

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«Владимирский государственный университет имени  
Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)**

Институт Машиностроения и Автомобильного транспорта  
Кафедра Автотранспортная и техносферная безопасность

**Курс лекций по дисциплине  
«ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ МЕЖДУНАРОДНЫХ ПЕРЕВОЗОК  
И ТАМОЖЕННОЕ ДЕЛО»**

**Направление подготовки** 23.04.01 «Технология транспортных процессов»

**Программа подготовки:** «Организация автомобильных перевозок и безопасность движения»

**Уровень высшего образования :**  
**Форма обучения :**

магистратура  
очная

Составитель  
Ф.П. Касаткин

**Владимир 2016 г.**

## ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ МЕЖДУНАРОДНЫХ ПЕРЕВОЗОК

### *1.1. Автомобилизация и дорожное движение*

Автомобильный транспорт прочно вошел в современную жизнь, обеспечивая большой объем перевозок во всех сферах человеческой деятельности. Промышленность, строительная индустрия, сельское хозяйство, торговля не могут нормально функционировать без широкого использования автомобилей. Автомобильные перевозки стали неотъемлемым звеном транспортного процесса практически на всех видах транспорта, так как подвоз грузов и пассажиров к железнодорожным станциям, водным и воздушным портам обеспечивается главным образом на автомобилях.

Постоянно растет мировой парк автомобилей. Впервые появившись на дорогах планеты в 1886 г., автомобиль стал самым массовым транспортным средством. Если в 1900 г. мировой парк автомобилей насчитывал около 11 тыс. ед., то в 1950 г. он составил 70,4 млн. ед. В 1970 г. во всем мире было 230 млн. автомобилей, в 1990 г. численность парка составила 550 млн. ед., а в 2000 г. достигла 700 млн. ед. Ежегодно мировая автомобильная промышленность выпускает более 50 млн. автомобилей.

Показателем автомобилизации является степень насыщения страны автомобилями, определяемая числом всех видов автомобилей, приходящихся на 1000 чел. Однако чаще используют показатель автомобилизации, определяемый числом легковых автомобилей, приходящихся на 1000 чел. Если в 1937 г. этот показатель в мире был 15,8 авт./1000 чел., а в 1967 г. – 46,2, то в 2000 г. он превысил 100 авт./1000 чел.

В отдельных странах уровень автомобилизации значительно выше и по данным на 1995 г. он составил в Люксембурге – 785 авт./1000 чел., США – 739, Италии – 666, Японии – 665, Швейцарии – 635, Канаде – 612, России – 135 авт./1000 чел.

В Москве, например, по данным переписи в 1978 г. при численности населения 8,53 млн. чел. автомобильный парк составлял 667 тыс. ед., в том числе 526 тыс. – легковых. Уровень автомобилизации для Москвы был 62 авт./1000 чел. В 1990 г. он достиг 71 авт./1000 чел., в 1995 г. – 126 авт./1000 чел., а в 2000 г. – уже 242 авт./1000 чел.

Как показывает отечественный и зарубежный опыт, автомобилизация наряду с безусловно положительным влиянием на экономику и социальное развитие государств несет в себе и отрицательные последствия, связанные с большим числом дорожно-транспортных происшествий (ДТП), погибших и раненых, огромным материальным ущербом, негативным влиянием на экологическое состояние городской среды, загромождением улиц стоящими автомобилями.

Поданным Всемирной организации здравоохранения в результате ДТП во всем мире ежегодно погибают 1171 тыс. и получают ранения около 10 млн. чел. По числу жертв ДТП Россия занимает одно из первых мест в мире (в 2000 г. в России в результате ДТП погибло 29,6 тыс. чел.).

Тяжесть последствий ДТП у нас в 7 – 10 раз выше, чем в США и большинстве стран Европы. За 1990 – 2000 гг. в Российской Федерации зарегистрировано почти 1,9 млн. ДТП, в которых погибло более 360 тыс. чел. и более 2 млн. чел. получили ранения.

Взаимосвязь и взаимодействие подсистем и компонентов системы ВАДС показаны на рис. 1.5. Применительно к водителю речь должна идти о состоянии его здоровья, степени утомленности, уровне подготовки, умении принимать решения в условиях дефицита времени и правильно выбирать скорость в соответствии с условиями движения.

Применительно к автомобилю можно отметить, что на безопасность движения существенно влияют его габаритные размеры, тяговые и тормозные качества, головное освещение, удобство рабочего места водителя, маневренность, элементы пассивной безопасности и др.

Применительно к дороге – это такие характеристики, как ширина проезжей части, коэффициент сцепления и ровность покрытия, геометрические параметры, состояние обочин, наличие и качество ограждений и других элементов инженерного оборудования.

Применительно к среде движения можно отметить, что на безопасность движения оказывают влияние погодные-климатические условия, наличие пешеходов и др.

Безопасность дорожного движения зависит от надежности входящих в систему ВАДС компонентов. Очевидно, что для обеспечения безопасного функционирования системы требуются достаточно большие затраты, но при этом условии создание абсолютно безопасной системы невозможно, поскольку в нее входит человек, действия и ошибки которого существенно влияют на работоспособность системы в целом. Поэтому в настоящее время можно говорить о каком-то определенном уровне обеспечения надежности рассматриваемой системы. Установление этого уровня – достаточно сложная социально-экономическая задача.

Если обозначить через  $F_n$  показатель надежности системы, определенный с учетом того, что отказы входящих в нее компонентов имеют заданный уровень, соответствующий характеристикам этих компонентов, а через  $F$  – показатель надежности той же системы в предположении, что все составляющие ее компоненты абсолютно надежны, то в качестве показателя надежности системы ВАДС может быть принято абсолютное значение  $\Delta F = |F - F_n|$ . Проблема, таким образом, заключается в нахождении научно обоснованного значения  $\Delta F$ .

Известны различные пути повышения надежности системы. В технике дорожного движения это, например, введение отдельного тормозного привода в автомобилях, установка дублирующих знаков и светофоров, дублирование знаков дорожной разметкой и т.п. Водителя

могут "подстраховать" автоматические устройства, сигнализирующие об опасном приближении к препятствию, антиблокировочные тормозные системы, другие устройства, облегчающие процессы управления автомобилем и принятия решений.

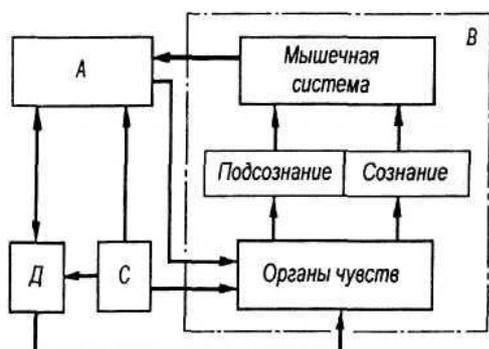


Рис 1.4. Взаимодействие компонентов системы ВАДС

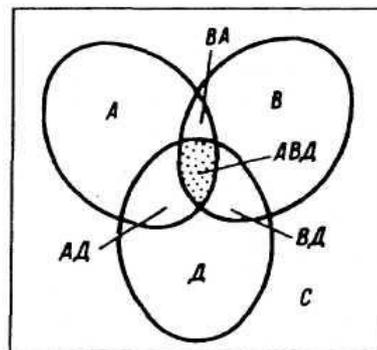


Рис. 1.5. Система ВАДС

Чтобы наглядно показать взаимосвязь упомянутых ранее подсистем и компонентов, рассмотрим процесс остановки автомобиля перед каким-либо препятствием на дороге.

