

ХАРЬКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АВТОМОБИЛЬНО - ДОРОЖНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

Смирнов Олег Петрович

ПРОГРАММНО - АППАРАТНЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА
ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Специальность 05.23.11 - Строительство
автомобильных дорог и аэродромов
05.13.05 - элементы и устройства
вычислительной техники и систем управления

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Харьков - 1995



Работа выполнена в Харьковском
дорожном техническом университете

Научный руководитель - кандидат технических наук,
доцент Алексеев О. П.

Официальные оппоненты - доктор технических наук,
профессор МАДИ Лобанов Е. М.,
кандидат технических наук,
доцент Левтеров А. И.

Ведущая организация ГИВЦ концерна Укравтодор, г. Киев.

Защита состоится "16" сентября 1995 г. в 14 час 00 мин
на заседании специализированного совета К 02.17.01 в Харьковском
государственном автомобильно - дорожном техническом университете
по адресу: 310025, г. Харьков, ул. Петровского 25, ХГАДТУ

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ХГАДТУ

Автореферат разослан "16" сентября 1995 г.

Ученый секретарь
специализированного
совета

доцент

Космин А. В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Одним из основных условий эффективного развития страны является наличие надежно функционирующей транспортной системы. В период перехода к рыночным отношениям сеть автомобильных дорог всявязи с низким техническим уровнем попрежнему отстает от потребностей народного хозяйства и является серьезным тормозом в его развитии. Для обеспечения безопасности движения, эффективной работы автотранспорта, связывающего воедино все звенья экономики, недостаточно только построить разветвленную дорожную сеть, необходимо периодически обследовать ее состояние для своевременного проведения ремонта и содержания.

В последнее десятилетие проблема повышения производительности и достоверности измерений при обследовании автомобильных дорог стала необходимым требованием развития дорожной отрасли как условие рационального планирования объектов производства дорожных работ. Для этого применяются различные приборы и оборудование. Однако, большинство из них не соответствует современным требованиям информационной технологии, информационно разделен процесс сбора, обработки и хранения данных, требуются дополнительные затраты на камеральную обработку, подготовку к вводу собранных данных на ЭВМ.

Цель работы и задачи исследований. Целью выполненного исследования является повышение эффективности и технологичности измерений, регистрации, обработки и хранения данных о состоянии автомобильной дороги. Это новая информационная технология, основным звеном которой является информационно - вычислительный комплекс (ИВК) при помощи которого в процессе движения специализированного транспортного средства по обследуемой автомобильной дороге измеряют и регистрируют данные, характеризующие ее состояние.

Основные теоретические и практические достижения заключаются в следующем:

1. Систематизации и анализе теоретических и практических достижений в области оценки состояния автомобильных дорог.

2. Разработке математической модели сбора и регистрации транспортно - эксплуатационных параметров.

3. Защищены авторскими свидетельствами и выданными ВНИИГПС положительными решениями патентной экспертизы способы и устройства измерения радиуса кривой в плане, продольного уклона, коэффициента сцепления и ровности дорожного покрытия.

4. Проектировании, изготовлении, внедрении и эксплуатации в дорожной организации ИВК передвижной дорожной лаборатории (ПДЛ).

5. Создании информационной технологии дорожной организации.

Задачи разработки таких систем основаны на фундаментальных исследованиях Бабкова Б.Ф., Батракова О.Т., Бируля А.К., Васильева А.П., Гаврилова Э.В., Говорущенко Н.Я., Золотаря И.А., Миховича С.И., Некрасова В.К., Сиденко В.М., Сильянова В.В., Федотова Г.А., Филиппова В.В., Хомяка Я.В. и других ученых. Данная работа является частью комплексной тематики по созданию новых информационных технологий (ИТ), выполняемых с середины восьмидесятых, в которой задействованы кафедры Изыскания и проектирования дорог под руководством профессора Гаврилова Э.В., автоматики и вычислительной техники – профессора Тырсы В.Е., электротехники и электрооборудования – доцента Алексева О.П.

В работе особое внимание уделено технологичности разрабатываемых методов и средств, возможности их рационального использования в составе технических средств новых информационных технологий, т.к. традиционные методы оценки состояния исследуемых объектов не позволяют построить достаточно эффективно автоматизированные системы.

Методы исследований. При решении поставленных задач в работе применялись прикладная теория информации, методы логического анализа и синтеза для разработки математической модели и при проектировании информационно – измерительных систем. При обработке экспериментальных данных и оценке погрешностей результатов измерений использовался аппарат математической статистики.

Научная новизна результатов, выносимых на защиту, заключается в следующем: впервые с позиции теории информации разработана математическая модель измерения и регистрации транспортно-эксплуатационных параметров; созданы способы и устройства измерения радиуса кривой в плане, продольного уклона, коэффициента сцепления и ровности, защищенные авторскими свидетельствами и выданными положительными решениями патентной экспертизы; разработан, изготовлен и внедрен в эксплуатацию в тресте "Харьковдорстрой" ИВК ПДЛ на базе автомобиля УАЗ-452; по заказу ГУ ГАИ МВД Украины изготовлен ИВК ПДЛ на базе автомобиля ЗАЗ 968М с регистрацией данных на ЭВМ типа NOTEBOOK, разработана методика и программа их испытаний, на основе которых проведена метрологическая аттестация измерительных каналов; разработаны оптимизационные алгоритмы и программы регистрации, обработки и хранения результатов измерений,

разработана информационная технология дорожной организации на основе создания вычислительной системы, основным звеном которой является ИВК ПДЛ.

Практическая ценность работы состоит в том, что результаты исследований являются научной основой для их практического использования в проектировании и внедрении информационно - измерительных систем, в частности ИВК ПДЛ, локальных вычислительных сетей, автоматизированных рабочих мест инженеров - исследователей и руководителей производства, автоматизированных банков данных.

Результаты диссертационной работы послужили основой для разработки Государственного стандарта Украины "Автотранспортні засоби. Устаткування пересувних дорожніх лабораторій. Терміни та визначення."

