



GLOBAL JOURNAL OF RESEARCHES IN ENGINEERING
GENERAL ENGINEERING

Volume 13 Issue 1 Version 1.0 Year 2013

Type: Double Blind Peer Reviewed International Research Journal

Publisher: Global Journals Inc. (USA)

Online ISSN: 2249-4596 Print ISSN:0975-5861

Основы Теории Функциональных Параметров И Критериев Транспортных Поточков

Ву Профессор Гук.В.И

Abstract - Для усовершенствования методов проектирования улично-дорожных сетей, определения и повышения пропускной способности улиц и дорог разного класса, ликвидации заторов, разработки методов количественного и качественного анализа состояний и оптимизации движения насыщенных транспортных потоков, рекомендаций к усовершенствованию государственных строительных норм в направлении уменьшения переходных режимов движения, как объективной причины возникновения ДТП предлагается обобщенная научная база, сведенная в теорию измерителей транспортных потоков. Сформулирован категорийно-понятийный аппарат, тезаурус исследования основывается на таких фундаментальных категориях как: масса потока, или его количество

λ (авт), транспортное время T (с, мин, час), транспортный путь L (м, км). Поток легковых автомобилей и проезжие части улиц и дорог рассматриваются как сложная система, соединенная понятием «транспортный поток», которой свойственна обратная связь, осуществляемая водителями и системой управления дорожным движением. Основным принципом в теории, которая развивается, принята целостность непрерывного процесса движения транспортного потока, т.е. первичным является целостность потока, а вторичным — положение и скорость автомобилей в потоке.

GJRE-J Classification : FOR Code: 091599, 010106

Strictly as per the compliance and regulations of :



Основы Теории Функциональных Параметров И Критериев Транспортных Поток

Профессор Гук.В.И

абстрактный - Для усовершенствования методов проектирования улично-дорожных сетей, определения и повышения пропускной способности улиц и дорог разного класса, ликвидации заторов, разработки методов количественного и качественного анализа состояний и оптимизации движения насыщенных транспортных потоков, рекомендаций к усовершенствованию государственных строительных норм в направлении уменьшения переходных режимов движения, как объективной причины возникновения ДТП предлагается обобщенная научная база, сведенная в теорию измерителей транспортных потоков. Сформулирован категорийно-понятийный аппарат, тезаурус исследования основывается на таких фундаментальных категориях как: масса потока, или его количество λ (авт), транспортное время T (с, мин, час), транспортный путь L (м, км). Поток легковых автомобилей и проезжие части улиц и дорог рассматриваются как сложная система, соединенная понятием «транспортный поток», которой свойственна обратная связь, осуществляемая водителями и системой управления дорожным движением. Основным принципом

в теории, которая развивается, принята целостность непрерывного процесса движения транспортного потока, т.е. первичным является целостность потока, а вторичным — положение и скорость автомобилей в потоке.

1. Введение

Качественная модель транспортного потока построена на основе фундаментальных физических законов взаимодействия, сохранения и симметрии.

Методической основой разработки обобщенной модели транспортного потока является «теория состояний» потоковых систем и методы энергетического моделирования взаимосвязи между поперечной переменной (интенсивностью $N(t)$) и продольной переменной (скоростью $V(t)$), т. е.

$$\begin{aligned} \text{скорость} &= k_1 \text{ поток;} \\ \text{скорость} &= k_2 \frac{d}{dt} \text{ поток;} \\ \text{скорость} &= k_3 \text{ е поток } dt, \\ \text{поток} &= k_4 \text{ скорость;} \\ \text{поток} &= k_5 \frac{d}{dt} \text{ скорость;} \\ \text{поток} &= k_6 \int \text{ скорость } dt. \end{aligned} \quad (1)$$

Теоретическую базу, которая включает фундаментальные измерители, систему измерителей в абсолютных величинах, систему измерителей в относительных величинах и потенциальные измерители транспортных потоков приведено у табл. 1.

II. Измерители транспорта в абсолютных Величинах

оценивают как отдельные перевозки так и процессы перемещения между отдельными пунктами и

их совокупности. Из трех фундаментальных измерителей: **количество потока** λ (авт), **транспортного пути** L (км) и **транспортного времени** T (год) — образуем для ТП новые производные измерителей, которые имеют произведение степенных функций λ^x, L^y, T^z .

