

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДАТЧИКА В СОСТАВЕ ДАЛЬНОМЕРА МОБИЛЬНОЙ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ПЛАТФОРМЫ

Рябов А.В.¹, Филипас А.А.², Ланграф С.В.³

¹ ТПУ, ИШИТР, гр. 8Е02, e-mail: avr36@tpu.ru

² ТПУ, ИШИТР, к.т.н., заведующий кафедрой – руководитель отделения на правах кафедры, e-mail: filipas@tpu.ru

³ ТПУ, ИШИТР, к.т.н., доц., e-mail: langraf@tpu.ru

Аннотация

В данной работе исследуется влияние материалов и поверхностей на показания расстояний ультразвукового датчика. Исследование проводится на базе собранной физической модели. В работе приведены погрешности работы датчика относительно использования разных материалов и поверхностей. Результатом исследования является определение материалов и поверхностей с высокой величиной погрешности при измерении расстояния ультразвуковым датчиком.

Ключевые слова: отельный робот, ультразвуковой датчик.

Введение

В настоящее время происходит активное развитие сферы гостиничного бизнеса, как в России, так и во всем мире. Об этом свидетельствует рост количества гостиниц (рис. 1), прибыли и инвестиций в сферу отельного бизнеса в России [1–3]. Мировая индустрия также свидетельствует о высокой заинтересованности в этой сфере. Особенно заметен интерес стран Азии и Египта. Последние в настоящее время занимаются проектом по созданию глэмпинга «Town Gate» в Каире [4]. Одной из современных проблем в этой сфере является доставка багажа гостя в номер.

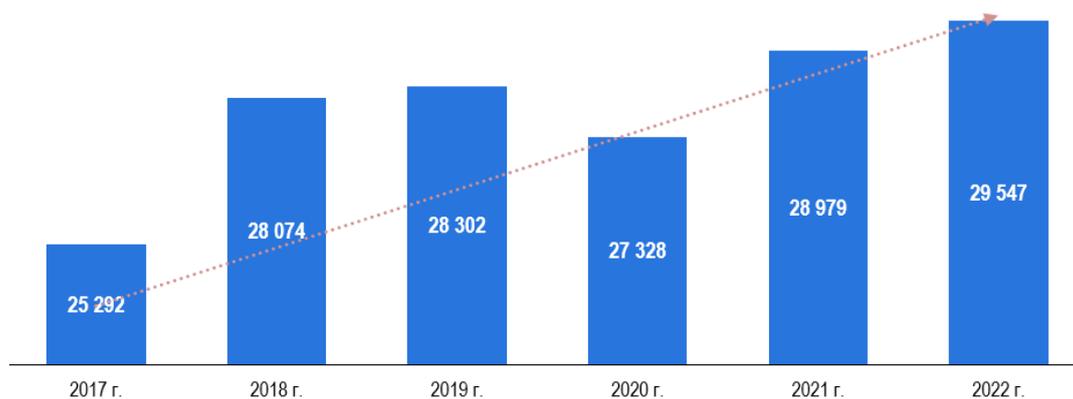


Рис. 1. Число гостиниц и других средств размещения в России

Для решения данной проблемы американская компания «Saviok» создала робота-дворецкого «Relay +» (рис. 2), который используется в отеле «Aloft Hotels» в Купертино, Калифорния [5]. Цена данного робота 2,6 миллиона рублей [6]. В виду напряженных отношений нашей страны с США предлагается создать отечественный аналог данного робота, который будет дешевле данного робота.

