



УДК 656.13.01/004.15:625.711

© П. А. Пегин, 2011

ПОВЫШЕНИЕ СРЕДНЕЙ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ОПАСНЫХ УЧАСТКАХ ДОРОГИ

Пегин П. А. – канд. техн. наук, доц. кафедры «Автомобильные дороги», тел. (4212) 76-17-23, e-mail: Pegin@mail.khstu.ru (ТОГУ)

Приведен анализ повышения фактической скорости движения на маршруте за счет повышения скорости движения на опасных участках. Выявлено восемь факторов, от которых качественно зависит средняя эксплуатационная скорость на опасном участке по отношению к максимально разрешенной скорости движения. Установлено, что на дорогах общего пользования в Дальневосточном федеральном округе высокую степень влияния на среднюю эксплуатационную скорость имеют дорожные условия, природно-климатические изменения и состояние водителя. Предложено повысить среднюю скорость движения на опасных участках тремя путями: улучшением конструкции транспортного средства; обустройством автомобильной дороги; использованием индивидуальных средств, улучшающих психофизиологические особенности водителя.

The article carries out the analysis of the increase in actual speed of a vehicle en rout due to increase of speed on the dangerous road sections. Eight factors that influence the average speed on a dangerous road section are established. It was discovered that the road conditions, climatic and natural changes, and the phycological state of the driver influence to a great degree the average speed on roads in the Far Eastern Federal District. Three ways are proposed to increase the average speed on dangerous road sections: to improve the vehicle construction; to equip the road with necessary facilities; to use individual means, improving psycho-physiological state of a driver.

Ключевые слова: транспортное средство, дорога, транспортный поток, природный фактор, пропускная способность, водитель, безопасность, скорость движения.

В современных экономических условиях одной из важнейших задач повышения производительности автомобильных перевозок является соответствие расчетной скорости движения транспортного средства с фактической.

В настоящее время большинство автомобильных дорог не в полной мере соответствуют потребительским свойствам. Низкий уровень транспортно-

эксплуатационного состояния, несоответствие параметров дорог интенсивности движения и составу транспортного потока, необеспеченное расстояние видимости приводят к снижению расчетной скорости движения. Соответственно многие магистральные дороги не позволяют реализовывать транспортно-эксплуатационные качества современных автомобилей.

Анализ автомобильных дорог общего пользования в Дальневосточном округе показал, что около 60 % дорог не отвечают современным эксплуатационным требованиям по скоростным параметрам. В зависимости от частоты опасных участков и их продолжительности общий коэффициент использования расчетной скорости (ф. 1) транспортными средствами в настоящее время находится в пределах 0,71–0,73 с вероятностью 92 %:

$$\eta_v = v_{cp} / v_{расч} \quad (1)$$

где: η_v – коэффициент использования расчетной скорости, v_{cp} – средняя скорость транспортного средства, $v_{расч}$ – расчетная скорость транспортного средства для данной категории автомобильной дороги.

Все опасные участки можно разбить на две группы:

1 группа: постоянно опасные участки, вызванные конструктивными особенностями дороги (сужение проезжей части, серпантин, затяжные или крутые подъемы и т. п.);

2 группа: временно опасные участки, на которых сложно предусмотреть время проявления природно-климатического фактора (солнечное ослепление, туман, гололед, т. п.).

Преобразование формулы 1 для расчета коэффициента снижения скорости (ф. 2) на опасном участке показали, что он составляет 0,9–0,55 для первой группы с вероятностью 85 %. Наиболее опасными являются участки с отрицательным воздействием природных факторов (вторая группа), на которых коэффициент снижения скорости составляет 0,8–0,2 с вероятностью 77 %, а в некоторых случаях вынуждает водителя прекратить дальнейшее движение с вероятностью 0,4 %:

$$\eta_{v1} = v_{уч} / v_{вх} \quad (2)$$

где: η_{v1} – коэффициент снижения скорости на опасном участке, $v_{уч}$ – скорость транспортного средства при движении по опасному участку, $v_{вх}$ – скорость транспортного средства при въезде на опасный участок.