Таблица 1 : Функциональные параметры и переменные ТП

Параметры	единицы измерения	новизна
И. Фундаментальни параметры		
1.1 Количество потока λ	авт.	новое содержание
1.2 Транспортный путь L	км, м	
1.3 Транспортное время T	час, мин, с, сутки, год	
П. Вимирники в абсолютных величинах		
<u>2. Производные по времени t</u>		
2.1 Интенсивность N	авт/ч	
2.2 Изменение интенсивности dN/dt	авт/ч ²	

автор : доктор технических наук.

2.3	Скорость	V	км/ч	
2.4	Ускорение	$a=dV/dt$	км/ч ²	
<u>3. Производные по пути L</u>				
3.1	Плотность	Q	авт/км	
3.2	Темп движения	$\Theta = T/V$	ч/км	новое содержание
3.3	Удельная интенсивность	$U=N/T$	авт/ч.км	новое содержание
3.4	Удельная плотность	dQ/dx	авт/км ²	новое содержание
3.5	Удельная скорость	dV/dx	км/ч.км	1/ч новое содержание
<u>4. Производные по количеству потока</u>				
4.1	Динамический габарит	$S=L/\lambda$	км/авт	
4.2	Интервал	$t = T/\lambda$	с	
<u>5. Произведения фундаментальных измерителей</u>				
5.1	Количество движения потока	$D=L\lambda$	авт.км	новое содержание
5.2	Продолжительность движения	$B=T\lambda$	авт.ч	
5.3	Проезжаемость пути	$\Pi=TL$	ч.км	новое содержание
5.4	Мощность потока	$M=NV$	авт.км/ч ²	новое содержание
III. Измерители в относительных величинах				
6.1	Степень заполнения автомобиля		люд. в авто	
6.2	Степень загрузки дороги	$Z=N/N_m$		
6.3	Степень насыщенности движением	$\rho = Q/Q_m$		
6.4	Степень ускорения	$\eta = V/V_0$		
6.5	Уровни удобства движения	A,B,C,D,E,F		
I.V Потенциальные измерители				
7.1	Дорожный потенциал	$E_0=V\lambda$	авт.км/ч	новое содержание
7.2	Инерционность транспортного потока	J	авт.ч/км	новое содержание
7.3	Быстротечность движения	$B=1/J$	км/авт.ч	новое содержание
7.4	Транспортный потенциал	$E_m=NL$	авт.км/ч	новое содержание
7.5	Напряженность движения	$C=L/N$	км.ч/авт	новое содержание
7.6	Удельная интенсивность	$U=1/C$	авт/ч.км	новое содержание
7.7	Эксергия (внешняя работоспособность)	E	авт.км/ч	новое содержание
7.8	Мощность потока $M=dE/dt=NV$		авт.км/ч ²	новое содержание
7.9	Работоспособность потока H		авт.км/ч	новое содержание

Характеристика транспортного потока, которая определяется отношением транспортного времени T (ч) к транспортному пути L (км), а именно $\Theta = T/L$ (ч/км) есть **темп движения** транспортного потока. В организации движения величина Θ (ч/км) известна как темп движения и применяется для оценки заторовых ситуаций на дорогах. Произведение количества потока λ (авт) на транспортный путь L (км) является транспортным измерителем $D = L\lambda$ (авт.км), известным по единицам измерения как транспортная работа. Однако, данный показатель характеризует только работу двигателя транспортного средства на преодоление пути – это только **количество движения**. Расходы времени на преодоление транспортными средствами или количеством потока λ , умноженные на величину времени пребывания на дороге T , представляют известный транспортный показатель в автомобилечасах, пассажирочасах, грузочасах. Именно $B = \lambda T$ (час. авт) есть **продолжительность движения**. Это характеристика длительности движения потока транспорта, которая очень важна для оценки эффективности транспортной системы. Так же и оценку

уровня аварийности лучше выполнять не на 1 млн. пробега в авт.км, а на единицу пробега за час, даже за сутки. Величины расходов времени на пробег и простой можно подытоживать. Для транспортного потока его быстроту можно определить распределением количества движения λL на скорость потока L/T .

Каждый километр городской улицы или дороги имеет свои планировочные особенности, которые позволяют автомобилю двигаться со скоростью, которая обусловлена правилами и дорожными указателями.

Показатель, который учитывает состояние проезжей части километров улицы и дороги, то есть транспортного пути L , и время, затрачиваемое на преодоление пути, то есть транспортное время T , определяется их произведением, $\Pi = LT$. (км. ч). Это **проезжаемость** транспортного пути.