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на научно - технической конференции "Интенсификация дорожного строительства" (г. Владимир, ВПИ, 1988г.), во Всесоюзной школе "Проектирование автоматизированных систем контроля и управления сложными объектами" (Харьков - Туапсе, ХИРЭ, 1990г.), на межреспубликанской научно - технической конференции "Актуальные проблемы разработки автоматизированных систем управления", на которой доклад автора "Информационная технология подготовки данных для принятия решения в дорожной отрасли" награжден дипломом 1 степени за успешное выступление (г. Киев, КПИ, 1989г.), на международном симпозиуме "Новые информационные технологии" (г. Калинин, 1990г.), на ежегодных научно - технических конференциях профессорско - преподавательского состава сотрудников и аспирантов ХАДИ (г. Харьков, 1988-1994гг.). Диссертационная работа одобрена на заседаниях кафедры электротехники и электрооборудования.

Публикации. Основные результаты диссертации опубликованы в 6-и научных работах (3 самостоятельно) и защищены 4-мя авторскими свидетельствами и выданными положительными решениями государственной научно - технической экспертизы изобретений (в соавторстве).

Структура и объем работы. Диссертация включает введение, 4 главы и заключение, изложенные на 125 страницах машинописного текста, список использованной литературы из 124 наименований, 4 приложений, содержит 28 рисунков и 8 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении сформулированы задачи создания ИТ сбора, регистрации, обработки и хранения данных о состоянии автомобильной дороги на основе разработки технологичных и производительных программно - аппаратных методов и средств ИВК ПДЛ, обосновывается актуальность работы, дана общая характеристика диссертации и приведена ее структура, определена цель и задачи исследования.

Первая глава посвящена анализу применяемых методов и средств измерений, применяемых при обследовании автомобильных дорог, определено направление проектирования ИВК ПДЛ, приведен алгоритм выполненного исследования (рис. 1), сформулирована цель и задачи работы.

С позиции информационной технологии методы обследования автомобильных дорог разделены на экспертные, статистические и инструментальные, взаимодополняющие друг друга. Информационная технология связана с применением ЭВМ, поэтому необходимо данные, полученные этими методами для дальнейшей обработки и хранения вручную ввести в ЭВМ. Здесь возникает противоречие между машинными методами обработки информации и ручными методами ее сбора. Основная проблема заключается как в физической реализации автоматизированных систем сбора, регистрации, обработки и хранения данных, так и в разработке целостной теории, позволяющей провести анализ и синтез всей технологической цепочки от сбора данных о состоянии автомобильной дороги до подготовки управленческих решений.

Разрешить это противоречие может разработка программно - аппаратных методов и средств измерений, удовлетворяющих требованиям информационной технологии, таким как комплексное обследование, технологичность и производительность измерений, автоматизированная регистрация и хранение данных на ЭВМ. Следует отметить, что все эти требования можно удовлетворить и традиционными методами, но ИТ будет существовать только при выполнении всех этих требований.

На основе практики обследования автомобильных дорог, научно - технической литературы были выделены такие параметры от которых в первую очередь зависят безопасность движения, себестоимость перевозок, скорость транспортного средства и другие наиболее важные параметры. К ним относятся геометрические элементы плана и профиля, коэффициент сцепления и ровность дорожного покрытия.

Алгоритм исследования

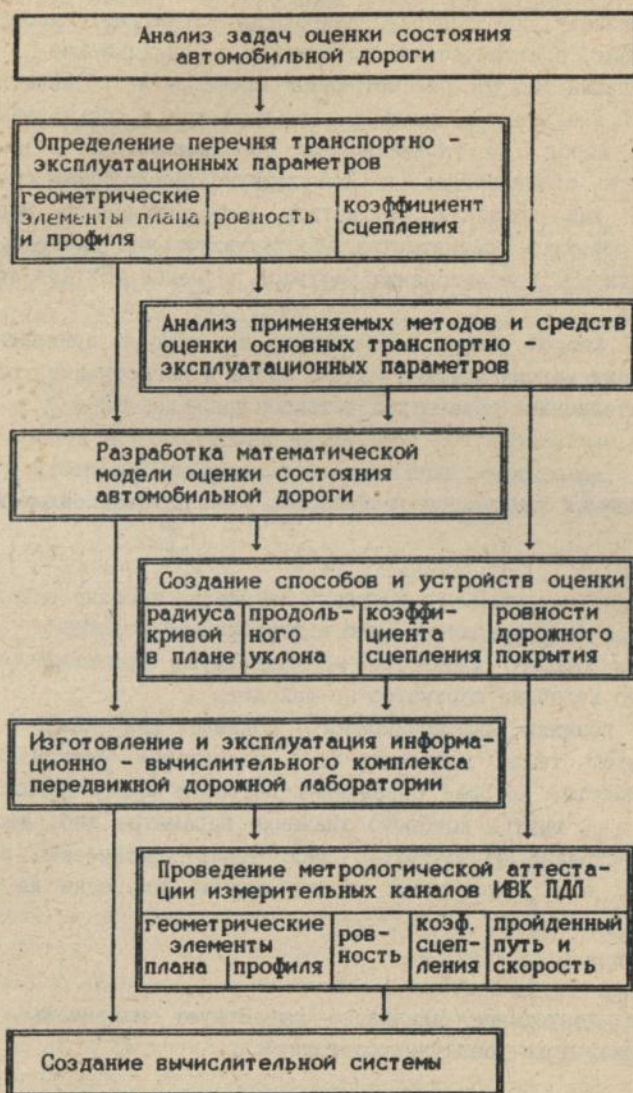


рис. 1

Проведенные исследования разработанных до настоящего времени методов и средств оценки этих параметров на основе патентной документации позволили условно разделить их, по наиболее характерному признаку, на следующие подгруппы: магнитные, гироскопические, жидкостные, электрические, оптические и механические.

Большинство из рассмотренных способов и устройств не нашли широкого внедрения в практику строительства и обследования автомобильных дорог, не удовлетворяют требованиям ИТ и не позволяют проводить своевременно и регулярно комплексное обследование, которое как показали результаты математического моделирования выбора объектов производства восстановительных работ обеспечивает эффективность использования ресурсов не менее 15% для любого числа объектов.

Во второй главе разработана на основе прикладной теории информации математическая модель сбора и регистрации транспортно-эксплуатационных параметров автомобильной дороги.

Математически под состоянием автомобильной дороги подразумевается некоторая точка в многомерной области координат, определяемая комплексом транспортно-эксплуатационных параметров.

$$x(l) = \{x_1(l), x_2(l), x_3(l), \dots, x_1(l), \dots, x_n(l)\} \quad (1)$$

В качестве независимого текущего параметра выбрано расстояние l от некоторой фиксированной точки автомобильной дороги.

Для каждого параметра x_i существует диапазон X_i за пределы которого величина параметра не выходит.