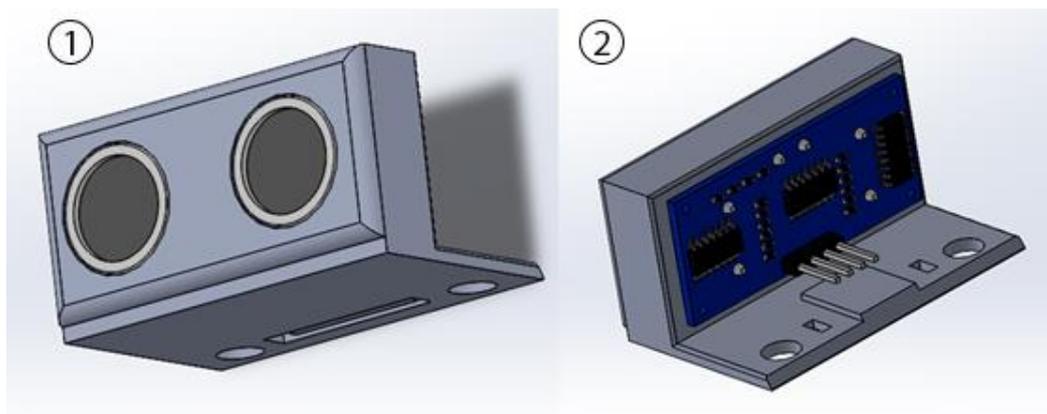
Ввиду того, что мобильный робот должен перемещаться автономно по отелю, определять препятствия и объезжать их, робот должен быть оснащен системой навигации. В данном случае требовалось решить одну из подзадач навигации – избегание столкновений робота с препятствиями.

Датчики, которые используются у робота из Калифорнии стоят дорого (лидар, камера), поэтому с целью уменьшения стоимости робота было решено использовать более простую, дешевую систему, представленную в виде ультразвуковых дальномеров.



Рис. 2. Робот-дворецкий «Relay +»

Одной из возможных проблем ультразвукового сканирования может быть искажение показаний конструкцией платформы. Поэтому требовалось исследовать ее влияние, а именно стоек дальномеров, на точность показаний (рис. 3).



*Рис. 3. Эскизная модель пластиковой стойки для дальномера:
1 – вид спереди;
2 – вид сзади*

Отели отличаются по своей конструкции. В стенах отеля могут закладываться материалы, которые могут по-разному влиять на точность показаний датчиков. Необходимо проверить работоспособность ультразвуковой системы в конкретных условиях. Поэтому требуется проверить, какие материалы допустимы для работы дальномеров с допустимой границей погрешности в ± 3 мм. Эскизная модель мобильной роботехнической платформы, на которой будет установлена ультразвуковая система, представлена на рисунке 4.

Цель

Данная работа имеет следующие цели:

Определение влияния конструкции стойки датчика на величину погрешности измерений;

Определение относительных погрешностей датчика на основе измерения расстояний до препятствий из разных материалов.

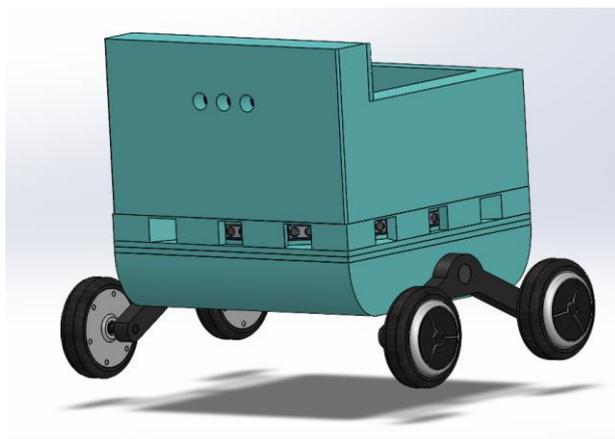


Рис. 4. Эскизная модель мобильной роботехнической платформы

Метод и устройства

В качестве датчика расстояния решено было использовать ультразвуковой датчик модели «HC-SR04». Данный дальномер является широко распространённым и относительно дешевым. Заявленная производителем измеряемая дальность датчика находится в диапазоне от 2 до 400 см, что является допустимым для использования на платформе [7]. В качестве микроконтроллера использовался «STM32F411RET6». Данный микроконтроллер обеспечивает работу датчика на заданной частоте и доступен для приобретения, поэтому выбор был сделан в его пользу.

Результаты

Для проведения экспериментов была собрана установка физического подобию, представленная на рисунке 5.



Рис. 5. Стенд для определения погрешностей измерения расстояний с помощью ультразвукового дальномера

В ходе эксперимента определялось влияние материалов и поверхностей на относительные погрешности измерений. Выборка формировалась на отрезке от 2 до 10 см с интервалом в 1 см и на отрезке от 10 до 50 см с интервалом в 5 см. Для каждого материала была создана выборка из 17 значений по одному значению для каждого расстояния. Результаты измерений представлены в таблице 1.

