

И.В. Поляков

(Военный учебно-научный центр Сухопутных войск
"Общевойсковая академия ВС РФ"; e-mail: polyakov_i.v@mail.ru)

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОЙ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ МАШИН ПО ДОРОЖНОЙ СЕТИ

Анализируются различные подходы к оценке возможной скорости движения отдельных машин и колонн подразделений по дорожной сети (для использования в автоматизированных системах управления). Материал может быть полезен при решении проблем техносферной безопасности.

Ключевые слова: передвижение подразделений, скорость движения, дорожная сеть.

I.V. Polyakov

EVALUATION OF POSSIBLE SPEED OF MACHINES ON THE ROAD NETWORK

Discusses various approaches to the evaluation of the possible speed of the single machines and columns of units on the road network (for use in automated control systems). The material can be helpful in solving the problems of technosphere safety.

Key words: movement of units, the speed, the road network.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 14 июня 2016 г.

Автоматизация процессов управления подразделениями, безусловно, расширяет возможности органов управления всех уровней. Однако управление подразделениями во время выдвижения их в район выполнения задачи требует большого количества различных исходных данных. Одним из основных параметров при этом будет являться **скорость движения машин** по дорожной сети.

Вопросам автоматизации оценки транспортной обстановки в последнее время уделяется большое внимание. Так, в интернете на нескольких сайтах (например, <http://www.avtodispecher.ru> или <http://maps.google.ru>) появилась возможность сервисного решения прикладных задач, связанных с выбором маршрута движения между несколькими заданными точками (населёнными пунктами) и определением времени движения по нему с учётом различных участков выделяемых типов дорог. Для визуализации выбранного маршрута могут быть использованы картографические сервисы браузеров Яндекс или Гугл (рис.1).

В отдельных случаях основой являются карты автомобильных дорог, корректируемые (дополняемые) информацией со спутниковых снимков. Таким сервисом охвачена территория России и значительная часть Европы (более 20 стран).

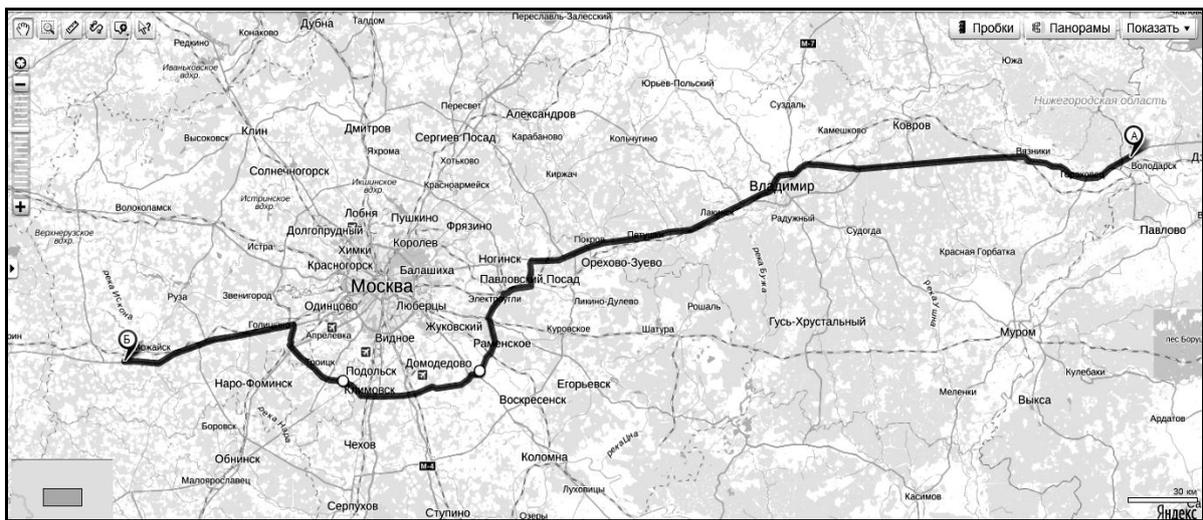


Рис. 1. Вариант визуализации выбранного маршрута

Сам сервис достаточно динамично расширяется. Например, на картах Гугл выдаётся информация о температуре воздуха и состоянии атмосферы по маршруту. Предлагаются услуги по выбору трёх типов маршрутов между заданными пунктами: быстрого (минимум времени в пути), короткого (по минимуму протяжённости) и экономичного (по минимальному расходу топлива).