С позиции информационного подхода для каждого параметра существует такая величина $E\phi_1$, называемая физическим порогом различимости, которая определяет интервал между двумя значениями x_{i1} и x_{i2} , внутри которого значение параметра либо неопределено, либо постоянно флуктуирует, либо теряет физический смысл, т.е. когда x_{i1} и x_{i2} при сколь угодно точном измерении не могут быть надежно различимы.

$$\rho(x_{i1}, x_{i2}) < E\phi_1 \quad (2)$$

На допустимом диапазоне существует максимально возможное число физически различных состояний.

$$M\phi_1 = X_i / E\phi_1 \quad (3)$$

Информационная теория основывается на энтропийном описании динамических систем. Согласно основным свойствам, энтропия достигает максимума, когда все состояния $x_1(l)$, отличающиеся друг от друга на величину порога различимости, равновероятны.

$$P(x_{1,1}) = P(x_{1,2}) = \dots = P(x_{1,j}) = \dots = 1 / M\phi_1 \quad (4)$$

Тогда значение энтропии определяется по формуле:

$$\max H(x_1) = \log_2 M\phi_1 \quad (5)$$

Если x_1 принимает отдельные E -различные состояния на участке l не с равной вероятностью, а в соответствии с некоторым законом распределения так, что каждому $x_{1,j}$ может быть поставлено в соответствие вероятность его появления $P(x_{1,j})$, удовлетворяющая требованию :

$$\sum_{j=1}^{M\phi_1} P(x_{1,j}) = 1 \quad (6)$$

Энтропия в дискретном неравновероятностном случае вычисляется по формуле:

$$H(x_1) = - \sum_{j=1}^{M\phi_1} P(x_{1,j}) * \log_2 P(x_{1,j}) \quad (7)$$

При непрерывной плотности распределения вероятности $p(x_1)$ в допустимом диапазоне X_1 :

$$\int_{X_1} p(x_1) dx_1 = 1 \quad (8)$$

Энтропия имеет вид:

$$H(x_1) = - \int_{X_1} p(x_1) * \log_2 p(x_1) dx_1 \quad (9)$$

Полученная энтропийная оценка характеризует параметр по всему множеству возможных состояний на участке l автомобильной дороги.

Потребительский порог различимости E_n , в отличие от физического E_ϕ , основывается на необходимой и достаточной точности измерения и не связан с физическими свойствами объекта, что позволяет использовать минимально необходимое количество информации.

$$p(x_{1,1}, x_{1,2}) < E_n \quad (10)$$

Одной из важных характеристик исследуемого объекта является максимально возможное число различных потребительских состояний из допустимом диапазоне:

$$M_{n_1} = X_1 / E_{n_1} \quad (11)$$

За меру количества информации принимается разность между неопределенностью, которая существовала до проведения измерения и неопределенностью, которая остается после получения этих сведений.

$$I = H(x_1) - H(x_1 / \alpha_1) \quad (12)$$

Вычислим оценки неопределенности до и после измерения. До проведения измерения, когда неизвестен характер вероятностного распределения исследуемого параметра, правомерно считать, что оно равномерное $p(x_1) = 1/X_1$ в пределах допустимого диапазона X_1 . За пределами этого диапазона плотность распределения вероятности равна нулю.

$$H(x_1) = - \int \frac{1}{X_1} * \log_2 \frac{1}{X_1} dx_1 = \log_2 X_1 \quad (13)$$

До измерения энтропия представляет собой логарифмическую меру длины диапазона X_1 .

После проведения измерения получаем некоторое значение α_1 .

Для определения энтропии после измерения введем понятие информационного порога различимости, который присущ процессу измерения и ограничивается точностью устройства измерения. Два любых состояния считаются различимыми данным устройством при выполнении условия:

$$p(x_{i_1}, x_{i_2}) < E_{u_1} \quad (14)$$

Число M_{u_1} представляет собой максимальное число возможных градаций измеряемой величины, получаемое данным устройством в диапазоне измерения Z_1 .

$$M_{u_1} = Z_1 / E_{u_1} \quad (15)$$

Учитывая информационный порог различимости, можно утверждать, что действительное значение находится в пределах $\alpha_1 \pm E_{u_1}/2$. Если измерительная система обладает погрешностью с равномерным распределением по длине диапазона измерения, то ситуация после измерения описывается распределением шириной E_{u_1} и плотностью $p(\alpha_1) = 1/E_{u_1}$.

Энтропия после измерения представляет собой логарифмическую меру длины интервала неопределенности, равного информационному порогу различимости измерительного устройства.

$$H(x_1/\alpha_1) = - \int_{\alpha_1 - E_{u_1}/2}^{\alpha_1 + E_{u_1}/2} \frac{1}{E_{u_1}} * \log \frac{1}{E_{u_1}} dx_1 = \log_2 E_{u_1} \quad (16)$$

Величины неопределенности до и после измерения могут быть вычислены для любого выраженного аналитически закона распределения измеряемой величины и погрешности измерения прибора. В данном случае определяются потенциальные возможности системы измерения, как разность между максимальным и фактическим значениями энтропии.

$$I = \log_2 X_1 - \log_2 E_{u_1} = \log_2 M_{u_1} \quad (17)$$

Таким образом, смысл измерения состоит в сужении интервала неопределенности от всего возможно допустимого интервала X_1 до интервала шириной равной информационному порогу различимости. Число M_{u_1} показывает какое максимальное число различимых значений измеряемой величины позволяет получить данное устройство.

Информация, полученная с измерительного устройства, преобразуется и поступает в ЭВМ. ЭВМ необходима для приема, дальнейшей обработки, регистрации и хранения дорожных данных. В связи с этим, возникает вопрос оптимального распределения функций между аппаратными и программными методами разрабатываемой системы. В качестве критерия выбраны производительность системы и степень использования памяти машины. В работе приводятся примеры расчета оптимальной шкалы по уровню, рассмотрены методы минимизации количества ячеек памяти ЭВМ для записи результатов измерения, даны рекомендации по разработке программно - аппаратных методов и средств оценки состояния автомобильных дорог.

Разработанная математическая модель отражает основные свойства системы, в том числе ограничения, существующие в реальных условиях. Однако, на практике распределение вероятностей неизвестны. Экспериментальное определение многомерных законов распределения вероятностей требует огромных затрат. Поэтому данный математический аппарат применяется в общем виде как промежуточный этап анализа и синтеза программно - аппаратных методов и средств измерений транспортно - эксплуатационного состояния автомобильных дорог.

