21. Нуретдинов, Х. Пространственная оценка естественного освещения при проектировании зданий: автореф. дис. … д-ра техн. наук / Х. Нуретдинов. – М., 1979.

22. Рекомендации по цветовой отделке палат, комнат отдыха и лечебных кабинетов санаториев и больниц. – М., 1974.

23. Руководство по проектированию цветовой отделки интерьеров жилых, лечебных и производственных зданий. – М., 1978.

24. Руководство по проектированию солнцезащитных средств в промышленных зданиях. – М., 1980.

25. Светопрозрачные конструкции / под ред. В.А. Дроздова. – М., 1970.

26. СНиП П-4-79. Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования. – М., 1980.

27. Указания по проектированию электрического освещения предприятий промышленности строительных материалов. – М., 1973.

28. Юров, С.В. К вопросу о роли субъективных оценок параметров световой среды / С.В. Юров // Светотехника. – 1973. – № 12.

29. Юров, С.Г. О некоторых научно-организационных вопросах развития светотехники на современном этапе / С.Г. Юров // Светотехника. – 1974. – № 5.

УДК 625.13.08

МЕТОД ОБОБЩЕННЫХ ПЕРЕМЕННЫХ ДЛЯ КОЛИЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА СОСТОЯНИЙ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА

METHOD OF GENERALIZED VARIABLES FOR QUANTITATIVE ANALYSIS OF THE STATE OF TRANSPORT STREAMS

Гук В.И., доктор технических наук, профессор;
Сташенко М.С., аспирант
(Харьковский национальный университет строительства и архитектуры)

Hooke V.I., Doctor of Technical Sciences, Professor,
Stashenok M.S., Graduate Student
(Kharkov National University of Construction and Architecture)

Аннотация. *Анализируются особенности метода обобщенных переменных, обосновывается целесообразность его применения в организации безопасного дорожного движения с учетом большого количества факторов и приводится пример определения критериев для обобщенного количественного анализа динамического габарита.*

Abstract. *Features of the method of generalized variables are analyzed, the expediency of its application is justified in the organization of road safety, taking into account the large number of factors and is an it's given an example of defining the criteria for generalized quantitative analysis of the dynamic gabarit.*

Введение

Эффективное использование положений теории состояний транспортного потока в практических целях становится возможным только в том случае, когда теоретические представления приобретают конкретный и точный характер в количественной форме. При этом достигнутая полнота количественной информации, достаточной для технических приложений, когда каждая из величин, важных для транспортного процесса, будет определена, как функция аргументов, которые характеризуют движение транспортного потока.

В большей части на практике попытка найти аналитическое решение в задачах организации движения и проектирования дорог и улиц наталкивается на значительных, а иногда и непреодолимые трудности, вызванные сложностью транспортного процесса и громоздкостью математического аппарата. Поэтому частыми являются результаты, которые в лучшем случае имеют характер приближенной оценки, в хуже – неправильные в сущности и потому является причиной ошибок.

Все это совсем не значит, что вообще невозможно получить количественные результатов в транспортных расчетах. Тем более, что количественная сторона транспортной проблемы привлекает к себе внимание в большей мере, чем когда-либо прежде.

В настоящее время количественные соотношения изучаются достаточно энергично, но в основном числовыми методами на основе экспериментальных наблюдений. Хотя результаты числового решения выражают большой объем полезных знаний, но они не определяют внутренние причинно-следственные связи, которые характеризуют транспортный поток.

Разрозненные отдельные экспериментальные зависимости, которые связывают одну из одною отдельные переменные (интенсивность – скорость, интенсивность – количество ДТП, скорость – интервалы и др.), не соединенные общим уравнением, больше не могут привести к полной и выразительной картине, тем более, что они характеризуют только то место, где наблюдались.

