

УКРАИНСКИЙ ТРАНСПОРТНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

ГУСЕВ Александр Владимирович

УДК 656.13.052.8

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО
ТРАНСПОРТА С УЧЕТОМ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗРИТЕЛЬНЫХ
ДЕЙСТВИЙ ВОДИТЕЛЯ

Специальность 05.22.01 "Транспортные системы"

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

Киев - 1995 г.

Диссертация явл
Работа в.полнена
на кафедре "Транспортн

ЛНБ України ім.В.Стефаніка



00761302 (J)

Научный руководитель - к.т.н., профессор ПОЛИЩУК В.П.
Официальные оппоненты: 1. Д.т.н., профессор ЛЕВКОВЕЦ П.Р.
2. К.т.н., ст.науч.сотр. ЗАБИШНИЙ А.С.
здущая организация - Компания "Сезон Автотехцентр", г.Київ

Защита состоится 26 октябрь 1995 г. в 19⁰⁰ часов
на заседании специализированного ученого совета Д 01.27.01
в Украинском транспортном университете по адресу: 252010,
м.Київ-10, ул. Суворова, 1, ауд. 333

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке УТУ.

Автореферат разослан "25" сентябрь 1995 г.

ченый секретарь
специализированного ученого совета,
кандидат технических наук, доцент

ДЗУБА О.П.

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Большое количество дорожно-транспортных происшествий, совершаемых в Украине, требует продолжения углубленных научных исследований в области обеспечения безопасности дорожного движения.

Статистика ДТП показывает, что одной из основных причин ДТП является ошибочное зрительное восприятие водителем информации о дорожно-транспортной ситуации (ДТС). В связи с этим проблема повышения надежности зрительного восприятия водителями информации о ДТС приобретает особую остроту.

Эффективность зрительных действий (зрительного восприятия) водителей в процессе управления автомобилем, способствует своевременному и точному получению необходимой информации о ДТС, снижению вероятности ДТП и, тем самым, повышению безопасности движения. Поэтому исследование закономерностей получения водителем зрительной информации (зрительного восприятия) в процессе управления автомобилем важно и актуально.

Цель исследования - повышение безопасности движения автомобильного транспорта с учетом эффективности зрительных действий водителя. В соответствии с намеченной целью определены основные задачи исследования: 1) разработка математического аппарата для описания перемещения взгляда водителя в пространстве в процессе сбора релевантной зрительной информации (ЗИ); 2) исследование влияния опыта (стажа) водителя на характеристики сбора ЗИ; 3) исследование влияния скорости движения и конфигурации участка дороги на особенности сбора водителем ЗИ; 4) разработка научно обоснованной методики оценки и повышения эффективности зрительных действий водителя по сбору релевантной ЗИ.

Научная новизна работы заключается в установлении закономерностей процесса сбора водителем зрительной информации, разработке научно обоснованной методики оценки и повышения эффективности сбора зрительной информации водителями.

Практическая ценность работы заключается в возможности количественной оценки процесса сбора водителем ЗИ и в разработке обоснованных мероприятий и рекомендаций по повышению эффективности зрительных действий водителей.

Реализация результатов работы. Результаты работы в виде методик и рекомендаций по обучению и контролю водителей переданы в опытную эксплуатацию в компанию "Сезон Автотехцентр", г. Киев

и используются при подготовке водителей различных категорий. Апробация работы. Основные положения диссертационной работы доложены на 46-50-х научных конференциях Киевского автомобильно-дорожного института в 1990-1994 гг. и на Международной научной конференции "Проблемы транспорта и пути их решения" (УТУ, 1994 г.).

Публикации. Основные результаты диссертации опубликованы в 6 работах.

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 259 страницах, включает в себя 75 рисунков и 27 таблиц, состоит из введения и четырех глав, общих выводов, списка литературы из 100 наименований, из которых 43 на иностранных языках, и приложения на 2 страницах.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.

В первой главе дан обзор и анализ исследований, посвященных восприятию водителем ЗИ. Представлен анализ исследований о функционировании системы "В-А-Д-С" в целом и ее межэлементных, внутризлементарных и межсистемных связей, прямых и обратных связей. Дорога и среда движения (включающая в себя других участников движения, дорожные знаки, дорожную разметку и т.д.) являются основными источниками ЗИ для водителя, а принятие решения им об ответных действиях (к примеру, изменение режима движения) будет зависеть от количества и важности воспринимаемой информации. Поэтому в системе "В-А-Д-С" обратные связи "Д-В" и "С-В" следует считать основными, с точки зрения восприятия ЗИ о дорожно-транспортной среде.

