

УДК 656.13

к.т.н. Энглези И.П., д.ф.-м.н. Вербицкий В.Г.,
д.т.н. Ткаченко В.П., Донецкая академия автомобильного транспорта,
к.т.н., профессор Рейцен Е.А.,
Киевский национальный университет строительства и архитектуры

О СИСТЕМНОМ ПОДХОДЕ К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ «ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ»

В статье анализируется эволюция системы ВАД и доказывается необходимость её структуризации с последующим применением как инструмента для планирования и проведения мероприятий по повышению безопасности дорожного движения.

Ключевые слова: Система ВАД (водитель–автомобиль–дорога), дорожно-транспортное происшествие (ДТП), информационная ёмкость дорожной обстановки (ИЕДО), безопасность дорожного движения.

В 1969 году на I Всесоюзном совещании по безопасности дорожного движения, которое состоялось в Минске, впервые в одном из сообщений прозвучала аббревиатура В-А-Д (водитель – автомобиль – дорога), потом стали появляться другие сочетания:

Комплекс А-В-Д (или в более общем смысле А-Ч-Д – автомобиль – человек – дорога) [1];

ЧАД – (человек – автомобиль – дорога);

ВАДС – (водитель – автомобиль – дорога – среда) [2];

ДШАВ – (дорога – шина – автомобиль – водитель) [3];

ВАП – (водитель – автомобиль – пешеход) [4].

В том же 1969 году за рубежом появилась статья Мура Р. «Исследование системы человек – автомобиль – дорога [7], в которой рассматривалось влияние элементов системы человек – автомобиль – дорога на дорожно-транспортные происшествия (ДТП). Показано, что в условиях высокой интенсивности движения автотранспорта при определённых ограниченных возможностях водителя обрабатывать поступающую от дорожной обстановки информацию большое влияние на возникновение ДТП оказывают конструкция автомобиля (в смысле обеспечения обзорности) и планировка дороги с обустройствами. Наиболее важную роль на действия водителя при управлении автомобилем оказывает процесс восприятия и обработки информации. Основная часть информации о дорожной обстановке поступает к водителю визуально. Водитель из автомобиля может наблюдать ~ 20% окружающей его обстановки

при наличии зеркала заднего вида. И даже такое ограничение даёт огромное количество быстроменяющейся информации.

В 1970 г. В.Н. Иванов защищает докторскую диссертацию [5], в которой рассматривает комплекс АВД. В 1986 г. появляется капитальный труд Р.В. Ротенберга [6], посвящённый надёжности системы ВАДС.

Науку о безопасности движения, изучающую проблему в комплексе автомобиль – водитель – дорога, необходимо рассматривать как производительную силу, с помощью которой можно будет решать проблему создания надёжного и экономичного комплекса автомобиль – водитель – дорога.

Как и каждое научное исследование или открытие, комплекс А-В-Д в своём развитии имеет три основных этапа: предложенная закономерность или процесс приблизительно удовлетворяют предъявленным требованиям; практическое освоение и выявление целесообразности дальнейшего применения; гносеологический анализ теоретических и эмпирических исследований и окончательное раскрытие всех потенциальных возможностей данного открытия.

Два первых этапа в основном пройдены. Работы исследователей направлены по пути третьего этапа, самого сложного и длительного. Этот последний этап должен завершиться созданием такого комплекса, который, видимо, зачеркнёт профессию оператора (водителя) механической системы водитель – дорога, снизит до минимума ДТП и исключит катастрофы. Транспортный комплекс автомобиль – дорога из «источника повышенной опасности» перейдёт в безопасный автоматический комплекс.

Комплекс автомобиль – водитель – дорога отличается от других систем своей сложностью. Эти специфические особенности заключаются в следующем:

- наличие большого количества операторов с различными индивидуальными качествами с точки зрения физиологических, социальных, социологических и других аспектов;
- участие в транспортном процессе многих миллионов экипажей с различными эксплуатационными свойствами;
- наличие большого количества пешеходов;
- многообразие климатических, погодных и дорожных условий;
- частые и внезапные изменения дорожной ситуации (время изменения ситуации меньше, чем время оценки ситуации водителем).

Одной из самых значительных особенностей автомобильного транспорта следует считать неорганизованность транспортного процесса. Авиационная и железнодорожная транспортная техника работает по заранее составленному

расписанию, которое предусматривает строго определённые режимы движения на каждом из участков. Количество подвижного состава относительно протяжённости маршрутов движения незначительно.