Результаты измерений

Фактическое расстояние, см	Расстояния до поверхностей различных материалов, измеренные датчиком, см						
	Пенопласт	Резина	Ламинат	Фанера	Пенопропилен	Гипсокартон	Пластик
2	2,10	2,10	1,90	2,40	3,90	3,00	2,73
3	3,04	3,04	3,30	3,30	5,40	3,33	3,33
4	4,20	3,92	3,90	3,94	5,70	4,52	4,23
5	4,80	5,10	5,10	4,80	7,20	5,11	5,11
6	6,30	6,00	6,00	5,60	6,90	6,30	5,71
7	7,20	6,90	7,20	7,40	7,78	7,50	6,00
8	8,10	8,10	7,80	8,30	15,30	8,40	8,95
9	9,50	8,97	9,20	9,20	13,70	10,16	9,57
10	10,40	10,20	10,20	10,50	11,62	10,14	10,15
15	15,01	15,30	15,00	15,00	16,60	15,67	15,96
20	20,50	20,50	19,80	20,50	22,80	20,80	21,40
25	25,50	25,20	25,20	25,50	28,66	25,22	28,13
30	30,20	29,70	29,50	30,50	31,80	30,26	29,95
35	34,80	35,40	35,40	35,20	35,40	35,20	35,17
40	40,30	40,50	40,50	40,50	42,70	41,05	39,57
45	44,50	45,20	44,40	44,60	44,50	44,70	44,89
50	49,20	49,60	49,20	49,40	49,50	49,23	49,24

В паспорте прибора обычно указывается погрешность однократного измерения, поэтому было принято измерить её. В качестве показаний, записываемых в таблицу, брались значения, которые удерживались дальномером на протяжении 1-2 секунд. Скачки значений за менее длительный промежуток времени списывались на влияние шума и не брались в выборку. Относительная погрешность рассчитывалась по формуле:

$$\delta_{\text{отн}} = \frac{D_{\text{эсп}} - D_{\text{ист}}}{D_{\text{ист}}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где $D_{\text{эсп}}$ – экспериментальное значение расстояния до объекта [см]; $D_{\text{ист}}$ – истинное значение расстояния до объекта [см].

В начале эксперимента было измерено несколько значений для пенопласта без стойки. После установки датчика в стойку были повторно измерены значения для того же материала. Величины значений заметно не изменились, поэтому был сделан вывод, о том, что применяемая конструкция не оказывает существенного влияния на показания дальмера.

На рисунке 6 представлены относительные погрешности расстояний от вида материала. Можно заметить, что наибольшие отклонения проявляются при эксперименте с пенопропиленом. Данный материал имеет на своей поверхности канавки из-за чего происходит наложение отражённых волн друг на друга с последующим искажением показаний. Меньшей, но все же заметной относительной погрешностью обладают гипсокартон, пластик и фанера. Остальные материалы не имеют значительных погрешностей и погрешности измерений находятся в пределах нормы – ± 3 мм.

Заключение

По результатам эксперимента можно сделать вывод о том, что использование пластиковых стоек, для крепления ультразвуковых дальномеров не оказывает значительного влияния на измерения расстояний датчиком и представляется возможным.