Исследованием процесса восприятия водителем дорожно-транспортной среды занимались ряд ученых:

- отечественных: проф. Е.М.Лобанов, Б.С.Муртазин, В.П.Варлашкин, В.В.Новизенцев, И.В.Бегма, проф. В.П.Полищук, Р.Т.Мусе-гян, проф. Э.В.Гаврилов, В.А.Гайдукевич и др.

- зарубежных: J. Zel, T.H. Rockwell, R. Mourant (США) M. Kondo, A. Ajimine (Япония), D. Hofner, (Австрия), L. Laberg (Швеция) и др.

Однако, некоторые вопросы касающиеся получения водителем релевантной ЗИ о ДТС исследованы недостаточно.

Зрительная система водителя относится к однолинейным обслуживающим системам (т.е. распознавание образов внешнего мира осуществляется последовательно, посредством последовательного перемещения взгляд от одной информативной зоны к другой, от

одного информативного объекта к другому). Перемещение луча ясного видения при этом подобно сканированию луча прожектора. Своевременность и определенная последовательность получения релевантной ЗИ, а также законсерности размещения взгляда по глубине перцептивного пространства будут свидетельствовать об эффективности процесса получения информации. В настоящее же время отсутствует математический аппарат для описания перемещения взгляда водителя в пространстве и времени при сборе водителем зрительной информации. Не исследована роль компонент зрительных действий (поисковых, отслеживающих и оценивающих перемещений глаз) и их влияние на эффективность сбора зрительной информации.

Во второй главе рассмотрены теоретические аспекты процесса сбора водителем зрительной информации, сформулированы его основные положения. В процессе управления автомобилем водитель подвергается сложному зрительному воздействию со стороны окружающей среды. При этом некоторые акты воспринимаются сознательно, другие - остаются "необслуженными". Различные элементы дорожно-транспортной обстановки вызывают у водителей различный интерес и притом всего с точки зрения опасности. Время обслуживания каждого из элементов, даже содержащих в среднем одинаковое количество информации, различно и связано с релевантностью информации. Одной из важнейших особенностей зрительного взаимодействия водителя с потоком информации является необходимость заблаговременного получения информации. Высокая скорость движения автомобиля обуславливает то, что сбор информации осуществляется в момент, когда автомобиль находится еще далеко от самого источника информации. Поэтому, чем больше расстояние, на котором получена релевантная информация, тем больший запас времени создает себе водитель для принятия решений и выполнения ответных действий. Сбор информации может быть охарактеризован как непрерывный процесс, включающий в себя наблюдение за профилем дороги, а также типом и состоянием дорожного покрытия, ориентированием, оценкой скорости движения собственного автомобиля; расположением автомобиля на полосе; плавности трассы; состояния обочин, наблюдением за другими участниками движения, дорожными знаками и т.д. Причем водитель для наблюдений целенаправленно задействует различные компоненты зрительных действий (поисковые, отслеживающие и

оптимальные движения глаз). Главным и безусловным фактором, определяющим движение глаз – их формы, структуру, способ, траектории, пространственно-временные свойства и т.п., является решаемая субъектом задача – безопасность движения.

Особенность строения глаза предопределяет то, что полная информация об интересующем объекте может быть получена только при его нахождении в пределах конуса зного видения (его размеры $0,7-1^{\circ}$ вокруг луча ясного видения). Пересечение луча ясного видения с информационной поверхностью (дорогой, знаком и т.д.) образует дискретную точку зрительного внимания водителя (ДТЗВВ), т.е. ту точку (объект), на которую смотрит водитель.

Используя феноменологический подход, сбор зрительной информации может быть представлен как последовательное перемещение ДТЗВВ по информативной поверхности от одного элемента к другому.

Разработана математическая модель, описывающая движение ДТЗВВ. Под движением ДТЗВВ мы подразумеваем переход ДТЗВВ из начального в конечное положение определенным способом в определенной зависимости от времени. Связь между положением движущейся ДТЗВВ в пространстве и во времени будет определять закон ее движения. В "неподвижной" системе координат взаимное расположение точки зрения водителя (G) и ДТЗВВ (Q) с течением времени изменяется и зависит от следующих факторов: 1) конфигурации трассы дороги (определяющей как положение (G), так и Q); 2) траектории движения (G) (в основном, определяемой траекторией движения транспортного средства);

3) траектории движения ДТЗВВ (определяемой характером действий водителя по сбору ЗИ (зрительные действия: отслеживающие, поисковые, оценивающие)).

Движение ДТЗВВ в системе координат, связанной с автомобилем может быть описано следующим образом. Траектория движения точки G, совпадающей с циклопическим глазом водителя представлена в виде голографа вектора-функции

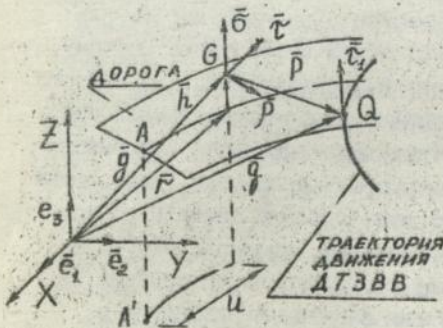


Рис.1. К определению кинематики движения дискретной точки зрительного внимания водителя.