Иначе обстоит дело на автомобильном транспорте. Миллионы автомобилей движутся по улицам и автомобильным дорогам. Водители управляют автомобилями по не всегда заранее продуманному маршруту и расписанию. Если бы водитель и старался двигаться по строгому расписанию, это было бы невыполнимо из-за влияния помех и стеснений.

Стеснения – это тысячи пешеходов, автомобилей, сотни велосипедистов и других факторов. В дальнейшем вместо словосочетания АВД будем рассматривать ВАД.

Представим укрупнённую модель комплекса ВАД в виде графа (рис. 1)

На нём кроме составляющих В (водитель), А (автомобиль), Д (дорога), которые между собой имеют прямую и обратную связи, имеются ещё две составляющих С (среда) и О (обслуживание – автосервис, ГАИ и пр.), которые с каждой из составляющих ВАД имеют только односторонние связи. Именно эти две последние составляющие вносят всякие возмущения в работу системы ВАД.

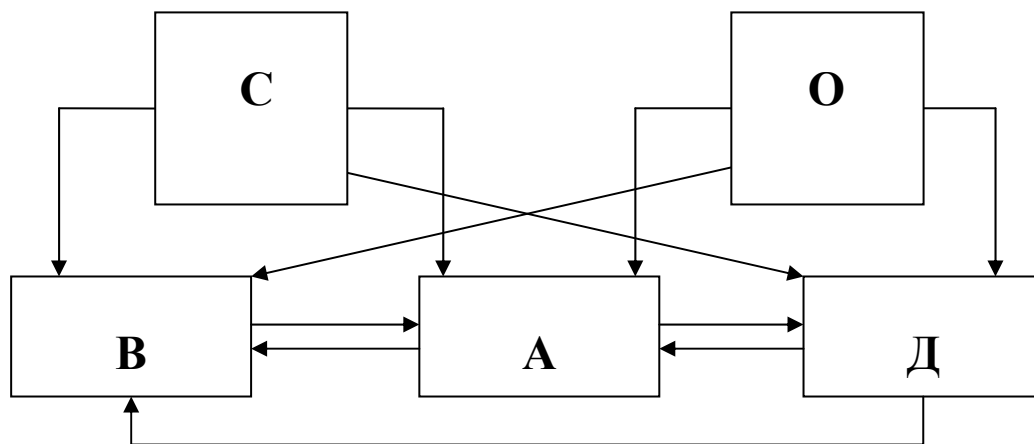


Рис.1 Граф комплекса ВАД как система обслуживания

Система ВАД давно рассматривается как кибернетическая система, для которой необходимым, но недостаточным условием является наличие прямых и обратных связей между её элементами. Такие связи показаны на рис. 1. Для примера опишем их: водитель (В) воздействует на автомобиль (А), так как управляет им (связь В→А); автомобиль воздействует на дорогу (Д), так как движется по ней (связь А→Д) – это прямые связи. Обратные связи: дорога воздействует на автомобиль из-за неровностей, закруглений, уклонов и т.п. (связь Д → А); автомобиль воздействует на водителя из-за заносов его на

закруглениях, при выходе из строя какого-либо его элемента и т.п. (связь $A \rightarrow B$). Наличие в системе прямых и обратных связей само по себе уже говорит о возможности применения методов теории надёжности уже на стадии разработки этих систем. Основы надёжности системы ВАДС (добавляется компонент «среда») описаны в [6].

Именно теория надёжности доказывает, что любая **кибернетическая система**, несмотря на недостаточно надёжные её элементы, может стать сколь угодно высоко надёжной за счёт создания взаимной подстраховки между её элементами. Например, водитель садится в свой автомобиль в состоянии опьянения, а в автомобиле стоит датчик, который реагирует на пары алкоголя в салоне автомобиля и автоматически отключает или блокирует сцепление. Здесь автомобиль «подстраховал» водителя. Таких систем взаимной подстраховки элементов ВАД в мире разработано уже большое количество.

