

УДК 656.021.2

Толок А.В., к.т.н., Фесенко Д.В., Куевда Д.В.

АДИ ГВУЗ «ДонНТУ», г. Горловка

## ОСНОВЫ ТЕОРИИ ВЫБОРОЧНОГО МЕТОДА ОБСЛЕДОВАНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТА НА СЕТИ ГОРОДСКИХ УЛИЦ И ДОРОГ

*Сформулированы теоретические основы выборочного метода обследования интенсивности движения транспорта на сети городских улиц и дорог. Приведены результаты исследования внутричасовой неравномерности интенсивности движения транспорта.*

### ***Постановка проблемы***

Любое обследование, организованное с целью получения исходной информации для проектирования, должно проводиться в кратчайшие сроки с наименьшей затратой сил и средств. Этому должно способствовать широкое применение выборочных обследований.

При проектировании улично-дорожной сети (УДС) и организации городского движения представляет интерес решение вопросов о возможности применения выборочного метода для обследования интенсивности движения транспорта (ИДТ) на сети городских улиц и дорог. Однако отсутствие строгого и полного теоретического обоснования выборочного метода обследования ИДТ является наиболее уязвимым местом всей практики выборочных обследований ИДТ на сети городских улиц и дорог. Это приводит к тому, что проектировщики и исследователи проводят выборочные обследования ИДТ тогда, когда им это удобно. Результаты таких обследований часто не соответствуют действительности. Поэтому существует практическая необходимость в формировании теории выборочного метода обследования ИДТ, целью которой являлось бы научное обоснование системы правил, приемов и способов проведения выборочного обследования ИДТ на сети городских улиц и дорог.

### ***Анализ публикаций***

Первым шагом на пути формирования теории есть определение её предмета, т. е. того, что она должна изучать. В работе [1] доказано, что предметом теории выборочного метода обследования ИДТ на улицах городов является научное обоснование системы правил и способов, определяющих продолжительность выборочного обследования ИДТ на участке УДС и устанавливающих время начала проведения выборочного обследования ИДТ с учетом точности и надежности получаемых при этом данных об ИДТ.

Следующим шагом на пути формирования теории есть определение ее основ, что и стало целью настоящей работы.

***Цель работы*** – сформулировать теоретические основы выборочного метода обследования интенсивности движения транспорта на сети городских улиц и дорог.

### ***Основная часть***

При формировании основ теории выборочного метода обследования ИДТ на сети городских улиц и дорог мы придерживались положений классической теории выборочного метода в ее математико-статистическом понимании. При этом учитывались особенности обследований ИДТ на сети городских улиц и дорог.

В основу теории выборочного метода обследования ИДТ на УДС положим следующие исходные посыпки и обозначения:

1. Оценивается интенсивность движения транспорта на участке УДС за промежуток времени  $T$ . При обследованиях ИДТ практическое значение, как правило, имеют величина

ИДТ за сутки и за час (соответственно, промежутки времени  $T = 24$  ч и  $T = 60$  мин.).

Далее по тексту при использовании термина «оценка ИДТ» следует понимать, что значение ИДТ получено по выборке.

2. Генеральная совокупность представляет собой  $D$  единиц наблюдения. В качестве единицы наблюдения принимается промежуток времени  $\tau$ . Единицы наблюдения должны исчерпывать всю совокупность, не должны перекрывать друг друга, и их количество должно быть целым числом, кратным  $T$ :

$$D = \frac{T}{\tau}. \quad (1)$$

Например, если принять за единицу наблюдения 5-ти минутный промежуток времени ( $\tau = 5$  мин.), то при оценке часовой ИДТ ( $T = 60$  мин.) количество единиц наблюдения в генеральной совокупности составит  $D = 12$ . Если принять как единицу наблюдения промежуток времени в 1 час ( $\tau = 1$  час), то при оценке ИДТ за сутки ( $T = 24$  час) количество единиц наблюдения в генеральной совокупности будет  $D = 24$ .

3. Выборка представляет собой  $d$  промежутков времени  $\tau$ , взятых из генеральной совокупности ( $d < D$ ). Выборка объема  $d$  может формироваться только из рядом расположенных единиц наблюдения [1].