III. Измерители Транспортного Поток В Относительных Величинах

взаимоуязваны между собой и с транспортными процессами. Загрузка дорог, транспортных узлов, характер условий движения оцениваются отношением

измерителей одинаковых размерностей, то есть относительными величинами.

Измерители транспортного потока, как эксплуатационные показатели, подразделяются на количественные и качественные. Количественные величины характеризуют объем запланированного количества движения, в частности, эффективность использования улиц и дорог, парка легковых автомобилей. Измерители в относительных величинах позволяют делать сравнение во времени, если они поданы в виде его функций с одинаковой размерностью.

Автомобили в транспортном потоке, в зависимости от насыщения, состояния проезжей части, скорости автомобилей, могут двигаться в определенных пределах своих скоростных возможностей. Транспортники США предложили характеризовать определенную комфортность движения в потоке уровнем обслуживания, уровнем имеющегося сервиса (LEVEL service (LOS)). Их шесть: *A, B, C, D, E, F*. Уровни обслуживания *A-E* характеризуют **уровни удобства движения** по отношению к уровню пропускной способности при росте плотности *Q* от нуля до $0,5Q_m$, а уровень *F* – условия насыщенного движения от $0,5Q_m$ к затору при Q_m , потому предлагается еще три уровня *G, H, I*, где при *I* уже затор $Q=Q_m$.

IV. Потенциальные Измерители Транспортного Потока

установлены из учета потенциальной теории пассажирских потоков. Плотность - это сопротивление движения. Показано, что взаимосвязь между скоростью *V* и изменением интенсивности во времени dN/dt определяет **напряженность** *C* в потоке, взаимосвязь между интенсивностью *N* и изменением скорости во времени dV/dt (ускорением) определяет **инерционность** *J* транспортного потока. Плотность, напряженность и инерционность определяют потенциалы системы «транспортный поток - дорога» позволяют составлять уравнение движения транспортного потока в дифференциальной форме. Транспортный поток не может существовать без дороги и его движение обеспечивает соответствующая организация дорожного движения, потому аналогом кинетической энергии является **дорожный потенциал** E_d , потенциальной энергии — **транспортный потенциал** E_m , а **эксергии** – организация дорожного движения $E = E_d + E_m$. Произведение поперечной переменной *N* и продольной переменной *V* указывает на новый измеритель, который обобщает состояние транспортных потоков на разных улицах и дорогах: $NV = M$, где *M* – **мощность** транспортного потока авт.км/ч². Мощность увеличивается как с ростом интенсивности, так и с ростом скорости, которая обеспечивается на дорогах высших категорий и позволяет обосновать целесообразность их строительства. Мощность является производной от

эксергии по времени, $M = dE/dt$. Размерность эксергии *E* (авт.км/ч), которая позволяет учитывать в транспортных расчетах пространственное распределение (*N*).

Дорожный потенциал E_d , транспортный потенциал E_m и **работоспособность** транспортного потока *H* имеют размерность авт.км/ч. Работа транспортного потока - это выполнено за единицу времени перемещение количества потока на единицу пути $H = NL$. Дорога строится для того, чтобы обеспечить автомобилям непрерывное движение с заданной расчетной скоростью в безопасных условиях. Проезжая часть дороги пуста, но обеспечивается возможность для движения. Это и является **дорожным потенциалом** E_d , максимальное значение которого будет при интенсивности, равной нулю, а минимальное — при заторе, когда движение уже не возможно. Дорожный потенциал, как измеритель, определяется произведением количества потока λ на его скорость *V*; $E_d = \lambda V$ (авт.км/год). Отношение количества потока λ к его скорости *V*, как продольной переменной потока, определяет новую характеристику- **инерционность** транспортного потока *J*; $J = \lambda / V$ (авт.ч/км), которая указывает на распределение продолжительности движения потока *B* (авт.ч) на пути (км) и подчеркивает, что скорость потока изменяется не мгновенно. Данный измеритель *J* — обязательная составляющая дорожного потенциала: $E_d = 0,5JV^2$.

Величина, обратная по размеру инерционности $B = 1/J$ (км/авт.ч), характеризует скорость движения динамического габарита *S* автомобиля в транспортном потоке и определенная как **быстротечность движения**, быстротечность изменения дорожного потенциала.