При создании новых технических систем значительную часть решений принимают как на основе строго математических вычислений, так и с помощью методов логического анализа и синтеза, основанных на нечетких множествах. Такие неформализованные подходы, основанные на интуиции, чаще всего встречаются при создании принципиально новых, нестандартных решений. Точные и размытые представления, в пределах их информационных функций, следует рассматривать не как две самостоятельные формы познания, а как одну его форму, имеющую двуединую сущность. Каждая из ее сторон в отдельности принципиально не в состоянии решить проблемы разработки систем и лишь в их совокупности оказывается возможным процесс технического творчества.

В третьей главе приводятся результаты экспериментальных исследований воздействия транспортно - эксплуатационных параметров на динамику автомобиля и решения по измерительному комплексу системы, на основе которых разработаны способы и устройства измерения радиуса кривой в плане, продольного уклона, коэффициента сцепления, ровности дорожного покрытия, защищенные авторскими свидетельствами и выданными положительными решениями ВНИИГПЗ.

На основе экспериментальных исследований была получена количественная оценка зависимости между скоростью автомобиля при постоянной тягово - скоростной характеристике и продольным уклоном (рис.2), разностью частот вращения ведущего и ведомого колес и коэффициентом сцепления (рис.3), дисперсией скорости вращения ведущего колеса и ровностью дорожного покрытия (рис.4), выведена формула расчета радиуса кривой в плане от скорости вращения соосных ведомых колес автомобиля. Эти исследования послужили основой для разработки новых цифровых программно - аппаратных способов и устройств.

Рассмотрим сущность способа определения радиуса кривой в плане автомобильной дороги.

При прямолинейном движении базового автомобиля ПДЛ скорости соосных ведомых колес равны. При поворотах соосные колеса описывают кривые различного радиуса, следовательно, за время Δt проезжают различное расстояние L_1 и L_2 , поэтому имеют различную скорость V_1 и V_2 :

$$\begin{cases} L_1 = V_1 * \Delta t \\ L_2 = V_2 * \Delta t \end{cases} \quad (18)$$

Разделив одно уравнение на другое:

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{V_1}{V_2} \quad (19)$$

Зависимость скорости ПДЛ от продольного уклона
на разных передачах скоростей

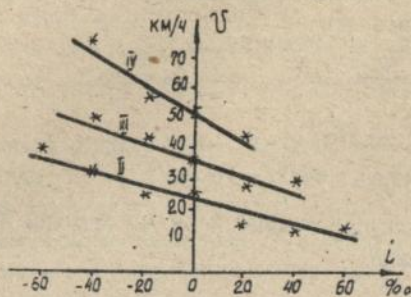


рис. 2

Зависимость разности частот вращения ведущего и ведомого колес
от коэффициента сцепления при различных скоростях ПДЛ

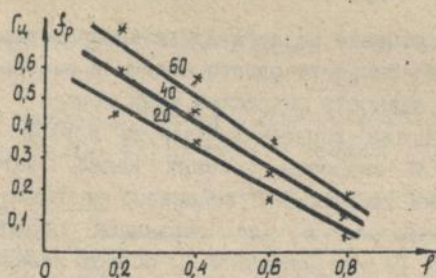


рис. 3

Зависимость дисперсии скорости ведущего колеса
от ровности при различных скоростях ПДЛ

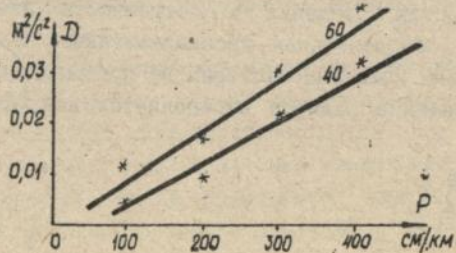


рис. 4

За время Δt между измерениями можно с достаточной точностью утверждать, что колеса описывают кривые по дуге окружности. Из геометрии известно, что:

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{R_1}{R_2} \quad (20)$$

Из уравнений (19) и (20):

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{V_1}{V_2} \quad (21)$$

Величины радиусов кривых R_1 и R_2 отличны на расстояние между соосными колесами H :

$$R_2 = R_1 - H \quad (22)$$

Решая совместно уравнения (21) и (22):

$$R_1 = \frac{V_1 * H}{N_1 - V_2} \quad (23)$$

Мгновенное значение радиуса кривизны представляет собой отношение произведения скорости одного колеса и расстояния между соосными колесами на разность скоростей этих колес.

Схема устройства измерения радиуса кривой состоит из двух датчиков линейной скорости соосных колес, включающих датчики оборотов, счетчики импульсов и генератор частоты f , и накопителя. В качестве накопителя и для первичной обработки информации используется ЭВМ. Радиус кривизны за оборот колеса вычисляется по формуле.

$$R = \frac{N_2 * H}{N_2 - N_1} \quad (24)$$

где N_1 и N_2 - количество импульсов поступающих с генератора за оборот с внешнего и внутреннего колес на счетчики.

В работе рассчитана относительная погрешность измерения при различных скоростях движения и погрешность измерения радиуса кривой в плане обусловленная проскальзыванием и неидентичностью рельефа под обоими колесами, которая не превышает 0.1 %.

Истинное значение радиуса определяется как среднее арифметическое.

$$R_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n} \quad (25)$$

Для построения оптимальной шкалы по уровню, определим требования и ограничения предъявляемые к оценке радиуса кривой в плане автомобильной дороги:

1. Диапазон измерения $10 \div 5000$ м;
2. Потребительский порог различимости не более 2 % ;
3. Максимально возможное число потребительски различных состояний 200.

В данном случае целесообразно использовать шкалу с переменным шагом квантования. В противном случае дискретность измерения радиуса кривой на всем диапазоне будет составлять 25 м.

Разобьем диапазон на несколько поддиапазонов D_i и рассчитаем для каждого из них потребительский порог различимости E_{n_i} и число потребительских состояний M_{n_i} .

$$E_{n_i} = D_i * 0.02 \quad (26)$$

$$M_{n_i} = (D_i - D_{i-1}) / E_{n_i} \quad (27)$$

Результаты расчета занесем в табл. 1 .