Остановочный путь  $S_0$ , т.е. путь, проходимый автомобилем с момента обнаружения водителем препятствия на дороге до полной остановки, объективно отражает возможность обеспечения безопасности системы ВАДС. Напомним в связи с этим одно из основных положений ст. 13 Конвенции о дорожном движении 1968 г.: водитель "...должен при изменении скорости движения транспортного средства постоянно учитывать обстоятельства, в частности рельеф местности, состояние дороги и транспортного средства, его нагрузку, атмосферные условия и интенсивность движения, чтобы быть в состоянии остановить транспортное средство в конкретных условиях видимости в направлении движения, а также перед любым препятствием, которое водитель в состоянии предвидеть..."

Таким образом, выбор скорости с учетом того, чтобы остановочный путь автомобиля не превышал расстояния, на котором в данных условиях можно объективно прогнозировать обстановку, признан важнейшим условием обеспечения безопасности движения.

Длина остановочного пути при экстренном торможении автомобиля.

$$S_0 = (t_p + t_{\text{н\ddot{o}}}) \frac{v_a}{3,6} + \frac{K_y v_a^2}{254(\varphi \pm i)}, \quad (1.1)$$

где  $t_p$  – время реакции водителя, т.е. параметр, целиком зависящий от характеристики водителя и относящийся к компоненту В (см. рис. 1.4), с;  $t_{\text{ср}}$  – время срабатывания тормозного привода, измеряемое от момента касания водителем тормозной педали до достижения максимального значения замедления, с. Этот показатель зависит как от конструкции и технического состояния тормозной системы, так и от быстроты действий водителя. Эта составляющая относится к подсистеме ВА;  $v_a$  – скорость автомобиля в момент начала торможения, км/ч;  $K_y$  – коэффициент

эксплуатационных условий торможения, зависящий от массы автомобиля и конструктивных параметров его тормозной системы и, следовательно, относящийся к компоненту  $A$ ;  $\varphi$  – коэффициент, характеризующий сцепление шин с дорогой. Он зависит от качества и состояния покрытия дороги и вместе с тем от свойств состояния шин автомобиля, т.е. относится к подсистеме  $AD$ ;  $i$  – продольный уклон (в долях единицы) дороги, является характеристикой только дороги (компонент  $D$ ).

Вместе с тем коэффициент сцепления в значительной степени зависит также от среды, поскольку изменяется в зависимости от погодных-климатических условий. Так, на сухом асфальтобетонном покрытии  $\varphi = 0,6 \div 0,7$ , на влажном  $\varphi = 0,3 \div 0,4$  и на заснеженном  $\varphi = 0,2 \div 0,3$ .

Таким образом, анализ формулы (1.1) подтверждает тесную взаимосвязь всех составляющих системы ВАДС и показывает, что для повышения безопасности дорожного движения необходимо добиваться повышения надежности каждой из составляющих этой системы. А это значит, что надо повышать профессиональные навыки водителей для сокращения времени реакции и своевременного обнаружения препятствия, поддерживать в исправности тормозную систему автомобиля для достижения максимального замедления, обеспечивать требуемое качество поверхности дорожного покрытия для повышения коэффициента сцепления, в зимнее время своевременно очищать дорогу от снега или посыпать ее противогололедными материалами.

Отказы в системе ВАДС приводят к нарушению ее нормального функционирования. В простейшем случае это могут быть заторы, мелкие неисправности транспортных средств, повреждения дорог, не влекущие за собой более тяжелых последствий. Отказы, которые приводят к гибели или ранению людей либо существенному повреждению дорожных сооружений, технических средств организации движения (ТСОД), транспортных средств, квалифицируются как ДТП. Как свидетельствует статистика, чаще всего отказы системы ВАДС связаны с недостаточной "надежностью" участвующих в дорожном движении людей (водителей, пешеходов, пассажиров, возчиков, велосипедистов).

Как уже отмечалось, среди причин ДТП примерно в 2/3 случаев статистика устанавливает ошибки водителей и в 1/3 случаев – ошибки пешеходов.

### *1.2. Основные направления деятельности по обеспечению безопасности и организации дорожного движения*

Для обеспечения эффективного и безопасного функционирования системы ВАДС необходимо совершенствовать подготовку водителей, улучшать конструкцию и техническое состояние транспортных средств, расширять строительство улиц и дорог, оптимально организовывать процесс дорожного движения.

С позиции системного подхода эта деятельность может быть рассмотрена как последовательно осуществляемая на трех уровнях управления, конечной целью которого является безопасность движения (рис. 1.6).

1-й уровень предусматривает создание системы законодательных и иных нормативных правовых актов, а также стандартов, технических правил, содержащих общие требования безопасности по всем компонентам системы ВАДС.

2-й уровень предусматривает непосредственную реализацию требований системы законодательных и иных нормативных правовых актов 1-го уровня в процессе создания транспортных средств, строительства, реконструкции и содержания УДС, организации дорожного движения, а также при подготовке водителей и обучении населения правилам безопасности движения.

3-й уровень предусматривает организацию контроля надежности функционирования всех компонентов системы ВАДС в процессе дорожного движения и принятие соответствующих мер для восстановления должного уровня безопасности системы.

Исходя из требований Федерального закона "О безопасности дорожного движения" основные направления обеспечения БД можно сгруппировать в следующие семь блоков.

1. Установление полномочий и ответственности правительства, федеральных органов исполнительной власти и органов исполнительной власти субъектов Федерации;
2. Разработка и утверждение законодательных и иных нормативных правовых актов в сфере обеспечения БД;
3. Регулирование деятельности на автомобильном, городском транспорте, в дорожном хозяйстве, осуществление деятельности по ОДД;
4. Организация подготовки водителей транспортных средств, обучение населения правилам БД;