Однако числовые методы могут быть существенно усилены с помощью других средств исследования, основанных на анализе физического механизма транспортного потока, что приводит к важным соотношениям, которые не удается получить другими средствами. Как показывает опыт, синтез этих соотношений и данных числового решения или эксперимента является чрезвычайно плодотворным [1–5].

1. Особенности метода количественных критериев

Для определения количественных соотношений заменим привычные переменные потока транспорта величинами комплексного типа, которые составлены из тех же переменных, но в определенных сочетаниях, зависящие от природы транспортного потока. Комплексные переменные, согласно [1,5], являются обобщенными переменными и определяются на основе теории подобия и размерностей или метода обобщенного анализа. Этот метод базируется на последовательном использовании безразмерных величин – критериев подобия и относительных переменных. Как известно, критерии подобия есть двоякого рода комбинации постоянных параметров. Это критерии параметрического типа, который является простым отношением одноименных параметров, и критерии комплексного типа, которые объединяют в себе разнородные параметры. Относительные переменные представляют собой частные от деления переменных на постоянные параметры.

На этой основе определим критерии подобие Π_n, которое в дальнейшем используем и как параметры, и как переменные транспортного потока, представив их произведением разных степеней безразмерных величин.

Пусть есть n размерных величин p_i, $i = 1,2,3..., n,$ которые характеризуют транспортный поток. При этом в качестве основных единиц транспортного потока примем:

а) автомобиль $[A]$, чем обобщаются его геометрические и динамические параметры;

б) протяжность $[L]$, (м, км) дороги, автомобиля, динамического габарита, поперечного пересечения дороги и тому подобное;

в) время $[T]$ (с, ч).

Размерность любой величины p_i будет выражена через основные единицы измерения, то есть

$$[p_i] = [L]^{\varphi_i}[A]^{\mu_i}[T]^{\tau_i}, \quad i = 1, 2, 3, \ldots, n \tag{1}$$

Как известно, любой критерий подобия – это некоторая комбинация величин $p_i, ..., p_n$. Тогда

$$\Pi_n = p_1^{z_1}, p_2^{z_2}, \ldots, p_n^{z_n} = \Theta[p_1]^{z_1}[p_2]^{z2}\ldots[p_n]^{z_n},$$

где Θ – безразмерная величина, или

$$\Pi_n = \Theta[L^{\varphi_1} A^{\mu_1} T^{\tau_1}]^{z_1} [L^{\varphi_2} A^{\mu_2} T^{\tau_2}]^{z_2} \dots [L^{\varphi_n} A^{\mu_n} T^{\tau_n}]^{z_n} =$$

$$= \Theta[L]^{(\varphi_1 z_1 + \ldots + \varphi_n z_n)} [A]^{(\mu_1 z_1 + \ldots + \mu_n z_n)} [T]^{(\tau_1 z_1 + \ldots + \tau_n z_n)}. \qquad (2)$$

Поскольку критерии подобия – величины нулевой размерности, то

$$z_1^{(n-m)}, z_2^{(n-m)}, z_3^{(n-m)}, \ldots, z_n^{(n-m)}.$$

В соответствии с (2) каждое решение $(z_1^{(i),} z_2^{(i)}, \ldots, z_n^{(i)})$ позволяет получить один критерий подобия, потому *n-m* независимых решений прибавят *n-m* независимых критериев.

Используя известную в теории подобия *П*-теорему, определим критерии подобия [1]:

$$\left.\begin{aligned} \varphi_1 z_1 + \varphi_2 z_2 + \ldots + \varphi_n z_n &= 0 \\ \mu_1 z_1 + \mu_2 z_2 + \ldots + \mu_n z_n &= 0 \\ \tau_1 z_1 + \tau_2 z_2 + \ldots + \tau_n z_n &= 0 \end{aligned}\right\}. \qquad (3)$$