Приведём ещё один пример. В 60 – 70-х годах прошлого века в наиболее развитых в автомобилестроении странах (США, Япония) разрабатывалась программа «Безопасный автомобиль». При этом применялся принцип «фарфоровой чашки»: что бы ни произошло с автомобилем (столкновение с другим автомобилем или с препятствием и т.п.) фарфоровая чашка, находящаяся внутри автомобиля, должна оставаться целой, т.е. водитель и пассажиры должны оставаться невредимыми. Однако программа «Безопасный автомобиль» оказалась очень дорогой и её в США и Японии к концу 70-х годов стали свёртывать, а вот Франция вдохнула в неё новую жизнь, – здесь в 1979 г. объединились две лаборатории фирм РЕНО и ПЕЖО и на пути создания безопасного автомобиля достигли больших успехов. Одному из авторов этой статьи удалось пообщаться с руководителем этой лаборатории доктором Клодом Тарриером в 1981 г. на симпозиуме в Москве в рамках выставки «Сигналдортранс». В результате он получил в презент отчёт лаборатории [8], из которого выяснилось, что в результате проведенных экспериментов во Франции была разработана **математическая модель** изменения состояния тела человека в результате столкновения двух автомобилей, при наезде автомобиля на пешехода и т.п. Это позволило разработать методы подстраховки таким образом, чтобы и водитель (при столкновении), и пешеход (при наезде на него) оставались, по крайней мере, живыми.

Возвращаемся к рис.1 и спрашиваем, где же здесь место для пешехода как одного из звеньев системы? В 1988 г. была разработана модель управляющего звена подсистемы «водитель – автомобиль – пешеход» в опасной ситуации [4]. И здесь уже понадобилась разработка **математической модели пешехода**.

В настоящее время в ДААТ создана психофизическая лаборатория, оснащённая соответствующей аппаратурой, позволяющей всесторонне

исследовать поведение и ощущение водителя в различных дорожных условиях с применением новых компьютерных технологий. Эксперименты только начались и их результаты будут представлены в дальнейших наших публикациях.

Возвращаясь к заглавию нашей статьи, отметим, что словосочетание «системный подход» должно употребляться по отношению к какой-либо системе, устанавливая при этом порядок, обусловленный правильным, планомерным расположением при взаимной связи частей чего-нибудь.

В нашем случае это кибернетическая система ВАД с её элементами и элементами окружения (С и О, рис. 1).

Модель эволюции системы «человек – автомобиль – дорога» представлена в [9]. В последнее время появилось ещё одно новое сочетание: система «человек – автомобиль – дорога – околоземное пространство» [10], т.е. система ВАД продолжает развиваться и обрастать новыми составляющими, дающими новые связи с элементами системы ВАД.

По каждой из составляющих системы ВАД, указанных на рис. 1, за более чем 40-летнюю историю существования понятия ВАД проведено и продолжает проводиться множество исследований. И всё это делается ради главной цели – повысить надёжность системы ВАД и в конечном итоге безопасность дорожного движения.

Возьмём только одну составляющую – дорога (улица). И тут сразу возникает множество вопросов: какой тип покрытия этой дороги, какие её геометрические параметры (ширина, радиусы закруглений, продольный профиль), состояние покрытия (мокрое, обледенелое, грязное и т.п.), какая видимость на дороге (днём и при включении наружного освещения или свете фар) и прочее.

В своё время только для исследования влияния шероховатости покрытия на безопасность движения был разработан целый аппаратный комплекс [11], методика работы с ним, получение и обработка данных очень важны и для современных исследователей комплекса АВД как **основы системного подхода к решению проблемы повышения безопасности движения.**

Основная часть. Чтобы выявлять и исследовать влияние отдельных элементов комплекса на безопасность движения, произведём их структуризацию, связав с причинами ДТП. Последние мы можем взять из раздела учётной карточки ДТП – «причины ДТП и факторы, способствовавшие его возникновению». Очевидно нельзя перечислить всех возможных причин, а тем более факторов, поэтому в конце 70-х годов в некоторых странах стали выделять только четыре основных причины ДТП и вокруг каждой из них группировать сопутствующие факторы. Это – нетрезвое состояние (водителя

или пешехода), нарушение правил движения (водителем или пешеходом), неисправность автомобиля, другие причины.

Помнится, как в учётной карточке по регистрации ДТП, действовавшей в СССР в 60-х годах среди причин ДТП были такие: «невнимательность водителя» и «невнимательность пешехода». И только после замечаний, поступивших в Научно-исследовательскую лабораторию по БД МВД СССР, указывающих, что «невнимательность» не может быть **первичной причиной ДТП**, эти формулировки были убраны из учётных карточек. Вообще же каждому ДТП может предшествовать какая-либо конфликтная система, а первичные причины ДТП спрятаны за космическими (теория Чижевского) или психо-физиологическими и другими факторами (теория биоритмов), но это тема отдельной статьи и авторы поделятся результатами своих исследований по этому вопросу. В учётной карточке ДТП 70х – 80х годов группировка причин и факторов как раз производилась по системе ВАД(П) – водитель – автомобиль – дорога (пешеход). Применительно к водителю указывалось 20 причин и сопутствующих факторов (ПСФ); к автомобилю – 22; к дороге – 18 и пешеходу – 8. В современной учётной карточке уже принято 7 градаций: водители (25 ПСФ); **велосипедисты** (7); **возчики** (2); пешеходы (9); **пассажиры** (4); **транспортное средство** (заметим, необязательно автомобиль) – 20; дорога (улица) – 22.