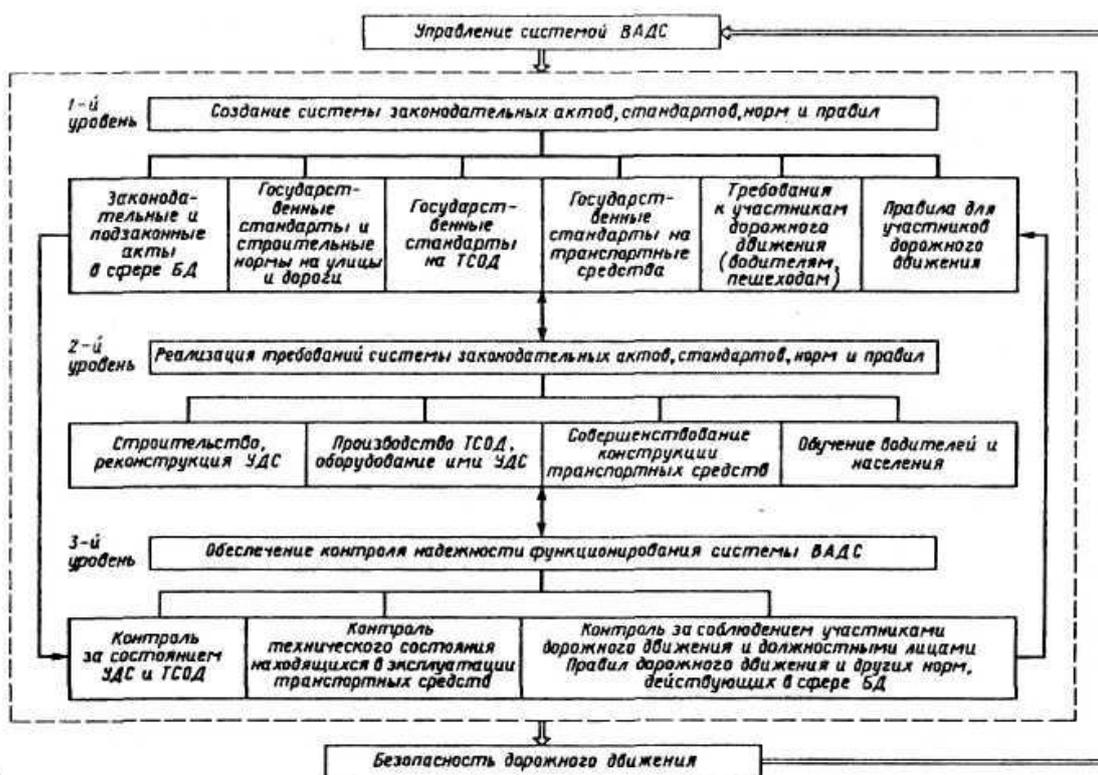


Рис 1.6. Схема управления системой ВАДС

5. Проведение комплекса мероприятий по медицинскому обеспечению БД;
6. Сертификация объектов, продукции и услуг транспорта и дорожного хозяйства, лицензирование деятельности, связанной с обеспечением БД;
7. Осуществление надзора и контроля за выполнением законодательства, действующего в сфере обеспечения БД.

Каждый из блоков представляет определенные направления деятельности, участниками которой могут быть как государственные, так и иные структуры любых форм собственности, функционирующие в рамках закона.

На государственном уровне решаются наиболее фундаментальные проблемы дорожного движения – разработка законодательных и иных нормативных актов, планирование развития автомобилизации, принятие решений о структуре органов управления в рассматриваемой сфере, разработка программ дорожного строительства, утверждение государственных стандартов на дороги, улицы, автомобили и т.п.

На уровне субъектов Федерации рассматриваются практические вопросы обеспечения функционирования системы ВАДС. Все они входят в компетенцию соответствующих структур управления и подведомственных им организаций и решаются применительно к конкретному региону.

## Раздел 2

### ХАРАКТЕРИСТИКИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

#### 2.1. Транспортный поток

При формировании информации о состоянии дорожного движения в первую очередь необходимы данные, характеризующие транспортный поток.

Многолетний зарубежный и отечественный опыт научных исследований и практических наблюдений за транспортными потоками позволил выделить наиболее объективные показатели. По мере совершенствования методов и аппаратуры для исследования транспортных потоков номенклатура показателей, используемых в организации дорожного движения, продолжает развиваться. Наиболее часто применяемыми являются: интенсивность транспортного потока, его состав по типам транспортных средств, плотность потока, скорость движения, задержки движения. Охарактеризуем эти и другие показатели транспортного потока.

*Интенсивность транспортного потока (интенсивность движения)  $N_a$*  – это число транспортных средств, проезжающих через сечение дороги за единицу времени. В качестве расчетного периода времени для определения интенсивности движения принимают год, месяц, сутки, час и более короткие промежутки времени (минуты, секунды) в зависимости от поставленной задачи наблюдения и средств измерения.

На УДС можно выделить отдельные участки и зоны, где движение достигает максимальных размеров, в то время как на других участках оно в несколько раз меньше. Такая пространственная неравномерность отражает прежде всего неравномерность размещения грузо- и пассажирообразующих пунктов и мест их притяжения. На рис. 2.1 показан пример картограммы, характеризующей интенсивность транспортных потоков (в автомобилях в час) на магистральных улицах города.

*Неравномерность транспортных потоков во времени* (в течение года, месяца, суток и даже часа) имеет важнейшее значение в проблеме организации движения (рис. 2.2, 2.3). Типичная кривая распределения интенсивности движения в течение суток на городской магистрали показана на рис. 2.2. Примерно такая же картина наблюдается и на автомобильных дорогах. Кривые на рис. 2.2 позволяют выделить так называемые "часы пик", в которые возникают наиболее сложные задачи организации и регулирования движения.

Термин "час пик" является условным и объясняется лишь тем, что час является основной единицей измерения времени. Продолжительность наибольшей интенсивности движения может быть больше или меньше часа. Поэтому наиболее точным будет понятие

пиковый период, под которым подразумевают время, в течение которого интенсивность, измеренная по малым отрезкам времени (например, по 15-минутным наблюдениям), превышает среднюю интенсивность периода наиболее оживленного движения. Периодом наиболее оживленного движения на большинстве городских и внегородских дорог обычно является 16-часовой отрезок времени в течение суток (примерно с 6 до 22 ч). В условиях перенасыщения УДС транспортным потоком на ряде магистралей Москвы и других крупных городов в течение практически всего активного периода суток наблюдается "пиковая" интенсивность (линия 3 на рис. 2.2), сопровождающаяся заторовыми явлениями.

Состав транспортного потока влияет на загрузку дорог (стесненность движения), что объясняется прежде всего существенной разницей в габаритных размерах автомобилей. Если длина легковых автомобилей 4 – 5 м, грузовых 6 – 8 м, то длина автобусов достигает 11 м, а автопоездов 24 м. Сочлененный автобус (троллейбус) имеет длину 16,5 м. Однако разница в габаритных размерах не является единственной причиной необходимости специального учета состава потока при анализе интенсивности движения.

При движении в транспортном потоке важна разница не только в статическом, но и в динамическом габарите автомобиля, который зависит в основном от времени реакции водителя и тормозных качеств транспортных средств. Под динамическим габаритом  $L_d$  (рис. 2.4) подразумевается участок дороги, минимально необходимый для безопасного движения в транспортном потоке с заданной скоростью автомобиля, длина которого включает длину автомобиля  $l_a$  и дистанцию  $d$ , называемую *дистанцией безопасности*.

Существуют три принципиально отличающихся подхода к расчетному определению  $L_d$ , предлагаемых различными авторами (см. подраздел 2.4).

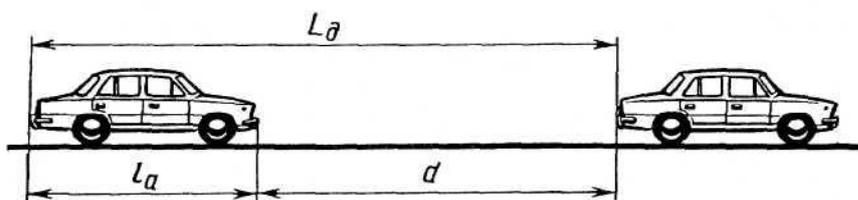


Рис. 2.4. Динамический габарит автомобиля в плотном транспортном потоке

Таблица 2.1

Тип транспортного средства и его характеристика	Установившееся замедление, м/с <sup>2</sup> , не менее	Длина тормозного пути, м, не более*
---	--	-------------------------------------

Легковые автомобили, предназначенные для перевозки людей в количестве не более 8 чел. (кроме водителя), а также созданные на их базе модификации (пикапы, универсалы и т. п.) – категория М <sub>1</sub>	6,8	12,2
Грузовые автомобили с разрешенной максимальной массой до 3,5 т – категория N <sub>1</sub>	5,7	15,1
Грузовые автомобили с разрешенной мак-	6,2	16,0
	4,6	17,7
* При торможении с начальной скорости 40 км/ч для транспортных средств в		

Тормозные качества автомобилей различных типов в эксплуатации существенно отличаются. Эта разница подтверждается требованиями к эффективности торможения (табл. 2.1), установленными ГОСТ 25478–91 «Автотранспортные средства. Требования к техническому состоянию по условиям безопасности движения. Методы проверки».