Продолжительность проведения выборочного обследования ИДТ на участке УДС ( $t$ ) определяется по формуле:

$$t = d \cdot \tau. \quad (2)$$

Период времени выборочного обследования  $t$  характеризуется величиной и размещением по длине промежутка времени  $T$ . Например, оценивается ИДТ за час ( $T = 60$  мин.) с  $13^{00}$  до  $14^{00}$  по данным выборочного исследования ИДТ за промежуток времени  $t = 15$  мин. с  $13^{15}$  до  $13^{30}$ .

4. Признаком, который измеряется для каждой единицы наблюдения, попавшей в выборку, является интенсивность движения транспорта за промежуток времени  $\tau$  ( $N_{\tau}$ ).

5. Численные значения ИДТ для единиц, составляющих совокупность, будем обозначать через  $N_{\tau 1}, N_{\tau 2}, N_{\tau 3} \dots N_{\tau D}$  или  $N_{\tau i} = \{N_{\tau 1}, N_{\tau 2}, N_{\tau 3} \dots N_{\tau D}\}$ . Значения ИДТ для единиц наблюдения, попавших в выборку, обозначим через  $N_{\tau 61}, N_{\tau 62}, N_{\tau 63} \dots N_{\tau 6d}$  или  $N_{\tau 6j} = \{N_{\tau 61}, N_{\tau 62}, N_{\tau 63} \dots N_{\tau 6d}\}$ ,  $j \subset i$ .

6. Для суммарных и средних значений ИДТ мы принимаем следующие обозначения:

	Совокупность	Выборка
Суммарное значение	$N = \sum_{i=1}^D N_{\tau i} = N_{\tau 1} + N_{\tau 2} + \dots + N_{\tau D}. \quad (3)$	$N_t = \sum_{j=1}^d N_{\tau 6j} = N_{\tau 61} + N_{\tau 62} + \dots + N_{\tau 6d}. \quad (4)$
Среднее значение	$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^D N_{\tau i}}{D}. \quad (5)$	$\bar{N}_t = \frac{\sum_{j=1}^d N_{\tau 6j}}{d}. \quad (6)$

7. Символом « $\hat{\ }$ » обозначим оценку значения некоторого признака для совокупности, сделанную по выборке:

– оценка среднего значения ИДТ для совокупности, сделанная по результатам выборочного обследования:

$$\hat{N} = r_t \cdot \bar{N}_t, \quad (7)$$

где  $r_t$  – коэффициент, который учитывает колебания (неравномерность) величины ИДТ во времени. Определяется в зависимости от размещения времени выборочного обследования  $t$  по длине промежутка времени  $T$ ;

– оценка значения ИДТ за время  $T$ , сделанная по результатам выборочного обследования:

$$\hat{N} = \hat{N} \cdot D = r_t \cdot \bar{N} \cdot D = r_t \cdot \bar{N} \cdot \frac{T}{\tau} = r_t \cdot \frac{\sum_{j=1}^d N_{tj}}{d} \cdot \frac{T}{\tau} = r_t \cdot \frac{T}{\tau} \cdot \sum_{j=1}^d N_{tj} = K_t \cdot \sum_{j=1}^d N_{tj} = K_t \cdot N_t, \quad (8)$$

$$K_t = r_t \cdot \frac{T}{t}, \quad t \subset T, \quad (9)$$

где  $K_t$  – переходной коэффициент от данных выборочного обследования за период времени  $t$  к оценке ИДТ за период времени  $T$ .

Итак, оценка ИДТ за время  $T$  на участке УДС сводится к определению величины ИДТ за период времени  $t$  и умножения этой величины на переходной коэффициент  $K_t$ , который учитывает долю времени выборочного обследования в периоде времени  $T$  и размещение времени выборочного обследования  $t$  по длине промежутка времени  $T$ .

Остановимся на определении значения переходного коэффициента  $K_t$ .

