

ОБЕСПЕЧЕНИЕ АКТИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ВИЗУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Р.И. Хасанов (ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»)

Определена целевая функция и обобщенный критерий оценки эффективности системы компьютерной поддержки водителя в условиях дефицита визуальной информации. Разработана структура интегрированной имитационной модели системы компьютерной поддержки водителя при позиционировании автомобиля относительно оцифрованных границ дорожного полотна, а также имитационная модель управления движением автомобиля с учетом погрешностей навигационных данных.

Ключевые слова: дефицит визуальной информации, выбор траектории и скорости движения автомобиля, средства спутниковой навигации, активная безопасность автомобиля.

Одним из основных принципов повышения активной безопасности автомобилей является использование вспомогательных методов и средств компьютерной поддержки водителей. Современные системы компьютерной поддержки водителя постепенно берут на себя решение широкого спектра сложных задач в процессе эксплуатации автотранспортных средств (АТС). Данный вид систем незаменим в чрезвычайных и опасных условиях дефицита визуальной информации (ДВИ), например, вызванных задымлением окружающей среды, в условиях тумана, сильных ливней, снежных и песчаных бурь, а также при возникновении неисправностей приборов ночного освещения или вентиляции стекол автомобиля.

Номенклатура используемых в АТС компьютерных, навигационных, оптических, лазерных методов и средств постепенно доходит до уровня авиационной техники. Особую актуальность задача обеспечения активной безопасности автомобилей в условиях ДВИ имеет для нашей страны с ее протяженной сетью автомобильных дорог, со сложным постоянно меняющимся рельефом, различными погодно-климатическими зонами, наличием участков дорог с отсутствующей или некорректно нанесенной дорожной разметкой, с отсутствующими дорожными указателями и знаками [1].

Проблеме исследования и разработки методов и средств обеспечения активной безопасности автомобилей уделено большое внимание в современной нормативно-правовой, научно-технической, периодической, патентной литературе и в источниках сети Internet. Среди работ по данной тематике следует отметить разработки следующих научно-производственных, академических, учебных и проектных организаций: ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ» и НИЦИАМТ ФГУП «НАМИ» (проекты «Беспилотный автомобиль», «Президентский автомобиль проекта «Кортеж», «Зеленый автомобиль» [2]); консорциум НТЦ «КамАЗ», НИТУ «МИСиС», компаний Cognitive Technologies и Яндекс (проект «Беспилотный грузовик»); Белорусско-Российский университет, посвященные проектированию интеллектуальных систем управления и диагностирования АТС [3]; труды МАДИ, АлтГТУ, ФГУП «НИИ космического приборостроения» и АО «НИИ электрофизической аппа-

ратуры им. Д. В. Ефремова», посвященные системам позиционирования транспортных средств; АО «УЗМ «Магнетрон», ФГУП «ЦНИИмаш», ПАО «Татнефть» им. В. Д. Шашина, посвященные системам дистанционного контроля состояния и местонахождения транспортных средств; МГТУ ГА, ХНАДУ [4, 5], МИИГАиК [6], посвященные определению оптимальной траектории движения мобильных объектов на примере воздушных судов и гоночных автомобилей, а также оцифровке, позиционированию и исследованию точности определения траектории движения автомобиля с использованием глобальных навигационных спутниковых систем.

Значительных успехов достигли также зарубежные ученые и разработчики университетов г. Пармы (Италия) и штата Луизианы (США), агентства DARPA по перспективным оборонным научно-исследовательским разработкам (США), а также транснациональные корпорации Google (США), Robert Bosch GmbH, Volkswagen AG, Siemens AG, imC (ФРГ), GeneSys, IPG (Германия), Volvo Lastvagnar (Швеция), Kistler AG (Швейцария), Anthony Best Dynamics Ltd. (Англия) в области разработки оптических и лазерных сенсоров, навигационного оборудования, аппаратно-программных средств вычислительной техники для имитационного моделирования и натурных испытаний активной безопасности транспортных средств, систем высокоточного позиционирования и автоматического управления движением автомобилей с использованием интегрированных инерциальных спутниковых навигационных систем, цифровых видеокамер, лидаров и радаров [7, 8].

Анализ современных публикаций показал, что, несмотря на значительные достижения в области методологии построения систем активной безопасности АТС, существующие методы и средства компьютерной поддержки при позиционировании АТС имеют следующие недостатки:

- зависимы от условий видимости, теряют свою функциональность при наличии дымовых или световых завес, нестандартной разметки на поворотах малого радиуса;

- отсутствует интеграция в одной системе модулей для оцифровки границ дорожного полотна (ДП) по маршруту следования автомобиля, определения

высокоточного положения и ориентации АТС на ДП, выбора угла поворота рулевого колеса и скорости движения автомобиля, визуализации и накопления полученной информации;

— имеют высокую стоимость аппаратно-программных средств (>1,5 млн. руб.) для оснащения одного автомобиля;

— имеют закрытую архитектуру в рамках зарубежных оборонных заказов и по этой причине результаты работ в открытой печати представлены недостаточно.

Целью работы является разработка метода обеспечения активной безопасности АТС на основе компьютерной поддержки водителя при выборе траектории и скорости движения автомобиля в условиях ДВИ.

Для достижения поставленной цели выполнены следующие задачи:

1) определены целевая функция и обобщенный критерий оценки эффективности систем компьютерной поддержки водителя в условиях ДВИ.