Существующий резерв увеличения средней скорости движения наглядно можно проанализировать на основе концепции системного подхода, который является общепризнанным в большинстве схем моделирования поведения участников дорожного движения. Он обусловил смещение акцентов в методах анализа: переход от одномерных и относительно изолированных блоков к включению многомерных взаимосвязей между звеньями моделируемой системы.

Важным научно-методическим следствием системного подхода является дифференциация, когда при изменении одного звена системы следует учиты-



вать возможность изменения во всех других звеньях. Вместо анализа, в ходе которого устанавливаются взаимосвязи различных изменений определенного признака, все чаще исследуют взаимосвязи между одновременными изменениями сразу нескольких условий, с одной стороны, и изменением одного или нескольких признаков – с другой. В конечном итоге системный подход означает, что эффективность введения отдельных мер повышения скорости и безопасности дорожного движения может оцениваться лишь на основе анализа полной системы ВАДС, учитывающей и экономические аспекты.

Комплексная система взаимодействия основных звеньев дорожного движения (рис. 1) состоит из четырех взаимосвязанных и взаимозависимых друг от друга звеньев: водитель – автомобиль – дорога – среда (ВАДС). Толщина стрелок указывает на актуальность, частоту и степень воздействия. Относительная простота системы позволяет использовать внутри нее конвенции любой сложности.

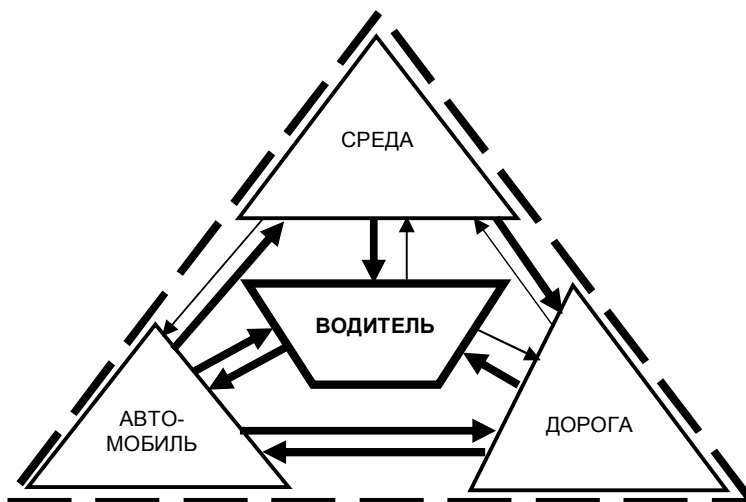


Рис. 1. Концептуальная модель комплексной системы ВАДС при управлении транспортным средством

Основное звено, без которого невозможно функционирование всей системы, – это человек. Человек как звено системы ВАДС является не только основным, но и самым неустойчивым. По своей природе человек характеризуется непостоянством, способностью к изменению, в связи с чем проблема надежности водителя сложна своей многоплановостью.

Существует особый вид среды – среда движения, учитывающая плотность и состав транспортного потока, пешеходов и другие управляющие воздействия на дорожное движение. Удобнее считать среду движения звеном транспортного потока с его особенностями.

Вслед за рассмотренными звеньями системы ВАДС появляются межзвеньевые связи, которые плотной сетью соединяют звенья системы в единое целое – систему ВАДС. Для практических целей целесообразно каждый раз упрощать исходную систему настолько, насколько позволяет конкретная задача.

Можно представить систему ВАДС иерархией звеньев и подсистем. Поскольку все звенья между собой связаны, важно установить качество связи, потом дать им количественную оценку, затем в интересах обеспечения надежности дать оценкам вероятностную трактовку и связать все связи со временем (наработкой). Следует иметь в виду, что рассмотренные схемы связей между звеньями системы ВАДС являются сугубо упрощенными. В действительности межзвеньевые связи сложнее, многообразнее и недостаточно изучены, особенно с количественной стороны.