При решении задач транспортного планирования в городах и организации городского движения практическое значение имеют величина среднесуточной годовой ИДТ и величина часовой ИДТ на каждом из участков магистральной УДС. Ниже по тексту приведено теоретическое обоснование выборочного метода при обследовании среднесуточной годовой ИДТ, которое может быть расширено для учета таких колебаний величины ИДТ: по месяцам года, по неделям месяца, по дням недели, по часам суток. Сразу отметим, что это теоретическое положение не распространяется на оценку часовой интенсивности движения транспорта ( $T = 60$  мин.). Причины этого ограничения будут рассмотрены нами в конце статьи.

Теоретическое обоснование выборочного метода при обследовании среднесуточной годовой ИДТ на сети городских улиц и дорог может быть кратко выражено следующим образом: доля ИДТ за один и тот же период времени  $t$  от ИДТ за период времени  $T$  является постоянной величиной на всех участках УДС определенного района города. (Здесь имеются в виду не административные районы города, а районы, выделенные на территории города для выявления существующего распределения транспортных потоков по УДС). Из этого положения следует, что для всех участков УДС определенного района города значения  $K_t$  для одного и того же периода времени  $t$  одинаковы. Таким образом, результаты сплошного контрольного обследования ИДТ в течении периода времени  $T$  на одном из участков УДС (или на нескольких участках?) района города можно распространить на весь район.

С учетом этого теоретического положения (допущения) и формулы (8) оценка ИДТ на участке  $A$  за период времени  $T$  ( $\hat{N}_A$ ) по данным выборочного обследования на участке  $A$  за период времени  $t$  ( $N_{tA}$ ) может быть сделана следующим образом:

$$K_t = \frac{N_B}{N_{tB}}, \quad (10)$$

$$\hat{N}_A = K_t \cdot N_{tA} = \frac{N_B}{N_{tB}} \cdot N_{tA}, \quad (11)$$

где  $N_B$  – величина ИДТ на участке  $B$  за период времени  $T$ . Участок УДС  $B$  назовем *контрольным участком* района города, в котором проводят сплошное контрольное обследование ИДТ в течении периода времени  $T$ ;

$N_{tB}$  – величина ИДТ на участке  $B$ , полученная за тот же период времени  $t$ , что и на участке  $A$ . Эта выборочная величина является частью учета ИДТ на участке  $B$  за период времени  $T$ , т.е.  $t \subset T$ .

Из этого теоретического положения вытекает очень важное следствие: результаты выборочного обследования ИДТ за период времени  $t$  на участке УДС с использованием соответствующего коэффициента могут быть распространены на любой другой период времени  $t_2$  внутри промежутка времени  $T$  ( $t_2 \subset T$ ,  $t \subset T$ ).

Например, необходимо по данным выборочного обследования ИДТ на участке УДС  $A$  за период времени с 12<sup>00</sup> до 13<sup>00</sup> оценить ИДТ с 18<sup>00</sup> до 19<sup>00</sup> в эти же сутки. Последовательность решения этой задачи такая:

– по данным сплошного обследования на контрольном участке  $B$  необходимо определить переходные коэффициенты для указанных периодов времени к суточной ИДТ (соответственно  $K_{t12-13}$  и  $K_{t18-19}$ );

– с учетом формул (10) и (11) вывод формулы для решения задачи следующий:

$$\hat{N}_{A_{сум}} = K_{t12-13} \cdot N_{tA_{12-13}}, \hat{N}_{A_{сум}} = K_{t18-19} \cdot \hat{N}_{tA_{18-19}} \Rightarrow K_{t12-13} \cdot N_{tA_{12-13}} = K_{t18-19} \cdot \hat{N}_{tA_{18-19}} \Rightarrow$$

$$\hat{N}_{tA_{18-19}} = N_{tA_{12-13}} \cdot \frac{K_{t12-13}}{K_{t18-19}} = N_{tA_{12-13}} \cdot \frac{N_{tB_{18-19}}}{N_{tB_{12-13}}} \text{ авт./час.}$$

Обобщенную формулу для оценки ИДТ на участке УДС за период времени  $t_2$  ( $\hat{N}_{t_2}$ ) по данным выборочного обследования ИДТ за период времени  $t$  ( $N_t$ ) представим следующим образом:

$$\hat{N}_{t_2} = N_t \cdot \frac{K_t}{K_{t_2}}, t \subset T, t_2 \subset T, \quad (12)$$

где  $K_{t_2}$  – переходной коэффициент от данных выборочного обследования за период времени  $t_2$  к оценке ИДТ за период времени  $T$ .