$\vec{g}(u) = x_g \vec{e}_1 + y_g \vec{e}_2 + z_g \vec{e}_3$, /1/
 где $\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3$ - орты неподвижной системы координат OXYZ (рис. 1); x_g, y_g, z_g - координаты G; u - длина горизонтального проложения траектории, отсчитываемая от некоторой фиксированной точки A, координаты x_A, y_A, z_A известны.

Уравнению (1) можно получить, зная уравнение трассы дороги,

$$\vec{r}(u) = x \vec{e}_1 + y \vec{e}_2 + z \vec{e}_3 \quad /2/$$

и задавая параметрические уравнения для участка дороги (рис. 1).

Вектор \vec{g} можно представить в виде

$$\vec{g} = \vec{r} + \vec{h}, \quad \text{где} \quad \vec{h} = h \vec{e}_3 \quad /3/$$

С учетом (5) выражение (1) будет примет вид:

$$g(u) = x(u) \vec{e}_1 + y(u) \vec{e}_2 + (z(u)+h) \vec{e}_3. \quad /4/$$

Скорость движения автомобиля равна

$$v = \frac{ds}{dt}$$

где s - путь, отсчитываемый от точки A.

Тогда скорость точки G в системе координат OXYZ можно представить в виде:

$$\vec{v}_G = \frac{d\vec{g}}{dt} = \frac{d\vec{g}}{du} \frac{du}{ds} \frac{ds}{dt} \quad /5/$$

В результате преобразования в окончательном виде вектор \vec{v}_G :

$$\vec{v}_G = \frac{v}{\sqrt{x'^2 + y'^2 + z'^2}} \{ x'_G, y'_G, z'_G \} \quad /6/$$

Аналогично (10)

$$\vec{v}_Q = \frac{v}{\sqrt{x_Q'^2 + y_Q'^2 + z_Q'^2}} \{ x'_Q, y'_Q, z'_Q \} \quad /7/$$

В подвижной системе координат $O \vec{r} \vec{\rho} \vec{\sigma}$, положение точки Q в подвижной системе координат определяется вектором \vec{r}

$$\vec{r} = \{ A_2 [(x_Q - x) x' + (y_Q - y) y' + (z_Q - z - h) z'],$$

$$A_1 [(x_Q - x) y' - (y_Q - y) x], \quad /8/$$

$$A_1 A_2 [- (x_Q - x) x' z' - (y_Q - y) y' z' + (z_Q - z - h) (x'^2 + y'^2)]$$

где x_Q, y_Q, z_Q - координаты Q;

$$A_1 = \frac{1}{\sqrt{x'^2 + y'^2}}; \quad A_2 = \frac{1}{\sqrt{x'^2 + y'^2 + z'^2}}$$

Скорость точки Q относительно точки G можно найти по формуле

$$\vec{V}_{\text{отн}} = -\vec{V}_G + \vec{V}_Q \quad /9/$$

В окончательном виде в системе координат $G \bar{r} \bar{\rho} \bar{\sigma}$ вектор $\vec{V}_{\text{отн}}$ представляется в виде.

$$\begin{aligned} \vec{V}_{\text{отн}} = & \{ A_2 [(-A_2 v x' + B_2 v_q x'_q) x' + (-A_2 v y' + B_2 v_q y'_q) y' + \dots \\ & \dots + (-A_2 v z' + B_2 v_q z'_q) z'], \\ & A_1 [(-A_2 v x' + B_2 v_q x'_q) y' - (-A_2 v y' + B_2 v_q y'_q) x'], \\ & A_1 A_2 [-(-A_2 v x' + B_2 v_q x'_q) x' z' - (-A_2 v y' + B_2 v_q y'_q) y' z' + \dots \\ & \dots + (-A_2 v z' + B_2 v_q z'_q) (x'^2 + y'^2)] \} \quad /10/ \end{aligned}$$

Полученные выражения с точки зрения кинематики полностью описывают движению ДТЗВВ в системе координат $G \bar{r} \bar{\rho} \bar{\sigma}$.

Для использования полученных зависимостей необходимо найти координаты ДТЗВВ на местности. Требуемые координаты были найдены посредством установления аналитической связи перспективных (x) и фактических (X) координат на местности ДТЗВВ. Координаты перспективы ДТЗВВ определяются координатами перспективы участка дороги, в пределах которой ДТЗВВ находится. Представлены примеры вычислений для построения изображений перспективы для одного из фиксированных положений точки G для пяти типов участков: прямого участка, правоповоротной кривой, левоповоротной кривой, вертикальной вогнутой кривой и вертикальной выпуклой кривой.