На незагруженной дороге, на уровне удобства движения *A* автомобили мчат со скоростью свободного движения. Но их еще мало, с ростом интенсивности скорость уменьшается, но количество автомобилей увеличивается, проходя уровни *B, C, D, E*. При уровне удобства *F* возникает затор. Дорога загружена максимально, в то же время автомобили способны максимальным количеством перевозить пассажиров и грузы, которые в них размещены. Естественно, это транспортный **потенциал** E_T , который определенно произведением интенсивности *N* на путь *L*; $E_T = N L$ (авт.км/ч). Отношение транспортного пути *L* к характеристике поперечного пересечения-интенсивности *N* составляет новый измеритель ТП, $C = L / N$ (км·ч/авт). Это напряженность *C*, или давление, которое возникает в ТП с увеличением количества потока. Это есть изменение продолжительности движения *By* (км.год) среди автомобилей. Это обязательная характеристика транспортного потенциала: $E_T = \dots$. Сума дорожного E_d и транспортного E_T потенциалов определяет **эксергию** ТП (внешнюю работоспособность). $E = E_d + e_m$. Эксергию средствами организации дорожного движения

необходимо підтримувати як постійну величину, яка характеризує колибательний процес руху: дорога то порожня (ЕД рівняється максимальному значенню, а ЕТ = 0), то завантажена на рівні затора (ЕТ рівняється максимуму, а ЕД = 0). В ТП ексергія это ефект організації дорожнього руху на рівні пропускної можливості, то єсть загальний потенціал системи «дорога – транспортний потік», функціонування якої єсть організація руху.

«ІДЕНТИФІКАЦІЯ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА КАК ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ» розглянуто стан і методи ТТП. Научна дисципліна, називається ТТП, спостерігає реальні явища, пов'язані з рухом потоків транспорту, розробляє теорії (моделі), призначені для пояснення даних явищ, використовує ці теорії для опису того, що відбувається при зміні умов, і перевіряє прогнози новими спостереженнями. ТТП є вищою формою організації знань законів руху автомобілів в різних дорожніх умовах, при різному рівні управління рухом, в різних за складом ТП. Як система знань о законах руху автомобілів, ТТП має чітко виражену структуру, в якій відображені відносини між автомобілем, дорогою і часом. В формальному логічному аспекті — це початкові положення, одиниці вимірювання і терміни теорії. Однак фундаментальними поняттями є не одиниці потоку часу і довжини дороги, а похідні від них характеристики: інтенсивність N (авт/год), швидкість V (км/год), густина Q (авт/шлях), яка пояснюється недостаточним відкриттям потоку. Ядром ТТП є фундаментальне рівняння стану потоку $N=QV(Q)$, рівняння проходження за лідером $Vn=Vn\alpha (Vn+1 - Vn) /t2$, рівняння динамічного габариту в потоці $Ld = V tp + P(tmop) CV2 + l3 + la$. К фундаментальними поняттями теорії належать також закони розподілу інтервалів між автомобілями і швидкості автомобілів.

В дослідженні наступне формування ТТП виконано в якісному напрямку, тому що стохастичні залежності не дозволяють відкрити зв'язки причинно-наслідкові, закономірності, нелінійність і структуру ТП. Під системою «потік транспорту» визначено сукупність транспортних засобів, які упорядковані згідно з правилами і

вимогам безпеки руху і рухаються по одній смузі їзди частини дороги або перегонки міської магістралі. Всі елементи, які не увійшли в досліджувану систему, віднесені до оточуючого середовища. Для опису руху ТП застосовано аналітичний підхід, що дозволило розглядати закони руху автомобіля не як ізольованого об'єкта, а як елемента системи або сукупності автомобілів, які рухаються по одній смузі магістралі і взаємодіють один з одним по принципу ведомий і ведучий. Визначається поведінка системи як цілої.

Визначено для будь-якої перегонки рівняння алгебраїзма, яке зв'язує швидкість потоку транспорту V і його інтенсивність N . При цьому враховано змінюваність швидкості і інтенсивності в часі. Опис характеристик перегонки буде повним при визначенні рівняння, які зв'язують змінні $V(t)$ і $N(t)$, що в свою чергу характеризують дуальність (двойственність) транспортної одиниці в узагальнених параметрах.

Для визначення узагальнених параметрів розглянуто відношення $V(t)$ і $N(t)$, добуток $V(t)$ і $N(t)$ і швидкість зміни однієї величини від другої, то єсть перші похідні за dt . Відношення $N(t)$ і $V(t)$ вивчали багатьма спеціалістами. Воно відкриває густину Q і динамічний габарит S .