Подставив формулу (10) в формулу (9) получим формулу для определения коэффициента  $r_t$ :

$$r_t = K_t \cdot \frac{t}{T} = \frac{N_B}{N_{tB}} \cdot \frac{t}{T}. \quad (13)$$

С учетом формулы (13), формула (7) оценки среднего значения ИДТ для совокупности примет следующий вид:

$$\hat{N} = \frac{N_B}{N_{tB}} \cdot \frac{t}{T} \cdot \bar{N}_t. \quad (14)$$

Сформулированные нами теоретические положения соответствуют представлениям о выборочном методе, который существует в практике обследований среднесуточной годовой интенсивности движения транспорта на УДС [2, 3, 4, 5, 6, 7].

Так, в нормативе [2] для оценки среднесуточной годовой ИДТ рекомендуется формула:

$$N_{сум} = \frac{100 \cdot N_{расч} \cdot \kappa_1 \cdot \kappa_2 \cdot \kappa_3}{\kappa_4}, \quad (15)$$

где  $N_{расч}$  – интенсивность движения в течение часа, авт./ч;

$k_1$  – доля интенсивности движения, приходящаяся на ночной период; для городов Украины принимается 1,03 – 1,05 [2];

$k_2, k_3, k_2 k_4$  – переводные коэффициенты, учитывающие соответственно день недели, месяц года и час суток, в которые проводилось определение  $N_{расч}$ .

Формула (15), например, использовалась сотрудниками КАДИ (сейчас НТУ, г. Киев) для оценки среднесуточной годовой ИДТ на участках УДС при разработке Комплексных схем организации движения в городах Артемовске [3] и Торезе [4].

Как видим, формула (15) учитывает три цикла изменения ИДТ: по часам суток, по дням недели и по месяцам года. Покажем, что оценка среднесуточной годовой ИДТ по формуле (15) соответствует теоретическим положениям выборочного метода обследования ИДТ, которые сформулированы в этой работе.

Переход от часовой интенсивности к суточной в формуле (15) осуществляется с помощью коэффициентов  $k_2$  и  $k_1$  в два этапа:

Этап 1. По данным выборочного обследования ИДТ за один час ( $N_{расч}$ ) с помощью коэффициента  $k_4$  оценивается ИДТ за период времени с 6<sup>00</sup> до 24<sup>00</sup> ( $N_{6-24}$ ):

$$N_{Б-24} = \frac{100}{k_4} \cdot N_{расч}. \quad (16)$$

В соответствии с обозначениями и положениями теории выборочного метода обследования ИДТ мы имеем:

- единица наблюдения – промежуток времени в 1 час ( $\tau = 1$  час);
- генеральная совокупность представляет собой промежуток времени с 6<sup>00</sup> до 24<sup>00</sup> ( $T = 18$  час);
- объем генеральной совокупности по формуле (1)  $D = 18$ ;
- объем выборки  $d = 1$ , продолжительность выборочного обследования ИДТ по формуле (2)  $t = 1$  час;
- суммарное значение ИДТ за период времени выборочного обследования  $N_t = N_{расч}$ ;
- по формуле (11) оценка ИДТ за промежуток времени с 6<sup>00</sup> до 24<sup>00</sup>:

$$\hat{N}_{6-24} = K_t \cdot N_t = \frac{N_{Б-24}}{N_{тБ}}. \quad (17)$$

Сравнивая формулы (16) и (17) можно заметить, что  $\frac{N_{Б-24}}{N_{тБ}} = \frac{100}{k_4}$ .

