ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ

ФЕДЕРАЦИИ - ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «Центральный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт

«НАМИ»

ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ»

на правах рукописи

ПЕТИН Виктор Викторович

ПОВЫШЕНИЕ АКТИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЯ НА ОСНОВЕ СИНТЕЗА АДАПТИВНОГО АЛГОРИТМА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ЭКСТРЕННОГО ТОРМОЖЕНИЯ

Специальность 05.05.03 - Колесные и гусеничные машины

ДИССЕРТАЦИЯ на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор Келлер Андрей Владимирович

Москва - 2022

Введение 5

1 Состояние вопроса, цель и задачи исследования 15

1.1 Обзор отечественных работ по безопасности движения ТС 18

1.2 Обзор зарубежных работ по безопасности движения ТС 23

1.3 Методы исследования САЭТ 28

1.4 Испытания с пешеходами 33

1.5 Обоснование для разработки системы автоматического экстренного торможения для отечественных автомобилей 37

1.6 Выводы по главе. Цель и задачи исследования 40

2 Разработка математической модели функционирования САЭТ 42

2.1 Общие аспекты разработки математической модели для создания и проверки алгоритма САЭТ 42

2.2 Математическая модель движения впереди идущего и испытуемого транспортных средств 44

2.3 Разработка математической модели имитации данных радарного сенсора 53

2.4 Разработка математической модели прогнозирования коэффициента сцепления колеса с дорожным покрытием в зависимости от внешних дорожно-климатических факторов 55

2.5 Описание примененного алгоритма прогнозирования коэффициента сцепления на базе применения аппарата нечеткой логики 59

2.6 Синтез адаптивного алгоритма системы автоматического экстренного торможения 67

2.7 Блок-схема разработанного алгоритма функционирования САЭТ 71

2.8 Блок-схема разработанного алгоритма корректировки времени предупреждения об опасности столкновения 73

2.9 Выводы по главе 2 75

3 Методика и результаты экспериментального исследования 76

3.1 Цели и задачи экспериментального исследования 76

3.2 Объект исследования 77

3.3 Измерительное и записывающее оборудование 80

3.4 Методика проведения испытаний 83

3.5 Определение минимального количества повторных опытов 84

3.6 Испытания на проверку соответствия прогнозирования эффективности работы САЭТ в зависимости от установленной конфигурации систем активной безопасности 85

3.7 Испытания на проверку соответствия действительного коэффициента сцепления с дорожным полотном спрогнозированному значению 91

3.8 Экспериментальное исследование на сухом асфальте 92

3.9 Экспериментальное исследование на мокром асфальте 99

3.10 Экспериментальное исследование прогнозирования коэффициента сцепления на мокром базальте. (Имитация укатанного снежного покрытия) 106

3.11 Экспериментальное исследование на соответствие прогнозируемого времени достижения установившегося замедления действительному 113

3.12 Проведение испытаний на соответствие расчетного тормозного пути математической модели и тормозного пути, полученного экспериментально 120

3.13 Выводы по проведению экспериментального исследования в Г лаве

3 123

4 Технико-экономическая оценка эффективности синтезированного

алгоритма работы системы автоматического экстренного торможения .. 125

4.1 Функциональные испытания САЭТ, включающей разработанный алгоритм 125

4.2 Функциональная оценка эффективности САЭТ на торможение перед стационарной мишенью 125

4.3 Проведение функциональных испытаний на эффективность работы

разработанной САЭТ за динамической мишенью 133

3

4.4 Дорожные испытания разработанной САЭТ (испытания в сложных дорожно-климатических условиях) 140

4.5 Рекомендации по построению математической модели системы автоматического экстренного торможения 142

4.6 Конструктивные рекомендации по повышению эффективности функционирования систем автоматического экстренного торможения 144

4.7 Экономическая оценка предлагаемых решений 146

4.8 Выводы по Главе 4 149

Список литературы 154

Заключение

 НаосновепроведенногоисследованиявданнойработерешеназадачасинтезаадаптивногоалгоритмафункционированиясистемыавтоматическогоэкстренноготорможенияиразработкисредствегореализациипозволяющаяповыситьбезопасностьавтомобилейвсложныхдорожноклиматическихусловияхкотораяимеетважноезначениедляраспространениясистемактивнойбезопасностиколесныхмашинэксплуатирующихсявдорожныхусловияххарактерныхдляРоссийскойФедерации