По истине, система ВАД вместе с ПСФ может превратиться в «снежный ком», который возрастает, когда его катят по мокрому снегу.

Так можно и попробовать «перемещать» вдоль улицы (дороги, определённого маршрута) и саму систему ВАД(С), определяя влияние на возникновение ДТП каждого из четырёх её составляющих контуров, определяя суммарную оценку (показатель) вероятности ДТП как:

$$Y = \int_{T_1}^{T_2} \int_{B_1}^{B_2} \int_{C_1}^{C_2} \int_{D_1}^{D_2} \sum_{p=1}^4 A_p \sum_{j=1}^m A_j f_j [X_j(T, B, C, D)] dT dB dC dD \quad (1)$$

Где: T_1, T_2 – начальные и конечные условия видимости;

B_1, B_2 – соответственно погодные-климатические условия;

C_1, C_2 – соответственно состояние и степень утомления водителя;

D_1, D_2 – участок начала и окончания маршрута;

A_p – обобщённый коэффициент, определяющий вес каждого из 4-х составляющих в суммарном показателе вероятности ДТП.

Выражение (1) может быть существенно упрощено, если рассматривать ограниченный по времени движения маршрут перевозок, когда величины T, B, C можно считать относительно неизменными и пренебречь влиянием их изменения на величину Y .

В этом случае выражение (1) примет вид:

$$Y = \int_{D_1}^{D_2} \sum_{p=1}^4 f_p(A_p, T_p, B_p, C_p) \sum_{j=1}^m f_j[X_j(D)] dD \quad (2)$$

Учитывая перестановочность суммы и интеграла, запишем:

$$Y = \sum_{p=1}^4 f_p(A_p, T_p, B_p, C_p) \sum_{j=1}^m A_j \int_{D_1}^{D_2} f_j[X_j(D)] dD \quad (3)$$

Здесь сочетание коэффициентов p (A_p, T_p, B_p, C_p) должно учитывать не только вес каждого контура p в Y , но и вес взаимного влияния этих контуров.

f_j – функция, учитывающая влияние каждого элемента дороги ($j=1, 2, \dots, m$) и полученных при дорожных заездах статистических значений скорости, интенсивности и плотности движения, на изменение Y .

В общем виде задача нахождения зависимости $p(A_p, T_p, B_p, C_p)$ аналитически ещё не решена из-за отсутствия достоверных данных о взаимовлиянии контуров в системе *АВДС*.

Чтоб исследовать это взаимовлияние, нужно ввести какой-то универсальный оценочный показатель, прежде всего для водителя.

Водитель занимает особое место в системе *ВАДС*, он – элемент системы *ВАДС*, осуществляющий управление автомобилем и участвующий в поддержании его в работоспособном состоянии, т.е. обеспечении эксплуатационной надёжности.

Главная задача водителя – управление автомобилем и контроль за его работой. Поэтому водитель – это один из представителей «профессии XX века» – человека-оператора. Тенденция развития автомобилей такова, что физический труд по управлению ими становится всё меньше, а на первое место выдвигаются повышенные требования к восприятию, мышлению, управляющим воздействиям, к надёжности профессиональной деятельности водителя в условиях высокой нервно-эмоциональной напряжённости.

При работе водителя возникают отказы, в том числе предельно опасные – ДТП, угрожающие самому существованию водителя, автомобиля, окружающих людей.

Поэтому очень важно знать объём тех 20% информации, которая поступает к водителю извне от окружающей среды.

Определение информационной ёмкости дорожной обстановки (ИЕДО) по улице – сложная задача. Как показано в [12] при определении ИЕДО необходимо различать информационную ёмкость картины, характеризующую дорожную обстановку в тот или иной момент движения, и информационную ёмкость дорожной обстановки на участке улицы (дороги) в цепи.