Этап 2. По результатам оценки ИДТ за период времени с 6<sup>00</sup> до 24<sup>00</sup> с помощью коэффициента  $k_1$  оценивается ИДТ за сутки:

$$\hat{N}_{сут} = N_{Б-24} \cdot k_1. \quad (18)$$

В соответствии с обозначениями и положениями теории выборочного метода обследования ИДТ мы имеем:  $\tau = 1$  час,  $T = 24$  час,  $D = 24$ ,  $d = 18$ ,  $t = 18$  час. С использованием формулы (11) ИДТ за сутки оценивается так:

$$\hat{N}_{сут} = \hat{N}_{6-24} \cdot \frac{N_{Бсут}}{N_{Б6-24}}. \quad (19)$$

Легко показать, что в формуле (15) переход от суточной ИДТ к среднесуточной за неделю (коэффициент  $k_2$ ) и к среднесуточной годовой ( $k_3$ ) есть не что иное, как последовательное использование формулы (14). При этом в идеальном случае, если есть возможность постоянного автоматического учета ИДТ на контрольном участке  $B$ , исходные посылки при

определении коэффициентов  $\kappa_2$  и  $\kappa_3$  (а они по сути есть коэффициентами  $r_t$ ) будут следующими:

- при переходе к оценке среднесуточной недельной ИДТ:  $T = 7$  суток,  $t = 1$  сутки;
- при переходе к оценке среднесуточной годовой ИДТ:  $T = 12$  месяцев,  $t = 1$  месяц.

Если нет возможности постоянного автоматического учета ИДТ на контрольном участке  $B$ , что довольно часто встречается в практике обследований ИДТ в городах, то возникает необходимость использовать серийную выборку. Например, при переходе к оценке среднесуточной недельной ИДТ коэффициент  $r_t$  определяют по данным ежедневного учета ИДТ в течении недели на ключевом участке  $B$  на протяжении  $t$  часов ( $t < 24$ ). Тогда  $T = 7 \cdot t$ .

Отметим, что для оценки среднесуточной годовой ИДТ по формуле (15) выборочные обследования на каждом из участков УДС района города должны проводиться не менее одного часа. В поисках максимального сокращения времени выборочного наблюдения на каждом из участков УДС района города на кафедре городского строительства Киевского национального университета строительства и архитектуры (тогда КИСИ) была разработана методика проведения выборочных обследований ИДТ в городах [6]. В соответствии с этой методикой оценка среднесуточной годовой ИДТ определяется по формуле:

$$N_{cym} = N_{a-b} \cdot \kappa_1 \cdot \kappa_2 \cdot \kappa_3 \cdot \kappa_4 \cdot \kappa_5, \quad (20)$$

где  $N_{a-b}$  – промежуток времени внутри часа, в течении которого проводят измерения ИДТ;

$\kappa_1$  – коэффициент внутрисуточной неравномерности движения;

$\kappa_2, \kappa_3, \kappa_4$  – коэффициенты неравномерности движения по часам суток, по дням недели и по месяцам года, соответственно;

$\kappa_5$  – коэффициент, который учитывает объем дорожного движения в период с  $24^{00}$  до  $6^{00}$ .

Эта методика в последующем была апробирована при многих обследованиях ИДТ как в Киеве, так и во всех областных центрах Украины, что позволило установить переводные коэффициенты для определения среднесуточной годовой ИДТ как для каждого города, так и в среднем по Украине [6].

Сопоставив формулы (15) и (20) видим, что в формуле (20) выборочные обследования ИДТ необходимо проводить в течении промежутка времени  $a-b$  внутри часа, а переход к часовой интенсивности движения осуществляется с помощью коэффициента  $\kappa_1$ . Возникает вопрос: возможно ли определять коэффициент  $\kappa_1$  в соответствии с теми теоретическими положениями, которые мы выдвинули для определения соответствующих коэффициентов при переходе к среднесуточной годовой ИДТ? Другими словами: возможно ли определять этот коэффициент по результатам обследования ИДТ на контрольном участке?

В конце 70-х годов прошлого столетия к.т.н. Ваксман С.А. высказал гипотезу о зависимости внутрисуточной неравномерности ИДТ от часовой ИДТ [7]. Для проверки этой гипотезы по методике, разработанной нами, на протяжении 253 часов были проведены обследования ИДТ на перегонах магистральных улиц. Обследования проводились в г. Горловка, в г. Донецк, в г. Запорожье и в г. Иловайск.