По желанию пользователя, выдаются также различные дополнительные сведения о маршруте и его конечном пункте (например, об исторических памятниках, наличии гостиниц, магазинов и т.п.), а также карты рельефа, демографические и другие аналитические данные. Можно получить фотографии отдельных объектов по маршруту, например, мостов, паромных переправ, узлов дорог, поездов и т.д. Виджет "Яндекс-пробки" позволяет отражать степень загруженности маршрута (дорожной сети) движением в баллах более чем в 60 городах России, Украины, Казахстана и Беларуси.

Кроме решения задач, связанных с выбором маршрутов движения, в общественном транспорте активно внедряется спутниковая автомобильная навигационная система мониторинга движения находящихся на линии транспортных средств "Автолокатор". Местоположение транспортных средств фиксируется в режиме реального времени с использованием спутников ГЛОНАСС/GPS. Данные об их перемещении передаются на сервер "Автолокатор" по каналу GRPS/SMS. При этом фиксируется по каждому транспортному средству следующая статистика: пробег, время нахождения в пути, продолжительность остановок, максимальная, средняя и текущая скорости движения.

Однако, при успешном решении указанных задач несколько упрощённо задаётся скорость движения машин на маршрутах, что значительно влияет на конечные результаты расчётов. В настоящее время нет чётких рекомендаций по её назначению. В основном расчётная скорость движения назначается в зависимости от принадлежности дороги: автомагистраль – 60; магистраль – 40, региональная дорога – 40 км/ч (информационный портал "Автодиспетчер"). В программе "Флагма Расчёт" используют совершенно другие расчётные скорости: автомагистрали – 85; магистральные дороги – 70; главные дороги региона – 60; городские дороги – 30; грунтовые дороги – 20 км/ч. Создаётся впечатление, что цифры приняты "с потолка". Названия дорог не соответствуют действующим СНиП 2.05.02-85. При прогнозировании скорости движения не учитывается целый ряд как характеристик дороги, так и самого транспортного потока.

Наряду с целесообразностью внедрения программных наработок, аналогичных Яндекс и Гугл, в систему управления движением на маршрутах в полосах (районах) чрезвычайных ситуаций необходимо дополнительно доработать существующие программы под специфику движения военизированных подразделений. Таким образом, даже упрощённо, задача определения скорости движения машин может быть решена более точно.

В основу расчёта может быть положено использование понижающих коэффициентов, учитывающих влияние различных факторов на допустимую (свободную) *скорость движения рассматриваемой машины* на оцениваемом участке маршрута [1]. Если на данном участке одновременно действуют несколько факторов, влияющих на скорость движения, то необходимо учитывать лишь самый неблагоприятный из них [2]

$$V_C = \max V_K \cdot \tau_i^{\min} \cdot \beta, \quad (1)$$

где $\max V_K$ – конструктивная скорость движения расчётной машины, принимаемая обычно в пределах 70...80 км/ч;

τ_i^{\min} – самый неблагоприятный (минимальный) понижающий коэффициент, учитывающий влияние на скорость движения i -го фактора (табл. 1, 2);

β – коэффициент, учитывающий состав движения (табл. 3).