Таблица 1

Потребительский порог различимости и число состояний при оценке радиуса кривой

$D_i \div D_{i-1}$	E_{n_i}	M_{n_i}
2500 \div 5000	100	25
1000 \div 2500	50	30
500 \div 1000	20	25
250 \div 500	10	25
100 \div 250	5	30
10 \div 100	2	45

ВСЕГО: 180

Способ и устройство измерения радиуса кривой в плане защищены авторским свидетельством.

Способ определения продольного уклона автомобильной дороги заключается в следующем.

При движении по горизонтальному участку дороги на какой-либо ступени коробки передач при фиксированном положении педали акселератора скорость автомобиля постоянна. При движении на подъем при тех же условиях скорость за счет увеличения силы сопротивления уклону уменьшается. После преодоления уклона происходит разгон автомобиля до исходной скорости движения.

Определяется зависимость между величиной уклона и скоростью при данном режиме движения автомобиля, по которой определяется уклон на обследуемом участке дороги. Для различных автомобилей и на различных передачах скоростей существуют разные зависимости между продольным уклоном и скоростью движения автомобиля. Определение этой зависимости проводится один раз при начале использования устройства на данном автомобиле. А перед каждым выездом на обследуемый участок желательно проводить тарировку, потому что, как показали экспериментальные данные ошибка измерений на одном и том же автомобиле может достигать 5 %. При тарировке эта ошибка исключается.

Устройство измерения продольного уклона содержит датчик линейной скорости движения автомобиля, состоящий из датчика оборотов, установленного на ведомом колесе, счетчика импульсов, генератора импульсов и накопителя.

Оптимальная шкала при оценке продольного уклона выбрана равномерной с шагом квантования, равным 1 %.

На способ измерения продольного уклона выдано положительное решение патентной экспертизы ВНИИГПЭ.

Рассмотрим влияние сцепных качеств автомобильной дороги на движущийся по ней автомобиль. При движении ПДД по обследуемому участку измеряют разность частот вращения ведущего и ведомого колес и по заранее известной зависимости оценивают коэффициент сцепления.

Физическая сущность разности частот вращения заключается в том, что при движении автомобиля излишний крутящий момент не имея возможности реализоваться в виде силы, передаваемой от ведущего колеса к автомобилю, вызывает лишь ускоренное буксование ведущего колеса. При ухудшении сцепных качеств увеличивается проскальзывание ведущего колеса. Скольжение ведомого колеса практически не происходит.

Коэффициент сцепления непосредственно зависит от степени скольжения или буксования ведущих колес. Уменьшение сцепления шины с дорогой приводит к тому, что буксование наступает при меньших касательных деформациях и происходит более интенсивно.

Схема устройства измерения коэффициента сцепления состоит из датчиков оборотов ведомого и ведущего колес, схемы совпадения импульсов, генератора импульсов частоты f , счетчика и накопителя.

При движении автомобиля две последовательности импульсов с

датчиков оборотов поступают на схему совпадения. При совпадении входных импульсов на счетчик поступает старт - стопный сигнал. Число импульсов N , поступив с генератора импульсов между сигналами со схемы совпадения записываются в накопитель и однозначно характеризуют разность частоты вращения :

$$f_p = f / N \quad (28)$$

Приведем пример расчета оптимальной шкалы по уровню при следующих требованиях и ограничениях, предъявляемых к оценке коэффициента сцепления:

1. Диапазон измерения $0.1 \div 0.9$;
2. Потребительский порог различимости 2 % ;
3. Максимально возможное число потребительских состояний 50.

При регистрации коэффициента сцепления целесообразно использовать шкалу с переменным шагом квантования по уровню. Наиболее точно необходимо измерять величины коэффициента сцепления, которые находятся на середине шкалы $0.4 \div 0.6$, т. е. от начала опасного состояния покрытия до практически безопасного. Менее точно необходимо измерять величины коэффициента сцепления $0.1 \div 0.4$, которые не обеспечивают безопасность движения автомобилей на дороге любой категории. Поддиапазон $0.6 \div 0.9$ полностью безопасен по сцепным качествам дорожного покрытия.

Результаты расчета потребительского порога различимости и числа состояний представлены в табл. 2.

Таблица 2

Потребительский порог различимости и число состояний при оценке коэффициента сцепления

$D_i \div D_{i-1}$	E_{n_i}	M_{n_i}
$0.1 \div 0.4$	0.02	15
$0.4 \div 0.6$	0.01	20
$0.6 \div 0.9$	0.05	6

ВСЕГО : 41

На способ измерения коэффициента сцепления выдано положительное решение патентной экспертизы ВНИИПТЭ.

Способ определения ровности дорожного покрытия заключается в следующем.

При колебаниях кузова автомобиля происходит изменение нагрузки на ведущее колесо, что приводит к неравномерности скорости его вращения. Значительные дефекты покрытия вызывают

ДНБ ім. В. Стефаника
АН України

потерю контакта шины ведущего колеса с покрытием дороги, нагрузка на колесо при этом становится равной нулю и весь крутящий момент, передаваемый двигателем автомобиля, не имея возможности реализоваться в виде силы тяги, будет расходоваться только на вращение ведущего колеса, т.е. в этот момент скорость его вращения резко увеличится. Именно такие неровности зачастую приводят к повышению аварийности, так как вызывают потерю устойчивости и управляемости автомобиля. Критерием неравномерности является дисперсия.

При движении ПДД по обследуемому участку измеряют скорость вращения ведущего колеса, а ровность покрытия оценивают по дисперсии величин скорости его вращения.

Сцепные качества покрытия не влияют на неравномерность скорости вращения ведущих колес, потому что на достаточно протяженных участках дороги коэффициент сцепления практически не изменяется, а неравномерность скорости вращения ведущего колеса вызвана неровностями в отдельных точках дорожного покрытия.

Схема устройства измерения ровности дорожного покрытия содержит датчик скорости ведущего колеса. Регистрация и обработка данных производится на ЭВМ.

Оптимальная шкала при оценке ровности выбрана равномерной с шагом квантования, равным 1 см/км.

Способ измерения ровности дорожного покрытия защищен авторским свидетельством.

Рассмотренные способы и устройства целесообразно использовать при массовых обследованиях сети автомобильных дорог. На основе такой оценки выбирают захватки с наиболее неудовлетворительными величинами параметров для детального контроля. В работе приводятся программы регистрации и обработки дорожных данных.

Четвертая глава посвящена разработке информационной технологии в дорожной организации. Изложены основные положения по синтезу архитектуры ИВК ПДД и основы создания вычислительной системы.