2) разработана структура интегрированной имитационной модели системы компьютерной поддержки водителя при позиционировании АТС относительно оцифрованных границ дорожного полотна.

3) разработана имитационная модель управления движением АТС с учетом погрешностей навигационных данных.

На рис. 1 для иллюстрации к определению обобщенного критерия оценки эффективности выбранного режима позиционирования АТС представлена топологическая схема определения влияния метрологических погрешностей средств спутниковой навигации (ССН) с учетом величины ошибок 1-го и 2-го рода. На рисунке приняты следующие условные обозначения: точки M_1 и M_2 — места размещения антенн ССН ГЛОНАСС/GPS на передней и задней частях кузова автомобиля; R_{11} , R_{21} (R_{12} , R_{22}) — радиусы метрологических погрешностей при «горячем (холодном) старте» навигационного оборудования; α , β — зоны распределения (разброса) вероятностей ошибок 1-го и 2-го рода соответственно; $L_{АТС}$ — база автомобиля.

На рисунке черная сплошная линия указывает направление движения автомобиля. Коричневыми сплошными линиями показаны варианты наихудшего положения АТС с учетом величины ошибок 2-го рода, а коричневыми пунктирными линиями — возможные направления (траектории) движения АТС с учетом наихудшей ситуации для ошибки 2-го рода. Коричневые точки вдоль границ ДП обозначают координаты оцифрованных границ ДП. Аналогичным образом производится определение вариантов наихудшего положения АТС и возможные наихудшие направления движения АТС для ошибок 1-го рода.

Принятие решения по выбору режима позиционирования АТС сопряжено с соответствующими ошибками 1-го и 2-го рода, возникающими при «холодном и горячем старте» навигационного оборудования.

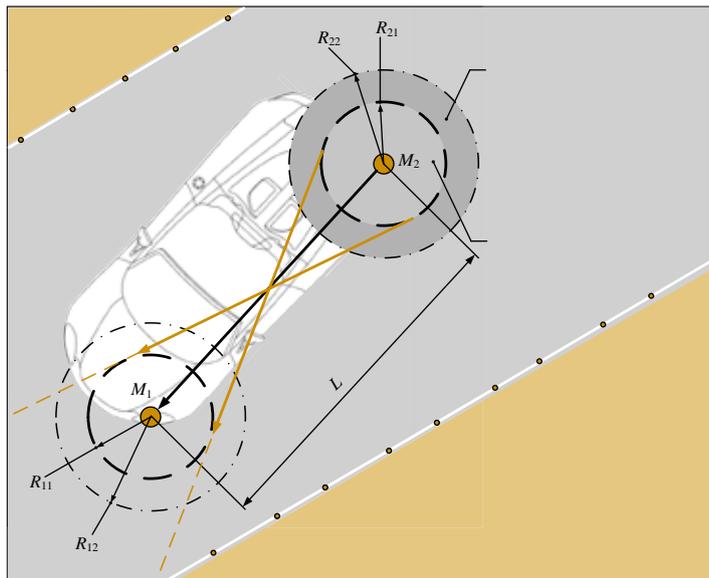


Рис. 1. Топологическая схема определения влияния метрологических погрешностей ССН с учетом величины ошибок 1-го и 2-го рода

Под позиционированием автомобиля в настоящей работе понимается определение точного местоположения и ориентации АТС относительно границ дорожного полотна на основе навигационных, визуальных, компьютерных и иных вспомогательных методов и средств, а также осуществление управляющего воздействия по выбору скоростного режима и траектории движения АТС [1].

Согласно [9], «горячий старт» — это состояние навигационного приемника, возникающее, когда его питание было в течение некоторого времени отключено, при этом данные об эфемерисах, альманахе и времени сохраняются, что позволяет резко сократить время первого определения местоположения. При «холодном старте» осуществляется поиск навигационных сигналов при априорно неизвестных данных об эфемерисах спутников и альманахе системы.

При определении целевой функции следует учитывать также, что навигационное оборудование помимо метрологической погрешности выдает информацию с определенной дискретностью, например, дискретность современных ССН ГЛОНАСС/GPS составляет 1...500 Гц. При этом диапазон метрологической погрешности составляет 2...60 см для современных инерциальных спутниковых навигационных систем, работающих в режиме дифференциальных поправок, и в диапазоне 1...15 м — для широко доступных 24-канальных ССН.

Эффективность системы компьютерной поддержки водителя определяется повышением активной безопасности и улучшением режима эксплуатации АТС на основе снижения неопределенности для водителя в условиях ДВИ.

Общий вид целевой функции при выборе режима позиционирования имеет следующий вид:

$$Z_{\text{ПП}} = \lambda \times T \times \sum_{i=1}^N [(Z_{V,TR} - E_{V,TR}) \times P_B(i)] \rightarrow \min, \quad (1)$$

$$\Delta \leq \Delta_3, D \geq D_3, H \geq H_3, Z \leq Z_3,$$

$$Z_{V,TR} = [(z_{V\alpha} + z_{TR\alpha}) \times \alpha] + [(z_{V\beta} + z_{TR\beta}) \times \beta], \quad (2)$$

$$E_{V,TR} = [(e_{V\alpha} + e_{TR\alpha}) \times (1-\alpha)] + [(e_{V\beta} + e_{TR\beta}) \times (1-\beta)], \quad (3)$$

$$P_B(i) = \delta \times (1 - P_{\text{СЧН}}) \times (1 - P_{\text{СКПВ}}) \times (1 - P_U) +$$

