

УДК656.015

## МЕТОДЫ И ОЦЕНКА УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

**Ан. В. Бажинов, доц., к.т.н., И.С. Наглюк, проф., д.т.н.,  
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет**

***Аннотация.** Рассмотрена структура технологии процесса реализации методов рационального управления дорожным движением, в которой учтены интересы участников дорожного движения и служб, имеющих к нему отношение, построенная на принципах комплексности и системности. Приведен перечень и содержание технологических задач, а также методология расчета и оценки параметров и характеристик дорожного движения.*

***Ключевые слова:** дорожное движение, методология, метод, структура технологии, системность.*

## МЕТОДИ Й ОЦІНКА УПРАВЛІННЯ ДОРОЖНІМ РУХОМ

**Ан. В. Бажинов, доц., к.т.н., І.С. Наглюк, проф., д.т.н.,  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет**

***Анотація.** Розглянуто структуру технології процесу реалізації методів раціонального управління дорожнім рухом, в якій враховано інтереси учасників дорожнього руху та служб, які мають до нього відношення, побудовану на принципах комплексності та системності. Наведено перелік і зміст технологічних завдань, а також методологію розрахунку й оцінки параметрів і характеристик дорожнього руху.*

***Ключові слова:** дорожній рух, методологія, метод, структура технології, системність.*

## METHODS AND EVALUATION OF TRAFFIC MANAGEMENT

**An. Bazhinov, Assoc. Prof., Ph. D. (Eng.),  
I. Nahlyuk, Prof., D. Sc. (Eng.),  
Kharkov National Automobile and Highway University**

***Abstract.** The structure of process technology of implementation of rational traffic management methods, which takes into account the interests of road users and the services relating to it, based on the principle of complexity and systemacity. The principles of selecting the means and methods of traffic management organization at the entry to highways, evaluation of traffic conditions and traffic distribution on the network of roads are offered in the given work. The list and the content of technological tasks as well as the methodology of calculation and estimation of traffic parameters and characteristics are given.*

***Key words:** traffic, methodology, method, structure technology, systemacity.*

### Введение

Дорожное движение (ДД) является сложным многопараметрическим, многофункциональным и многофакторным процессом, в котором взаимодействуют транспортные и пешеходные потоки (ТПП) с учетом условий движения. Отставание в развитии дорожных

сетей от автомобилизации привело к повсеместным чрезмерным задержкам и заторам в движении потоков по причине дефицита полос проезжей части (ППЧ) и отсутствия инструментов его своевременного выявления. Разрозненные научные разработки в области теории движения, а тем более построенные на эмпирических посылах, не позволяют

целенаправленно организовывать и управлять не только ДД, но и ТПП в системно-комплексном аспекте. Управляемыми компонентами в сфере обеспечения безопасности дорожного движения (БДД) должны стать не только ТПП, но и действия дорожных, транспортных, правоохранительных и прочих жизнеобеспечивающих инфраструктур.

### Анализ публикаций

В работе [1] представлены лишь методы расчета отдельных компонентов, составляющих организацию и управление транспортными потоками (ТП). Сформированных и опубликованных как технологий, так и методологий управления дорожным движением в журналах и научных изданиях не значится. Причиной этого является сложность объекта исследования из-за многопараметричности, многофункциональности, многофакторности и многоуровневости структуры управления и т.п. [2].

В работе [3] представлена примерная структура технологии процесса реализации методов рационального управления дорожным движением (УДД), в которой учтены интересы как участников дорожного движения, так и служб, имеющих прямое или касательное к нему отношение, построенная на принципах комплексности и системности. Предложенная структура, по сути, является перечнем и содержанием технологических задач, построенных на системно-комплексных принципах, а также методологии – на пяти комплексах методов расчета и оценки параметров и характеристик, составляющих дорожное движение как системы в аспекте оптимальности.

### Цель и постановка задачи

Настоящая работа посвящена дальнейшему повышению эффективности управления дорожным движением, обеспечивающее оптимальное управление транспортными и пешеходными потоками в крупных городах.