Следовательно, получили систему трех уравнений с неизвестными z_i, $z_2, \ldots, z_n$. Для определения числа независимых переменных составим матрицы

$$\begin{vmatrix} \varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_n \\ \mu_1, \mu_2, \ldots, \mu_n \\ \tau_1, \tau_2, \ldots, \tau_n \end{vmatrix}. \qquad (4)$$

Обозначим через *m* ранг матрицы, тогда система уравнений (4), как известно, будет иметь *n-m* независимых

$$z_1^{(1)}, z_2^{(1)}, z_3^{(1)}, \ldots, z_n^{(1)};$$

$$z_1^{(2)}, z_2^{(2)}, z_3^{(2)}, \ldots, z_n^{(2)};$$

$$\Pi_1 = \frac{p_1}{p_1^{\varphi_1} p_2^{\mu_1} \ldots p_n^{\tau_1}};$$

$$\Pi_2 = \frac{p_2}{p_1^{\varphi_2} p_2^{\mu_2} \ldots p_n^{\tau_2}};$$

$$\Pi_{n-m} = \frac{p_n}{p_1^{\varphi_n} p_2^{\mu_n} \dots p_n^{\tau_n}}.$$

Поскольку критерии подобия П, Π_1..., Π_{n-m}, безразмерные величины, потому их принято представлять в виде [1, 5]:

$$\Pi = f(1,1..., 1, \Pi_1, ..., \Pi_{n-m}). \quad (5)$$

Из выражения (5) видно, что чем меньшее число параметров, определяющих величинув транспортном потоке, тем больше ограничена форма функциональной зависимости, следовательно, тем проще будет вести исследование.

Рассмотрим одну из задач транспортного потока с целью установления обобщенных критериев, которые характеризуют состояние транспортного процесса.

2. Определение структуры количественных критериев, характерных для транспортного потока

Как отмечалось выше, для решения транспортных задач в количественной форме необходимо последовательное использование безразмерных величин, то есть критериев подобия и относительных переменных. При этом «решение задачи представляется в форме уравнений в безразмерных величинах, которыми искомые относительные переменные определяются как однозначные функции независимых относительных переменных и критериев подобия, которое играет роль постоянных параметров» [5; с. 54]. Таким образом, общий тип уравнения будет

$$Y = f(x_1, x_2..., \Im_1 \ \Im_2 \dots \Pi_1, \Pi_2...), \quad (6)$$

где Y – искомая переменная транспортного потока;

x – независимая переменная;

$\Im$ – критерии комплексного типа;

П – критерии параметрического типа.

Вид функции (6) в конечном выражении не определяется.

Наибольшая полнота знаний о процессе движения транспортного потока при количественном исследовании будет достигнута, когда будут найдены распределения переменных в пространстве и во времени. Совокупность мгновенных значений, непрерывно распределенных в пространстве, в физике принято называть полем [5].

Сначала проанализируем процесс изменения динамического габарита (соответственно и дистанции) автомобиля в транспортном потоке из-за близости автомобилей на пространственной оси проезжей части.

Размеры динамического габарита S определим такими величинами:
V – скорость автомобиля, км/ч; м/с;
Q – плотность потока, авт./км; авт./м;
x – протяжность участка полосы движения, км; м;
a – ускорение автомобиля, км/ч^2 м/с^2;
N – интенсивность потока, авт./ч; авт./с;
или

$$S = f(x, V, Q, N, a). \tag{7}$$

Вполне понятно, что аналитическое получение зависимости вида (7) затруднительно, экспериментальное определение чрезвычайно трудоемко, поскольку требуется определить связь между шестью величинами. Однако, перейдя к критериям подобия, вместо $n = 6$ величин получим $n–m = 6 – 3 = 3$ критерия подобия. Найти связь между тремя величинами значительно легче. Примем как основные независимые переменные x, V, Q, тогда соответствующий определитель будет

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \end{vmatrix} \neq 0.$$

Тогда

$$\frac{S}{V^{\mu_1} x^{\varphi_1} Q^{\tau_1}} = F\left(\frac{N}{V^{\mu_2} x^{\varphi_2} Q^{\tau_2}}, \frac{a}{V^{\mu_3} x^{\varphi_3} Q^{\tau_3}}\right).$$

