

# ДОРОЖНІ УМОВИ ТА БЕЗПЕКА РУХУ

УДК 625.7/.8

Коваленко Л.О., канд. техн. наук

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ДОРОЖНЫХ ФАКТОРОВ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НА ВЕЛИЧИНУ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

**Аннотация.** В статье проанализировано изменение величины пропускной способности автомобильной дороги в зависимости от изменения дорожных условий и информационной загрузки водителя. Предложены мероприятия по увеличению пропускной способности автомобильных дорог

**Ключевые слова:** автомобильная дорога, пропускная способность, водитель, транспортный поток, информационные характеристики.

**Анотація.** У статті проаналізовано зміну величини пропускної здатності автомобільної дороги в залежності від зміни дорожніх умов та інформаційного завантаження водія. Запропоновано заходи по збільшенню пропускної здатності автомобільних доріг.

**Ключові слова:** автомобільна дорога, пропускна здатність, водій, транспортний потік, інформаційні характеристики.

**Annotation.** The article analyzes the change in the capacity of the road depending on changes in road conditions and driver download information. The measures to increase road capacity

**Keywords:** road, capacity, driver, traffic flow, information characteristics.

Пропускная способность автомобильных дорог является одним из важнейших показателей, характеризующих условия и режимы движения транспортных потоков. Чаще всего величину фактической пропускной способности определяют по данным наблюдений за движением реального транспортного потока. Основными характеристиками режимов движения транспортных потоков являются такие статистические показатели, как скорость движения, интервал между следующими друг за другом автомобилями, плотность транспортного потока. По результатам наблюдений строят графики: «дистанция – скорость», «интенсивность – скорость», «интенсивность – плотность» [1, 2].

Сложность использования данных диаграмм заключается в том, что они являются характеристиками конкретного участка дороги и определенных дорожных условий. С изменением условий движения изменяются величины дистанций и скоростей движения и, следовательно, величина пропускной способности [3, 4]. Построение основной диаграммы транспортного потока позволяет получить достаточно достоверные данные о фактической величине пропускной способности на рассматриваемом участке дороги в конкретных дорожных условиях. Недостатком данного метода является невозможность прогнозировать изменение характеристик транспортного потока, изменение величины пропускной способности с изменением дорожных условий. Поэтому совершенствование существующих и создание новых методов оценки пропускной способности существующих автомобильных дорог является достаточно актуальной задачей. На существующих автомобильных дорогах оценка пропускной способности может быть произведена по результатам вычисления информационных характеристик среды движения на рассматриваемом участке дороги [5].

Для определения величины пропускной способности участков автомобильных дорог с учетом закономерностей поведения водителя была использована методика ХНАДУ оценки условий и безопасности движения по показателям информационной загрузки водителя с учетом мотивационных сил, действующих на водителя в процессе движения [5, 6]. Рассмотрение основных закономерностей поведения водителя, таких как принцип наименьшего принуждения, принцип согласования индивидуальных и социальных норм поведения водителей, принцип функционального гомеостаза и других

позволило определить оптимальную величину информационной загрузки водителя, которая может обеспечить наиболее безопасные и комфортные для водителя условия движения [7].

В результате расчета пропускной способности участков автомобильной дороги с различными дорожными условиями были получены зависимости изменения пропускной способности от скорости движения на этих участках, дорожных условий и информационных характеристик среды движения.

Анализ полученных данных позволяет оценить влияние дорожных факторов на пропускную способность. Очевидно, что основное влияние на изменение величины пропускной способности имеют дорожные условия, интенсивность и состав движения. Причем, именно эти показатели формируют характер информационной загрузки водителя. Количество информации может быть охарактеризовано величинами максимальной энтропии  $H_m$ , текущей энтропии  $H_T$  и абсолютной организации  $Q$  поля восприятия водителя. Соотношение между энтропией и абсолютной организацией (коэффициент стохастичности  $G$ ) может служить основой для оценки условий движения.

При движении по дороге взгляд водителя в течение 95% времени находится в определенной зоне, которую называют полем концентрации внимания. Размеры ее изменяются в соответствии с ростом скорости движения. Величину длины поля восприятия водителя определяют по формуле [5]:

$$L = 15 + 4.3V, \quad (1)$$

где  $V$  – максимально возможная скорость движения на прямом горизонтальном участке дороги в эталонных погодных условиях, км/час.

Максимальная энтропия поля восприятия водителя может быть определена по формуле:

$$H_m = n^2, \quad (2)$$

где  $n$  – количество носителей информации в поле восприятия водителя.

Коэффициент стохастичности – это показатель, который характеризует соотношение между текущей энтропией среды (то есть величиной, которая

показывает степень неопределенности дорожной ситуации), и количеством информации, которое несет дорожная среда:

$$G = \frac{H_T}{Q}, \quad (3)$$

где  $H_T$  – текущая энтропия поля восприятия водителя, бит;

$Q$  – абсолютная организация поля восприятия, бит.

