноябрь 2022 [Электронный ресурс] // GxP news: сайт. – Режим доступа: <https://gxpnews.net/2022/11/invalidov-po-zreniyu-i-sluhu-v-rossii-v-200-raz-bolshe-chem-po-oficzialnoj-statistike/> (Дата обращения: 01.03.2023)

4. D.R. Kiran. Total Quality Management [Текст] / D.R. Kiran. – Publisher: Elsevier, 2017. – 425 – 437 с.

5. Постановление Правительства РФ от 18.04.2016 N 317 (ред. от 13.07.2022) "О реализации Национальной технологической инициативы"

6. ГОСТ 14254-2015 (IEC 60529:2013) Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP) [Текст]. – Взамен ГОСТ 14254-96 (МЭК 529-89); введ. 2017-03-01 – Минск: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2015. - 3 с.