В табл. 2.2 приведена полная классификация автотранспортных средств, установленная КВТ ЕЭК ООН.

Фактический динамический габарит автомобиля зависит также от обзорности, легкости управления, маневренности автомобиля, которые влияют на дистанцию, избираемую водителем. При этом следует обратить внимание на следующее обстоятельство. При колонном движении легковых автомобилей каждый водитель, благодаря большой поверхности остекления, а также небольшим габаритам впереди идущих автомобилей, может достаточно хорошо видеть и прогнозировать обстановку впереди нескольких автомобилей. В то же время, если перед легковым автомобилем движется грузовой автомобиль или автобус, то водитель легкового автомобиля лишен возможности оценивать и прогнозировать обстановку впереди, и его действия по управлению становятся менее уверенными. В этом случае из-за невозможности достаточного прогнозирования обстановки впереди резко возрастает опасность при обгоне, а также в случае экстренной остановки автомобилей, движущихся в плотной колонне.

При обследовании транспортных потоков большой интенсивности определенную трудность представляет задача точного определения грузоподъемности каждого грузового автомобиля. Поэтому можно прибегнуть к упрощенному методу учета этой категории транспортных средств и принять для всех грузовых автомобилей грузоподъемностью 2 – 8 т обобщенный коэффициент 2.

При описании характеристик транспортного потока, как в письменной форме, так и в виде графиков, следует обратить внимание на необходимость указывать соответствующую размерность в физических единицах (авт/ч) или в приведенных (ед/ч).

Таблица 2.2

Категория ТС	Тип ТС	Разрешенная максимальная масса, т	Примечание
M <sub>1</sub>	ТС с двигателем, предназначенные для перевозки пассажиров и имеющие не более 8 мест для сидения (кроме места водителя)	Не нормируется	Легковые автомобили
M <sub>2</sub>	То же, имеющие более 8 мест для сидения (кроме места водителя)	До 5,0	Автобусы
M <sub>3</sub>	То же	Свыше 5,0	Автобусы, в том числе сочлененные
N <sub>1</sub>	ТС с двигателем, предназначенные для перевозки грузов	До 3,5	Грузовые автомобили, специальные автомобили
N <sub>2</sub>	То же	Свыше 3,5 до 12,0	Грузовые автомобили, автомобили-тягачи, специальные автомобили
N <sub>3</sub>	"	Свыше 12,0	То же
O <sub>1</sub>	ТС без двигателя	До 0,75	Прицепы одноосные
O <sub>2</sub>	То же	Свыше 0,75 до 3,5	Прицепы и полуприцепы, за исключением категории O <sub>1</sub>
O <sub>3</sub>	"	" 3,5 до 10,0	То же
O <sub>4</sub>	"	" 10,0	"

Для решения практических задач ОДД могут быть использованы рекомендации по выбору значений  $K_{пр}$ , содержащиеся в отечественных нормативных документах:

Легковые автомобили	1
Мотоциклы	
с коляской	0,75
одиночные	0,5
Грузовые автомобили грузоподъемностью, т	
до 2 включительно	1,5
Свыше 2 до 5	1,7
" 5 до 8	2,0
" 8 до 14	3,0
Автобусы	2,5
Троллейбусы	3,0
Сочлененные автобусы и троллейбусы	4,0
Микроавтобусы	1,5
Автопоезда грузоподъемностью, т:	
до 12 включительно	3,5
свыше 12 до 20	4,0
" 20 до 30	5,0
" 30	6,0

С помощью коэффициентов приведения можно получить показатель интенсивности движения в условных приведенных единицах, ед/ч

$$N_{\text{вд}} = \sum_1^n (N_i K_{\text{вд}i}),$$

где  $N_i$  – интенсивность движения автомобилей данного типа;  $K_{\text{вд}i}$  – соответствующие коэффициенты приведения для данной группы автомобилей;  $n$  – число типов автомобилей, на которые разделены данные наблюдений.

Исследования показывают, что используемые коэффициенты приведения являются приближенными и для современных моделей автомобилей завышенными. Опыт исследований  $K_{\text{пр}}$  показывает, что при более детальном подходе к роли коэффициента приведения его значения необходимо дифференцировать также в зависимости от уровня скоростного режима и профиля дороги.

*Плотность транспортного потока  $q_a$*  является пространственной характеристикой, определяющей степень стесненности движения на полосе дороги. Ее измеряют числом транспортных средств, приходящихся на 1 км протяженности дороги. Предельная плотность достигается при неподвижном состоянии колонны автомобилей, расположенных вплотную друг к другу на полосе. Для потока современных легковых автомобилей теоретически такое предельное значение  $q_{\text{max}}$  составляет около 200 авт/км. Практические исследования на кафедре организации и безопасности движения МАДИ показали, что этот показатель колеблется в пределах 170-185 авт/км. Это объясняется тем, что водители не подъезжают при заторе вплотную к переднему автомобилю. Естественно, что при предельной плотности движение невозможно даже при централизованном автоматическом управлении автомобилями, так как отсутствует дистанция безопасности. Плотность  $q_{\text{max}}$  вместе с тем имеет значение как показатель, характеризующий структуру (состав) транспортного потока. Наблюдения показывают, что при колонном движении легковых автомобилей с малой скоростью плотность потока может достигать 100 авт/км. При использовании показателя плотности потока необходимо учитывать коэффициент приведения для различных типов транспортных средств, так как в противном случае сравнение  $q_a$  для различных по составу потоков может привести к несопоставимым результатам. Так, если принять, что на дороге движется колонна автобусов с плотностью 100 авт/км (возможной для легковых автомобилей), то фактическая длина такой колонны вместо 1 км практически составит 2,0–2,5 км. Если же учесть рекомендуемое значение  $K_{\text{пр}}$  для автобусов, равное 2,5, то максимальная плотность движения колонны автобусов в физических единицах может составить 40 автобусов на 1 км, что является реальным.

Чем меньше плотность потока, тем свободнее себя чувствуют водители, тем выше скорость, которую они выбирают. Наоборот, по мере повышения  $q_a$ , т. е. стесненности движения, от водителей требуется повышение внимательности, точности действий. Кроме того, повышается их психическая напряженность. Соответственно увеличивается вероятность ДТП вследствие ошибки, допущенной одним из водителей, или отказа автомобиля.

В зависимости от плотности потока движение по степени стесненности подразделяют на *свободное, частично связанное, насыщенное, колонное*.

Численные значения  $q_a$  в физических единицах (автомобилях), соответствующих этим состояниям потока, весьма существенно зависят от параметров дороги и в первую очередь от ее плана и профиля, коэффициента сцепления  $\varphi$ , а также состава потока по типам транспортных средств, что, в свою очередь, влияет на выбираемую водителями скорость.

*Скорость движения*  $v_a$  является важнейшим показателем, так как представляет целевую функцию дорожного движения. Наиболее объективной характеристикой процесса движения транспортного средства по дороге может служить график изменения его скорости на протяжении всего маршрута движения. Однако получение таких пространственных характеристик для множества движущихся автомобилей является сложным, так как требует непрерывной автоматической записи скорости на каждом из них. В практике организации движения принято оценивать скорость движения транспортных средств мгновенными ее значениями  $v_a$ , зафиксированными в отдельных типичных сечениях (точках) дороги.

*Скорость сообщения*  $v_c$  является измерителем быстроты доставки пассажиров и грузов и определяется как отношение расстояния между пунктами сообщения ко времени нахождения транспортного средства в пути (времени сообщения). Этот же показатель применяется для характеристики скорости движения автомобилей по отдельным участкам дорог.