Преобразуя для динамического габарита, получим

$$\frac{[S]}{[V]^{\mu_1} [x]^{\varphi_1} [Q]^{\tau_1}} = 1; \qquad \frac{[A]^{-1}[L]}{([L][T]^{-1})^{\mu_1} [L]^{\varphi_1} ([A][L]^{-1})^{\tau_1}} = 1.$$

Или

$$[A]^{-1-\tau_1} [L]^{+\mu_1} [T]^{-\mu_1+1-\varphi_1+\tau_1} = 1.$$

Для интенсивности

$$\frac{[N]}{[V]^{\mu_2} [x]^{\varphi_2} [Q]^{\tau_2}} = 1; \qquad \frac{[A][T]^{-1}}{([L][T]^{-1})^{\mu_2} [L]^{\varphi_2} ([A][L]^{-1})^{\tau_2}} = 1,$$

или

$$[A]^{1-\tau_2}[L]^{\tau_2-\mu_2-\varphi_2}[T]^{\mu_2-1}=1\,.$$

Для ускорения

$$\frac{[a]}{[V]^{\mu_3}[x]^{\varphi_3}[Q]^{\tau_3}}=1;\qquad \frac{[L][T]^{-2}}{([L][T]^{-1})^{\mu_3}[L]^{\varphi_3}([A][L]^{-1})^{\tau_3}}=1\,,$$

или

$$[A]^{-\tau_3}[L]^{1-\mu_3-\varphi_3+\tau_3}[T]^{\mu_3-2}=1\,.$$

Откуда находим

$$\left.\begin{array}{l}1-\tau_1=0\\ \mu_1=0\\ 1-\varphi_1-\mu_1+\tau_1=0\end{array}\right\};\quad \left.\begin{array}{l}1-\tau_2=0\\ \tau_2-\mu_2-\varphi_2=0\\ \mu_2-1=0\end{array}\right\};\quad \left.\begin{array}{l}-\tau_3=0\\ 1-\mu_3-\varphi_3+\tau_3=0\\ \mu_3-2=0\end{array}\right\};$$

$$\tau_1=-1;\ \mu_1=0;\ \varphi_1=0;\qquad \tau_2=1;\ \mu_2=1;\ \ \varphi_2=0;$$

$$\tau_3=0;\ \mu_3=2;\ \varphi_3=-1$$

Следовательно, критерии подобия будут

$$\Im_2=\frac{N}{VQ};\quad \Pi_1=SQ;\quad \Im_3=\frac{xa}{V^2}\,, \tag{8}$$

и $\Pi_1=\Phi(\Im_2,\Im_3)$ откуда для динамического габарита можно написать

$$S=\frac{1}{Q}\Phi\left(\frac{N}{VQ},\ \frac{xa}{V^2}\right). \tag{9}$$

Проанализируем полученные критерии подобия (9) при условии, что они постоянны.

Из первого критерия Π_1 видно, что динамический габарит автомобилей в потоке зависит обратно пропорционально только от плотности транспортного потока Q $(S = Q^{-1})$. Это критерий параметрического типа, но широко применяется в прикладных расчетах.

Второй критерий – $\Im_2$ указывает, что увеличить размеры интенсивности *N* транспортного потока на участке полосы движения можно только с увеличением скорости потока *V,* или с уменьшением расстояния между автомобилями, то есть увеличив плотность потока. Критерий $\Im_2$ характеризует меру отношения между интенсивностью потока и пропускной способностью участка. В практических расчетах этот критерий, как отношение *N/Nm,* применяется для оценки уровня загрузки дороги и уровня удобства движения. Поэтому критерий $\Im_2$ является обобщенным критерием для оценки транспортного процесса и учитывает влияние состояния дорог на уменьшение скорости движения. Обозначим его как *А.* В транспортной теории соотношения $\Im_2$ известно как уравнение состояния потока.