Прирешенииэтойзадачибыловыполнено

 разработанауточненнаяматематическаямодельфункционированиясистемыавтоматическогоэкстренноготорможенияучитывающаясценарииповеденияавтомобилялидерафункционированиесенсорноаппаратнойчастиконфигурациюсистемактивнойбезопасностиавтомобиляпозволяющаянастадиипроектированиясинтезироватьрациональнуюконфигурациюсистемыавтоматическогоэкстренноготорможенияиалгоритмеефункционирования

 разработанаматематическаямодельимитацииразличныхдорожныхсценариевоснованнаянасобраннойстатистикеповеденияводителейнадорогахобщегопользованияНаосновестатистическогоисследованиябылиустановленыдиапазонызамедленийавтомобилялидеравразличныхрежимахдвижениякоторыебылипримененыккалибровкамСАЭТввиртуальнойсредедлямаксимальногоприближенияимитационногомоделированиякдействительному

 УстановленочтонавеличинутормозногопутисущественновлияютконфигурациясистемактивнойбезопасностиконфигурацияиалгоритмыработыАБСналичиесистемпредварительногозаполнениявтормозномконтуреитпПрипроведениииспытанийбылиполученырезультатыподтверждающиечтовремясрабатываниятормозногоприводаавтомобилякатегорииМсгидравлическойтормознойсистемойможетбытьсокращено



дозасчетвключениявконфигурациюсистемактивнойбезопасностифункционалапредварительногозаполненияпросушкитормозногомеханизмасистемыувеличениядавлениятормозноймагистралипринедостаточномусилииторможенияприменяемоговодителемНаосновемоделипредложенауточненнаязависимостьдляопределенияостановочногопутиавтомобиляотличающаясяотизвестныхналичиемпоправочныхкоэффициентовнавремясрабатываниятормозногоприводавремянадостижениеустановившегосязамедленияпозволяющаяпрогнозироватьточностьтормозногопутиавтомобилянадорожныхпокрытияхсразличнымизначениямикоэффициентовсцепленияспогрешностьюнеболее

 СинтезированадаптивныйалгоритмфункционированиясистемыавтоматическогоэкстренноготорможенияиразработанысредстваегореализацииВчастиразработкиматематическоймоделибылпримененметодисследованияоснованныйнамоделиповеденияавтомобилялидерапрогнозированиивремениреакцииводителяпрогнозированиикоэффициентасцепленияМетодикапрогнозированиякоэффициентасцеплениясформировананаосновепринциповнечеткойлогикиВкачествепеременныхдляреализациинечеткогоконтроллераобоснованоиспользованиедатчикатемпературыдатчикаинтенсивностиосадковинформациясрабатыванияантиблокировочнойсистемыавтомобилясистемыкурсовойустойчивостисистемыраспознаваниялинийдорожнойразметки

 ЭкспериментальнымиисследованияминаодномизпрототиповавтомобилейпроектаЕМПсустановленнойсистемойавтоматическогоэкстренноготорможениявключающейвсебяадаптивныйалгоритмфункционированиясистемыавтоматическогоэкстренноготорможениябылипроведеныиспытаниянаполигонеНИЦИАМТФГУПНАМИатакжеиспытаниянадорогахобщегопользования

Входепроведенияэкспериментабылаподтвержденадостоверность

прогнозированиякоэффициентасцеплениярасчетавременисрабатывания

тормозногоприводаопределениевременидостиженияустановившегося



замедленияирасчетобщеготормозногопутивсложныхдорожноклиматическихусловиях

ПриэтомполученаудовлетворительнаясходимостьрезультатовтеоретическихиэкспериментальныхисследованийПрименимостьматематическоймоделиподтверждаетсяотносительнойпогрешностьмоделированиянепревышающейчтоявляетсядопустимымзначениемврасчетахучитываяспецификуфункционированиясистемы

 РазработанаметодикапостроенияматематическоймоделисистемыавтоматическогоэкстренноготорможениядляразличныхконфигурацийсистемактивнойбезопасностиПолученыпрактическиерекомендацииатакжеконструктивныерекомендациипоповышениюэффективностифункционированиясистемы

 ПроведениетехникоэкономическойоценкиподтвердилоцелесообразностьиэкономическуювыгодувнедрениясистемыавтоматическогоэкстренноготорможенияПоитогамоценкибылополученочтосредняяэкономическаявыгодазапредотвращенноеДТПвразпревосходитзатратынаустановкукомплектасистемыавтоматическогоэкстренноготорможения

Результатыполученныевдиссертационнойработевдальнейшеммогутбытьиспользованыдляразработкисистемавтоматическогоэкстренноготорможенияспособныхпоказыватьвысокуюэффективностьработыврегионахсосложнымидорожноклиматическимиусловиями