Добуток $N(t)$ і $V(t)$ дозволив визначити **потужність** потоку $M(t)=QV^{p(t)}=SN^{p(t)}$.

Вперше розглянуто зв'язок між $V(t)$ і $dN(t)/dt$, що означає нову характеристику потоку – **обобщенную напруженність** C з рівняння $V(t)=C dN(t)/dt$. Напруженність потоку C характеризує швидкість зміни швидкості при зміні інтенсивності ТП. Встановлено залежність $N(t)$ від $V(t)$ в явній формі. Коли $dN(t)/dt$ існує, то обернене співвідношення одержимо, $N(t) = 1/C \int V(t)dt + N(0)$ або $N(t) - N(0) = 1/C \int V(t)dt$.

Якщо $N(t)$ — розривна функція, то $dN(t)/dt$ не має рішення. Тому проведемо заміну змінних, введемо нову змінну $L(t)$, як узагальнений шлях. $L(t) = \int V(t)dt$ тоді $L(t)=CN(t)$. Відповідно, закон стиснення (формування в групу, колонну або збільшення напруженності в ТП на перегонці) можна виразити однією з таких чотирьох формул:

$$N = \frac{L}{C}, \quad N = \frac{1}{C} \int V dt \quad L = CN, \quad V = C dN/dt \quad (2)$$

які вказують на накопичення потенціальної енергії в потоці. Розмірність напруженності $C = L/N$, км. год/авт.

Важливим практичним інтересом є обернена напруженність, яка

є швидкістю зміни густини ТП або інтенсивністю, яка віднесена до довжини дороги $U = 1/C$ это **удельная інтенсивність** ТП, розмірність якої авт/ч.км.

Взаємозв'язь $N(t)$ з $dV(t)/dt$ определим так же апроксимируя характеристику этой связи при помощи прямой, которую направим через начало координат. Получено уравнение вида $N(t) = J dV(t)/dt$,

где J — передавальна функція інерційності автомобіля для розглянутої системи «ТП». Интерпретуємо її як **інерційність**, тобто як акумулятор кінетичної енергії (дорожнього потенціалу). У рівнянні інтенсивність $N(t)$ є явною функцією від $dV(t)/dt$. Якщо вона існує в інтервалі $0 \leq T \leq t$, то розв'язання рівняння має вигляд $V(t) = \frac{1}{J} \int_0^t N(t) dt + V(0)$, $V(t) - V(0) = \frac{1}{J} \int_0^t N(t) dt$. Якщо $V(t)$ — розривна функція, то рівняння не має розв'язання. Обійдемо цю складність, використовуючи нову змінну $\lambda(t)$, названу «**кількістю потоку**», що дорівнює $\lambda(t) = J V(t)$. Тоді $N(t) = d\lambda(t)/dt$. Коли інтенсивність є безперервною функцією часу, то кількість потоку $\lambda(t)$ пов'язана з інтенсивністю $N(t)$ співвідношенням $\lambda(t) = \int_0^t N(t) dt$.

Це рівняння є основним рівнянням кількості потоку і дозволяє вирішувати дві типові задачі:

$$\lambda = JV; N = J \frac{dV}{dt}; V = \frac{\lambda}{J}; \quad (3)$$

Обратная величина инерционности J — это **быстрота изменения расстояния**, или динамического габарита автомобиля. Этот параметр характеризует ускоренность ТП $1/J = B$, единица измерения B — км/авт.ч. Показано, что в основных транспортных характеристиках зависимость скорости от интенсивности описывается такими уравнениями

$$V = N \frac{1}{Q}, V = C \frac{dN}{dt}, V = \frac{1}{J} \int N dt. \quad (4)$$

В свою очередь, зависимость интенсивности от скорости

$$N = QV, N = J \frac{dV}{dt}, N = \frac{1}{C} \int V dt. \quad (5)$$

Обоснованно построение уравнений состояний и движения ТП в дифференциальной форме. Для наиболее общей формулировки закона движения ТП как системы материальных тел применен принцип наименьшего действия. Согласно этому принципу ТП характеризуется функцией Лагранжа. Рассмотрено соответствие понятия «эксергия» для системы «ТП». ТП как таковой может существовать только при наличии дороги с полосами движения. При этом будем выделять потенциальные возможности транспорту и потенциальные возможности дороги. Поскольку мощность ТП определяется произведением основных обобщенных параметров состояний: скоростью $V(t)$ и интенсивностью $N(t)$, то уравнение работоспособности

- за известной величиной интенсивности найти закон изменения количества автомобилей в потоке;
- или за известным законом изменения количества автомобилей в группе найти интенсивность.