Критерий $\Im_3$ характеризует относительную (в сопоставлении с инерционными) величину динамических возможностей автомобиля, и потому он является существенным, когда автомобиль движется в потоке с частыми обгонами и резкими ускорениями. Им учитывается шум ускорения.

Из требования постоянства критерия $\Im_3$, обозначим его Б, следует, что скоростные возможности автомобиля *xa* должны превышать скорость транспортного потока V_i:

$$Б = \frac{xa}{V_i^2}; \quad V_i = \sqrt{xa}\,|_{Б=1} \tag{10}$$

Критерий Б учитывает влияние транспортного потока на скорость движения автомобиля в потоке и, кроме того, он указывает, что количественное значение скорости транспортного потока существенно зависит от длины участка, на котором эта скорость определяется, а это не всегда учитывается в экспериментальных наблюдениях.

Выводы

Бесспорный научный и практический интерес имеет сам анализ полученных количественных соотношений (критериев подобия), поскольку появляется возможность рассматривать с количественной стороны условия движения транспортного потока на разных участках улиц и дорог одновременно с учетом влияния многих факторов.

Таким образом, применение метода обобщенных переменных позволяет получить не только количественную оценку разных участков улиц и дорогой из позиции безопасности и эффективности дорожного движения, но и определить критерии для управления дорожным движением, которые являются основой алгоритмов управления в реальном масштабе времени.

Литература

1. Алабужев, И.Д. Теория подобия и размерностей. Моделирование / И.Д. Алабужев. – М.: Высшая школа, 1968. – 166 с.

2. Вильсон, А.Дж. Энтропийные методы моделирования сложных систем / А.Дж. Вильсон; пер. с анг. – М.: Наука, 1978. – 248 с.

3. Гук, В.И. Элементы теории транспортных потоков и проектирования улиц и дорог: учебн. пособие для вузов / В.И. Гук. – К.: УМК ВО, 1991. – 255 с.

4. Гук, В.І. Транспортні потоки: теорія та її застосування в урбаністиці: монографія / В.І. Гук, Ю.М. Шкодовський. –Харків: «Золоті сторінки», 2009. – 232 с.

5. Гухман, А.А. Введение в теорию подобия: учебн. пособие для вузов / А.А. Гухман. – изд. 2-е доп. и перераб. – М.: Высшая школа, 1973. – 296 с.

7. Врубель, Ю.А. Организация дорожного движения: в 2 ч / Ю.А. Врубель. – Минск: Белор. Фонд безопасности дор. движ. – 1996. – Ч. 1. – 328 с.

6. Самойлов, Д.С. Организация и безопасность городкого движения / Д.С. Самойлов, В.А. Юдин, П.В. Рушевский. – изд. 2-е перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1981. – 256 с.

УДК 725.75

МАЛЫЕ ГОРОДА В УСЛОВИЯХ УРБАНИЗАЦИИ
SMALL TOWNS IN THE CONDITIONS OF URBANIZATION

Ладыгина И.В., кандидат архитектуры, доцент;
Гук В.И., доктор технических наук, профессор
(Харьковский национальный университет строительства и архитектуры)

Ladygina I.V., Candidate of Architecture, Associate Professor;
Hooke V.I., Doctor of Technical Sciences, Professor
(Kharkov National University of Construction and Architecture)

Аннотация. *Рассматривается роль и значение малых городов в процессе развития основных этапов урбанизации, начиная с возникновения и становления агломерационных процессов в рамках формирования индустриального общества, с последующим возникновением надгородских систем расселения, до настоящего времени, когда идеи устойчивого развития начинают определять будущее человеческих поселений в контексте глобализации.*

При этом региональные украинские особенности жизнедеятельности малых поселений рассматриваются не только с позиций исторически