*Темп движения* является показателем, обратным скорости сообщения, и измеряется временем в секундах, затрачиваемым на преодоление единицы длины пути в километрах. Этот измеритель весьма удобен для расчетов времени доставки пассажиров и грузов на различные расстояния. Мгновенная скорость транспортного средства и соответственно скорость сообщения зависят от многих факторов и подвержены значительным колебаниям.

Скорость одиночно движущегося автомобиля в пределах его тяговых возможностей определяет водитель, являющийся управляющим звеном в системе ВАДС. Водитель

постоянно стремится выбрать наиболее целесообразный режим скорости исходя из двух главных критериев – минимально возможной затраты времени и обеспечения безопасности движения. В каждом случае на выбор скорости водителем оказывают влияние его квалификация, психофизиологическое состояние, цель движения, условия его организации. Так, исследования, проведенные в одинаковых дорожных условиях на одном типе автомобилей, показали, что средняя скорость движения автомобиля у разных водителей высокой квалификации может колебаться в пределах  $\pm 10\%$  от среднего значения. У малоопытных

### *2.3. Математическое описание транспортного потока*

Моделирование транспортного потока. При исследованиях и проектировании организации движения приходится прибегать к описанию транспортных потоков математическими методами. Первостепенными задачами, послужившими развитию моделирования транспортных потоков, явились изучение и обоснование пропускной способности дорог и их пересечений. Поведение транспортного потока очень изменчиво и зависит от действия многих факторов и их сочетаний. Наряду с техническими факторами (транспортные средства, дорога) решающее влияние на него оказывают поведение людей (водителей, пешеходов), а также состояние среды движения.

Основы математического моделирования закономерностей дорожного движения были заложены в 1912 г. русским ученым, профессором Г. Д. Дубелиром. Первая попытка обобщить математические исследования транспортных потоков и представить их в виде самостоятельного раздела прикладной математики была сделана Ф. Хейтом. Дальнейшие исследования и разработки в этой области нашли отражение в работах многих зарубежных и отечественных ученых.

Движение транспортных средств по дорогам в потоке большой интенсивности и особенно в зоне пересечений может быть рассмотрено на основе теории массового обслуживания. Задачи, решаемые с помощью этой теории, обычно сводятся к определению максимального числа "заявок", а также определению очереди в системе по истечении определенного промежутка времени. Применительно к транспортной задаче это означает возможность определения пропускной способности пересечения, задержек автомобилей и возникающих перед перекрестком очередей. Под "заявкой" понимают появление в сечении дороги одного транспортного средства.

При анализе закономерностей дорожного движения, а также при решении практических задач ОДД возникает необходимость использования взаимозависимостей характеристик транспортного потока. Взаимосвязь интенсивности, скорости и плотности

потока на одной полосе дороги графически может быть изображена в виде так называемой основной диаграммы транспортного потока (рис. 2.8), отражающей зависимость

$$N_a = v_a q_a,$$

Основная диаграмма отражает изменение состояния однопосадочного транспортного потока преимущественно легковых автомобилей в зависимости от увеличения его интенсивности и плотности. Левая часть кривой (показана сплошной линией) отражает устойчивое состояние потока, при котором по мере увеличения плотности транспортный поток проходит фазы свободного, затем частично связанного и наконец связанного движения, достигая точки максимально возможной интенсивности, т. е. пропускной способности (точка  $N_{max} = P_a$  на рис. 2.8). В процессе этих изменений скорость потока падает – она характеризуется тангенсом угла наклона радиус-вектора, проведенного от точки 0 к любой точке кривой, характеризующей изменение  $N_a$ . Соответствующие точке  $N_{a\ max} = P_a$  значения плотности и скорости потока считаются оптимальными по пропускной способности ( $q_{a\ опт}$  и  $v_{a\ опт}$ ). При дальнейшем росте плотности (за точкой  $P_a$  перегиба кривой) поток становится неустойчивым (эта ветвь кривой показана прерывистой линией).

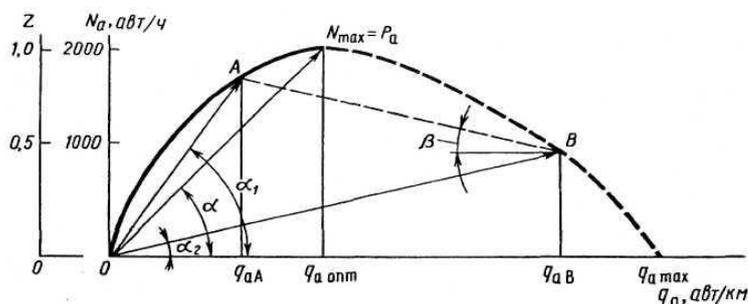


Рис. 2.8. Основная диаграмма транспортного потока:  
Z – Коэффициент (уровень) загрузки

Переход потока в неустойчивое состояние происходит вследствие несинхронности действий водителей для поддержания дистанции безопасности (действия "торможение–разгон") на любом участке пути и особенно проявляется при неблагоприятных погодных условиях. Все это создает "пульсирующий" (неустойчивый) поток.

Резкое торможение потока (находящегося в режиме, соответствующем точке A) и переход его в результате торможений к состоянию по скорости и плотности в соответствующее, например, точке B положение вызывает так называемую "ударную волну" (показана пунктиром АВ), распространяющуюся навстречу направлению потока со скоростью, характеризуемой тангенсом угла B. "Ударная волна" является, в частности,

источником возникновения попутных цепных столкновений, типичных для плотных транспортных потоков.

В точках 0 и  $q_a \max$  интенсивность движения  $N_a = 0$ , т. е. соответственно на дороге нет транспортных средств или поток находится в состоянии затора (неподвижности).

Радиус-вектор, проведенный из точки 0 в направлении любой точки на кривой (например, А или В), характеризующей  $N_a$ , определяет значение средней скорости потока  $v_a = N_a / q_a = \operatorname{tg} \alpha$ .

На графике (см. рис. 2.8) показаны для примера две точки, характерные: А – для устойчивого движения транспортного потока; В – для неустойчивого, приближающегося к заторовому состоянию потока. Угол наклона радиус-вектора в первой точке  $\alpha_1 = 60^\circ$  ( $\operatorname{tg} \alpha = 1,77$ ), а во второй  $\alpha_2 = 15^\circ$  ( $\operatorname{tg} \alpha = 0,26$ ). Скорость в точке В ( $\sim 9,9$  км/ч) меньше, чем в точке А ( $\sim 67$  км/ч), в 6,8 раза.

Необходимо, однако, отметить, что основная диаграмма не может отразить всю сложность процессов, происходящих в транспортном потоке, и характеризует его надежно лишь при однородном составе и нормальном состоянии дороги и внешней среды. При изменении состояния покрытия, условий видимости для водителей, состава потока, вертикального и горизонтального профилей дороги изменяется характер диаграммы. Диаграмма транспортного потока может быть построена и в других координатах, например  $v_a - q_a$  и  $N_a - v_a$ .

#### **2.4. Пропускная способность дороги**

Важнейшим критерием, характеризующим функционирование путей сообщения, является их пропускная способность. В теории проектирования автомобильных дорог и трудах по организации движения применяется термин пропускная способность дороги. Простейшее определение этого понятия сводится к тому, что под пропускной способностью дороги понимают максимально возможное число автомобилей, которое может пройти через сечение дороги за единицу времени.