В третьей главе представлены результаты экспериментальных исследований работы. Цель экспериментальных исследований заключалась в получении статистически достоверных закономерностей в характере зрительных действий водителей (сборе ЗИ) в различных ДТС. На основе экспериментального исследования ставились задачи: - определить общий характер направления и перемещения взгляда при движении по участкам дорог различной конфигурации; - выявить зависимость сбора зрительной информации от скорости движения; - определить количество информативно значимых зон, участков и элементов дороги; - выявить характеристики распределения перемещения взгляда водителей; - оценить влияние опыта вождения на эффективность зрительных действий водителей; - исследовать состав и компоненты зрительной деятельности водителей.

Методика проведения эксперимента включала обоснование минимального достоверного числа измерений, режимов движения автомобиля в экспериментальных заездах, контингента водителей, типов учас-

тков и т.д. В качестве испытуемых отбирались три группы водителей: - водители с десятилетним стажем безаварийной работы на автотранспорте (1-я группа); - водители с пятилетним стажем (2-я группа); - водители со стажем один год (3-я группа). Завезды осуществлялись в пяти основных скоростных режимах определяющих скорость подачи информации: 20, 40, 60, 80, 100 км/ч. По результатам определения минимального количества наблюдений в эксперименте участвовали 11 водителей; в каждом скоростном режиме выполнялось 6 завездов. Закономерности сбора водителями ЗИ определялись для пяти типовых участков дороги: 1) левоповоротной кривой; 2) правоповоротной кривой; 3) вертикальной выпуклой кривой; 4) вертикальной вогнутой кривой; 5) прямого участка.

Основным измерительным устройством при проведении экспериментальных исследований являлся прибор для определения направления взгляда водителя и дискретной точки зрительного внимания водителя EYE MARK RECORDER model IV. Применению данного прибора не осложняет или изменяет действия вод. те. т, их компоненты и, непосредственно, характеристики зрительного восприятия и позволяет получать на кино- и видеопленке изображение перспективы участка трассы с совмещенной на ней дискретной точкой зрительного внимания (в виде светового пятна на пленке совпадающего с объектом, на который смотрит водитель). Результаты эксперимента обрабатывались с помощью "Анализатора перемещения взгляда" FILM MOTION ANALYZER model 160, который позволяет с высокой точностью определять перспективные координаты ДТЗВВ.

Одной из задач экспериментальных исследований являлось получение закономерностей перемещения взгляда водителя по глубине перцептивного пространства. Поэтому в процессе обработки экспериментальных данных была поставлена задача определения расстояний до точек фиксации взгляда D фотограмметрическим способом. Сущность предлагаемого способа сводится к измерению с помощью "Анализатора перемещений взгляда" фотографического изображения некоторого базисного расстояния, расположенного перпендикулярно искомому расстоянию B и сфотографированному из определенной точки.

Тогда измеряемое расстояние B и погрешность его измерения могут быть найдены по формулам:

$$B = D + 0,5f_k = \frac{L f_k}{x} + 0,5f_k; \quad \text{VII/}$$

$$m_D = \frac{D^2 m_x}{L f_k} \quad /12/$$

где D - расстояние от центра проекции до определяемой точки; L - длина базисного расстояния ($L = \text{const}$); x - измеренная длина базисного расстояния на фотоизображении; f_k - фокусное расстояние фотографического устройства; m_D - средняя квадратическая погрешность определения D ; m_x - средняя квадратическая погрешность измерения координаты x по снимку. Погрешность определения иско-мой величины составляет 8 см на 100 м измеряемой дистанции.

Анализ перемещения взгляда водителя по глубине перцептивного пространства, анализ карт фиксации взгляда и структурных составляющих зрительных действия, позволили установить три основ-ные зоны, в пределах которых водитель осуществляет сбор наиболее важной информации (см. рис. 2). Показано, что имеет место функциональная зависимость $D=f(v)$ между двумя переменными величинами D (дистанцией до информативной зоны) и v (скоростью движения автомобиля). Получены следующие зависимости:

стаж водителя	10 лет	5 лет	1 год
I)	$D_1 = 7,51 + 0,37v$ $D_2 = 47,54 + 1,12v$	$D_1 = 9,78 + 0,26v$ $D_2 = 11,19 + 1,04v$	$D_1 = 10,6 + 0,18v$ $D_2 = 18,65 + 0,58v$
II)	$D_1 = 16,75 + 0,36v$ $D_2 = 55,0 + 1,35v$	$D_1 = 14,45 + 0,28v$ $D_2 = 14,11 + 1,24v$	$D_1 = 17,18 + 0,15v$ $D_2 = 28,7 + 0,63v$
III)	$D_1 = 21,25 + 0,34v$ $D_2 = 54,25 + 1,44v$	$D_1 = 18,20 + 0,24v$ $D_2 = 15,01 + 1,32v$	$D_1 = 19,05 + 0,12v$ $D_2 = 25,45 + 0,74v$
IV)	$D_1 = 14,5 + 0,27v$ $D_2 = 50,20 + 1,33v$	$D_1 = 12,18 + 0,29v$ $D_2 = 13,22 + 1,19v$	$D_1 = 15,7 + 0,15v$ $D_2 = 22,33 + 0,65v$
V)	$D_1 = 11,0 + 0,35v$ $D_2 = 50,0 + 1,25v$	$D_1 = 9,53 + 0,28v$ $D_2 = 15,08 + 1,11v$	$D_1 = 12,4 + 0,17v$ $D_2 = 22,48 + 0,59v$



D_1, D_2, D_3 - дистанции до зоны Z_1, Z_2 и Z_3

Рис. 2. Информативно значимые зоны дорожной обстановки.

где D_1, D_2 - дистанции до зон концентрации взгляда водителя; v - скорость движения автомобиля. Тип участка: I) Прямолинейный участок; II) Левоповоротная кривая; III) Правоповоротная кривая; IV) Выпуклая кривая; V) Вогнутая кривая.

Водители со стажем 1 год, 5 лет и 10 лет собирая ЗИ, кон-

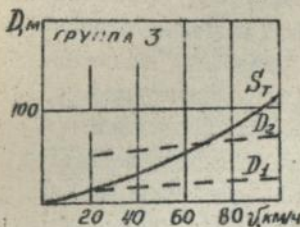
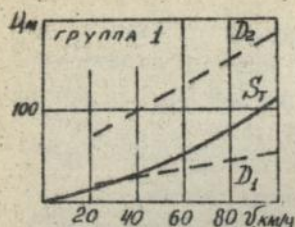
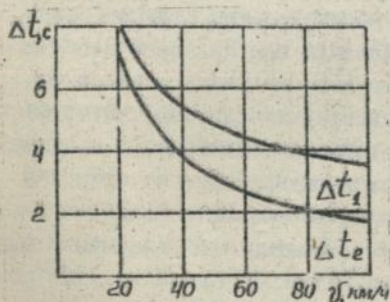


Рис. 3. Дистанции до информативных зон.

в следующем порядке: 1. правоповоротная кривая; 2. левоповоротная кривая; 3. вертикальная выпуклая кривая; 4. вертикальная вогнутая кривая; 5. прямой участок. Чем "опаснее" участок, тем дальше водители "отодвигают" взгляд по ходу движения своего автомобиля, тем самым как можно раньше получая доступ к необходимой информации. Сопоставление дистанций до информативных зон (рис. 3) свидетельствует о том, что водители с большим стажем рациональнее направляют взгляд концентрируя его дальше, чем водители 2й и 3й групп, обеспечивая себе запас времени для



$\Delta t_1, \Delta t_2$ - ЗАПАС ВРЕМЕНИ ПО СРАВНЕНИЮ С ГРУППАМИ 2 И 3.

Рис. 4. Резерв времени, обеспечиваемый водителями.

центрации взгляд на расстоянии от своего автомобиля прямо пропорциональном скорости его движения. Чем выше скорость движения, тем дальше от своего автомобиля концентрирует взгляд водители. Таким образом, водители, обеспечивая безопасность по мере увеличения скорости движения, адаптируют удаленность до зоны концентрации взгляда (зоны сбора информации).

Сравнительный анализ позволил сделать вывод, что перемещение взгляда по глубине перцептивного пространства D характеризует степень опасности участка дороги для водителя. Участки дороги по степени опасности расположены в следующем порядке: 1. правоповоротная кривая; 2. левоповоротная кривая; 3. вертикальная выпуклая кривая; 4. вертикальная вогнутая кривая; 5. прямой участок. Чем "опаснее" участок, тем дальше водители "отодвигают" взгляд по ходу движения своего автомобиля, тем самым как можно раньше получая доступ к необходимой информации. Сопоставление дистанций до информативных зон (рис. 3) свидетельствует о том, что водители с большим стажем рациональнее направляют взгляд концентрируя его дальше, чем водители 2й и 3й групп, обеспечивая себе запас времени для

сбора ЗИ, принятия решения и выполнения действий (см. рис. 4). Кроме того, расстояние до зоны концентрации взгляда D_2 , в пределах которой взгляд опытного водителя находится в течение 50 - 80 % этого времени на 40 - 80 м больше, чем полный остановочный путь своего автомобиля S_T , что позволяет обеспечить дополнительный резерв времени $\Delta t_{доп}$ и большую безопасность.