$$+ P_{\text{СЧН}} \times (1 - \delta) \times (1 - P_{\text{СКПВ}}) \times (1 - P_U) +$$

$$+ P_{\text{СКПВ}} \times (1 - \delta) \times (1 - P_{\text{СЧН}}) \times (1 - P_U) +$$

$$+ P_U \times (1 - \delta) \times (1 - P_{\text{СЧН}}) \times (1 - P_{\text{СКПВ}}) +$$

$$+ \delta \times P_{\text{СЧН}} \times P_{\text{СКПВ}} \times P_U, \quad (4)$$

где: $Z_{\text{ПП}}$ — стоимостные затраты на эксплуатацию и ремонт АТС, определяемые режимом позиционирования; λ — дискретность получения навигационной информации; T — длительность съема навигационной информации; N — число категорий (градаций) условий ДВИ (например, видимость до 50, 50...100, 100...200, 200...300, 300...400, > 400 м); $Z_{V,TR}$ — общие

затраты от ошибочного выбора режима позиционирования, определяемые скоростью и траекторией движения АТС; $E_{V,TR}$ — общий экономический эффект от достоверного выбора режима позиционирования АТС; $z_{V\alpha}, z_{V\beta}$ — затраты (отрицательные эффекты) от ошибочного выбора скоростного режима АТС в условиях ДВИ с учетом ошибок 1-го и 2-го рода соответственно; $z_{TR\alpha}, z_{TR\beta}$ — затраты от ошибочного определения текущего местоположения (ориентации) АТС на ДП и/или от ошибочного выбора траектории движения АТС в условиях ДВИ с учетом ошибок 1-го и 2-го рода соответственно; $P_B(i)$ — вероятность ошибки водителя, допущенной при управлении АТС в i -ой категории условий ДВИ, приведшей к съезду или уходу АТС с установленных границ ДП; Δ, Δ_3 — фактическая и требуемая метрологическая погрешность навигационного оборудования; D, D_3 — фактическая и требуемая достоверность результата; H, H_3 — производительность системы компьютерной поддержки водителя фактическая и заданная соответственно; Z, Z_3 — затраты на аппаратно-программные средства системы компьютерной поддержки водителя фактические и заданные.

$P_B(i)$ определяется величиной параметра дефицита визуальной информации $\delta_{\text{ДВИ}}$, вероятностями сбоя

