

К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТОМ

Скрыпников А.В., Чистяков А.Г., Дорохин С.В., Кривошеева А.В.

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» (394036, г. Воронеж, пр-т Революции, 19), rivelenasoul@mail.ru

В качестве проблемы, связанной с управлением движением в системах управления транспортом, рассмотрен вопрос связи между пропускной способностью и безопасностью движения (система персонализированных скоростных перевозок). В представленной статье описываются действующие системы сетевого управления транспортом и упоминаются потенциально возможные системы технических средств, алгоритмического и программного обеспечения, имеющие характеристики систем управления в реальном масштабе времени. В качестве еще одной многообещающей версии управления дорожным движением предлагается сбор относящейся к движению информации с последующим ее представлением водителям и должностным лицам, занятым организацией движения. Более того, становится необходимым и управление скоростными магистралями, направленное на предотвращение заторов и дорожно-транспортных происшествий, хотя первоначально целью такого управления являлось обеспечение свободного управления автомобилями. Представленное программное обеспечение обладает достаточной общностью и может быть использовано для управления дорожным движением в различных отраслях, связанных с эксплуатацией автомобильно-транспортных средств, и в дорожно-проектных организациях при формировании дорожно-транспортной сети и организации движения по ней.

Ключевые слова: дорожное движение, координирование, управляющие параметры, светофорная сигнализация, подпрограмма, программа.

ON THE ISSUE OF IMPROVING TRAFFIC MANAGEMENT INFORMATION SYSTEMS

Skrypnikov A.V., Chistyakov A.G., Dorokhin S.V., Krivosheeva A.V.

Voronezh State University of Engineering Technology (394036, Voronezh, Prospect Revolution, 8), rivelenasoul@mail.ru

As the problem of traffic management systems in transport management, considered the link between capacity and traffic safety (a system of personalized rapid transit). In the present article describes the existing transport network management system and are referred to potentially possible system hardware, algorithms and software having the characteristics of control systems in real time. As another promising version proposed traffic management fees relating to the movement of information, followed by her performance drivers and officials engaged in the organization of movement. Moreover, it becomes necessary to control and high-speed highways, aimed at preventing traffic congestion and road accidents, although initially the aim was to ensure such control free driving. Submission software is rather general and can be used for traffic management in various sectors related to the operation of motor vehicles and in road design organizations in the formation of the road network and traffic on it.

Keywords: traffic, coordination, control parameters, signals alarm, program, program.

Для городского пассажирского транспорта требуется создание крупномасштабных систем управления с использованием центральной ЭВМ. Например, система автобусных перевозок по вызову требует сбора информации о пунктах назначения и отправления пассажиров, последующей ее обработки в реальном масштабе времени для нахождения оптимального маршрута движения и передачи этой информации водителю. Для достижения этой цели требуется создание разветвленной проводной и беспроводной системы передачи информации и использование большого УВК. Еще более усложняет проблему тот факт, что в системах РРТ требуется сбор еще более детальной информации о состоянии экипажей, чем в самой сложной системе управления дорожным движением. Состояние экипажа включает такую информацию, как его идентификация, пункт назначения, точное значение скорости

и т.п. Более того, намного больший объем информации должен передаваться между экипажами и центром управления для обеспечения безопасности движения. Для этих целей может потребоваться установка мини-ЭВМ на каждом экипаже, что приведет к образованию большой системы, состоящей из набора малых [1-3].

Хотя имеется, как мы видим, целый ряд проблем, касающихся транспортных систем и до сих пор не нашедших своего решения, мы можем изложить в следующем разделе имеющиеся результаты, связанные с достижимой пропускной способностью и риском появления дорожно-транспортных происшествий.

Хотя целью вождения является увеличение как пропускной способности транспортной системы, так и безопасности движения, эти цели находятся в конфликте [4].