Однако необходимо отметить, что, рассматривая движение автомобилей и оценивая пределы возможной интенсивности потока, мы характеризуем по существу не дорогу, а комплекс ВАДС. Это объясняется тем, что характеристики транспортных средств и водителя могут оказывать не меньшее влияние на пропускную способность, чем параметры дороги. Так, исследования в США показали, что если полностью заменить человека-водителя автоматической системой управления автомобилями, то пропускная способность полосы движения может увеличиться в 2 раза. Большое влияние на ее фактическое значение может оказывать состояние среды С. Фактическая пропускная

способность особенно падает при сильном дожде, тумане, обильном снегопаде, гололеде.

В ряде случаев определение следует дополнить и выполнением условия обеспечения заданной скорости сообщения. Это наиболее важно для дорог скоростного типа, где условия безопасности необходимо обеспечивать при заданных повышенных скоростных режимах. Так, если для обычной городской магистрали нормально допустимой является скорость транспортного потока 50–60 км/ч (соответствующая пропускной способности дороги), то для скоростной магистрали желаемая скорость может составлять 100–140 км/ч. Это требует снижения норматива пропускной способности.

Для упрощения в качестве исходных следует рассматривать однородные потоки движения (колонное движение), т. е. пропускную способность одной полосы движения. Однако до настоящего времени в трудах отечественных и зарубежных ученых и в официальных изданиях нет единого подхода к методикам расчета и натурного определения пропускной способности.

Можно назвать следующие встречающиеся в специальной литературе модификации понятия пропускной способности: теоретическая, номинальная, нормальная, эффективная, собственная, практическая, фактическая и др. Такое многообразие терминов не случайно. Оно отражает различный методический подход к определению данного критерия, а также большое число факторов, оказывающих влияние на показатель пропускной способности в реальных условиях дорожного движения. Естественно поэтому, что в зависимости от числа учитываемых факторов и точности оценки влияния каждого из них для одних и тех же путей сообщения получают существенно различающиеся значения пропускной способности.

Существуют две принципиально различные оценки пропускной способности: на перегоне и на пересечении дорог в одном уровне. В первом случае транспортный поток при достаточной интенсивности может считаться непрерывным. Характерной особенностью второй оценки являются периодические разрывы потока для пропуска автомобилей по пересекающим направлениям, обусловленные светофорным регулированием.

Возвращаясь к отмеченному многообразию модификаций и преследуя цель более простой и четкой классификации, можно разделить понятие пропускной способности на три: расчетная  $P_r$ , фактическая  $P_\phi$  и нормативная  $P_n$ .

Расчетную пропускную способность определяют теоретическим путем по различным расчетным формулам. Для этого могут быть использованы математические модели

транспортного потока и эмпирические формулы, основанные на обобщении исследовательских данных, кратко рассмотренных ранее.

Определение фактической пропускной способности возможно лишь на действующих дорогах и в сложившихся условиях дорожного движения. Эти данные имеют особенно большое практическое значение, так как позволяют реально оценить пропускную способность при обеспечении определенного уровня скорости и безопасности движения. Однако получение объективных данных об обеспечении безопасности требует достаточно длительного срока. Фактическая пропускная способность может быть также названа практической. Объективность определения фактической пропускной способности зависит от обоснованности методики, тщательности исследования и обработки результатов. Учитывая значение данных, характеризующих пропускную способность, исследователь должен особое внимание обращать на выбор участка наблюдения, достаточность объема регулируемой информации и точность измерения скорости автомобилей в потоке.

Опыт показывает, что в условиях плотных потоков водители склонны уменьшать дистанцию до крайне опасных пределов. В результате происходят так называемые "цепные" попутные столкновения, в которые вовлекаются иногда десятки автомобилей. Кратковременные наблюдения за такими потоками (точнее "пачками" автомобилей) могут дать неопределенно оптимистические сведения о высокой пропускной способности. Убедительные данные о пропускной способности конкретной дороги могут быть получены путем натурного определения зависимости  $N_a=f(q_a)$  при различных интенсивностях дорожного движения (т. е. практически в различное время суток), построения основной диаграммы транспортного потока (см. рис. 2.8) и нахождения точки  $P_a$  перегиба кривой. Такое исследование, однако, весьма трудоемко.

Наиболее простым является использование нормативной пропускной способности, которая задается в официальных нормативных документах, например, в Строительных нормах и правилах. Следует, однако, иметь в виду, что при этом не может быть учтен весь комплекс факторов и условий, характеризующих участок дороги. Поэтому ее значения для многих конкретных условий являются заниженными, а для некоторых завышенными. Кроме того, разработчики нормативных данных часто стремятся предусмотреть резерв и занижают показатель пропускной способности.

Для оценки на реальных дорогах (или отдельных полосах проезжей части) имеющегося запаса пропускной способности используется коэффициент  $Z$ , равный отношению существующей интенсивности движения  $N_\phi$  к пропускной способности  $P_\phi$ , т.е.  $Z = N_\phi/P_\phi$  (см. рис. 2.8). Этот коэффициент также называют уровнем загрузки дороги (полосы) транспортным потоком.

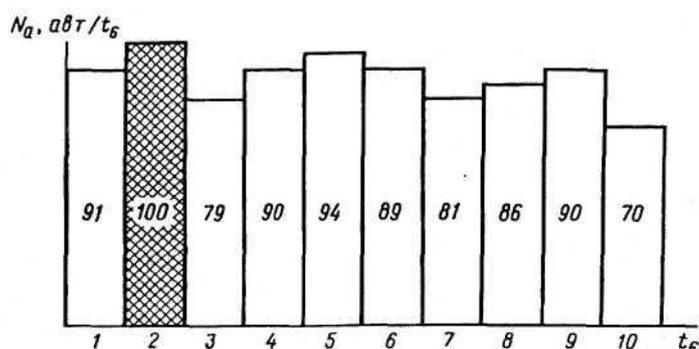


Рис. 2.9. Диаграмма интенсивности однорядного потока, полученная при определении коэффициента загрузки  $Z$  (по 6-минутным отрезкам времени)

Примерное значение  $Z$  может быть определено экспресс-методом часового наблюдения на элементе УДС в пиковый период движения без затора. В течение часа по 6-минутным отрезкам времени  $t_6$  фиксируется интенсивность движения. Диаграмма на рис. 2.9 иллюстрирует полученные данные на одной полосе правоповоротного (нерегулируемого) потока. По наибольшей интенсивности ( $N_{a2} = 100$  авт/ч) определяется фактическая пропускная способность участка, как  $100 \cdot 10 = 1000$  авт/ч. Фактическая интенсивность равна сумме интенсивности за 10 отрезков времени:  $\sum iN_{\delta} = 870$  авт/ч. Отсюда  $Z = 870/1000 = 0,87$ . Следовательно, данный участок работает на пределе допустимого.

### 2.5. Определение пропускной способности дороги

Расчетное определение. Теоретическое (расчетное) определение пропускной способности дороги основано на использовании различных математических моделей, интерпретирующих транспортный поток. При расчете пропускной способности полосы на перегоне  $P_{п}$  можно исходить из условия колонного движения автомобилей, т. е. движения с минимальной дистанцией, которая может быть допущена по условиям безопасности для заданной скорости потока. При этом пренебрегают неизбежной на практике неравномерностью интенсивности.

Таким образом, простейший метод расчета  $P_{п}$  основан на упрощенной динамической модели, рассматривающей поток как равномерно распределенную на протяжении полосы движения колонну однотипных легковых автомобилей.