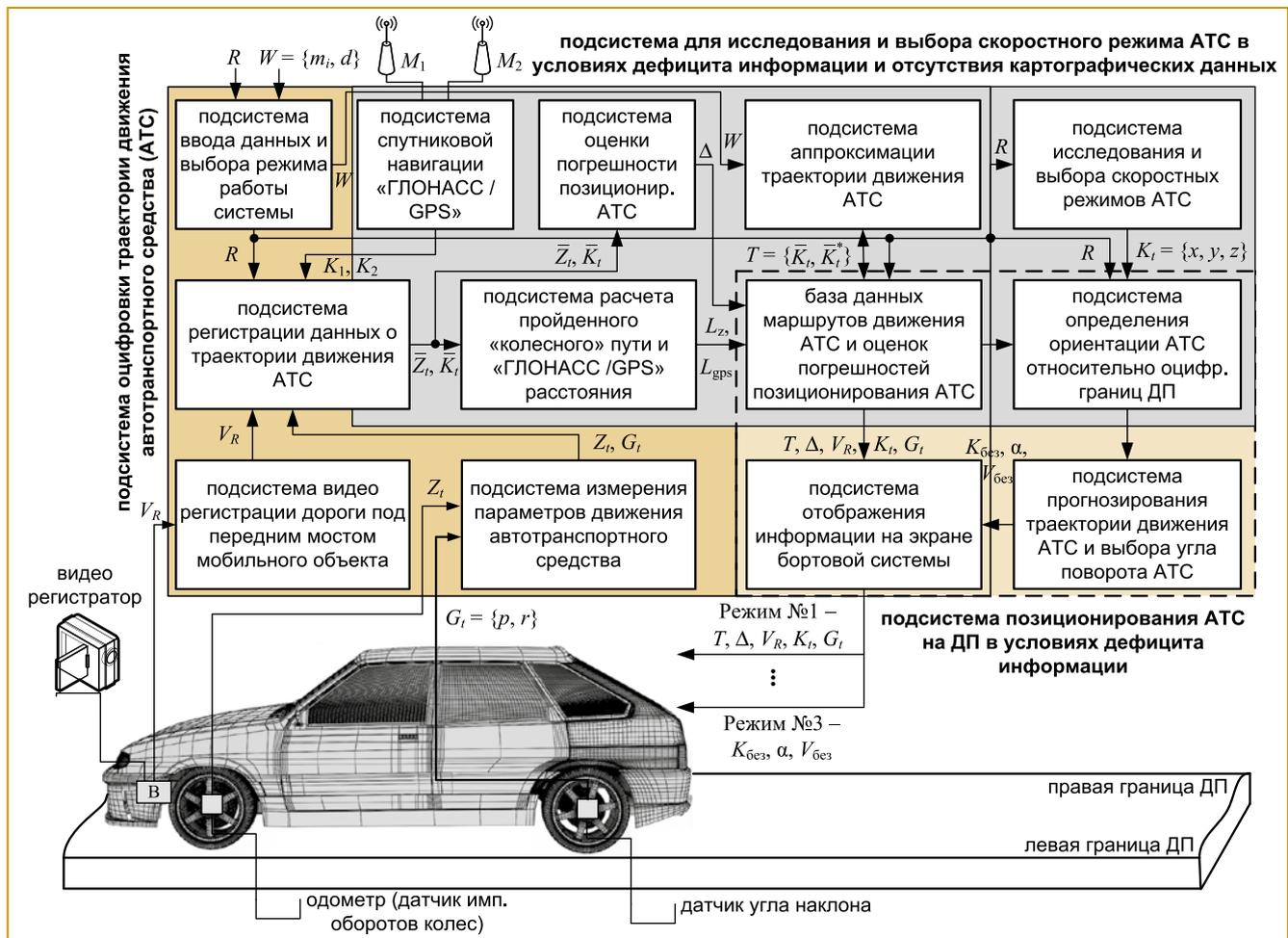


Рис. 2. Структурная схема интегрированной имитационной модели системы компьютерной поддержки водителя при позиционировании АТС относительно оцифрованных границ ДП

навигационного оборудования $P_{ССН}$ и системы компьютерной поддержки водителя $P_{СКПВ}$, а также величиной коэффициента относительной аварийности на исследуемом участке дорожного полотна P_U .

Величина параметра дефицита визуальной информации $\delta_{дви}$ определяется отношением площади видимой части участка дорожного полотна к общей площади участка ДП, которую должен видеть водитель транспортного средства, находясь на высоте точки наблюдения $h = 1,2$ м.

Согласно рекомендациям по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах ОДМ 218.4.005-2010 для оценки степени аварийности на отдельных участках ДП или дорожной сети в целом используют коэффициент относительной аварийности.

Коэффициент относительной аварийности показывает число дорожно-транспортных происшествий по отношению к пробегу автомобилей или к числу проездов автомобилей.

В первом случае коэффициент P_U характеризует степень аварийности на длинных и однородных по геометрическим элементам участках дорог:

$$P_U = \frac{z}{T \times \lambda_{ид} \times L}, \quad (5)$$

где: z — число происшествий за период времени T ; $\lambda_{ид}$ — среднегодовая интенсивность движения (средняя за период времени T), авт./сут; L — длина участка дороги, км.

Во втором случае — на коротких участках (пересечения и примыкания, мосты, путепроводы):

$$P_U = \frac{z}{T \times \lambda_{ид}}. \quad (6)$$

Эффективность выбора режима позиционирования АТС в условиях ДВИ во многом зависит от достоверности используемых навигационных методов и средств. Использование критерия по формулам (1) — (6) позволяет учитывать специфику работы ССН ГЛОНАСС/GPS с учетом их дискретности и погрешности.

Анализ факторов, влияющих на эффективность решения задачи обеспечения активной безопасности АТС с учетом выражений (1) — (6) показал, что для ее решения необходима разработка сложной системы компьютерной поддержки, включающей подсистемы сбора и регистрации данных о параметрах движения АТС, определения местоположения и ориентации АТС на ДП, выбора угла поворота рулевого колеса и скорости движения АТС, визуализации и накопления полученной информации.

На рис. 2 представлена структурная схема разработанной интегрированной имитационной модели системы компьютерной поддержки водителя при позиционировании АТС относительно оцифрованных границ ДП.

Входными параметрами модели являются: координаты широты, долготы и высоты $K = \{x_1, y_1, z_1, x_2, y_2, z_2\}$ ме-

стоположения АТС по данным ССН от антенн M_1 и M_2 ; вектор настроечных параметров R системы; параметры метода аппроксимации $W = \{m_i, d\}$, где m_i — алгоритм аппроксимации, d — диапазон аппроксимируемых координат траектории движения автомобиля; поток видеoinформации V_R под передним мостом автомобиля; вектор значений сигналов Z_i в моменты времени t от одометра АТС; вектор продольных и поперечных уклонов $G_i = \{p, r\}$ в моменты времени t от датчика угла наклона, установленного на задней оси АТС. Представленная модель системы работает в следующих режимах.

Режим №1 — автоматизация сбора, регистрации и обработки данных о траектории движения АТС. Данный режим также используется для оцифровки границ ДП, когда АТС движется по левой и правой сторонам ДП. Регистрируются навигационные координаты границ ДП, полученные векторы координат подвергаются сглаживанию, производится построение гистограмм распределений вероятностей отклонений координат от сглаженной линии.

Режим №2 — исследование и выбор скоростных режимов АТС в условиях дефицита информации на различных графических примитивах оцифрованных участков дорог. Входными данными для выбранного режима являются: графические примитивы оцифрованных участков дорог; координаты начального положения антенн первого и второго навигаторов, расположенных соответственно на передней и задней частях кузова АТС, и определяющие базу АТС; дискретность получения навигационных данных; скорость движения АТС; коэффициент масштабирования по времени; требуемая дистанция до края ДП, которой должен придерживаться АТС. Выбор траектории движения АТС осуществляется исходя из геометрических характеристик протяженного объекта и требуемого скоростного режима АТС.

Режим №3 — исследование режимов позиционирования АТС в условиях отсутствия картографических данных, а также в условиях плохой видимости. Данный режим работы системы используется также в качестве рекомендаций по выбору безопасного коридора движения АТС с учетом оценки вероятности наезда на край обочины автомобильной дороги.