При получении исходных данных о маршруте с топографической карты (особенно мелкого масштаба) достаточно надежно могут быть определены только ширина проезжей части и обочин, а также тип покрытия. Другие факторы, влияющие на скорость движения, можно определить лишь в ходе инженерной разведки (рекогносцировки) маршрута. В идеале, источниками всех необходимых параметров о маршруте должны стать различные информационные системы и базы данных автоматизированных систем управления.

Таблица 1

Значения понижающих коэффициентов τ_1 - τ_4 для определения свободной скорости движения автотранспортных средств

Наименование параметра	Значения коэффициентов							
	На двухполосной дороге			На однополосной дороге				
1. Ширина полосы движения, м	3,0	3,5	$\geq 3,75$	3,0	3,5	$\geq 3,75$		
τ_1	0,85	0,97	1,0	0,9	0,96	1,0		
2. Ширина обочины, м	0,0	1,0	1,5	2,0	3,5	3,75		
τ_2	0,6	0,75	0,85	0,87	0,9	1,0		
3. Продольный уклон, %	80	70	60	50	40	30	20	0,0
τ_3	0,34	0,45	0,56	0,68	0,76	0,84	0,92	1,0
4. Радиус горизонтальной кривой, м	<50	50	100	200	300	400	500	≥ 600
τ_4	0,6	0,7	0,75	0,8	0,87	0,92	0,96	1,0

Таблица 2

Значения коэффициента τ_5 , учитывающего тип покрытия

Дорожное покрытие	τ_2	Дорожное покрытие	τ_2
Асфальтобетонное с поверхностной обработкой, чёрное, щебеночное	1,0	Булыжная мостовая	0,42
Асфальтобетонное без поверхностной обработки	0,90	Грунтовая дорога сухая	0,30
Сборное бетонное	0,7	Полевая (лесная) дорога сухая	0,20

Таблица 3

Значения понижающего коэффициента β , учитывающего состав движения

Доля легковых машин в колонне, %	100	70	50	40	20	10	0
Значение β	0,9	0,8	0,74	0,74	0,71	0,61	0,58

Для ускоренного (оперативного) расчёта могут быть использованы значения, рекомендованные "Росавтодором" для дорог различных технических категорий (табл. 4).

Таблица 4

Средняя скорость свободного движения грузовых транспортных средств (составлено по материалам [3])

Техническая категория участка дороги	IA	IB	IV	II	III	IV	V
Средняя скорость движения грузовых автотранспортных средств, км/ч	90	90	83	65	60	55	50

Учитывая, что оцениваемый маршрут может состоять из нескольких участков с различными характеристиками элементов дороги, то средневзвешенная скорость движения по маршруту может быть рассчитана по формуле:

$$\bar{V}_C = \frac{\sum V_{Cj} l_j}{\sum l_j}, \quad (2)$$

где V_{Cj} – свободная скорость движения на j -м участке маршрута протяжённостью l_j .

Определение *скорости движения транспортного потока* является более сложной задачей, так как при этом необходимо дополнительно учитывать степень загрузки дороги и плотность транспортного потока λ (количество машин на одном километре – величина, обратная дистанции между машинами)

$$\lambda = \frac{1}{\bar{l}_{\text{дм}}}, \quad (3)$$

где $\bar{l}_{\text{дм}}$ – средняя дистанция между машинами в потоке (расстояние между передними бамперами соседних машин).

Предельные плотности потоков примерно равны 200...250 – для потока из легковых автомобилей ($l_m = 4...5$ м) и 84 – для грузовых автомобилей типа Урал-4320 длиной 9 м; 54 – для седельных тягачей с предельной длиной 20 м.

При расчёте движения транспортного потока различные типы машин обычно учитывают с использованием коэффициентов их приведения к легковым автомобилям, в зависимости от их грузоподъёмности или полной массы. По мнению автора, в основу расчёта коэффициентов приведения машин должна быть положена их длина (место, занимаемое ими на дороге) (табл. 5).