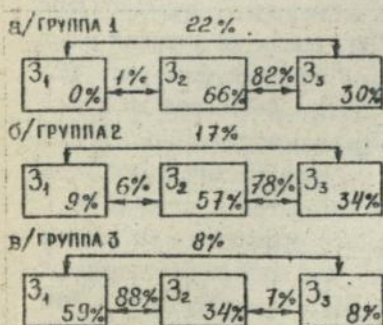
Сравнительный анализ позволил сделать вывод, что перемещение взгляда по глубине перцептивного пространства D характеризует степень опасности участка дороги для водителя. Участки дороги по степени опасности расположены в следующем порядке: 1. правоповоротная кривая; 2. левоповоротная кривая; 3. вертикальная выпуклая кривая; 4. вертикальная вогнутая кривая; 5. прямой участок. Чем "опаснее" участок, тем дальше водители "отодвигают" взгляд по ходу движения своего автомобиля, тем самым как можно раньше получая доступ к необходимой информации. Сопоставление дистанций до информативных зон (рис. 3) свидетельствует о том, что водители с большим стажем рациональнее направляют взгляд концентрируя его дальше, чем водители 2й и 3й групп, обеспечивая себе запас времени для сбора ЗИ, принятия решения и выполнения действий (см. рис. 4). Кроме того, расстояние до зоны концентрации взгляда D_2 , в пределах которой взгляд опытного водителя находится в течение 50 - 80 % этого времени на 40 - 80 м больше, чем полный остановочный путь своего автомобиля S_T , что позволяет обеспечить дополнительный резерв времени $\Delta t_{доп}$ и большую безопасность.

наиболее важной информацией для водителя является та, которая

непосредственно связана с обеспечением безопасного проезда по конкретному участку дороги (типу участка). Водитель осуществляет непрерывный сбор ЗИ, основываясь на предыдущем опыте, знаниях. При помощи мышления и воображения, водитель сознательно организует зрительные действия по сбору релевантной ЗИ. Зрительные действия заключаются в перемещениях взгляда по глубине перспективного пространства (вдоль дороги), фиксации наиболее важных с точки зрения водителя информативных элементов и информативных зон, в задействовании различных компонент зрения (прослеживающие, оценивающие и поисковые действия).

Анализ результатов измерений, осуществленных при помощи прибора НАС EYE MARK RECORDER, позволил установить основные места концентрации зрительного внимания водителей, дистанции до них, время обслуживания информативных элементов и зон; определить роль и значение компонент зрительной активности водителя; оценить изменения продолжительности обслуживания информативных зон и элементов, дистанций до информативных зон, связанные с изменением скорости движения автомобиля.

Важное значение имеют распределение зрительного внимания внутри информативных зон (обслуживание информативных элементов), распределение внимания между информативными зонами, а также ценность информативных элементов и зон для водителя и др. (см. рис. 5). Получены данные о распределении внимания водителя.



ЦИФРЫ В КВАДРАТАХ - ИНФОРМАТИВНАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ЗОНЫ З_и, в%; ЦИФРЫ У СТРЕЛОК - КОЛИЧЕСТВО ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ВЗГЛЯДА ИЗ ИНФОРМАТИВНЫХ ЗОН, в%.

Отмечено то, что при увеличении скорости движения осуществляется перераспределение информативной значимости зон Z₁, Z₂ и Z₃ (изменению информативной ценности с точки зрения водителя). Этот факт имеет важное значение, т.к. ныне существующая теория не предусматривает возможности содержания разного количества информации в одном и том же элементе, участке или информативной зоне.

Экспериментально подтверждена гипотеза о различиях в характере обслуживания информативных зон, элементов и перераспреде-

Рис. 5. Распределение зрительного внимания водителя.

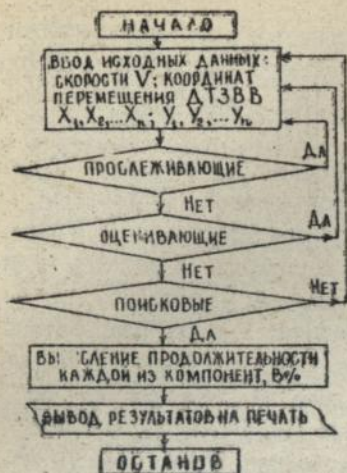


Рис. 6. Блок-хема программы STRUKTUR.BAS.

движений и углом перемещения взгляда (α), существует взаимосвязь с доверительной вероятностью более 0,95. Получены следующие функциональные зависимости:

$$t^1 = 0,24 + 0,0054 \alpha \quad /13/$$

$$t^2 = 0,25 + 0,0071 \alpha \quad /14/$$

$$t^3 = 0,27 + 0,0088 \alpha \quad /15/$$

где t^1, t^2, t^3 — длительности поисковых движений для групп I, 2 и 3, соответственно (результаты получены для прямого участка дороги и $v = 80$ км/ч). При последовательном сборе ЗИ, к примеру, о пяти информативных элементах, разница в продолжительности сбора ЗИ для водителей из групп I и 3 составит $> 0,5$ с.