Выходными параметрами системы в зависимости от выбранного режима являются:

— режим № 1 — оцифрованная траектория движения мобильного объекта TR , оценка погрешности Δ позиционирования АТС, поток видеoinформации V_R под передним мостом АТС, координаты K текущего местоположения АТС, углы наклона $G_i = \{p, r\}$ дорожного полотна;

— режим № 2 — графики пройденного пути в зависимости от базы и скорости движения АТС до момента отклонения от запланированной траектории, когда транспортное средство выходит за разрешенные границы ДП;

— режим № 3 — рекомендованный коридор движения АТС, рекомендуемый угол поворота и скорость движения АТС в условиях дефицита информации.

А какой смысл ... развезжать по асфальту? Там, где асфальт, ничего интересного, а где интересно, там нет асфальта.

А. и Б. Стругацкие

Представленная на рис. 2 система компьютерной поддержки водителя имеет модульную архитектуру, при этом все ее подсистемы взаимосвязаны, изменение значений параметров одной подсистемы влияет на выходные характеристики другой.

Имитационная модель реализована в виде пакета прикладных программ и предназначена для исследования режимов движения АТС в условиях ДВИ на различных графических моделях примитивов участков дорог. При этом автомобильная дорога рассматривается как протяженный в пространстве объект, границы которого оцифрованы с требуемой точностью и дискретностью. Выбор траектории движения автомобиля осуществляется алгоритмом программы автоматически по загруженной в оперативную память системы компьютерной поддержки водителя априорной информации о геометрических характеристиках протяженного объекта.

Исходными данными для работы программы являются: графические примитивы оцифрованных участков дорог; навигационные координаты начального положения первой и второй антенн ССН, расположенных на передней и задней частях кузова АТС и определяющие базу автомобиля; дискретность получения и погрешность навигационных данных; скорость движения автомобиля; коэффициент масштабирования по времени; требуемая дистанция до края оцифрованных границ дорожной разметки (ОГДР), которой должен придерживаться автомобиль.

Ввод исходных данных в программе осуществляется через графический интерфейс. Для использования в учебно-практических целях в программе предусмотрены:

- возможности демонстрации в графическом режиме модели протяженного объекта и траектории движения автомобиля с заданным масштабированием по времени;
- графические модели примитивов участков автомобильных дорог и возможности изменения параметров имитационной модели;
- демонстрации в режиме реального времени параметров имитационной модели управления движением АТС.

Алгоритм управления движением автомобиля в условиях ДВИ с учетом погрешностей навигационных данных состоит из следующих шагов.

1) При нажатии на кнопку «Пуск» в оперативной памяти системы компьютерной поддержки водителя создается динамический массив, в который загружаются координаты оцифрованных границ дорожной разметки из жесткого диска. Каждая страница динамического массива содержит координаты широты

и долготы оцифрованных границ дорожной разметки. Число точек на каждый край и расстояние между ними могут быть произвольными.

2) На автотранспортном средстве вдоль его продольной оси устанавливаются две антенны средств спутниковой навигации. Антенна M_1 устанавливается на передней части кузова АТС, антенна M_2 — на задней части кузова АТС.

На рис. 3 (а) — (г) представлены схемы позиционирования автотранспортного средства на ДП относительно ОГДР. Как видно из рис. 3 (а), положение АТС относительно оцифрованных границ дорожной разметки может быть произвольным. Коричневым цветом выделены две точки расположения (установки) антенн M_1 и M_2 , а также координаты оцифрованных границ дорожной разметки с известным расстоянием между ними. Окружности вокруг точек M_1 и M_2 — погрешности источников навигационных данных, радиусы погрешностей R_1 и R_2 которых заранее известны. Считается, что навигационная подсистема определила координаты местоположения антенн M_1 и M_2 , а фактический разброс навигационных точек и местоположение АТС определяется радиусами R_1 и R_2 окружностей.

3) На данном шаге алгоритма определяются координаты возможного местоположения антенн M_1 и M_2 с учетом наихудшего варианта. Поскольку навигационная подсистема имеет погрешности в работе, то при определении координат антенн M_1 и M_2 необходимо определить наихудшие варианты возможных местоположений АТС (рис. 3 б).

Две пересекающиеся линии коричневого цвета и образующие символ «Х» обозначают варианты наихудшего положения автотранспортного средства с учетом величины погрешностей ССН. Штрихпунктирная линия $M_1 M_2$ обозначает вектор направления движения и ориентацию АТС относительно оцифрованных границ дорожной разметки.

4) После определения координат наихудшего местоположения АТС необходимо выполнить поворот кузова АТС таким образом, чтобы координаты его антенн находились параллельно оцифрованных границ дорожной разметки. Для этого вычисляются расстояния от антенн ССН до оцифрованных границ дорожной разметки $h_{11} - h_{41}$. В алгоритме программы создана функция, которая находит две соседние точки из массива координат оцифрованных границ дорожной разметки, являющиеся ближайшими по расстояниям. Далее, выбранные координаты из этого массива координат совместно с предполагаемыми координатами антенн поступают на вход функции, которая определит координаты перпендикуляров четырех треугольников и расстояния $h_{11} - h_{41}$. Указанные расстояния рассчитываются в программе автоматически по формуле Герона.