Для проведения эксперимента были выбраны б-р Леси Украинки (Киев) и пр-т Шевченко (Донецк). Наличие бульвара посередине проезжей части облегчает подсчёт ИЕДО, так как встречное движение транспорта в этом случае изолировано полосой зелени и не оказывает влияния на действие водителей, движущихся в прямом направлении.

На выбранных магистралях при помощи фотосъёмки была осуществлена фиксация дорожной обстановки вдоль их трассы. Фотографирование осуществлялось из движущегося автомобиля в точках изменения видимости (повороты дороги), а также в точках перед появлением дорожных ситуаций – элементов, наиболее часто встречающихся в дорожной обстановке (пешеходы, дорожные знаки, остановки общественного транспорта, перекрёстки и т.п.).

По этим магистралям были собраны данные о ДТП за три года и построена карта ДТП. После обработки полученных экспериментальных данных была найдена параболическая зависимость между ИЕДО в битах на 1 м улицы (t) и количеством ДТП на 1 м улицы (d) при $7 \leq t \leq 28$ бит/м:

$$D = -7 \cdot 10^{-4} \cdot t^3 + 2,46 \cdot 10^{-2} \cdot t^2 - 7,9 \cdot 10^{-2} t + 2,4 \quad (4)$$

В дальнейшем была разработана программа для определения ИЕДО, позволяющая прогнозировать количество ДТП в зависимости от ИЕДО, если последняя остаётся неизменной.

Однако дальнейшее повышение надёжности системы ВАД с расширением её функций связывается с применением интеллектуальных транспортных систем. Одна из таких систем XFCD создана BMW Group в рамках концепта BMW ConnectedDrive. Основополагающая идея концепта – связывание воедино трёх информаторов автомобильного движения «водитель – автомобиль – дорога» посредством телекоммуникационных, онлайн- и автомобильных вспомогательных систем для обеспечения безопасности движения.

Вывод. Показана возможность разработки механизма на базе системы ВАД, позволяющего планировать комплекс мероприятий по повышению безопасности дорожного движения на улицах и дорогах.

Литература

1. Иванов В.Н. Методика и аппаратура для исследования транспортно-эксплуатационных характеристик комплекса автомобиль – водитель – дорога. – М.: ВШ, 1971. – 121с.
2. Васильев А.П., Фримштейн М.И. Управление движением на автомобильных дорогах. – М.: Транспорт, 1979. – 295с.
3. Хачатуров А.А. и др. Динамика дорога – шина – автомобиль – водитель. – М.: Машиностроение, 1976. – 534с.

4. Лукошявичене О.В. Моделирование дорожно-транспортных происшествий. – М.: Транспорт, 1988. – 94с.
5. Иванов В.Н. Проблемы обоснования эксплуатационных свойств и систем комплекса АВД. Автореф. дисс. на соискание учёной степени д.т.н. – М.: МАДИ, 1970. – 49с.
6. Ротенберг Р.В. Основы надёжности системы водитель – автомобиль – дорога – среда. – М.: Машиностроение, 1986. – 214с.
7. Moore R.L. Some human factors affecting the design of vehicles and roads. “J. Instn. Highway Engrs”, 1969, 16, N8, 13-32.
8. Тарриер Клод. Активная и пассивная безопасность автомобилей. Лаборатория Физиологии и Биомеханики Рено-ПСА, Франция, 1981. – 97с.
9. Гаврилов Э.В., Данко Н.В. Модель эволюции системы «человек – автомобиль - среда» //Вестник ХГАДТУ. – 1995. - №1. – С.27-30.
10. Шпачук В.П., Линник І.Е. Модель функціонування системи «людина – автомобіль – дорога – приземний простір» в замкненому стані //Вісник ДААТ, №4.–2009. – С.31-35.
11. Кунат Г. Состояние дорожного полотна и безопасность движения / перевод с нем. Verkehrstecnik – Verkehrssicherheit, 1968, 2, N7.
12. Калужский Я.А., Бегма И.В. и др. Применение теории массового обслуживания в проектировании автомобильных дорог. – М.: Транспорт, 1969. – 188с.

Анотація

Аналізується еволюція системи ВАД та доводиться необхідність її структуризації з наступним використанням як інструменту для планування і проведення заходів з підвищення безпеки дорожнього руху.

Ключові слова: Система ВАД (водій-автомобіль-дорога), дружньо-транспортна пригода (ДТП), інформаційна ємність дорожніх обставин (ІЄДО), безпека дорожнього руху.

Abstract

This article has dealt with questions about of the evolution of the system “Driver – Auto - Road” and it considers the possibility of planning of the measure for safety of traffic.