Каждый час обследования представлялся как генеральная совокупность, состоящая из  $D = 12$  пятиминутных промежутков времени ( $\tau = 5$  мин.). Для каждой пятиминутки фиксировалось количество транспортных средств в физических величинах в целом для направления движения по перегону. Затем для каждой пятиминутки определялась средняя интенсивность движения по полосе путем деления полученной в результате обследования величины интенсивности движения на количество полос движения. Учитывалось то количество полос, которое фактически используется для движения. Например, если крайняя правая полоса занята стоящими автомобилями, то в расчетах она не учитывалась.

В результате обследований для каждой из единиц наблюдения каждого часа получены значения ИДТ  $N_{ti} = \{N_{t1}, N_{t2}, N_{t3} \dots N_{t12}\}$  и по формуле (3) рассчитаны суммарные значения

ИДТ за час. Диапазон изменения интенсивности движения в течении часа составил от 50 до 850 автомобилей в среднем на полосу движения.

Далее для каждого часа обследования формировались выборки объемом  $d = 1$ ,  $d = 2$ ,  $d = 3$ ,  $d = 4$  и  $d = 6$ , что соответствует продолжительности выборочного обследования соответственно 5, 10, 15, 20 и 30 мин. (см. формулу (2)). В каждом часе было выделено 12 выборок объема  $d = 1$ , 11 выборок объема  $d = 2$  (рисунок 1), 10 выборок объема  $d = 3$ , 9 выборок объема  $d = 4$  и 7 выборок объема  $d = 6$ .

Неравномерность интенсивности движения в течении часа учитывали с помощью коэффициента внутрисуточной неравномерности [7]:

$$K_{вч}^t = \frac{N_t^{макс}}{N_t^{ср}}, \quad (21)$$

где  $N_t^{макс}$ ,  $N_t^{ср}$  – соответственно максимальная и средняя  $t$  – минутная интенсивность движения за час;

$$N_t^{ср} = \frac{\sum_{i=1}^n N_{ti}}{n}, \quad (22)$$

где  $n$  – количество  $t$  – минутных отрезков в часе.

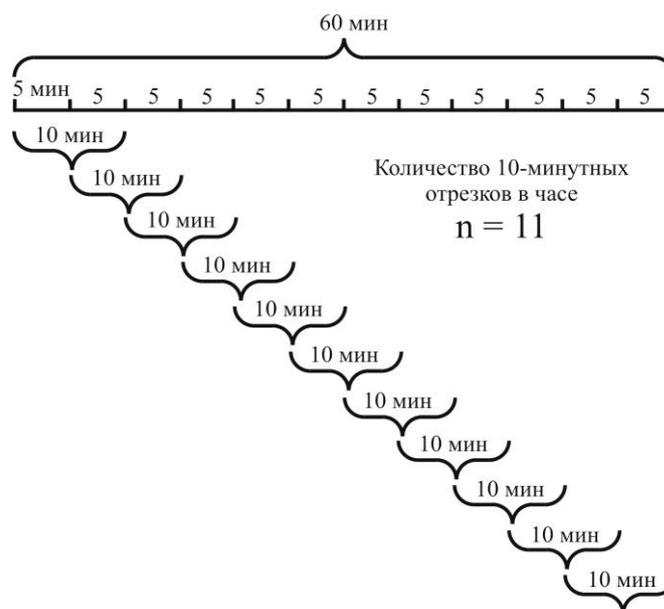


Рисунок 1 – Схема выделения выборок объема  $d = 2$  ( $t = 10$  мин.) в часе

Статистическая обработка материалов натуральных наблюдений позволила получить нам ряд эмпирических зависимостей (рисунок 2).