### Методы и виды управления дорожным движением

В отечественной практике присутствует локальное, координированное, магистральное и сетевое управление ТП. Последний вид управления широкого распространения не получил, по причине его низкой надежности и несовершенства; для такого вида управления необходимы достаточно качественные

дорожные условия, безотказные технические средства и разработанная технология УДД в целом. Магистральное управление получило широкое применение лишь на сквозных автодорогах городского значения.

В практической деятельности служб организации и УДД осуществляется пропуск одних потоков под прикрытием других, но это делается не в полном объеме и не повсеместно. Как правило, для пропуска вводятся специальные такты, увеличивающие цикловое время и, соответственно, задержки, что является неприемлемым. В частности, на трехстороннем пересечении со встречным движением при пропуске левоповоротных потоков с примыкаемого направления следует пропускать неконфликтующие правоповоротные и прямодвижущиеся потоки, а с основного – попутные прямодвижущиеся и правоповоротные потоки, синхронно обеспеченные дополнительными секциями светофора и ППЧ. Математический аппарат такого прикрытия не представлен, тогда как учет прикрытия при расчете режимов СР снижает размеры циклов СР, а значит, и задержки у стоп-линии, выбросы отработанных отработавших газов; скорость же движения за счет уменьшения задержек повышается, что благоприятно сказывается на ДД и на стоимости конечного транспортного продукта.

Нет математического описания методов определения протяженности полос проезжей части улично-дорожных сетей (УДС) городов в зависимости от численности зарегистрированного и транзитного автотранспорта, от дорожных условий (динамического продольного габарита и т.п.), а также скоростных и регулируемых сетей. Основной причиной повсеместных заторовых состояний в дорожном движении не только в крупных городах, но и в населенных пунктах с одноуровневой дорожной сетью, является дефицит полос движения, когда пропускная способность ниже, чем спрос на пропуск потоков. На каждое выпускаемое промышленностью или ввозимое из-за рубежа транспортное средство (ТС) должен предусматриваться соответствующий отрезок полосы проезжей части, и сумма этих отрезков должна быть адекватна количеству автопарка города и т.д. Размеры протяженности полос движения регулируемых сетей должны также определяться в зависимости от численности автопарка, скорости движения, временного интервала между передними бамперами,

длительности циклов СР и т.п. Отсутствуют даже эмпирические посылки соотношения скоростных и регулируемых сетей в аспекте их протяженности.

Продольный динамический габарит  $L_d$ , м [2, 3], где скорость – одна из его составляющих, является одним пространственным параметром формулы определения пропускной способности одной ППЧ, построенной:

– на детерминированных принципах;

–  $\lambda_{\max} = AV_a / L_d$ ,

$$\begin{aligned} TE / ч \neq м \cdot км / км \cdot ч \cdot м = 1 / ч; \\ TE / ч \neq 1 / ч; \end{aligned} \quad (1)$$

TE – транспортная единица;

– на регламенте БДД

$$L_d = [(t_r + t_c)V_a / 3,6] + kV_a^2 / 2a + l_o + l_a,$$

$$L_d = [(t_r + t_c)V_a / 3,6] + kV_a^2 / 2a + l_o + l_a. \quad (2)$$

По своей сути  $L_d$  (рис. 1) имеет размерность м/ТЕ, поскольку в этот параметр входят такие величины, как  $l_a$  – длина автомобиля, м/ТЕ;  $l_o$  – продольный зазор между передним и задним бамперами остановившихся ТС, м/ТЕ;  $t_r + t_c$  – реакция водителя через автомобиль на изменение условий движения, с/ТЕ. При  $L_d$ , м/ТЕ, формула  $\lambda_{\max} = AV / L_d$ , ТЕ/ч.