Таблица 5

Предлагаемая классификация машин по их длине

Тип транспортного средства	Диапазон габаритной длины, м	Расчётн. длина ТС, м	Коэффиц. приведения по длине, K_L
Мотоциклы, легковые автомобили, автобусы (особо малые вместимостью 22 чел.)	1...5	6	до 1
Одиночные грузовые автомобили, автобусы (малые, средние вместимостью 32 и 42 чел.)	5,5...10	11	1,1-2,0
Грузовые автомобили, автобусы (средние, большие вместимостью 52 и 62 чел.), седельные тягачи	10,5...15	17	2,1... 3
Седельные тягачи, автопоезда. автобусы (особо большие)	15,5...20	22	3,1... 4
Седельные тягачи, автопоезда	20,5...25	27	4,1... 5
Автопоезда	25,5 и >	32	5,1...6

Ещё более сложной задачей является расчёт *скорости движения транспортных потоков при ликвидации последствий ЧС*.

Характерным для походного построения военизированных подразделений является движение в колоннах, при котором, помимо дистанций между машинами, возможно наличие дополнительных дистанций между подразделениями. Переменным является и количество машин в колоннах, а также их состав. Исследованиями, проведёнными в Военно-инженерной академии, установлено, что за расчётную колонну целесообразно принимать колонну из 44 машин (при среднеквадратическом отклонении $\sigma = 23$ машины) и средней длине машин 8 м. В среднем в составе колонн может быть 23 % гусеничных машин и 20 % колёсных машин с прицепами [4].

Оценить скорость потока с учётом всех влияющих на неё факторов можно исходя из следующих соображений. В соответствии с формулой (3), дистанция между машинами обратно пропорциональна плотности потока. При увеличении плотности потока λ дистанция между машинами $l_{\text{д.м}}$ уменьшается по гиперболическому закону. Поэтому при малых значениях плотности потока взаимное влияние машин друг на друга практически отсутствует. Оно начинает проявляться с какой-то начальной плотности $\lambda_{\text{н}}$, то есть с какой-то критической дистанции между машинами. С этого момента скорость снижается до нуля при достижении плотностью потока максимального значения λ_{max} , то есть при возникновении затора [5].

Если предположить, что изменение скорости потока от $\lambda_{\text{н}}$ до λ_{max} происходит линейно, то её можно выразить следующей зависимостью:

$$V_{\text{П}} = V_{\text{С}} - \frac{V_{\text{С}}(\lambda - \lambda_{\text{н}})}{\lambda_{\text{max}} - \lambda_{\text{н}}}. \quad (4)$$

Максимальная плотность потока λ_{max} для потока с коэффициентом приведения машин по длине K_L может быть определена по формуле

$$\lambda_{\text{max}} = \frac{1000}{5K_L}, \text{ маш./км}. \quad (5)$$

Начальная плотность потока $\lambda_{\text{н}}$ может быть получена по формуле, учитывающей динамический габарит машины $d_{\text{дг}}$:

$$\lambda_{\text{н}} = \frac{1000}{d_{\text{дг}}}. \quad (6)$$

Динамический габарит обычно вычисляют по формуле

$$d_{\text{дг}} = l_{\text{М}} + l_{\text{Б}}, \quad (7)$$

где $l_{\text{М}}$ – длина машины;

$l_{\text{Б}}$ – безопасное расстояние между машинами, рассчитываемое исходя из расчётной скорости движения с использованием зависимости

$$l_{\text{Б}} = 0,76 V_{\text{Р}}. \quad (8)$$

Для упрощённого определения скорости движения колонны, исходя из количества машин в ней, могут быть использованы данные, приведённые в табл. 6.