Предложенные в гл.3 разработки были реализованы в различных модификаций ИВК ПДД. В работе выполняется их сравнительный анализ. Одним из анализируемых параметров являются уровни преобразования информации.

Первая ИВК установленная на РАФ-2203 производила только измерение и регистрацию, обработка и хранение данных осуществлялась в стационарном вычислительном центре.

ИБК-1 использовалась для обследования автомобильных дорог, при решении задач их паспортизации. Затраты на проведение обследования с применением этого комплекса в два раза меньше, чем при использовании традиционных методов и приборов.

Второй вариант ИБК-2 позволял в полевых условиях как производить измерение и регистрацию, так и первоначальную обработку данных и применялся в основном для научных исследований.

Третий вариант ИБК за счет использования мощных вычислительных ресурсов позволяет также формировать автоматизированный банк данных.

ИБК-3 специально разработанный для треста Харьковдорстрой на базе автомобиля УАЗ-452 предназначен для приемки дорожных работ. Структурная схема комплекса приведена на рис.5. Разработанный комплекс в 14 раз производительней традиционных приборов и обеспечивает годовую экономию 100 тыс. руб. в ценах 1990-91 года, что подтверждается актом приемки (Приложение 2 диссертационной работы).

Автоматизированное рабочее место оператора ПДЛ состоит из аппаратной части, включающей персональную ЭВМ и блок управления и программной, состоящей из специализированного программного обеспечения сбора, регистрации, обработки и хранения данных. Программы регистрации и обработки измеренных параметров и ситуаций приводятся в Приложении 1.

Заказчиком, разработчиком совместно с Институтом Метрология проведена метрологическая аттестация измерительных каналов ИБК-3 расчетными и расчетно - экспериментальными методами (табл.3).

Таблица 3

Погрешности измерительных каналов

Измеряемый параметр	Погрешности измерения, %		
	расчетные	экспериментальные	приписанные
Угол поворота	3.09	4.0	4.0
Прод / попер уклон	5.74/5.53	5.6	6.0
Ровность	2.6	Экспертная оценка	-
Пройденный путь	1.0	0.29	1.0
Скорость	1.0	Расчетный метод	1.0
Коэффициент сцепления	4.0	Расчетный метод	4.0

Структурная схема ИВК ХАДИ-3

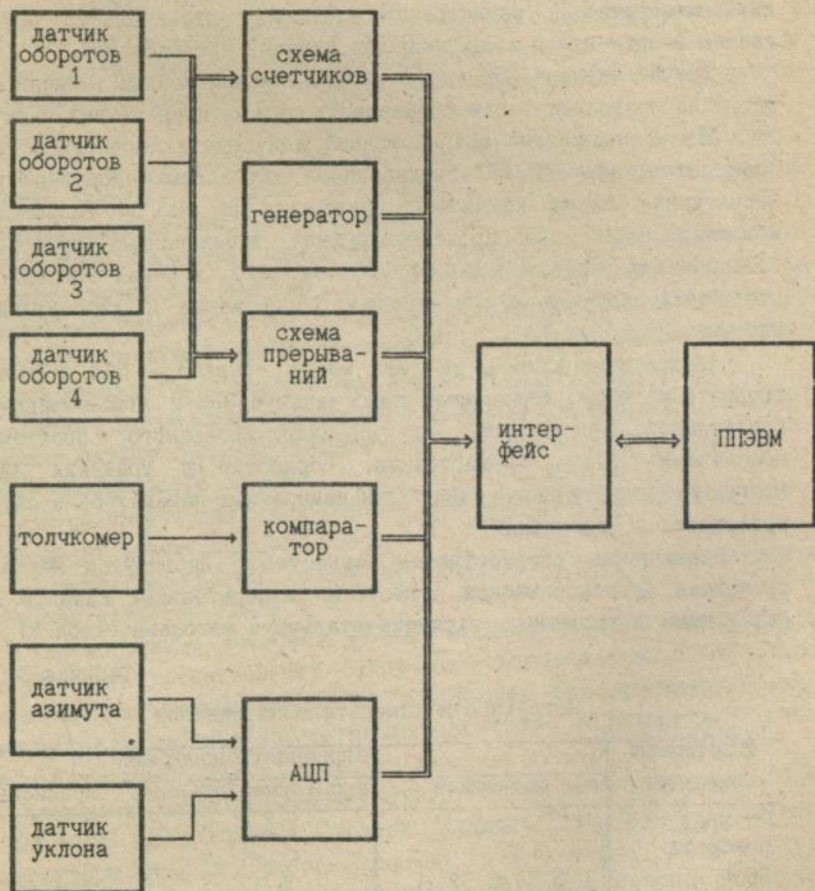


рис. 5.

Свидетельство метрологической аттестации информационно - вычислительного комплекса передвижной дорожной лаборатории приводится в Приложении 3. План трассы и продольный профиль спуска Веснина, на котором проводятся тарифовочные испытания ИВК ПДЛ приведены в Приложении 4.

По заказу ГУ ГАИ МВД Украины изготовлен ИВК на базе автомобиля ЗАЗ 968м с регистрацией данных на ППЭВМ IBM типа notebook ThinkPad 700 PS/2. Оборудование ПДЛ предназначено для оценки, оперативного анализа и контроля состояния автомобильных дорог. ИВК измеряет радиусы кривых в плане, продольный уклон, расстояние, скорость ПДЛ, ровность, коэффициент сцепления и другие параметры и дорожные ситуации.

Программное обеспечение АРМ позволяет автоматизировать процесс сбора, регистрации и обработки этих данных. При запуске программы сбора и регистрации информации необходимо ввести название дороги, тип покрытия, номер начального и конечного пикета, дату измерения. В функции оператора АРМ входит ввод ситуации с помощью цифровой клавиатуры. Проведена метрологическая аттестация комплекса.

С целью наиболее эффективного развития ИТ создана система регистрации, хранения и представления дорожных данных. В ее состав включены: информационно - вычислительный комплекс (ИВК-З); локальная вычислительная сеть на базе ПП ЭВМ. Такая вычислительная система является связывающим звеном между проектированием, организацией и собственно производством дорожных работ, позволяет подготавливать управленческие решения по ремонту, реконструкции автомобильных дорог на основании сведений об их транспортно - эксплуатационных параметрах, сроках и объемах предыдущих ремонтных работ. На рис. 6 приведена схема такой вычислительной системы, которая обеспечивает данными руководство трех дорожных организаций.