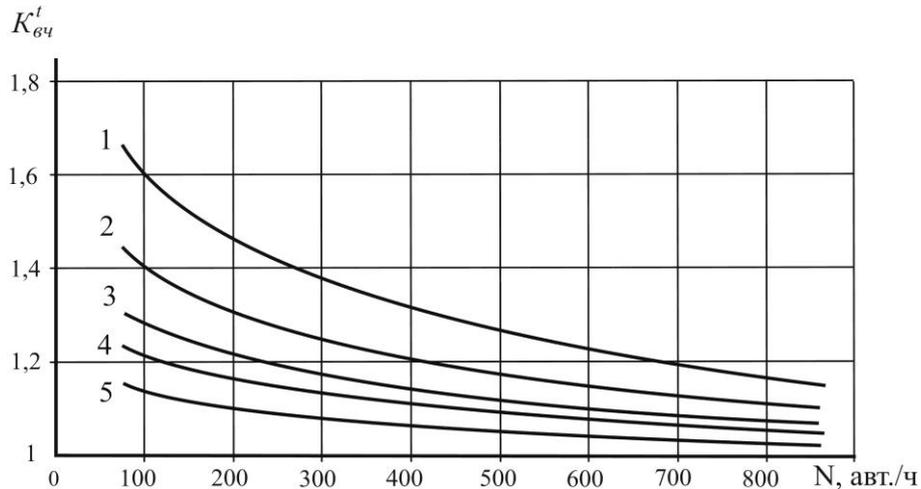


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента внутричасовой неравномерности ИДТ от часовой интенсивности движения транспорта в среднем на одну полосу движения

1, 2, 3, 4, 5 – значение  $t$ -минутного интервала времени, равно, соответственно 5, 10, 15, 20 и 30 мин

Итак, гипотезу о зависимости внутричасовой неравномерности ИДТ от часовой ИДТ можно считать подтвержденной. А поскольку величина часовой ИДТ на различных участках УДС района города вероятнее всего будет сильно отличаться друг от друга, то и внутричасовая неравномерность ИДТ на различных участках будет различна. Следовательно, и коэффициент  $k_1$  в формуле (20) на различных участках УДС района города будет принимать разные значения.

Из этого следует, что результаты контрольного обследования ИДТ в течении периода времени  $T = 60$  мин., который включает в себя период времени  $t$  (в формуле (20) это период времени  $a - b$ ), на одном из участков УДС района города нельзя распространять на остальные участки УДС района. Значит формулы (10) и (11) нельзя применять для оценки часовой ИДТ по результатам выборочного исследования ИДТ за период времени  $t$  внутри часа.

Справедливости ради заметим, что авторы формулы (20) рекомендуют проводить выборочные исследования ИДТ на участках УДС в часы с наименьшими коэффициентами вариации (что уже ограничивает возможность проведения выборочных исследований на сети городских улиц и дорог в кратчайшие сроки) в течении 20 мин. [6, 8]. При этом в течении часа выделяются три 20-ти минутных промежутка времени, которые авторы формулы (20) называют заземленными часовыми промежутками. В зависимости от тенденции изменения ИДТ внутри часа (а она может быть повышающейся, понижающейся, повышающе-понижающейся и понижающе-повышающейся [8]) для выборочных обследований выбирается один из этих заземленных 20-ти минутных промежутков времени. При повышающейся и понижающейся тенденциях для выборочных обследований следует использовать средние 20 мин. с переводным коэффициентом  $k_1 = 3$ , что обеспечивает 95 % точность расчетных часовых величин ИДТ.

Возникает вопрос: какие же 20 минут необходимо брать для выборочных обследований, если тенденция изменения ИДТ в часе с наименьшими коэффициентами вариации повышающе-понижающаяся или понижающе-повышающаяся и с каким переводным коэффициентом  $k_1$ ? На этот вопрос авторы методики и формулы (20) ответа не дают.

Возникает еще один вопрос: какие значения должен принимать коэффициент  $k_1$  при оценке часовой интенсивности движения транспорта по результатам выборочных обследований за промежуток времени, отличный от 20 мин.? В различных научных источниках рекомендуется для выборочных исследований промежутки времени от 5 до 30 мин, например [8, 9, 10].

Нам представляется, что чисто теоретический подход к решению этих вопросов невозможен и единственно возможным методом поиска ответов на эти вопросы является статистический метод. Суть этого метода состоит в сплошном обследовании всех единиц наблюдения в генеральных совокупностях, которые представляют собой промежутки времени в 1 час,

и в сопоставлении результатов такого сплошного обследования с результатами оценки часовой ИДТ по данным выборки. При этом нужно помнить, что цель выборочного обследования ИДТ состоит не в определении точной величины ИДТ, а в нахождении такой, которая достаточно близка к ней.