При рассмотрении многих конкретных задач можно существенно упростить исходную систему ВАДС, заменить ее и трех-, и двухзвеньевой подсистемами с ограниченным количеством связей, учитывающих лишь свойства, наиболее существенные для рассматриваемой задачи.

При обеспечении надежности целесообразно использование межзвеньевых связей и возможно более простых подсистем. Они должны учитывать минимально необходимое число звеньев и межзвеньевых связей, соответствующих конкретной поставленной задаче. Надежность единичной системы ВАДС – задача, встречающаяся сравнительно редко. Тем не менее, вопрос о том, в какой мере каждое из ее звеньев и тех или иных подсистем может служить причиной отказа всей системы, представляет практический интерес.

Дисбаланс хотя бы одного звена приводит к дисбалансу всего комплекса и, как результат, к снижению скорости движения и росту вероятности дорожно-транспортного происшествия. В связи с вышеизложенным, один и тот же участок автомобильной дороги преодолевается с разной скоростью, которая зависит от состояния водителя, изменяется под воздействием окружающей среды и дорожной обстановки на психофизиологическое состояние.

Одним из свойств комплексной системы ВАДС является динамическое свойство (эквивинальность), т. е. стремление к сохранению водителем максимальной скорости движения транспортного средства независимо от изменений внешней среды, дороги, а также личного состояния.

Максимальная разрешенная скорость движения на дорогах общего пользования в Дальневосточном регионе составляет 90 км/час (в соответствии с п. 10.3 Правил дорожного движения). Данная скорость может быть обеспечена при благоприятных природно-климатических условиях, качественном состоянии автомобиля и дорожного покрытия, а также высокой работоспособности водителя. Учитывая, что при движении по маршруту водитель преодолевает опасные участки, на которых скорость снижается, введем в расчеты среднюю эксплуатационную скорость на опасном участке.

Используя теорию эквивинальности, представим зависимость средней эксплуатационной скорости движения от максимальной (рис. 2). На основе



аналитического метода представим зависимость двух скоростей в форме простейшей зависимости:

$$v_{э.ср.1} = \eta_{v1} \cdot v_{p.max} \quad (3)$$

где: $v_{э.ср.1}$ – средняя эксплуатационная скорость транспортного средства на опасном участке, η_{v1} – коэффициент снижения скорости на опасном участке, $v_{p.max}$ – максимальная разрешенная скорость движения.

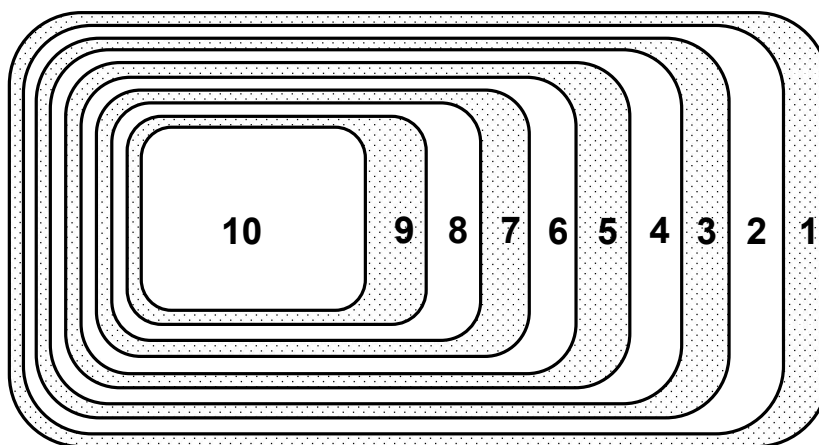


Рис. 2. Качественная зависимость средней эксплуатационной скорости на опасном участке от максимально разрешенной скорости движения:

1 – максимально разрешенная скорость движения; 2 – скорость с учетом дорожных условий; 3 – скорость с учетом дорожно-климатических факторов, 4 – скорость с учетом погодно-климатических факторов, 5 – скорость с учетом психологического состояния водителя; 6 – скорость с учетом физиологического состояния водителя; 7 – скорость с учетом профессионализма водителя; 8 – скорость с учетом природных условий, 9 – скорость с учетом природно-психологических условий, 10 – средняя эксплуатационная скорость