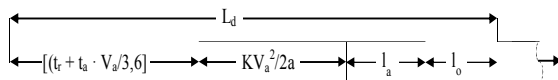


Рис. 1. Схема компонентов продольного динамического габарита  $L_d$

В работе [4] предложена формула расчета дистанции  $d_1$ , м/ТЕ, между передними бамперами последовательно движущихся ТС

$$\begin{aligned} d_1 = 1000 / q, \\ (м / ТЕ = м \cdot км / км \cdot ТЕ = м / ТЕ). \end{aligned} \quad (3)$$

Японскими исследователями [5] и другими аппроксимирована взаимосвязь между скоростью  $V$  и средним пространственным интервалом  $d_2$  (между передними бамперами ТС, следующих друг за другом), посредством квадратического полинома, и определены его коэффициенты методом наименьших квадратов, имеющая вид

$$d_2 = 5,7 + 0,14 \cdot V + 0,0022 \cdot V^2, \quad (4)$$

где  $d_2$  в м и  $V$  в км/ч.

Метод американских специалистов применим для определения среднего пространственного интервала через среднюю плотность ТП. Вычисление динамического продольного габарита  $L_d$  по уравнению (2) направлено на определение контуров, обеспечивающих БДД, но в то же время нуждается в уточнении размерности. Поперечный динамический габарит, понимаемый как ширина автомобиля и боковые зазоры, определяемые эмпирическим методом [2] в зависимости от скорости движения, рассчитывается по формуле

$$\begin{aligned} B_n = 0,015V_a + B_a + 0,3, \\ (км / ч + м + м \cdot ТЕ \neq м), \end{aligned} \quad (5)$$

где  $V_a$  – скорость движения, км/ч;  $B_a$  – ширина автомобиля, м; 0,015 – коэффициент, отражающий психофизиологию труда водителя; 0,3 – величина боковых зазоров, по 0,15 м – на боковой зазор, м. В уравнении (5) не учитывается интенсивность или плотность ТП, а также зависимость от продольного динамического габарита. Американскими специалистами [4] обращается внимание на зависимость ширины ППЧ от интенсивности движения [4]. Ими рекомендуется проектировать автомагистрали, скоростные и горные дороги с шириной ППЧ не менее 3,6 м, дороги местного значения – не менее 3,3 м, при низкой интенсивности – 3 и даже 2,7 м.

Вертикальный динамический габарит, представляющий высоту ТС, отрицательно влияет на попутно движущиеся и встречные автомобили. Только ТС с независимой подвеской такому эффекту не подвержены. Эффект раскачивания легковых автомобилей не опасен из-за их малой высоты. Кроме того, раскачиванию в поперечных направлениях способствует аэродинамика встречных разъездов ТС, которая не прекращается по причине присутствия данного действия у вышеперечисленных факторов во встречных потоках. Достаточно интересные исследования факторов, влияющих на увеличение ширины ППЧ, приведены в работе [5]. В печати не представлены инструменты, посредством которых можно было бы ограничивать скорость, плотность движения, габаритную ширину транспортных средств в зависимости от условий движения.