5) После того, как расстояния до оцифрованных границ дорожной разметки известны, определяется ближайшее расстояние до края оцифрованных границ дорожной разметки, рекомендуется угол поворота $\alpha_{рек}$

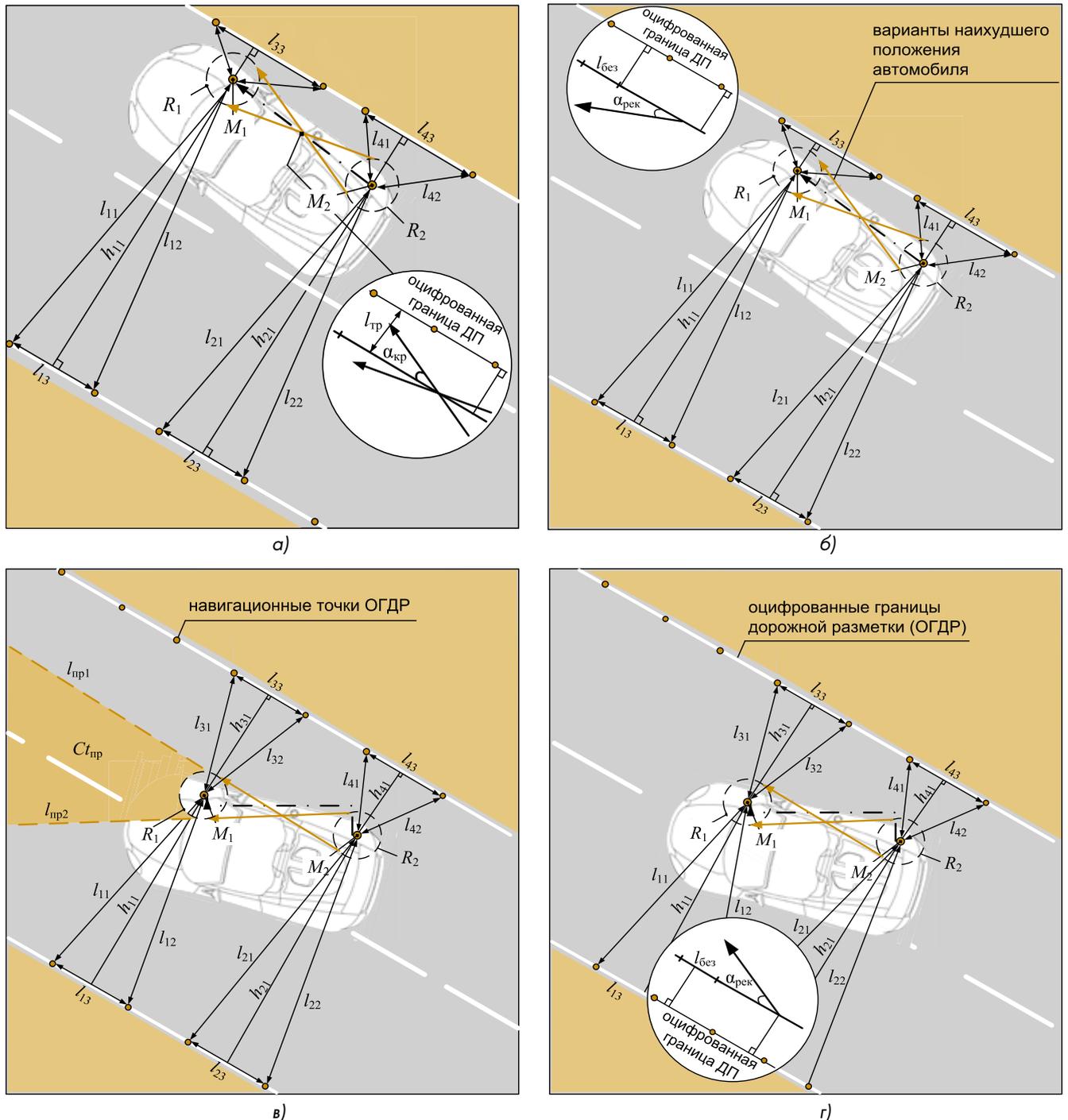


Рис. 3. Схемы позиционирования автомобиля на ДП в условиях ДВИ: а) определение угла наихудшего положения АТС на ДП $\alpha_{кр}$ с учетом погрешностей ССН; б, г) выбор угла поворота рулевого колеса $\alpha_{рек}$ для дальнейшего безопасного движения АТС на расстояние $l_{без}$; в) определение величины прогнозируемого коридора движения АТС $Ct_{пр}$ с учетом наихудших прогнозируемых траекторий движения $l_{пр1,2}$

и скорость движения АТС на расстоянии $l_{без}$ для увода от опасного сближения с краем обочины ДП.

б) Далее, алгоритмом программы осуществляется прогнозирование коридора движения автомобиля $Ct_{пр}$ с учетом прогнозируемых наихудших направлений движения $l_{пр1}$ и $l_{пр2}$ (рис. 3 в). Если ближайшее расстояние до края оцифрованных границ дорожной разметки не соответствует заданному расстоянию l_3 , которого должен придерживаться АТС, происхо-

дит корректировка предполагаемых координат АТС на требуемую величину таким образом, чтобы автомобиль находился параллельно оцифрованным границам дорожной разметки (рис. 3 г).