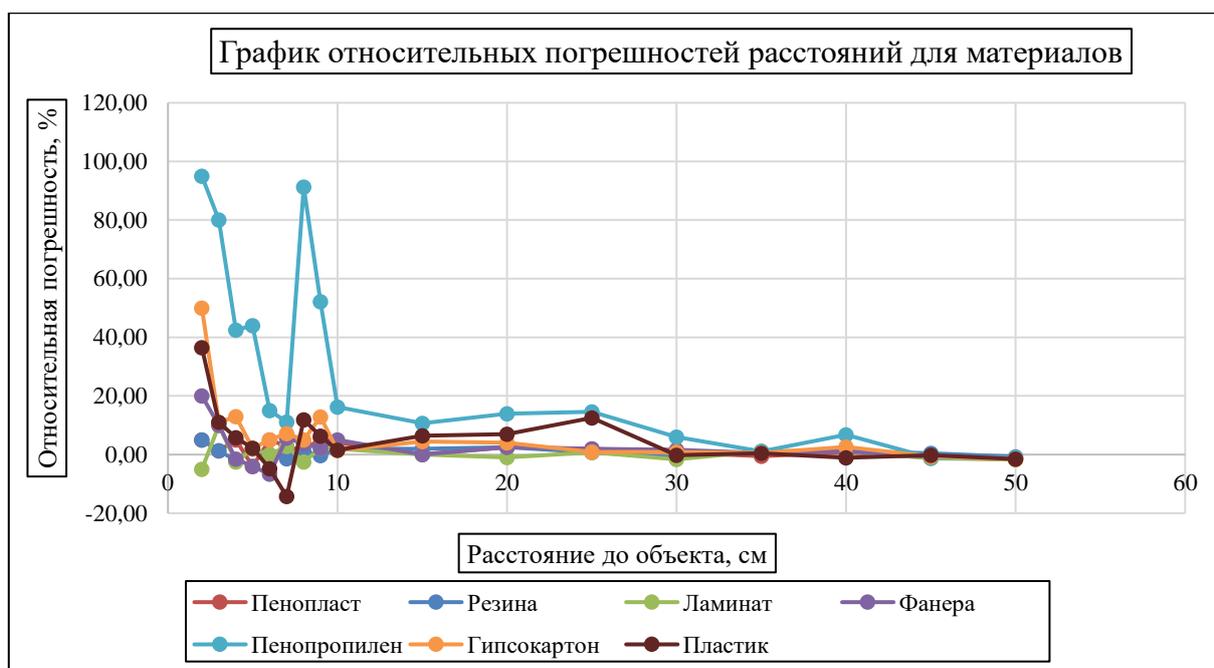


Рис. 6. График относительных погрешностей

В основном в постройку стен отелей закладываются такие материалы, как: кирпич, фанера, листы ДСП, гипсокартон. Учитывая результаты измерений, можно сделать вывод о слабом влиянии таких материалов, как фанера и гипсокартон, что позволяет использовать систему ультразвука в данных помещениях. Однако, на использование дальномеров накладываются ограничение. Использование системы в звукоизоляционных помещениях, которые содержат в свою очередь пенопропилен, не представляется возможным.

Список использованных источников

1. Анализ гостиничного рынка – Центр экономики рынков / [Электронный ресурс] // Центр Экономики Рынков: [сайт]. – URL: <https://research-center.ru/analiz-gostinichnogo-rynka/> (дата обращения: 06.03.2024).
2. В России насчитали более 10 тысяч «звездных» отелей - Новости / [Электронный ресурс] // ТО : [сайт]. – URL: <https://obzor.city/news/535010#:~:text=На%20данный%20момент%20официально%20подтвердили,отелей%20располагается%20в%20Краснодарском%20крае> (дата обращения: 06.03.2024).
3. Росстат – Туризм / [Электронный ресурс] // Росстат: [сайт]. – URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/turizm> (дата обращения: 06.03.2024).
4. Town Gate by Smart View Real Estate | Propertyfinder Egypt / [Электронный ресурс] // Property Finder: [сайт]. – URL: <https://www.propertyfinder.eg/en/new-projects/mountain-view/جيت-تاون> (дата обращения: 17.03.2024).
5. Silicon Valley Hotel Unveils World’s First Robot Bellhop / [Электронный ресурс] // Yahoo Tech : [сайт]. – URL: <https://finance.yahoo.com/news/silicon-valley-hotel-unveils-worlds-first-robot-94630820849.html> (дата обращения: 12.09.2023).
6. Робот Savioke Relay в Москве - магазин «Техно 3D» / [Электронный ресурс] // Техно 3D: [сайт]. – URL: <https://3dpt.ru/product/promyshlennyu-robot-savioke-relay> (дата обращения: 13.09.2023).
7. HC-SR04-Ultrasonic.pdf / [Электронный ресурс] // : [сайт]. – URL: <https://handsontec.com/dataspecs/HC-SR04-Ultrasonic.pdf> (дата обращения: 17.03.2024).