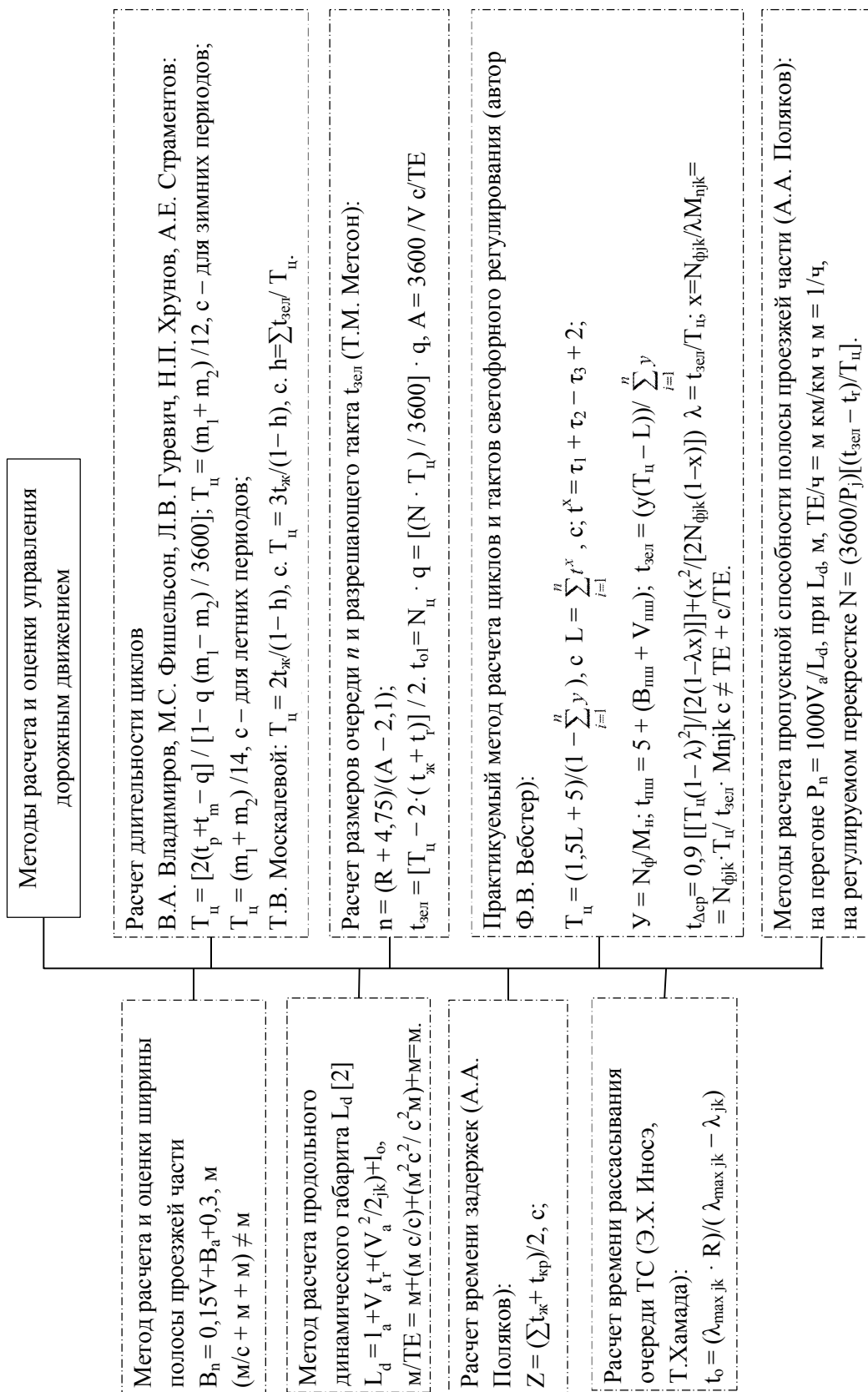


Рис. 2. Структура существующей методологии управления дорожным движением

Из ряда факторов, рассмотренных отечественными и зарубежными специалистами, достаточная ширина ППЧ является одним из основных параметров в создании условий для БДД и удобства ТС. Противоречия в результатах расчета ширины ППЧ и анализ зависимости поперечного от продольного и вертикального динамических габаритов ТС, а также отсутствие механизмов введения ограничений и критериев оценки условий движения, дают основание к углубленным исследованиям этих характеристик. Имеются разработки комплексных систем ОДД, проектов ОДД, носящих локальный характер.

В то же время отсутствуют инструменты, в частности, принципы и методология формирования ТПП, являющейся исходной базой как в О и УДД, грузовыми и пассажирскими перевозками, определения их размеров, прогнозирования, а также для определения достаточности ППЧ в количественном аспекте, а тем более – на перспективу. Затормозены на магистральных улицах и в центральных частях крупных городов Украины являются следствием недостатка пространства и количества ППЧ, и отсутствия инструментов, посредством которых оценивался бы потенциал УДС, определялся его дефицит и доводился до сведения глав территориальных образований.

Кроме того, нормативы плотности дорожных сетей, по нашему мнению, нуждаются в уточнении, поскольку определяются отношением протяженности УДС, а не площади УДС к площади, занятой городом, на которой размещена эта УДС.