Как видно из рис. 2, средняя эксплуатационная скорость получается из максимально разрешенной скорости движения путем введения последовательных ограничений влияния элементов концептуальной модели комплексной системы ВАДС на управление транспортным средством. Ограничения с учетом дорожных условий (поз. 2, рис. 2) соответствуют участкам с выпуклыми и вогнутыми кривыми, с кривыми в плане, с дефектами на дорожном покрытии и т.п. Ограничения с учетом дорожно-климатических факторов (поз. 3, рис. 2) соответствуют снижению транспортно-эксплуатационных характеристик дорожного покрытия при отрицательном воздействии погодно-климатических факторов на дорогу: гололед, снежный накат, водная пленка, выпотевание битума и т.п. Ограничения с учетом погодно-климатических

факторов (поз. 4 рис. 2) вызваны изменением скорости при сильном ветре, при разреженном воздухе и др. Ограничения с учетом психологического состояния водителя (поз. 5, рис. 2) соответствуют текущему состоянию внимания, мышления, оперативной памяти и т. п. у водителя. Ограничения скорости с учетом физиологического состояния водителя (поз. 6, рис. 2) связаны с общим здоровьем и физическим состоянием водителя. Ограничения скорости

с учетом профессионализма водителя (поз. 7, рис. 2) обусловлены стажем и опытом работы. Ограничения скорости с учетом природных условий (поз. 8, рис. 2) связаны с ограничением расстояния видимости в сумерках, в ночное время, в условиях солнечного ослепления, во время осадков, в тумане. Ограничения скорости с учетом природно-психологических условий (поз. 9, рис. 2) вызваны отрицательным воздействием природных сил на психофизиологию водителя: атмосферное давление – на артериальное давление, температура воздуха – на утомляемость и сонливость, солнечная активность – на центральную нервную систему и т.п.

Вышеперечисленные ограничения можно характеризовать соответствующими коэффициентами снижения, определяемыми как разность максимально разрешенной скорости движения и скорости под воздействием соответствующего ограничения:

$$K_i = v_{p,max} / v_{э,ср}. \quad (4)$$

Произведение коэффициентов, получаемых по формуле, позволяет получить коэффициент снижения скорости на опасном участке:

$$\eta_{v1} = \prod K_i = K_{без} \cdot K_{д-кл} \cdot K_{пог-кл} \cdot K_{п.в.} \cdot K_{ф.в.} \cdot K_{проф} \cdot K_{пр} \cdot K_{пр-пс}, \quad (5)$$

где: коэффициент снижения по дорожным условиям ($K_{без}$) определяется по методу коэффициентов безопасности [4], коэффициент снижения по влиянию дорожно-климатических факторов ($K_{д-кл}$), коэффициент снижения по причине погодно-климатических факторов ($K_{пог-кл}$), коэффициент снижения по причине психологического состояния водителя ($K_{п.в.}$), коэффициент снижения по причине физиологического состояния водителя ($K_{ф.в.}$), коэффициент снижения по причине профессионализма водителя ($K_{проф}$), коэффициент снижения из-за природных условий ($K_{пр}$), коэффициент снижения из-за природно-психологических условий ($K_{пр-пс}$). Данные коэффициенты могут изменяться от нуля до единицы, т. е. от полной остановки транспортного средства до совпадения эксплуатационной скорости с максимально разрешенной. Если коэффициент равен единице, то данное ограничение отсутствует. Стремление какого-либо коэффициента к нулю указывает на полное влияние данного ограничения на эксплуатационную скорость.