Если исходить из 3-го подхода к определению динамического габарита  $L_{д}$  (см. подраздел 2.3), то дистанция безопасности

$$d = v_a t_p + \frac{v_a^2}{2} \left( \frac{1}{j_2} - \frac{1}{j_1} \right),$$

Если принять время реакции водителя (включая время запаздывания срабатывания гидравлического тормозного привода) равным 1 с, а разность максимальных замедлений на сухом асфальтобетонном покрытии при экстренном торможении однотипных легковых автомобилей с учетом эксплуатационного состояния тормозной системы в допустимых нормативами пределах около  $2 \text{ м/с}^2$ , то динамический габарит

$$L_{\bar{a}} = l_a + v_a + 0,03v_a^2 + 1, \quad (2.5)$$

С учетом данных современных исследований системы ВАДС изложенный метод приемлем для ограниченных, и прежде всего по составу и скорости транспортного потока, условий. Расчет по формуле (2.3) с учетом выражения (2.5) для непрерывного потока типичных легковых автомобилей дает расчетное значение  $P_{\Pi} = 1960 \text{ авт/ч}$  при скорости  $v_a$  около  $55 \text{ км/ч}$ .

Безопасное движение в такой плотной колонне с точки зрения психофизиологического состояния водителя возможно лишь при ограниченных скоростях. Для легковых автомобилей при скоростях движения более  $80 \text{ км/ч}$  время реакции водителя увеличивается и должно быть принято равным не 1 с, а существенно большим (до 2 с). Кроме того, из-за несовершенства тормозных систем автомобилей, а также неоднородной характеристики эксплуатационного состояния шин на разных колесах даже на дорогах с высоким коэффициентом сцепления ( $\varphi = 0,7 \div 0,8$ ) при экстренном торможении автомобилей не гарантировано сохранение их устойчивого прямолинейного движения. Поэтому расчеты по формуле (2.5) могут быть рекомендованы для скоростей не выше  $80 \text{ км/ч}$ .

Приведенный расчет должен рассматриваться как предназначенный для приближенного определения пропускной способности полосы при колонном движении легковых автомобилей с умеренными скоростями.

Для смешанного потока следует использовать упомянутые ранее коэффициенты приведения.

Соответствие расчетов с использованием формулы (2.5) реальным условиям дорожного движения с ограниченными скоростями подтверждается практическим опытом. На его основе во многих публикациях по безопасности дорожного движения содержится рекомендация о том, что безопасная дистанция (в метрах) должна быть равна примерно половине величины скорости (в километрах в час).

Заметим, что если в формулу (2.3) подставить значение динамического габарита (в метрах), равное половине значения скорости (в километрах в час), то получится значение  $P_{\Pi}$ , равное примерно  $2000 \text{ авт/ч}$ . При расчете фактической пропускной способности реальной дороги можно воспользоваться системой поправочных коэффициентов, учи-

тывающих эксплуатационные условия. Такой метод применяется американскими специалистами.

В общем виде формула для расчета по этой методике имеет вид:

$$P_p = P_T k_1 k_2 \dots k_n,$$

где  $P_T$  – расчетная пропускная способность при идеальных условиях (теоретическая);  $k_1, k_2, \dots, k_n$  – коэффициенты, учитывающие условия движения (ширину полосы движения, состав потока автомобилей, величину и протяженность подъемов, наличие пересечений и т. д.).

Пропускная способность многополосных дорог и пересечений. Исследования на многополосных дорогах показали, что их пропускная способность увеличивается не строго пропорционально числу полос. Это явление объясняется тем, что на многополосной дороге при наличии пересечений в одном уровне автомобили маневрируют для поворотов налево и направо, разворотов на пересечениях, подъезда к краю проезжей части для остановки. Кроме того, даже при отсутствии указанных перестроений параллельные насыщенные потоки автомобилей создают стеснение движения из-за относительно небольших и непостоянных боковых интервалов, так как водители не в состоянии обеспечить постоянное движение, идеально совпадающее с воображаемой осью размеченной полосы дороги.

При расчете пропускной способности многополосной дороги  $P_{\text{мн}}$  это явление необходимо учитывать коэффициентом многополосности  $K_{\text{мн}}$ . Пропускную способность  $P_{\text{мн}}$  рекомендуется определять умножением значения  $P_{\text{п}}$  на коэффициент многополосности, который принимается для 2-полосной дороги одного направления 1,9, для 3-полосной – 2,7, а для 4-полосной – 3,5.

При наличии на дороге пересечений в одном уровне на перекрестках с интенсивным движением приходится прерывать потоки транспортных средств для пропуска их по пересекающим направлениям с помощью светофорного или ручного регулирования. В этом случае для движения транспортного потока данного направления через перекресток используется лишь часть расчетного времени, так как остальная часть отводится для пересекающего потока. В общем виде пропускная способность многополосной дороги с учетом влияния регулируемого пересечения

$$P'_{ii} = P_i K_{ii} \alpha,$$

где  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий влияние регулируемого пересечения;  $\alpha < 1$ .

Коэффициент  $\alpha$  зависит от интенсивности пересекающих потоков и оптимальности режима регулирования. При близких по удельной интенсивности пересекающихся потоках этот коэффициент колеблется в пределах 0,4 – 0,6.

### Раздел 3

## ИССЛЕДОВАНИЯ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

### 3.1. Классификация и характеристика методов

В отечественной и зарубежной практике исследований дорожного движения известно много методов, начиная от простейших, выполнение которых доступно одному человеку без специального оснащения, и кончая сложными и трудоемкими, требующими применения современной электронной аппаратуры и подвижных лабораторий. Многообразие методов объясняется, с одной стороны, большим числом задач, решаемых с помощью организации движения, и условий, а с другой – постоянным совершенствованием аппаратуры, применяемой для получения первичных данных и их обработки.

Коренные изменения в методы исследований параметров дорожного движения и их использование вносят АСУД. Они позволяют в автоматическом режиме собирать и обрабатывать обширную информацию о состоянии транспортных потоков (осуществлять "мониторинг"). Однако даже на территориях, обслуживаемых автоматизированными системами, необходимы и более простые способы исследования, ориентированные на участие человека-наблюдателя.

На рис. 3.1 представлена классификация наиболее распространенных методов исследования характеристик и условий дорожного движения, в основу которой положен способ получения необходимой информации.

Документальное изучение подразумевает изучение материала без непосредственного выезда на объект исследования (в так называемых *камеральных условиях*). Документальное изучение можно осуществлять как на базе специально собранных данных, так и обработкой предназначенных для других целей материалов. Так, достаточно подробные сведения об ожидаемых транспортных потоках в зоне предполагаемого крупного строительства могут быть получены на основе изучения проектных и плановых материалов об автомобильных перевозках строительных грузов. Другим примером может служить анализ материалов, характеризующих работу маршрутного пассажирского транспорта, которые можно получить в соответствующем транспортном предприятии. По ним можно составить характеристики движения

подвижного состава в различные периоды суток, не проводя непосредственного наблюдения. Материалы о размерах и характере перевозок часто специально собирают путем анкетного обследования. Типичным примером анкетного обследования является опрос водителей автомобилей в городе о пробеге, характерных маршрутах и времени поездок. Инструментом для такого обследования является анкета с необходимым перечнем вопросов, приспособленная для обработки на ЭВМ.