Таким образом, количественный анализ позволил полностью охарактеризовать процесс сбора водителем релевантной ЗИ.

В четвертой главе даны предложения для практического применения результатов исследований. В результате проведенных исследований восприятия водителем окружающей дорожно-транспортной среды, была получена (в соответствии с целью и задачами исследования, возможность количественной оценки процесса сбора зрительной информации, перемещения взгляда по глубине воспринимаемого пространства. Это дает возможность обоснованно определять и формировать критерии эффективности зрительных действий водите-

ления зрительного внимания между ними для опытных и неопытных водителей. Отмечена тенденция в формировании навыков рационального сбора ЗИ в процессе приобретения опыта вождения.

Исследовались состав и компоненты зрительской деятельности водителей. С целью оценки структуры зрительной деятельности (вчисления длительности каждой из компонент) в процессе сбора ЗИ была разработана программа (см. рис. 6). Проанализированы также длительности поисковых движений.

Между длительностью поисковых

жи, оценивать уровень обученности водителей, сформированности у них навыков эффективного сбора зрительной информации и отдельных компонент (распределение внимания, перемещение взгляда по глубине перцептивного пространства и т.д.).

На основании статистически достоверных закономерностей, а также на основании теоретических исследований составлены: — методика оценки эффективности зрительной деятельности водителя; — методика количественной оценки размещения взгляда водителя по глубине воспринимаемого пространства; — методика обучения водителей сбору зрительной информации; а также разработаны рекомендации: — рекомендации по повышению эффективности сбора водителем требуемой информации при проезде перекрестка со светофорным регулированием и повышению информативности транспортных средств; — рекомендации по повышению эффективности исследования сбора зрительной информации водителями.

В общем методике включают в себя следующие этапы:

- Сбор исходных данных (тестирование водителей [курсантов]);
- Определение расчетных значений компонент зрительных действий;
- Получение частных показателей зрительной деятельности; — Получение обобщенной (интегральной) оценки; — Оценка эффективности зрительных действий; — Перевод условных значений в баллы; — Оценка группового показателя эффективности зрительных действий.

В методике включено: описание принципов обучения и оценки водителей, его целей и основных этапов, описание задач, решаемых водителями, классификация предлагаемых ситуаций для отработки навыков по сбору зрительной информации; даны общие рекомендации водителям по сбору зрительной информации, и оценка эффективности тренировок.

Предложенные методики позволяют учитывать такие факторы как: уровень обученности, эффективность тренировок, утрату и восстановление навыков, а так же позволяют рассчитывать требуемую периодичность тренировок.

В целом рекомендации по практическому применению результатов исследований позволяют решать следующие основные вопросы:

- 1) Оценивать эффективность зрительных действий водителей;
- 2) Рекомендовать процедуру и последовательность получения расчетных характеристик, а также абсолютных и относительных оценок и оценочных шкал;
- 3) Давать рекомендации по обучению водителей практическим

навыкам сбора зрительной информации;

- 4) Оценивать эффективность рекомендаций по обучению водителей сбору зрительной информации;
- б) Давать рекомендации по повышению информативности транспортных средств с целью снижения информативной загрузки и повышения эффективности приема зрительной информации водителями при проезде перекрестков со светофорным регулированием.

Завершает четвертую главу пример расчета экономической эффективности предлагаемых мероприятий.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ.

1. С закономерности перемещения взгляда водителя характеризуют эффективность процесса сбора водителем зрительной информации и таким образом влияют на безопасность движения.

2. Разработана математическая модель, позволяющая описать кинематику движения дискретной точки зрительного внимания водителя, благодаря чему получены закономерности перемещения взгляда водителя по глубине перцептивного пространства для случаев проезда по прямому участку дороги, правоповоротной и левоповоротной горизонтальным кривым, вогнутой и выпуклой вертикальным кривым.

3. Количественный анализ результатов экспериментальных исследований показал, что на безопасность движения оказывает влияние процесс сбора водителем ЗИ. Получены следующие параметры: - длительность фиксации взгляда испытуемого на информативном элементе или в пределах информативной зоны; - количество элементов фиксации взгляда; - количество фиксаций для конкретного информативного источника или информативной зоны; суммарную продолжительность обслуживания информативных элементов; - структурные составляющие зрительных действий; - количество перемещений взгляда между информативными элементами и информативными зонами.