Если h — это расстояние между двумя движущимися друг за другом экипажами, L — длина экипажа и v — его скорость, тогда пропускная способность c определяется выражением

$$c = \frac{v}{h + L} . \quad (1)$$

Пусть $A(v)$ — это максимально возможное замедление экипажа как функция скорости, и пусть x_0 — минимальное расстояние, необходимое для остановки экипажа, имеющего скорость v в момент времени t_0 . Тогда имеем

$$x_0 = \int_0^v v(t)dt + \tau v = \int_0^v \frac{udu}{A(u)} + \tau v , \quad (2)$$

где τ — время задержки перед началом замедления. Если мы примем, что $A(v)$ — приблизительно постоянно, то

$$x_0 = \frac{v^2}{2A} + \tau v . \quad (3)$$

Если расстояние h (рисунок 1) равно kx_0 , то h определяется выражением

$$h = kx_0 \cong \frac{kv^2}{2A} , \quad (4)$$

в котором τ игнорируется, поскольку оно должно представлять малую величину при автоматическом вождении. Хотя столкновение экипажей может быть абсолютно исключено только при $k > 1$, при нормальной скорости движения k примерно равно 0,3. Более того, k должно быть существенно меньше единицы для получения больших значений пропускной способности [5]. Подставляя выражение (4) в (1), получим значение пропускной способности

$$c = \frac{2Av}{kv^2 + 2AL} \quad (5)$$

На рисунке 1 показана зависимость между скоростью и пропускной способностью для типичного примера использования экипажей малых размеров с $L=2$ м и $A=4$ м/с². Например, для того чтобы реализовать $c=8000$ экип/ч, величина k должна быть, как это ясно из рисунка, менее 0,2, хотя для получения более высоких скоростей при поддержании максимальной пропускной способности необходимо иметь k меньше 0,1. Для того же примера на рисунке 2 показаны зависящие от k границы скоростей, обеспечивающих пропускную способность, большую 8000 экип/ч, а на рисунке 3 — значения k как функции скорости.

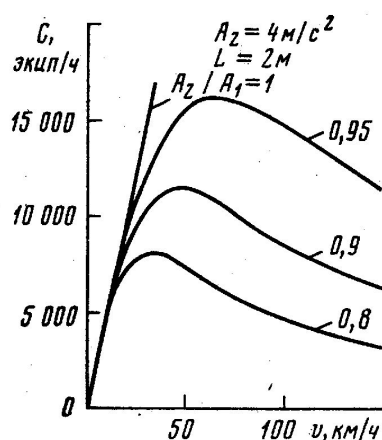


Рис. 1. Зависимость интенсивности движения от скорости.

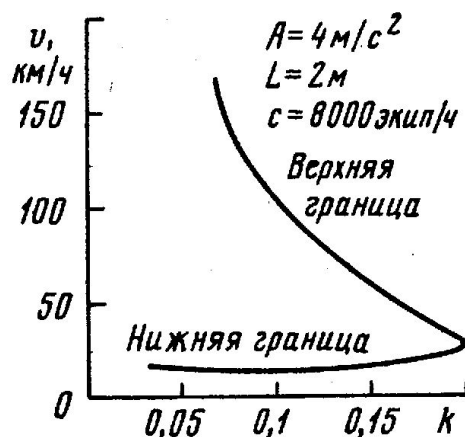


Рис. 2. Скорость, обеспечивающая интенсивность средств 8000 экип/ч.

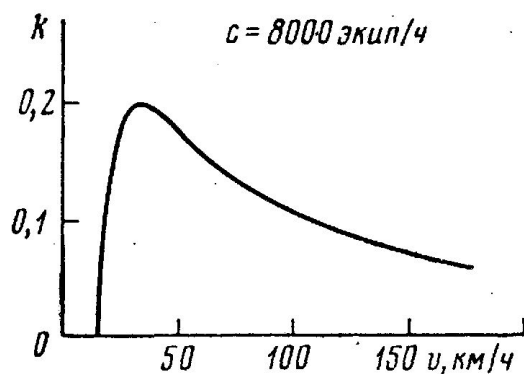


Рис. 3. Величина k , обеспечивающая интенсивность движения транспортных средств 8000 экипа/ч.

Если используются меньшие значения k , то практически невозможно избежать столкновений при мгновенной остановке экипажа (т.е. при $A = \infty$), связанной, например, с наездом на неподвижное препятствие. Хотя теоретически можно избежать столкновений при таком повышении надежности системы, которое обеспечит остановку всех экипажей с максимальным замедлением A , но дисперсия A не может быть уменьшена до нуля, т.е. A может зависеть случайно от конкретного экипажа [6]. Таким образом, если A_1 и A_2 соответственно представляют замедления следующих друг за другом экипажей и $A_1 > A_2$, тогда минимальное расстояние между ними, позволяющее избежать столкновений, определяется выражением

$$h = \frac{v^2}{2A_2} \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right) + \tau v \cong x_0 \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right) \quad (6)$$

На рисунке 4 показана зависимость между скоростью v и пропускной способностью c для различных значений A_2/A_1 .