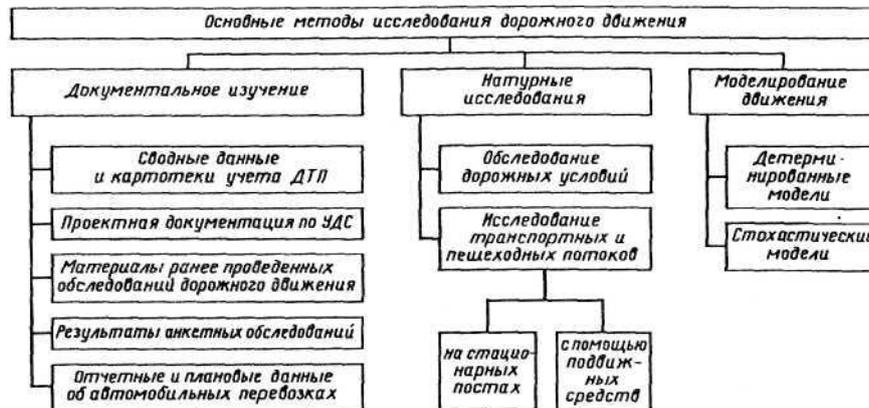


Рис. 3.1. Классификация методов исследования дорожного движения

Анкета обследования промышленных предприятий для установления ожидаемого грузооборота, а следовательно, и размеров грузовых перевозок может содержать вопросы о количестве выпускаемой продукции, потребляемом сырье, топливе, полуфабрикатах, намечаемом строительстве и его потребностях в материалах.

Сведения, естественно, должны касаться только тех грузов, которые перевозит автомобильный и городской электрический транспорт.

Анкетный опрос весьма полезен также для обобщения замечаний водителей о тех недостатках в организации движения или дорожных условиях, которые характерны для обследуемых маршрутов или участков УДС.

Важным разделом документального изучения является прогнозирование размеров движения, которое базируется на гипотезе роста размеров движения пропорционально росту парка автомобилей.

Анализ данных ГИБДД о ДТП позволяет дать обобщенную характеристику причин и условий их возникновения, а также выявить места их концентрации.

Анализ имеющейся проектной документации по УДС дает возможность подготовить предварительную характеристику дороги (ширина, число полос движения, радиусы закруглений и т. п.). По мере необходимости документальные данные могут уточняться натурным обследованием. К источникам документального изучения следует отнести также научно-технические журналы, монографии и учебники, касающиеся ОДД.

Натурные исследования заключаются в фиксации конкретных условий и показателей дорожного движения, происходящего в течение данного периода времени. Эта группа методов в настоящее время наиболее распространена и отличается большим многообразием. Натурные исследования являются единственным способом получения достоверной информации о состоянии дорог и позволяют дать точную характеристику существующих транспортных и пешеходных потоков.

Натурные исследования дорожного движения сточки зрения метода получения информации и ее характера подразделяют на две группы: первая – изучение на стационарных постах, позволяющее получить многие характеристики и их изменение во времени, однако только в тех отдельных местах УДС, где эти посты были расположены; вторая – изучение с помощью подвижных средств, позволяющее получить пространственные и пространственно-временные параметры транспортных потоков.

Исследования второй группы чаще всего обеспечивают при помощи автомобиля-лаборатории, иногда для этих целей применяют вертолет или легкий самолет. Общим условием для всех натурных исследований является необходимость присутствия наблюдателя. Как правило, наблюдения сопровождаются кино - или видеосъемкой. Натурные исследования дорожного движения осуществляются пассивными или активными методами.

При пассивном методе фиксируются лишь фактически сложившиеся режимы движения, и наблюдатель не вмешивается в процесс движения, т. е. получает "фотографию" существующего положения. Вместе с тем определенные характеристики транспортного и пешеходного потоков могут существенно изменяться даже при относительно небольшом улучшении организации движения, например при установке дополнительных знаков. Поэтому в ряде случаев необходим активный эксперимент, не ограничивающийся фиксацией существующего положения, а обеспечивающий проверку эффективности различных вариантов организации дорожного движения. Это в первую очередь проверка при искусственном увеличении интенсивности движения за счет временного задерживания транспортного потока и, таким образом, его уплотнения.

Моделирование процессов дорожного движения базируется на использовании математических методов для описания транспортного потока. Как показано на рис. 3.1, при этом могут использоваться *детерминированные или стохастические модели*.

Детермированные модели строятся по средним значениям, полученным натурными исследованиями и являются более простыми. Стохастические модели строятся с учетом случайного распределения показателей, характеризующих отдельные элементы принимаемого математического описания процесса движения, и могут обеспечить более

объективное воспроизведение различных фрагментов дорожного движения, в частности, с учетом поведения людей (водителей и пешеходов).

Анализ вариантов при моделировании выполняют при помощи ЭВМ, что в конечном счете ускоряет процесс такого исследования и позволяет использовать большой массив исходных данных.

Вопросы моделирования транспортных потоков подробно изложены во многих монографиях и учебных пособиях отечественных и зарубежных ученых. Можно назвать печатные труды, изданные на русском языке.

В частности, методические основы и применение имитационного моделирования в исследовании дорожного движения были разработаны в МАДИ (ТУ) под руководством профессора В. В. Сильянова, и это направление продолжает развиваться на кафедре изысканий и проектирования дорог.

Каждое исследование должно, как правило, состоять из четырех основных этапов: 1 – разработка проекта программы и методики исследования; 2 – подготовка исследования; 3 – непосредственное проведение исследования; 4 – обработка полученных данных и составление отчета.

На 1-м этапе формируют цели и задачи исследования, определяют место, время и объем наблюдений, необходимое оборудование и аппаратуру, число исполнителей работы. На 2-м этапе подготавливают аппаратуру и исполнителей, а также проводят пробные обследования (репетиции), по результатам которых уточняют программу и методику исследования. Общий успех во многом зависит от тщательности выполнения 1-го и 2-го этапов, т. е. детальности разработки программы и достаточности предварительной подготовки всех участников работы.

При разработке программы важно определить не только методы получения изучаемых показателей, но и формы для их регистрации, которые должны быть заранее заготовлены. При подготовке натуральных исследований особенности условий и режимов движения и соответственно методику работы во всех деталях трудно предусмотреть, особенно если такого рода исследование проводится исполнителями впервые. Поэтому окончательно уточнять программу и методику следует после предварительного эксперимента, в процессе которого одновременно тренируются участники предстоящей работы. При определении объема информации, которую намечается собрать в ходе исследования, обязательно следует учитывать реальные возможности последующей обработки материала в приемлемые сроки.

### *3.2. Методика натурных исследований*

Обследование дорожных условий. Для исследования движения транспортных средств и пешеходов и объективного анализа получаемых результатов необходимо располагать достаточно полными данными о дорожных условиях.

Следует обратить внимание на важнейшие требования по обеспечению безопасности движения. К ним относятся минимально необходимые условия для нормального функционирования подсистемы "водитель – автомобиль", т. е. условия, обеспечивающие безопасность при заданной скорости движения, а именно:

- достаточная дальность видимости дороги в направлении движения, боковая видимость на пересечениях, распознаваемость всех ТСОД;
- соответствие основных геометрических элементов дороги габаритным размерам и параметрам, характеризующим транспортные средства, которые преобладают в данных условиях в транспортном потоке;
- состояние покрытия дороги (ровность, коэффициент сцепления).

Рассмотрим подробнее эти требования. В связи с тем, что до 90 % всей информации, необходимой для выбора оптимального режима движения, водитель получает через зрительные каналы восприятия, недостаточная дальность видимости побуждает большинство водителей снижать скорость. Те из них, кто своевременно не реагируют на недостаточность видимости и не снижают скорость, создают потенциальную опасность возникновения ДТП.