Параметры движения колонны в зависимости от скорости головной машины

Параметры колонны		Параметры движения колонны в зависимости от скорости головной машины $V_{Г}$ и количества машин в колонне M								
		$V_{Г} = 20 \text{ км/ч}$			$V_{Г} = 30 \text{ км/ч}$			$V_{Г} = 50 \text{ км/ч}$		
		M			M			M		
		10	50	100	10	50	100	10	50	100
$K_L = 1$	Скорость колонны, км/ч	20	18	17	30	28	25	49	46	42
	Длина колонны в движении, км	0,18	0,88	1,72	0,20	0,99	1,9	0,26	1,3	2,4
	Длина колонны с остановки, км	0,23	1,05	2,02	0,28	1,22	2,3	0,41	1,6	3,0
$K_L = 2$	Скорость колонны, км/ч	19	17	14	29	25	22	49	42	36
	Длина колонны в движении, км	0,21	1,03	2,0	0,25	1,17	2,2	0,34	1,5	2,85
	Длина колонны с остановки, км	0,30	1,29	2,42	0,38	1,52	2,8	0,58	2,0	3,5
$K_L = 3$	Скорость колонны, км/ч	19	16	12	29	23	18	48	39	30
	Длина колонны в движении, км	0,25	1,18	2,25	0,29	1,34	2,5	0,42	1,8	3,0
	Длина колонны с остановки, км	0,36	1,52	2,77	0,47	1,79	3,2	0,75	2,4	4,0
$K_L = 4$	Скорость колонны, км/ч	19	14	10	28	22	16	47	36	26
	Длина колонны в движении, км	0,28	1,33	2,51	0,34	1,49	2,7	0,49	2,0	3,2
	Длина колонны с остановки, км	0,43	1,73	3,08	0,56	2,04	3,5	0,92	2,7	4,3
$K_L = 5$	Скорость колонны, км/ч	19	13	9	28	20	13	46	33	22
	Длина колонны в движении, км	0,32	1,47	2,76	0,38	1,63	2,9	0,56	2,1	3,4
	Длина колонны с остановки, км	0,50	1,92	3,37	0,66	2,26	3,8	1,1	3,0	4,6
$K_L = 6$	Скорость колонны, км/ч	18	12	7	27	18	11	46	31	19
	Длина колонны в движении, км	0,35	1,6	3	0,42	1,77	3,2	0,62	2,3	3,6
	Длина колонны с остановки, км	0,57	2,1	3,6	0,76	2,47	4,0	1,29	3,2	4,9

Таким образом, из всего многообразия способов определения скорости движения необходимо выбрать тот, который наиболее подходит сложившейся обстановке и позволит получить самый достоверный результат. Выбор способа расчёта будет зависеть от характера передвижения, имеющихся исходных данных для расчёта и наличия времени.

В заключение необходимо отметить, что достоверное определение скорости движения машин и подразделений по дорожной сети является сложной и ответственной задачей. Особенно тогда, когда это связано с выполнением мероприятий по ликвидации чрезвычайных ситуаций. Ошибки в определении скорости движения при решении прикладных задач в рамках автоматизации управления и поддержки принятия решений, влекут за собой просчёты в оценке сроков выполнения задачи.

Литература

1. *Методические* рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог. Минавтодор РСФСР. М.: "Транспорт", 1974. С. 35-43.
2. *Поляков И.С. и др.* Подготовка и содержание путей движения войск: учебное пособие. Часть 1. М.: Общевойсковая академия ВС России, 2008. С. 25-31.
3. *Руководство* по прогнозированию интенсивности движения на автомобильных дорогах: отраслевая дорожная методика. М.: Минтранс РФ. Служба "Росавтодор", 2003.
4. *Поляков И.С. и др.* Теоретические основы работы НИВ (НИС) и командира инженерной части при подготовке и содержании путей движения войск: учебное пособие. М.: Военно-инженерный университет, 2003. С. 69-74.
5. *Поляков И.С., Рихель С.Г., Поляков И.В.* Прогнозирование условий передвижения воинских формирований по местности (военная топокинетика): монография. Балашиха: Военно-технический университет, 2012. С. 10-26.