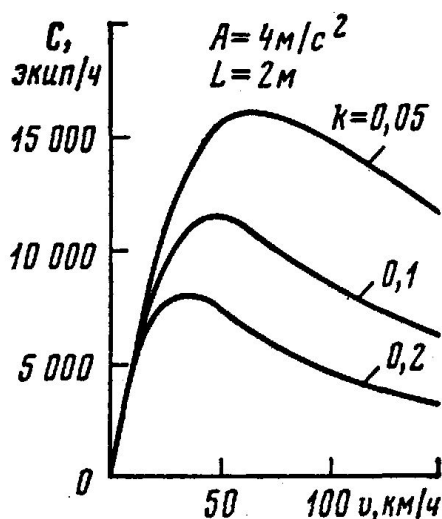


Рис. 4. Зависимость между скоростью и пропускной способностью.

До сих пор обсуждалась «идеальная» модель, в которой расстояние между ТЕ и их скорость подвергались точному измерению. Однако если используется принятая на железных дорогах техника сигнализации и блокировки, то пространственный интервал и расстояние измеряются блоками длиной B , как показано на рисунке 5 [7; 8]. В этом случае пропускная способность c определяется с учетом дисперсии замедления следующим образом:

$$c = \frac{v}{\left[\left\{ \frac{v^2}{2A_2} \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right) \right\} B \right] + 1} B + \left[\frac{L}{B} + 1 \right] B, \quad (7)$$

где $[\dots]$ означает операцию округления до меньшего целого значения и принято, что $\tau = 0$.

На рисунке 4 показана зависимость скорости от пропускной способности для $L = 2$ м, $A_2 = 4$ м/с², $A_2 A_1 = 0,9$, $B = 0$ (идеальная модель), 1, 2 и 3 м. Хотя c задается кусочно-линейной функцией.

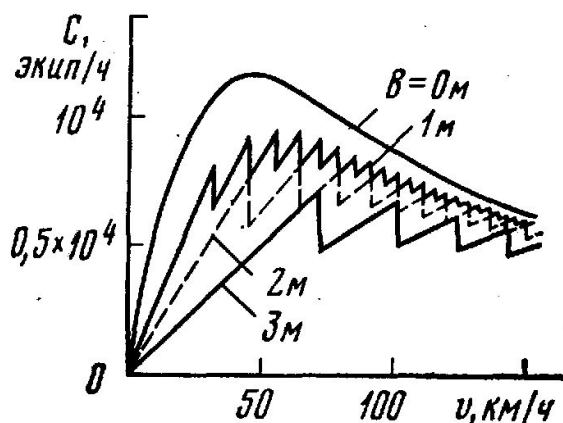


Рис. 5. Столкновение экипажей.

v (если $B \neq 0$), максимальный объем движения, который может быть обеспечен, можно определить по нижней огибающей, он равен:

$$c = \frac{v}{\frac{v^2}{2A_2} \left(1 - \frac{A_2}{A_1} \right) + B + \left[\frac{L}{B} + 1 \right] B}. \quad (8)$$

Рассмотрим теперь распространение столкновений типа наездов на впереди идущий экипаж. Когда следующие друг за другом экипажи движутся с регулярными интервалами $h = kx_0$ (x_0 — это минимальное требуемое для остановки расстояние и $k < 1$), как это показано на рисунке 5, последующий экипаж может столкнуться с впереди идущим, если лидер останавливается мгновенно ($A = \infty$) [9]. Для того чтобы $(h + 1)$ -й экипаж не столкнулся с $n = m$, мы должны иметь

$$nh + nL \geq x_0 + nL \quad (9)$$

Таким образом, число экипажей, вовлеченных в столкновение рассматриваемого типа, можно определить по формуле

$$n = \left[\frac{1}{k} \right], \quad (10)$$

где $[\dots]$ — означает операцию округления до большего целого значения. В более общем случае, если лидирующий экипаж останавливается с замедлением A_c , превышающим общее замедление A следующих за ним экипажей, то число столкновений определяется как

$$n = \left[\frac{1}{k} \left(1 - \frac{A}{A_c} \right) \right]. \quad (11)$$

Если принять, что первое столкновение происходит только после полной остановки лидера, то разница в скоростях в момент первого столкновения равна:

