

СИСТЕМА ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ЛИДАРА БЕСПИЛОТНОГО АВТОМОБИЛЯ

Ковач Я.Н. (Национальный исследовательский университет ИТМО), **Рочас С.С.** (Национальный исследовательский университет ИТМО), **Бородкин А.И.** (Национальный исследовательский университет ИТМО),

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Колодезный Е.С.
(Национальный исследовательский университет ИТМО)

Были разработаны четыре вариации конструкции системы детектирования загрязнения лидара беспилотного автомобиля (далее — система детектирования) и проведено моделирование для каждой конструкции системы детектирования. Была определена оптимальная конструкция системы детектирования в ходе анализа результатов моделирования в частях ресурсоемкости изготовления оптических элементов системы, масса-габаритных параметров системы и освещенности фоточувствительного элемента системы детектирования.

Введение.

Последние года на дорогах общего пользования РФ начинают появляться беспилотные автомобили, являющиеся источником повышенной опасности для участников дорожно-транспортной инфраструктуры. В основе ориентации в пространстве беспилотных автомобилей лежат такие навигационные системы, как лидары и камеры. При эксплуатации наземных беспилотников в реальных условиях такие системы подвержены загрязнениям, которые, для обеспечения безопасного передвижения беспилотного автомобиля, необходимо очищать. Однако, для очистки таких систем полностью автономного транспорта необходимо использовать датчики детектирования загрязнения, позволяющие своевременно определять степень загрязнения лидаров и сообщать о необходимости их очистки автоматизированным системам беспилотника. На данный момент не существует коммерчески доступных систем очистки лидара беспилотного автомобиля, однако, согласно ряду исследований, доля продаж беспилотных автомобилей в мире к 2025 году составит порядка 13% от продаж всех автомобилей, что приведет к неизбежной необходимости использования подобных систем. Выполненное в рамках работы исследование нацелено на дальнейшее создание системы детектирования, которая будет использована для определения загрязнения систем позиционирования беспилотного автомобиля.

Основная часть. Были предложены четыре конструкции системы детектирования, содержащие следующие основные составные элементы: 1 — оптический элемент (далее — ОпЭ), выполненный в форме полого цилиндра из оргстекла (PMMA) оптически прозрачного в диапазоне длин волн 800-1100 нм и показателем преломления 1,4817, высота, толщина и профиль стенки которого определялись в ходе моделирования, а диаметр был определен исходя из диаметра корпуса наиболее распространенного на рынке беспилотных автомобилей лидара Velodyne; 2 — восемь светодиодов угол расходимости излучения которых был аналогичен углу расхождения светодиодов OSRAM SFH 4059S и длиной волны излучения 1 мкм, расположенных таким образом, чтобы их излучение равномерно распространялось в оптическом элементе; и 3 — восемь фотоприемников, расположенных таким образом, чтобы регистрировать отраженное от ОпЭ излучение светодиодов. ОпЭ первой предложенной конструкции являлся полным цилиндром с постоянной толщиной стенки 5 мм. Вторая конструкция имела ОпЭ с профилем призмы в сечении и толщиной стенки 5 и 2 мм, соответственно. Третья конструкция была аналогично второй, однако имела скругления радиусом 3 мм с фокусным расстоянием 6,196 мм вместо прямоугольной призмы в сечении ОпЭ, а конструкция 4 являлась модификацией конструкции 2 с добавлением линз, обеспечивающих коллимацию излучения светодиодов.

Моделирование предлагаемых конструкций осуществлялось при помощи программного пакета CAD Zemax, а нарушение полного внутреннего отражения (далее — ПВО) являлось основным механизмом определения наличия загрязнения. Система детектирования является осесимметричной, светодиоды и фотоприемники расположены друг напротив друга в фокусных плоскостях изогнутых граней призм.

Для обеспечения предельного угла ПВО нужно ввести излучение с торца цилиндра также для этого можно ввести излучение сбоку, изменив для этого профиль сечения цилиндра. Так как ввод излучения с торца не является эргономичным ввиду конструктивных особенностей системы очистки необходимо ввести излучение сбоку. Для первой конструкции, когда отражение от внешней стенки можно рассчитать по законам Френеля, поглощённое фотоприемниками излучение светодиодов составило 14.7%, что позволяет говорить о неэффективности такой системы. Решением данной проблемы является использование эффекта ПВО, позволяющего достигать чувствительной области фотоприемника более 90% излучения светодиодов.

Вторая конструкция позволила ввести и вывести излучение сбоку так, чтобы было реализовано ПВО от внешней стенки. Третья конструкция аналогична второй, однако наличие изогнутых граней обеспечила фокусировку излучения и увеличила максимальную освещенность в чувствительной области фотодетектора в 5,8 раз. Четвертая конструкция является модификацией второй и при моделировании были получены значения максимальной освещенности в 22,7 и 3,9 раз больше чем в конструкциях номер два и три соответственно. Несмотря на то, что наибольшая освещенность была достигнута у последней конструкции, при учете сложности изготовления и экономичности системы для дальнейшей реализации была выбрана третья конструкция.

Также было проведено моделирование для второй и третьей конструкций с учетом слоя воды на поверхности ОпЭ. Моделирование продемонстрировало, что наличие дополнительного слоя сдвигает пучок излучения, при этом наблюдается спад максимальной освещенности в чувствительной области фотодетектора на 10-15%.

Выводы. В ходе проведения моделирования и расчетов для реализации была выбрана третья конструкция и найдены характеристики для ее ОпЭ, представляющего собой полый цилиндр с высотой 40 мм, толщиной стенки 2 мм и скруглением радиусом 3 мм. Применение восьми фотоприемников и восьми светодиодов, симметрично расположенных по кругу, является достаточным для обеспечения работоспособности системы. Внедрение системы детектирования загрязнений при создании беспилотных автомобилей и ее интеграция с системой очистки позволит создать комплекс, способный автоматически удалять загрязнения с поверхности лидара беспилотного автомобиля и, соответственно, ведет к повышению безопасности беспилотного транспорта.

Результаты получены при проведении исследований в рамках выполнения практико-ориентированного НИОКТР «Разработка системы автоматической очистки лидара беспилотного автомобиля» (Тема N419332), реализуемого на базе Университета ИТМО.

Ковач Я.Н. (автор) Подпись

Рочас С.С. (автор) Подпись

Бородкин А.И. (автор) Подпись

Колодезный Е.С. (научный руководитель) Подпись