Останов алгоритма осуществляется при следующих условиях:

– если АТС отклонился от края оцифрованных границ дорожной разметки более чем на $> 3,75$ м или до края дороги — $\leq 0,1$ м. Для этого вычисляются рас-

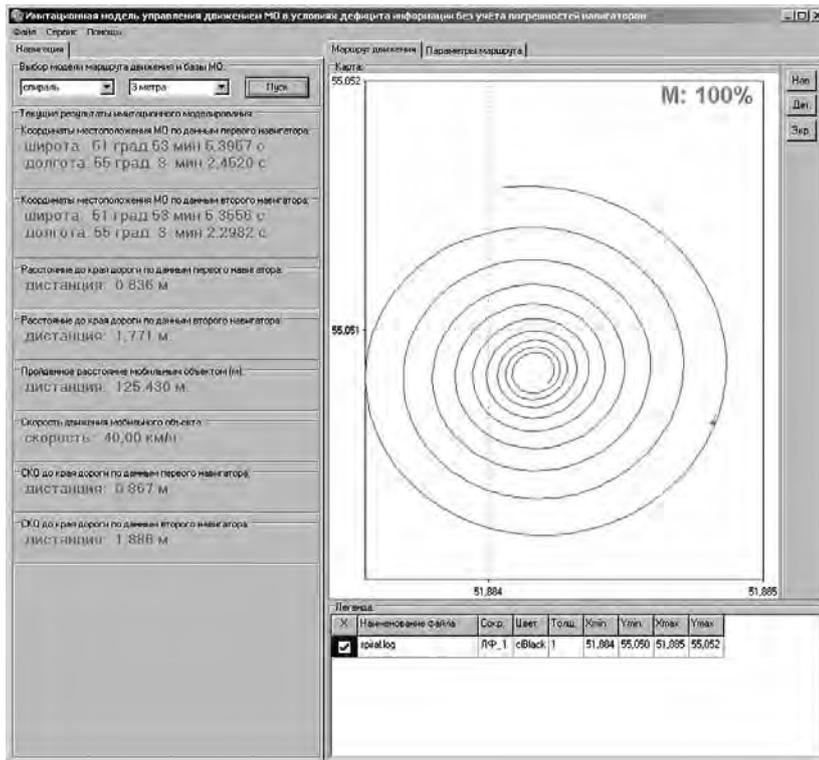


Рис. 4. Интерфейс программы и отображение результатов имитационного моделирования

стояния до оцифрованных границ дорожной разметки после поворота АТС для обоих вариантов (рис. 3 а, г);

– если АТС выполнил движение по всему заданному маршруту.

7) Далее, по программному таймеру имитируется режим движения АТС и определение навигационных координат местоположения АТС без использования ССН. В программе по умолчанию навигационные устройства имитируют режим работы с частотой $t_1 = 0,1$ с и $t_2 = 0,1$ с, скорость движения АТС составляет 30 км/ч. Таким образом, путь, пройденный АТС за 0,1 с составляет $l_{\text{АТС}} = 0,833$ м. Указанные режимы могут меняться в настройках программы. На данном шаге алгоритма требуется определить новые координаты антенн M_1 и M_2 с учетом пройденного расстояния за 0,1 с.

Для повышения быстродействия разработан алгоритм оперативного выбора навигационных данных из базы оцифрованных границ дорожной разметки. Реализованный алгоритм “сканирующее окно” осуществляет поиск ближайших к АТС точек на ДП. АТС может начать свое движение в произвольном месте на трассе, поэтому на первом шаге сканируется вся оцифрованная трасса для определения индексов ближайших навигационных точек к АТС на ДП. В регистрах запоминаются начальные и конечные индексы навигационных точек оцифрованных границ дорожной разметки, которые обновляются по мере движения автотранспортного средства по протяженному участку ДП. Величина сканирующего окна выбирается программой автоматически и зависит от скорости и направления дви-

жения транспортного средства. Далее, алгоритм сканирует не все содержимое массива, а лишь некоторый картографический диапазон. Представленные алгоритмы легли в основу разработанного пакета программ, направленного на обеспечение активной безопасности АТС в условиях ДВИ.

На рис. 4 представлен интерфейс программы и отображение результатов имитационного моделирования.

В разработанном пакете программ предусмотрена возможность задания начальных параметров имитационной модели:

- выбор графической модели примитива участка дороги;
- задание начальных координат местоположения АТС, базы и скорости движения, требуемого расстояния до края оцифрованных границ дорожной разметки;
- задание дискретности и погрешностей работы средств спутниковой навигации, расположенных соответственно в передней и задней частях кузова АТС;

– установка величины коэффициента масштабирования по времени и числа повторений эксперимента.

Создание базы графических примитивов обусловлено характерными типами трасс автомобильных дорог с геометрической точки зрения. Выбор траектории движения АТС осуществляется исходя из геометрических характеристик протяженного объекта и требуемого скоростного режима АТС. Для отслеживания работы алгоритма управления в программе предусмотрена визуализация параметров движения АТС (скорость движения АТС, пройденный путь, координаты местоположения АТС и расстояния до границ дорожного полотна).

Выбор имитационного подхода обусловлен следующими причинами: аналитические методы исследования имеются, но составляющие их математические процедуры очень сложны и трудоемки; имитационный подход позволяет исследовать поведение системы во времени и в геометрическом пространстве; модель используется также для предсказания так называемых «узких» мест в алгоритме позиционирования автомобиля на ДП в условиях дефицита информации и отсутствия картографических данных. Применение имитационного подхода позволило также сократить временные и стоимостные затраты, связанные с проведением натурных экспериментов. Исследование модели на примитивах оцифрованных границ дорог позволяет перейти для использования на реальных планах трасс автомобильных дорог.

Разработанная модель представлена в виде программного средства и функционирует под управлением ОС Windows.