$$\Delta v_1 = v \sqrt{1 - k - \frac{A}{A_c}} \quad (12)$$

Хотя возникающие при столкновениях этого типа разности скоростей Δv_i различны в зависимости от конкретного характера дорожно-транспортного происшествия, но если мы примем, что сталкивающиеся экипажи остаются неподвижными, то эти величины равны:

$$\Delta v_1 = v \sqrt{1 - k - \frac{A}{A_c}} \quad (13)$$

Таким образом, в системах автоматического вождения существует вероятность множественных столкновений цепного типа при реализации высокого уровня пропускной способности [10]. Эта вероятность должна быть уменьшена до пренебрежимо малого значения путем обеспечения крайне высокой надежности системы. Если мы обозначим ущерб от столкновения при разнице скоростей Δv через $k(\Delta v)^2$, K — постоянная массы, то «безопасность» системы определяется как

$$F = K P_{ac} \sum_{i=1}^n (\Delta v_i)^2, \quad (14)$$

где P_{ac} — вероятность столкновения, а n определяется из формулы (11).

Список литературы

1. Курьянов В.К. Пропускная способность регулируемого перекрестка / В.К. Курьянов, А.В.

Скрыпников, Е.В. Кондрашова, Т.В. Скворцова // Перспективные технологии, транспортные средства и оборудование при производстве, эксплуатации, сервисе и ремонте : межвуз. сборник науч. тр. Вып. 2. – Воронеж, 2007. – С. 201-204.

2. Курьянов В.К. Управление, основанное на средних характеристиках транспортного потока / В.К. Курьянов, А.В. Скрыпников, Е.В. Кондрашова, Т.В. Скворцова // Перспективные технологии, транспортные средства и оборудование при производстве, эксплуатации, сервисе и ремонте : межвуз. сборник науч. тр. Вып. 2. – Воронеж, 2007. – С. 204-209.

3. Методы, модели и алгоритмы повышения транспортно-эксплуатационных качеств лесных автомобильных дорог в процессе проектирования, строительства и эксплуатации : монография / А.В. Скрыпников, Е.В. Кондрашова, Т.В. Скворцова, А.И. Вакулин, В.Н. Логачев. – Москва : ФЛИНТА: Наука, 2012. – 310 с.

4. Скворцова Т.В. Критерии качества управления светофорной сигнализацией / Т.В. Скворцова, А.В. Скрыпников, Е.В. Кондрашова // Математическое моделирование, компьютерная оптимизация технологий, параметров оборудования и систем управления : межвуз. сб. научн. тр. / под ред. В.С. Петровского. – Воронеж, 2007. – С. 179-181.

5. Скрыпников А.В. Построение процедур выбора управленческих решений на основе оптимизационных моделей // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского [Тамбов]. – 2009. - № 10 (24). - С. 217-221.

6. Скрыпников А.В. Разработка теоретических основ и методов управления лесовозным автотранспортом // Бюллетень транспортной информации. – 2009. - № 9 (171) сентябрь. – С. 25-27.

7. Скрыпников А.В. Теоретические основы и методы организации и управления дорожным движением // Бюллетень транспортной информации. – 2010. - № 1 (175). – С. 10-15.

8. Трофимов Ю.И. Макроскопические модели управления светофорной сигнализацией / Ю.И. Трофимов, Е.В. Кондрашова, Ю.В. Лобанов, Д.Ю. Сухов // Деп. в ВИНТИ, № 30-В2007, 11.01.07. – 42 с.

9. Трофимов Ю.И. Микроскопические модели движения / Ю.И. Трофимов, Е.В. Кондрашова // Перспективные технологии, транспортные средства и оборудование при производстве, эксплуатации, сервисе и ремонте : межвузовский сборник научных трудов. - Воронеж, 2006. - Вып. 1. - С. 177-182.

10. Трофимов Ю.И. Макроскопические модели движения / Ю.И. Трофимов, Е.В. Кондрашова // Перспективные технологии, транспортные средства и оборудование при производстве, эксплуатации, сервисе и ремонте : межвузовский сборник научных трудов. - Воронеж, 2006. - Вып. 1. - С. 167-177.

Рецензенты:

Яковлев К.А., д.т.н., доцент кафедры производства, ремонта и эксплуатации машин ФГБОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия», г. Воронеж.

Кондрашова Е.В., д.т.н., профессор кафедры технического сервиса и технологии машиностроения ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», г. Воронеж.