4. Экспериментальные исследования показали существенные различия в закономерностях сбора зрительной информации водителями со стажем 10 лет, 5 лет и I год. Водители с большим стажем рационально осуществляют процесс сбора зрительной информации. Водители, оценивая состояние дорожного покрытия и направление движения автомобиля, концентрируют взгляд на расстоянии от него прямо пропорциональном скорости его движения ($D = f(V)$), т.е. адаптируют удаленность до зоны концентрации взгляда (зоны сбора информации), обеспечивая этим безопасность по мере увеличения скорости.

5. С целью повышения безопасности движения разработаны мето-

дальше: – оценки эффективности зрительной деятельности водителей; – обучения водителей сбору релевантной зрительной информации. Практическое их использование позволит получить интегральную оценку, а также оценить уровень профессионального мастерства водителей (эффективность зрительных действий водителей), и, кроме того, позволит формировать у водителей навыки сбора ЗИ.

6. Разработаны рекомендации по повышению безопасности движения с учетом эффективности сбора водителем релевантной информации при проезде регулируемых перекрестков и повышению информативности транспортных средств.

Основные положения диссертации изложены в печатных работах:

1. Гусев О.В. До питання визначення закономірностей збору водієм зорової інформації //Проблеми транспорту та шляхи їх вирішення: Тез. доп. на Міжнародн. науково-техн. конф. – Київ, 1994 р. – с. 20.

2. Полищук В.П., Гусев А.В. Определение закономерностей получения водителем зрительной информации //Автодорожник Украины. – Киев, № 1, 1994. – с. 22–26.

3. Полищук В.П., Гусев А.В. Аналитическая связь перспективных и фактических координат на местности дискретной точки зрительного внимания водителя //КАДИ. Киев, 1994. Рукопись деп. в ИГБ Украины, № 838-УК94, 30.04.94 г. – 18 с.

4. Гусев А.В., Павлюк Д.А. К определению кинематики дискретной точки зрительного внимания водителя //УТУ. Киев, 1995. Рукопись деп. в ИГБ Украины, № 732-УК95, 05.04.95 г. – 10 с.

5. Михайленко В.І., Астаніна Н.В., Гусев О.В. І значення безпечних інтервалів руху в щільних потоках // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – Київ, 1990. – Вид. 47. – с. 38–41.

6. Нивитенко А.И., Гусев А.В. К определению расстояний превышений и уклонов фотограмметрическим способом //УТУ. Киев, 1995. Рукопись деп. в ИГБ Украины, № 781-УК95, 05.04.95 г. – 5 с.

Гусев О.В. Підвищення безпеки руху автомобільного транспорту з урахуванням ефективності зорових дій водія.

Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук із спеціальності 05.22.01 "Транспортні системи", Український транспортний університет, Київ, 1995.

Захищається робота, що містить результати досліджень в області підвищення безпеки руху автомобільного транспорту.

Розроблена математична модель, дозволяюча описувати пересування в просторі погляду водія в процесі збору зорової інформації. Кількісний аналіз результатів експериментальних досліджень показав, що на безпеку руху впливає процес збору водієм зорової інформації. Експериментально підтверджені суттєві розбіжності в закономірностях збору зорової інформації водіями з фахом 10 років, 5 років та 1 рік. Продемонстровано, що процес збору зорової інформації може бути характеризований наступними показниками: - пересуванням погляду по глибині перцептивного простору; - тривалістю зорового "об'єднування" інформативних елементів; - кількістю інформативних елементів; - кількістю інформативних зон; - розподілом зорової уваги між інформативними елементами, тощо.

Запропановані пропозиції щодо практичного використання результатів дослідження спрямовані на підвищення безпеки руху. Розроблені методики та практичні рекомендації передані в випробувальну експлуатацію.

Ключові слова: збір зорової інформації, безпека руху, перцептивний простір, пересування погляду.

Gusev A.V. Improvement of the road traffic safety
in connection with efficiency of visual information
acquisition by driver.

Ph.D. thesis

Speciality No. 05.22.01 "Transportation systems", Ukrainian
Transportation University, Kiev, 1995.

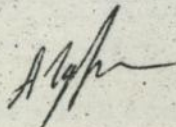
The thesis covers the results of research in the field of
road traffic safety.

Mathematical model for description of spatial and temporal
movements of eye-sight in the process of visual information
acquisition by driver is presented. Quantative analysis of
results of experiments, shows that the specific patterns of
visual information acquisition by drivers have direct relation
to the road traffic safety. Significant differences have been
found in the ways visual information is acquired by drivers
with 10 years, 5 years and 1 year of professional experience.

It was established that the following characteristics
should be used for description of visual perception process:
eye-sight movements across the field of perception; time of
observation; number of information items and number of infor-
mation zones etc.

Practical recommendations for drivers training and testing
are given and are already in practical use.

Key words: visual information acquisition, road traffic
safety, eye-sight movements, field of perception.



ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

Сторінка

AV 33.070