В работе [6] предложены принципы выбора средств и методов ОДД на въездах на автомагистрали, оценки условий движения и распределения движения по сети дорог, эффективности применения дорожных знаков и дорожной разметки, запрещающих обгон, а также эффективности: введения СР местного ограничения скорости движения, оценки скоростей движения и времени сообщения, пропускной способности дорог и системы критериев как основы комплексной оценки проектных решений и схем ОДД на достаточной математической базе. Он рекомендует для сравнения вариантов инженерных решений и схем ОДД на автомагистралях использовать всю систему критериев. Под оценкой эффективности и качества органи-

зации и УДД следует понимать состояние функционирования системы в аспекте ее минимальных целевых функций как подсистем минимизации: конфликтности ТС с ТС, ТС с ПП; задержек как ТП, так и ПП; выбросов отработавших газов в воздушный бассейн, шумовых эффектов и т.п.; расстояний транспортной доступности; стоимости единицы пути и времени езды; и подсистем максимизации: скорости сообщения; использования потенциалов ППЧ дорог; использования потенциала УДС в целом, а также результатов НИР в этой области. Эта совокупность критериев приемлема для оценки всех категорий дорог, составляющих УДС как систему в крупном городе, регионе.

### Выводы

По функциональным критериям как минимизирующих, так и максимизирующих выходных результатов, невозможно достоверно оценить функционирование всей системы организации и УДД в аспекте эффективности и качества.

Применяемый в мировой практике функциональный критерий, минимизирующий задержки ТС, построенный на методах Вебстера и Метсона, не достаточно достоверный.

### Литература

1. Яйли Е. А. Риск: анализ, оценка и управление / Е. А. Яйли, А. А. Музалевский. – СПб.: РГГМУ, 2005. – 226 с.
2. Шештокас В.В. Конфликтные ситуации и безопасность движения в городах / В.В. Шештокас, Д.С. Самойлов. – М.: Транспорт, 1987. – 207 с.
3. Zhang, Ya-ping. Research of traffic flow forecasting model based on cusp catastrophe theory / Ya-ping Zhang, Yu-long Pei // I. Harbin Inst. Techn. – 2004. №1. – P. 1–5.
4. Автотранспортные потоки и окружающая среда: учеб. пособие для вузов / В.Н. Луканин [и др.]. – М.: ИНФРА-М, 1998. – 408 с.
5. Трофименко Ю.В. Механизм и процедура контроля выбросов загрязняющих веществ в атмосферу дорожно-строительными машинами / Ю.В. Трофименко, С.В. Шелмаков, Ю.П. Бакатин // Вестник МАДИ (ТУ). – 2003. – № 1. – С. 76–82.
6. Сильянов В.В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организа-

ции движения / В.В. Сильянов. – М.: Транспорт, 1979. – 303 с.

### References

1. Jajli E. A., Muzalevskij A.A. *Risk: analiz, ocenka i upravlenie* [Risk: analysis, evaluation and management], S.Pb., RGGMU Publ., 2005, 226 p.
2. Sheshtokas V.V., Samojlov D.S. *Konfliktnye situacii i bezopasnost' dvizhenija v gorodah* [Conflict situations and traffic safety in cities], Moscow, Transport Publ., 1987, 207 p.
3. Zhang Ya-ping, Pei Yu-long Research of traffic flow forecasting model based on cusp catastrophe theory. I. Harbin Inst. Techn., 2004, no. 1. pp. 1–5.
4. Lukanin V.N. *Avtotransportnye potoki i okruzhajushhaja sreda: ucheb. posobie dlja vuzov* [Traffic flows and the environment: manual for HEI], Moscow, INFRA-M, 1998. 408 p.
5. Trofimenko Ju.V. , Shelmakov S.V, Bakatin Ju.P *Mehanizm i procedura kontrolja vybrosov zagrnjaznjajushhjih veshhestv v atmosferu dorozhno-stroitel'nymi mashinami* [The mechanism and the procedure of control of pollutants emission into the atmosphere caused by road-building machinery] .*Vestnik MADI (TU)*, 2003, no. 1. pp. 76–82.
6. Sil'janov V.V. *Teorija transportnyh potokov v proektirovanii dorog i organizacii dvizhenija*[ The theory of transport flows in design of roads and traffic management], Moscow, Transport Publ., 1979. 303 p.

Рецензент Е.М. Гецович, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 07 июня 2015 г.