Преобразование формулы 3 с учетом формулы 5 дает формулу определения значения средней эксплуатационной скорости на конкретном опасном участке:



$$v_{э,ср.1} = v_{р,мах} \cdot (K_{без} \cdot K_{д-кл} \cdot K_{пог-кл} \cdot K_{п.в.} \cdot K_{ф.в.} \cdot K_{проф} \cdot K_{пр} \cdot K_{пр-пс}) \quad (6)$$

При движении по маршруту водитель преодолевает разное количество опасных участков. Для определения средней эксплуатационной скорости маршрута необходимо учесть суммарное влияние опасных участков на протяжении всего маршрута движения:

$$v_{э,ср.} = v_{р,мах} \cdot S_i / S_L \cdot \sum_i (K_{iбез} \cdot K_{iд-кл} \cdot K_{iпог-кл} \cdot K_{iп.в.} \cdot K_{iф.в.} \cdot K_{iпроф} \cdot K_{iпр} \cdot K_{iпр-пс}), \quad (7)$$

где: S_i – протяженность i -х опасных участков, S_L – общая протяженность маршрута.

Формулу 7 можно преобразовать с учетом введения допуска о том, что один маршрут движения обычно преодолевается водителем в течение одной рабочей смены (менее 8 часов), а за этот период ряд коэффициентов не меняются или меняются незначительно:

$$v_{э,ср.} = v_{р,мах} \cdot S_i / S_L \cdot K_{ид-кл} \cdot K_{iпог-кл} \cdot K_{iпроф} \cdot \sum_i (K_{iбез} \cdot K_{iп.в.} \cdot K_{iф.в.} \cdot K_{iпр} \cdot K_{iпр-пс}) \quad (7)$$

В результате соответствующих преобразований коэффициент изменения скорости на маршруте с учетом влияния опасных участков имеет вид:

$$\eta_{02} = K_{ид-кл} \cdot K_{iпог-кл} \cdot K_{iпроф} \cdot \sum_i (K_{iбез} \cdot K_{iп.в.} \cdot K_{iф.в.} \cdot K_{iпр} \cdot K_{iпр-пс}) \quad (8)$$

Анализ условий движения на опасных участках, расположенных на дорогах общего пользования, в Дальневосточном федеральном округе показал, что коэффициенты $K_{д-кл}$, $K_{пог-кл}$, $K_{без}$, $K_{п.в.}$, $K_{ф.в.}$, имеют высокую степень влияния, которая составляет 90–98 % для профессиональных водителей со стажем работы более 5 лет. Соответственно, на оставшиеся три показателя приходится 2–10 %.

Пять основных коэффициентов можно сгруппировать по трем направлениям: изменение скорости по дорожным условиям ($K_{без}$), коэффициенты, зависящие от природно-климатических изменений ($K_{пог-кл}$, $K_{д-кл}$), коэффициенты, характеризующие изменение водителя ($K_{п.в.}$, $K_{ф.в.}$). Два последних коэффициента, характеризующие психофизиологические изменения водителя, находятся в прямой зависимости от изменения дорожных и природно-климатических условий. На существующих дорогах нельзя изменить дорожные условия, в связи с чем повышение средней скорости движения на опасных участках возможно тремя путями:

- 1) улучшением конструкции транспортного средства;
- 2) обустройством автомобильной дороги;
- 3) использованием индивидуальных средств, улучшающих психофизиологические особенности водителя.

Библиографические ссылки

1. *Володькин П. П., Пегин П. А.* Формирование муниципальных транспортных систем с учетом погодно-климатических факторов // Вестник Тихоокеанского государственного университета. – 2010. № 4 (19).



2. *Корчагин В. А.* Научные основы повышения эффективности и экологической безопасности автотранспортных процессов / Корчагин В. А., Ляпин С. А., Турсунов А. А. – Вестник Таджикского технического университета. 2009. – Т. 4–8. – № 8.

3. *Пегин П. А.* Исследование характеристик транспортного потока на солнцеопасных участках автомобильной дороги // Вестник Тихоокеанского государственного университета. – 2010. – № 2 (17).

4. *Пегин П. А.* Статистический анализ влияния эффекта солнечного ослепления на тяжесть дорожно-транспортных происшествий. Вестник Тихоокеанского государственного университета. – 2010. – № 1 (16).

5. *Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах.* – Изд. офиц. – Отрасл. дор. метод. док. / Росавтодор Минтранса России. – М., 2002.