Таким образом, для обеспечения целостности ИТ разработаны:

специальные решения по единой технологии сбора, регистрации, обработки и хранения дорожных данных, их накоплению в автоматизированном банке;

информационно - совместимая аппаратура регистрации, преобразования, хранения и представления данных;

специальные программы, обеспечивающие регистрацию, обработку измеренных параметров и формирование базы дорожных данных.

Вычислительная система дорожных организаций
на базе ППЭВМ

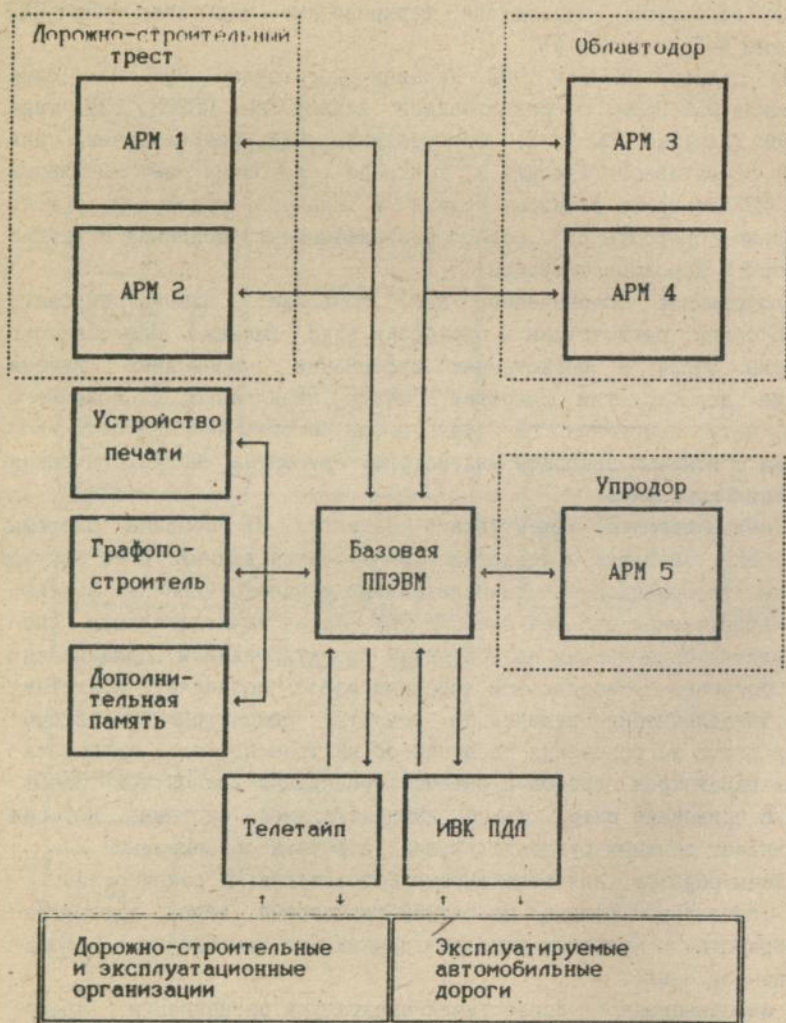


рис. 6

ВЫВОДЫ

1. Практика обследования автомобильных дорог и научно - техническая литература позволяет сделать вывод, что к наиболее важным транспортно - эксплуатационным параметрам, характеризующим безопасность движения, себестоимость перевозок, скорость транспортного средства, психофизическое состояние водителя относятся геометрические элементы плана и профиля, коэффициент сцепления и ровность дорожного покрытия.

2. В результате анализа существующих способов и устройств измерения этих параметров установлено, что с целью повышения технологичности и производительности процесса измерения перспективным является разработка информационной технологии сбора, регистрации, обработки и хранения данных о состоянии автомобильной дороги на основе программно - аппаратных методов и средств информационно - вычислительного комплекса передвижной дорожной лаборатории, обеспечивающего формирование автоматизированного банка данных для принятия рациональных решений по эксплуатации, ремонту и содержанию автомобильных дорог. Математическое моделирование выбора объектов производства восстановительных работ показало, что регулярное обследование автомобильных дорог позволяет повысить эффективность ремонта и содержания.

3. На основе информационного подхода, методов логического анализа и синтеза разработана математическая модель оценки и регистрации транспортно - эксплуатационных параметров, сформулирован обобщенный алгоритм проектирования информационно - измерительных систем. Для изучения процессов оценки дорожных параметров введены понятия физического, потребительского, информационного порогов различимости и максимально возможное число состояний, рассчитана энтропия состояния объекта исследования до и после измерения, определены информационные возможности системы измерения. С целью обеспечения необходимой точности измерительных каналов рассчитан для каждого оцениваемого параметра интервал квантования по уровню, построен пример оптимальной шкалы, предложен метод минимизации количества ячеек памяти ЭВМ при записи промежуточных результатов. Разработанные на информационной основе модели послужили базой для анализа различных вариантов оборудования передвижных дорожных лабораторий, синтеза программно - аппаратных методов и средств оценки состояния автомобильной дороги.

4. Разработаны и защищены авторскими свидетельствами и выданными положительными решениями патентной экспертизы способы и устройства для измерения радиуса кривой в плане, продольного уклона, коэффициента сцепления, ровности дорожного покрытия, удовлетворяющие основным требованиям информационной технологии, таким как комплексное обследование, технологичность и производительность измерений, автоматизированная регистрация и хранение данных на ЭВМ. Созданы новые аппаратные и программные средства информационной технологии подготовки управленческих решений в дорожных организациях при измерении основных транспортно - эксплуатационных параметров. Они представляют собой специализированные измерительную систему ИВК ПДД и программное обеспечение и позволяют автоматизировать процесс сбора, регистрации, обработки и хранения данных. Выполнена сравнительная оценка различных модификаций оборудования передвижных дорожных лабораторий и разработаны рекомендации по их применению. Разработан обобщенный алгоритм преобразования информации в ИВК.

5. Разработан, изготовлен и внедрен в эксплуатацию в тресте Харьковдорстрой информационно - вычислительный комплекс передвижной дорожной лаборатории ИВК ХАДИ-3 на базе автомобиля УАЗ-452, который является частью вычислительной системы в составе локальной сети организации. На ее основе построен автоматизированный банк данных, необходимый для принятия рациональных решений по эксплуатации, ремонту и содержанию автомобильных дорог. Составлена методика и программа испытаний ИВК ХАДИ-3, на основе которых проведена метрологическая аттестация его измерительных каналов: угла поворота, продольного и поперечного уклона, ровности, коэффициента сцепления, пройденного пути и скорости ПДД.