В заключение приведем понятия точности и надежности выборочных обследований, которые являются фундаментальными понятиями теории выборочного метода обследования ИДТ на сети городских улиц и дорог.

Под точностью выборочного обследования ИДТ будем понимать близость оценки ИДТ ( $\hat{N}$ ) к действительному значению ИДТ ( $N$ ). Мерой точности выборочного обследования примем ошибку оценки ИДТ ( $\Delta_t$ ):

$$\Delta_t = \left| \frac{\hat{N} - N}{N} \right| \cdot 100 \% . \quad (23)$$

Под надежностью оценки ИДТ ( $P_t$ ) будем понимать вероятность того, что ошибка оценки ИДТ ( $\Delta_t$ ) не превысит установленных исследователем границ.

### **Выводы**

1. Сформулированы теоретические основы выборочного метода обследования интенсивности движения транспорта на сети городских улиц и дорог.

2. Доказано, что сформулированные в работе теоретические положения соответствуют представлениям о выборочном методе, которые существуют в практике обследований интенсивности движения транспорта в городах.

3. Проведены исследования внутричасовой неравномерности интенсивности движения транспорта. Подтверждена гипотеза о зависимости внутричасовой неравномерности ИДТ от часовой интенсивности движения транспорта.

### **Список литературы**

1. Толлок А.В. Предмет теории выборочного метода обследования интенсивности движения транспорта на сети городских улиц и дорог / А.В. Толлок, Д.В. Куевда, Ю.В. Белов, и др. // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. – 2011. – № 2. – С. 43–49.
2. Временные нормативы по проектированию комплексных схем организации дорожного движения в городах СССР / Киевский инженерно-строительный институт. – К. : Госстрой СССР, 1990. – 23 с.
3. Повышение экологических характеристик схемы организации дорожного движения на магистральной улично-дорожной сети г. Артемовска : отчет о научно-исследовательской работе / КАДИ. – К: КАДИ, 1996. – 186 с.
4. Усовершенствование экологических характеристик схемы организации дорожного движения на магистральной улично-дорожной сети г. Тореза : отчет о научно-исследовательской работе / КАДИ. – К: КАДИ, 1996. – 86 с.
5. Объекты организации дорожного движения и ограничение вредных экологических факторов в Центральном городском районе г. Горловки: рабочий проект / ГКЖКХ-УССР, Донецкий филиал. – Донецк, 1991. – 146 с.
6. Рейцен Е.А. Проведение обследований интенсивности движения транспорта в городах Украины / Е.А. Рейцен // Проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния: материалы XI межд. науч.-практ. конф. – Екатеринбург: Комвакс, 2005. – С. 109–112.
7. Ваксман С.А. До питання внутрішньорічної нерівномірності завантаження мережі магістральних вулиць / С.А. Ваксман // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – К.: Будівельник, 1980. – Вип. 27. – С. 88–90.
8. Рейцен Е.А. Надежность обследований интенсивности движения в городах / Е.А. Рейцен // Градостроительство. – К.: Будівельник, 1983. – Вип. 35. – С. 87–90.
9. Ваксман С.А. Выборочный метод обследования интенсивности уличного движения / С.А. Ваксман, С.С. Кислицын // Проблемы градостроительства на Урале и Сибири. – Свердловск: Издание УПИ, 1969. – Вип. 169. – С. 83–89.
10. Организация дорожного движения в городах: методическое пособие / [Шелков Ю.Д., Степанов В.В., Кликовштейн В.Г. и др] ; под ред. Ю.Д. Шелкова. – М.: НИЦ ГАИ МВД России, 1995. – 143 с.

Рецензент: к.е.н., доц. Т.С. Василенко, АДІ ДВНЗ «ДонНТУ».

Стаття надійшла до редакції 23.11.11  
© Толлок А.В., Фесенко Д.В., Куевда Д.В. 2011