Фактически элементарная величина интенсивности за время dt равняется изменению количества потока за время тот же dt , то есть $n = d(n)$ (авт.). Это уравнение указывает на закон изменения количества ТП: «Изменение интенсивности ТП за некоторый промежуток времени равняется изменению количества автомобилей в потоке за время тот же». Данный закон позволяет за начальной скоростью автомобилей V_0 и известным количеством потока (интенсивность в интервале времени) находить конечную скорость автомобилей в потоке, минуя все вычисления промежуточных скоростей V .

Числовое значение инерционности можно найти из графической линейной зависимости $\lambda(t)$ от скорости $(t) = \lambda J V(t)$. Размерность инерционности J — авт.ч/км.

Таким образом, накопление дорожного потенциала ТП на перегонке будет описываться одним из таких уравнений:

или организации дорожного движения есть. $E = \int N(t)V(t)dt = \int N(t)dL$ Размерность работоспособности — авт.км/ч. Это произведение количества автомобилей в потоке на их скорость движения.

В системе «ТП» возможную, в безопасных пределах, скорость движения автомобилям обеспечивает дорога. Следовательно, построенная дорога имеет большой потенциал, в ней накоплена часть работоспособности. Это дорожный потенциал, который является квадратичной функцией скорости, которая характеризует инерцию в системе «ТП». Учитывая, что произведение инерционности J на скорость V является количеством потока λ , одержимо

$$E_{\text{д}} = \int_0^V \lambda dV \quad E_{\text{д}} = \int_0^V \lambda dV, \text{ авт.км/ч. Для обобщенного состояния}$$

$$E_{\text{д}} = \frac{1}{2} JV^2 = \frac{\lambda^2}{2J}. \quad (6)$$

Уравнение (6) показывает, что чем с большей скоростью движется ТП, тем выше качество дороги и его потенциал. Дорожный потенциал закладывается категорийными нормативами для каждой дороги и улицы и может быть использован для оценки качества запроектированной и построенной дороги. Во время затора на перегонке находится максимальное количество автомобилей, следовательно будет накапливаться эксергия, противоположная работоспособности дороги и зависящая уже не от скорости, а от координатного положения автомобилей и их количества на перегонке. Эти автомобили имеют большую способность к перевозкам. Следовательно, в системе «ТП» накапливается транспортный потенциал. Одержено уравнения транспортного потенциала

$$\text{системы «ТП» } E_{\text{T}} = \int_0^L NdL = \int_0^L \frac{1}{C} LdL \text{ или}$$

$$E_{\text{T}} = \frac{L^2}{2C} = \frac{1}{2} CN^2 \text{ авт.км/ч.} \quad (7)$$

Из уравнения (7) видно, что транспортный потенциал системы равняется нулю при отсутствии автомобилей на перегонке $N = 0$ и максимальному значению — при N_{max} , что равняется пропускной способности пересечения дороги.

Таким образом, на перегонке в системе «ТП» наблюдается замена дорожного и транспортного потенциалов друг на друга. Данное обстоятельство указывает на то, что в такой системе должны возникать колебания, и оптимальные условия движения ТП будут находиться $E_{\text{д}} + E_{\text{T}} = E = \text{const}$ при некотором постоянном значении работоспособности системы, что обеспечивает организация дорожного движения. Это условие характеризует не только возможность нахождения оптимума функционирования системы «ТП», но и определяет собой закон сохранения работоспособности (эксергии) системы через однородность времени. Величина эксергии $E = \text{const}$ остается постоянной во времени. Все виды работоспособности системы «ТП» адитивны, что непосредственно выходит из улично дорожной сети как суммы гонок и суммы потоков, и все виды эксергии будут интегралами движения системы.

Для получения обобщенного уравнения движения ТП учтено, что движение автомобилей происходит в среде потока и дороги, которая оказывает сопротивление, то есть определим функцию рассеивания, или диссипацию эксергии потока.

Доказано: любой автомобиль в ТП имеет двойственность (дуальность), которая оказывается в том, что автомобиль является одновременно источником скорости (движению) и источником интенсивности (потоку), или напряженности в потоке. Автомобиль как единица ТП является источником интенсивности и напряженности и имеет в процессе движения значительные динамические габариты. Участие водителей в транспортном процессе учтено в виде источника неравномерности интервалов между автомобилями в потоке и флуктуации скорости движения.