6. По заказу ГУ ГАИ МВД Украины изготовлен ИВК на базе автомобиля ЗАЗ 968м с регистрацией данных на ЭВМ типа NOTEBOOK. Аппаратная часть ИВК позволяет определять ровность, коэффициент сцепления, геометрические элементы плана и профиля и другие параметры, программное обеспечение - визуально отражать на экране дисплея эти параметры во время движения базового транспортного средства по обследуемой автомобильной дороге, получать распечатку и формировать банк измеряемых данных. Проведена метрологическая аттестация комплекса.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Алексеев О.П., Гаврилов Э.В., Смирнов О.П. Имитационная модель и программа выбора объектов производства дорожных работ. Тезисы докладов научно - технической конференции "Интенсификация дорожного строительства". - Владимир.: ВПИ, 1988, с.64-65.
2. Смирнов О.П. Информационная технология подготовки данных для принятия решений в дорожной отрасли. / Материалы 3-ей Межреспубликанской научн. конф. "Актуальные проблемы разработки автоматизированных систем управления". - К.: КПИ, 1989. Деп. в УкрНИИТИ, с.23.
3. Алексеев О.П., Смирнов О.П. Информационная технология в дорожной отрасли. / Материалы Международного симпозиума "Новые информационные технологии". - Калинин, 1990, с.8.
4. Смирнов О.П. Исследование информационного подхода к оценке условий движения автотранспортных средств. Областная конференция. Достижения ученых - народному хозяйству: Тезисы докладов. - Харьков, ХАДИ, 1990, 305-306с.
5. Смирнов О.П. Программно - аппаратные методы для оценки условий движения транспортных средств. Областная конференция. Достижения ученых - народному хозяйству: Тезисы докладов. - Харьков, ХАДИ, 1990, с.313.
6. Алексеев О.П., Смирнов О.П. Региональная вычислительная система дорожных организаций. / Программа и аннотации докладов 4-й Всесоюзной школы "Проектирование автоматизированных систем контроля и управления сложными объектами". - Харьков-Туапсе, 1990, с.56.
7. Способ измерения радиуса кривой в плане автомобильной дороги и устройство для его осуществления. Алексеев О.П., Гаврилов Э.В., Смирнов О.П., Тырса В.Е. а.с.1587341
8. Способ определения продольного уклона участка автомобильной дороги. О.П. Алексеев, О.П. Смирнов, В.Е. Тырса. Положительное решение патентной экспертизы по заявке N 4878774/10 (090318).
9. Способ определения сцепных качеств дорожного покрытия. О.П. Алексеев, О.П. Смирнов, В.Е. Тырса. Положительное решение патентной экспертизы по заявке N 4783806/33 (130753)
10. Способ определения ровности дорожного покрытия. О.П. Алексеев, О.П. Смирнов. а.с. N 1827405.

Анотація

Смирнов О.П. "Програмно -апаратні методи і засоби для оцінки стану автомобільних доріг"

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук з фаху 05.23.11 і 05.13.05, Харківський Державний автомобільно - дорожній технічний університет, Харків, 1994.

Результати дисертаційної роботи опубліковані в 6 наукових роботах і захищені 4 винаходами, котрі мають результати теоретичних досліджень і практичних розробок комплексу бортового обладнання пересувної дорожньої лабораторії (ПДЛ), які дозволяють під час руху по обстежуваній ділянці автомобільної дороги вимірювати та реєструвати на бортову ЕОМ геометричні елементи плану та профілю, коефіцієнт сцеплення, рівність покриття та інші параметри. Проведені експериментальні дослідження дозволили створити нові ефективні і технологічні програмно - апаратні методи і засоби обстеження автомобільної дороги.

Автор приймав безпосередню участь в розробці, виготовленню, втіленню і експлуатації різних модифікацій електронного обладнання ПДЛ, проведення метрологічної атестації її вимірювальних каналів, втілення на цій основі інформаційної технології керування в дорожніх підприємствах, в розробці Державного стандарту України "Автотранспортні засоби. Устаткування пересувних дорожніх лабораторій. Терміни та визначення."

Ключові слова: обстеження автомобільної дороги, пересувна дорожня лабораторія, транспортно - експлуатаційні параметри, бортова ЕОМ, інформаційна технологія.

Annotation

Smirnov O.P. "Highway diagnostic program and apparatus methods and means"

Thesis for "Master of Technical Sciences" academic degree on specialities 05.23.11 and 05.13.05, Kharkov State Motor and Highway Technical University.

Results of thesis were published in six scientific articles and protected four inventions containing results of theoretical and practical developments of set of devices for a mobile highway diagnostic laboratory (MHDL) providing measuring and recording road geometry data, road roughness, coefficient of cohesion, etc into a MHDL on - board computer while moving. New effective and technological program and apparatus methods and means were based on experimental research.

The researcher took part in developing implementing and exploiting electronic devices of various modifications, performed metrological certificating and introduced information technology of management in highway organization on this base, developed "Motor Vehicle. Mobile Highway Diagnostic Laboratory Equipment. Terms and definition" Ukrainian State Standard.

Key words: highway diagnostic, mobile highway diagnostic laboratory, highway maintenance parameters, MHDL on - board computer, information technology.

Смирнов О. П. Программно - аппаратные методы и средства для оценки состояния автомобильных дорог. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Ответственный за выпуск
Редактор
Технический редактор
Корректор

Подп. к печ.
Бумага газетная.
Усл. печ. л.
Тир. **110** экз ,

Формат А5
Отпечатано на ризографе
Уч.-изд. л.
Зак. **8**.

ХГАДТУ, 310078, Харьков, ул.Петровского, 25

Харьковский государственный автомобильно-дорожный
технический университет, РИО.

Department of Agriculture
Bureau of Plant Industry
Washington, D. C.

PLANT INDUSTRY
BUREAU OF PLANT INDUSTRY
WASHINGTON, D. C.

PLANT INDUSTRY
BUREAU OF PLANT INDUSTRY
WASHINGTON, D. C.

PLANT INDUSTRY
BUREAU OF PLANT INDUSTRY
WASHINGTON, D. C.

PLANT INDUSTRY
BUREAU OF PLANT INDUSTRY
WASHINGTON, D. C.

Ar. 31 1204

456430

AB 31.755

AB 31.755