Скорость поступления информации показывает количество информации, которое поступает к водителю в единицу времени (бит/с):

$$V_H = \frac{Q \cdot V_a}{L}, \quad (4)$$

где  $V_a$  – скорость движения автомобиля, км/час;

$L$  – длина поля восприятия водителя, м.

Максимальные значения пропускной способности соответствуют суммативным нормам скоростей при движении в различных дорожных условиях. Причем, наибольшие величины пропускной способности полосы движения, которые находятся в пределах 910-990 авт/ч соответствуют скоростям движения 65-80 км/ч. Совместный анализ величин пропускной способности суммативных норм скоростей и показателей информационной загрузки водителя показал, что максимуму пропускной способности соответствуют величины коэффициента стохастичности  $G$  в пределах 1,35-1,45, что характеризует условия движения как отличные (таблица 1).

Таким образом, скорость движения 65-80 км/ч обеспечивает наибольшие значения пропускной способности участков автомобильных дорог с благоприятными дорожными условиями при оптимальной информационной нагрузке водителя. При движении в сложных дорожных условиях происходит изменение скоростей и режимов движения. Ошибки водителя в принятии решения по изменению режима и траектории движения при проезде опасных участков указывают на то, что водитель не получает своевременно информацию о степени опасности условий движения или эта информация такова, что не побуждает его эффективно действовать для предотвращения опасной ситуации в процессе движения или лучшего приспособления режима и траектории движения к сложным дорожным условиям. Это указывает на

необходимость учета мотивации деятельности водителя, психофизиологических порогов и особенностей восприятия водителем информации об условиях движения [8,9].

Одним из основных факторов, определяющих режим движения, величину пропускной способности, уровень эмоционального напряжения водителя является интенсивность движения. Информация о скоростях и манёврах встречных и попутных автомобилей, расстояний до них является наиболее значимой с точки зрения безопасности движения. Влияние интенсивности на изменение условий движения связано с изменением числа автомобилей, попадающих в пределы поля восприятия водителя (число переменных носителей информации). При числе переменных носителей информации в пределах от 2 до 4 уменьшается и стабилизируется величина психического принуждения водителя и уменьшаются удельные затраты абстрактного труда, величина пропускной способности увеличивается. Это соответствует интенсивности движения в пределах 4000-6000 авт/сут.

Кратковременная информационная перегрузка, при которой скорость поступления информации может быть близкой к пропускной способности человека в её переработке, переносится водителем безболезненно за счет использования резервных возможностей организма и практически не вызывает снижения надежности работы. Однако, продолжительная работа в условиях информационной перегрузки ведет к повышению психического напряжения, развитию утомления, снижению скорости движения и уменьшению величины пропускной способности дороги. Особенно это проявляется при интенсивности движения более 7000 авт/сут.

При интенсивности движения менее 3000 авт/сут основная часть информации, поступающая к водителю, связана с дорожными условиями. Скорость поступления этой информации невелика и не требует больших усилий водителя по её переработке. В таких условиях при отсутствии периодически появляющихся переменных носителей информации работа водителя становится монотонной, уровень внимания и надежность водителя значительно снижается, величина пропускной способности уменьшается.

Влияние состава транспортного потока на величину пропускной способности дороги проявляется, в первую очередь, в количестве легковых автомобилей, а также наличии автопоездов. Очевидно, что при увеличении

числа легковых автомобилей, наблюдается рост пропускной способности. При уменьшении числа легковых автомобилей менее 50 % транспортного состава наблюдается резкое падение пропускной способности. Это же наблюдается при увеличении числа автопоездов, особенно, если их количество превышает 20 % состава.

**Таблица 1** – Показатели информационной загрузки водителя при движении в различных дорожных условиях

Дорожные условия		Число носителей информации $n$ , шт	Максимальная энтропия $H_m$ , бит	Абсолютная организация $Q$ , бит	Коэффициент стохастичности $G$	Суммативная норма скорости $V_{\Sigma}$ , км/ч	Пропускная способность, $P$ авт/ч
Интенсивность движения $N$ , авт/сут	1000	9	81	38	1,13	104	800
	3000	10	100	45	1,22	79	880
	5000	11	121	50	1,40	69	910
	7000	13	169	63	1,62	61	890
	10000	15	225	81	1,81	50	860
Кол-во лег. автомобилей в составе движения, %	5	8	64	32	1,0	45	770
	30	9	81	38	1,15	52	810
	50	11	121	50	1,4	64	880
	80	13	169	65	1,65	75	990
Радиус закругления $R$ , м	50	8	64	31	1,1	42	780
	300	9	81	36	1,2	56	830
	800	11	121	50	1,4	69	910
	2000	13	169	66	1,6	78	960
Продольный уклон $i$ , %	0	11	121	53	1,4	69	910
	50	10	100	42	1,3	63	890
	100	9	81	36	1,25	53	815