Достоинствами разработанной программы является:

- адаптивность к изменению траектории (геометрических параметров) дороги;
- наличие перечня графических моделей примитивов участков дорог;
- возможность модификации исходного кода программы с учетом совершенствования алгоритма управления движением АТС в условиях дефицита информации.

Пакет программ ориентирован на проектирование и исследования систем компьютерной поддержки водителя, подсистем автоматического управления движением АТС с учетом геометрических характеристик протяженных в пространстве объектов. Представленная система совмещает функции маршрутного компьютера, приборной панели и навигационной подсистемы ГЛОНАСС/GPS с детальным отображением положения АТС относительно оцифрованных границ ДП.

Пакет прикладных программ используется в учебном процессе как учебный научно-методический материал для подготовки студентов и аспирантов направлений, связанных с построением специализированных информационно-навигационных систем на кафедре вычислительной техники и защиты информации ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет». Полученные результаты могут быть рекомендованы для применения при создании систем компьютерной поддержки водителей, а также при управлении АТС в условиях дефицита информации.

Хасанов Рафаэль Илдарович – канд. техн. наук, старший преподаватель ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет».

Контактный телефон +7-922-850-73-41.

E-mail: hasanov0401@yandex.ru

Список литературы

1. *Хасанов Р.И.* Компьютерная поддержка водителя в задаче выбора траектории и скорости движения мобильного объекта // Автоматизация в промышленности. 2016. № 7. С. 51 - 57.
2. *Karpukhin K. E., Terenchenko A. S., Bakhmutov S. V. et al.* Tendency of Creation of «Driverless» Vehicles Abroad // Biosciences Biotechnology Research Asia. 2014. № S. T 11. P. 241-246.
3. *Тарасик В.П., Рынкевич С.А.* Интеллектуальные системы управления автотранспортными средствами: монография. Минск: УП «Технопринт», 2004. 512 с.
4. *Туренко А.Н., Ужва А.В., Лукашов И.В. и др.* Использование навигационной спутниковой системы GPS для воспроизведения траектории движения гоночного автомобиля // Автомобильный транспорт. Харьков. 2013. № 60. С. 83 - 89.
5. *Туренко А.Н., Ужва А.В., Лукашов И.В. и др.* Разработка устройства глобального позиционирования для воспроизведения траектории движения гоночного автомобиля // Автомобильный транспорт (Харьков). 2013. №32. С. 7-11.
6. *Шелаев Д.В.* Исследование точности определения траектории движения по результатам ГНСС+ИНС измерений при отсутствии ГНСС сигналов // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2012. № 4. С. 15 - 20.
7. *Bertozzi M., Broggi A., Coati A. et al.* A 13,000 km Intercontinental Trip with Driverless Vehicles: The VIAC Experiment // IEEE Intelligent Transportation System Magazine. 2013. № 5 (1). P. 28-41.
8. *Broggi A., Cerri P., Felisa M. et al.* The VisLab Intercontinental Autonomous Challenge: an Extensive Test for a Platoon of Intelligent Vehicles // Intl. Journal of Vehicle Autonomous Systems. 2012. V. 10, №. 3. P. 147-164.
9. *Антонович К.М.* Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. Т. 2. ГОУ ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия». М.: ФГУП «Картгеоцентр». 2006. 360 с.

Внедрение новой системы автоматизации вентиляторной градирни на производстве ООО «ЕвроХим-БМУ»

Специалисты компании «Первый инженер» завершили комплексные работы по автоматизации вентиляторной градирни на производстве ООО «ЕвроХим-БМУ» (мощностью 6 тыс. м³/ч). Основная цель работ – нормализация водооборотного цикла энергетического цеха, повышение производительности и улучшение технико-экономических показателей минерально-химического производства.

Учитывая, что большинство технологических комплексов на предприятиях России сконструированы еще в советское время на базе устаревших технологий, вопрос своевременной модернизации становится сегодня особенно актуальным. Для успешного ведения бизнеса промышленным предприятиям просто катастрофически необходима своевременная модернизация технологических мощностей. Этого принципа и придерживается один из крупнейших производителей удобрений.

С целью улучшения технико-экономических показателей ООО «ЕвроХим-БМУ» и повышения производительности водооборотного цикла специалисты «Первого инженера» провели работы по внедрению системы автоматизации вентиляторной градирни производства компании SPX Cooling Technologies. Работы по запуску системы автоматизации проводились в режиме

жесткого цейтнота на фоне продолжающихся строительно-монтажных работ. Это потребовало от специалистов «Первого инженера» четких и согласованных действий в работе для достижения цели в намеченные сроки.

Проект предусматривал: разработку рабочей документации по автоматизации градирни для нужд водооборотного цикла энергетического цеха ООО «ЕвроХим-БМУ», осуществление закупки и поставки оборудования системы автоматизации (шкафы управления вентиляторной градирни, КИП), а также выполнение шеф-монтажных и пусконаладочных работ.

Новая система автоматизации вентиляторной градирни производства позволит ООО «ЕвроХим-БМУ» существенно сократить затраты на энергоресурсы предприятия, экономить водные ресурсы за счет уменьшения потерь воды в цикле и снизить энергопотребление системы оборотного водоснабжения. Все это увеличит надежность производственного цикла в целом.

Для команды «Первого инженера» подобный проект на производстве ООО «ЕвроХим-БМУ» является уже не первым. До этого технические специалисты проводили работы по автоматизации шестисекционной вентиляторной градирни производства серной кислоты.

[Http://www.1-engineer.ru](http://www.1-engineer.ru)