Уровень психического напряжения водителя при восприятии информации зависит от двух факторов: ценности и количества информации. Количество информации зависит в основном от скорости и интенсивности движения. Наиболее ценной информацией является та, которая в большей степени влияет

на принятие водителем решений, связанных с обеспечением безопасности движения. По степени влияния дорожных факторов на величину пропускной способности элементы дорожной обстановки можно расположить следующим образом: ограничение расстояния видимости, населённые пункты, скользкость проезжей части, пересечения в одном уровне, сужение проезжей части, плохое состояние обочин, кривые в плане малых радиусов, продольные уклоны. Чем выше в данном распределении находится элемент, тем больше его влияние.

На величину пропускной способности в большей степени влияют количество и скорость поступления информации. При благоприятных дорожных условиях информационная нагрузка водителя формируется числом носителей информации. Наибольшие значения суммативных норм скоростей движения и величин пропускной способности наблюдаются при числе носителей информации в пределах поля восприятия водителя в интервале от 7 до 13. Уменьшение числа носителей информации менее 7 ведет к недостаточной информационной нагрузке водителей и развитию состояния монотонии. Увеличение числа элементов поля восприятия водителя свыше 13 сопровождается усложнением условий движения.

Оптимальные условия движения наблюдаются при числе носителей информации в пределах от 9 до 11. При этом надёжность водителя удерживается на уровне 85-95 %, а величина психического принуждения минимальна.

При постоянном числе носителей информации характер условий движения зависит от коэффициента стохастичности и абсолютной организации поля восприятия водителя. При любом числе носителей информации максимум надёжности деятельности водителя наблюдается при коэффициенте стохастичности  $G = 1,3-1,45$ .

Обработка экспериментальных данных по методу наименьших квадратов позволила описать зависимость величины пропускной способности от информационных показателей поля восприятия водителя. Для аппроксимации были выбраны уравнения полинома второй степени.

Величина пропускной способности при изменении интенсивности движения может быть определена по формулам:

$$P = - 722, 14 + 216, 74 G - 71, 71 G^2$$

$$P = - 537,69 + 233,52 n - 9,38 n^2, \quad (5)$$

где  $G$  – коэффициент стохастичности;

$n$  – число носителей информации в поле восприятия водителя.

Увеличение скорости движения и пропускной способности возможно при увеличении величины абсолютной организации поля восприятия и изменении вероятности угрозы аварии за счет отдельных объектов дорожной среды. Поэтому к числу мероприятий, регулирующих величину пропускной способности, следует отнести: увеличение дальности видимости в плане и профиле, увеличение расстояния до застройки у проезжей части, повышение шероховатости покрытия и сцепных качеств, устройство пересечений в разных уровнях или оборудование пересечений в одном уровне, уширение проезжей части у мостов, рациональная расстановка дорожных знаков.

### Литература

1. Сильянов В.В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения. – М.: Транспорт, 1977. – 303 с.
2. Проектирование автомобильных дорог. справочник инженера дорожника /Под ред. Федотова Г.А. –М.: Транспорт, 1989. – 436 с.
3. Сильянов В.В. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог. – М.: Транспорт, 1984. – 287 с.
4. Проектування автомобільних доріг: Підручник. У 2ч. Ч. 1 / О. А. Білятинський, В. Й. Заворицький, В. П. Старовойда, Я. В. Хомяк/ За ред. О. А. Білятинського, Я. В. Хомяка. – К. : Вища школа, 1997. – 518 с.
5. Гаврилов Э.В., Гридчин А.М., Ряпухин В.Н., Системное проектирование автомобильных дорог. Ч. 1.: Учебное пособие – Москва – Белгород: изд-во АСВ, 1998. – 138 с.
6. Гаврилов Э. В. Багаева В. А., Туманов В. В. Учет человеческого фактора при проектировании дорог и организации дорожного движения: Учебное пособие. – К.: УМК Во, 1988. – 76 с.
7. Лобанов Е. М. Проектирование дорог и организация движения с учетом психофизиологии водителя. – М.: Транспорт, 1980. – 311 с.
8. Коваленко Л.А. Влияние мотивации на выбор водителем дистанции между автомобилями / Л.А. Коваленко // Вестник ХНАДУ: Сб. науч. тр. – Харьков: ХНАДУ. – 2000. – Вып. 12-13. – С. 183 – 185.
9. Коваленко Л.А. Оценка пропускной способности автомобильных дорог // Вестник ХНАДУ. – 2000. – Вып. 19. – С. 62 – 64.