Ep. 6.7
616

ISSN 0136-3549
0320-3433

TALLINNA
POLÜTEHNILISE INSTITUUDI
TOIMETISED

616

ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО
ИНСТИТУТА

TPI
'86

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА ЭСТОНСКОЙ ССР В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОЙ АВТОМОБИЛИЗАЦИИ

Ep. 6.1

616

TPI '86

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED

ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

УДК 625; 656; 711

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА ЭСТОНСКОЙ ССР В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОЙ АВТОМОБИЛИЗАЦИИ

Автомобильные дороги.
Автомобильный транспорт ХУ

Таллин, 1986

АН ЭССР
Научная библ.

ТАЛЛИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Труды ТПИ № 616
ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА ЭСТОНСКОЙ ССР В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОЙ АВТОМОБИЛИЗАЦИИ
Автомобильные дороги. Автомобильный транспорт ХУ
На русском языке
Редактор А. Рандлепп
Техн. ред. В. Ранник
Сборник утвержден коллегией Трудов ТПИ 27.11.85
Подписано к печати 04.04.86
МВ-02492
Формат 60x90/16. Печ. л. 4,5 + прилож. 0,25. Уч.-изд. л. 3,8
Тираж 300
Зак. № 337 а
Цена 60 коп.
Таллинский политехнический институт,
200108 Таллин, Эхитаяте теэ, 5
Ротапринт ТПИ, 200006 Таллин, ул. Коскла, 2/9

© Таллинский политехнический институт, 1986

№ 616

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED

ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

УДК 711.7

Т.Х. Метсвахи, И.О. Пихлак

ТЕНДЕНЦИИ РОСТА УРОВНЯ АВТОМОБИЛИЗАЦИИ

Начавшийся с 1886 года процесс автомобилизации происходит во всех без исключения странах мира. Различны лишь темпы роста числа автомобилей, прироста дорожной сети и доли населения, привлеченного к активному автомобилизму.

Интенсивный рост парка легковых автомобилей в СССР начался в начале семидесятых годов. В течение девятой пятилетки (1970–75 гг.) по общему производству автомобилей СССР продвинулся с восьмого места в мире на пятое, обогнав Канаду, Италию и Великобританию. Поэтому изучение зарубежной практики и сравнение отдельных объективных технико-экономических показателей и тенденций способствует использованию накопившегося за рубежом опыта автомобилизации и дают возможность избежать в нашей стране ряд отрицательных последствий развития автомобильного транспорта, свойственных капиталистическим странам.

В капиталистических странах в условиях свободного рынка процесс автомобилизации развивается стихийно, изменяясь в зависимости от экономических кризисов и бумов. Развитие легкового транспорта, стимулируемое в определенной степени автомобильными, нефтяными, сталелитейными и дорожно-строительными монополиями, получающими в результате автомобилизации огромные прибыли, привело к сдерживанию развития железнодорожного и внутригородского транспорта общего пользования.

В крупных городах рабочие и служащие из-за высокой квартирной платы в центре вынуждены селиться на окраинах и в пригородах и совершать ежедневно длительные поездки к месту работы. Население в этих условиях вынуждено приобретать легковые автомобили, зачастую отказывая себе в расходах на другие нужды. Росту автомобилизации способствует на-

личие отдельных удаленных ферм и населенных пунктов, транспортные связи которых без автомобилей были бы крайне затруднены.

При малоэтажной застройке в США плотность городского населения значительно меньше, а плотность сети и площади улиц больше, чем в городах СССР. В таких условиях массовый транспорт не может работать с прибылью и его владельцы либо повышают плату за проезд (до 0,40–I,00 доллара), либо увеличивают интервалы движения или вообще закрывают маршрут. Все это приводит к дополнительному расширению зон влияния индивидуального транспорта.

При высоком уровне автомобилизации (УА) в США многие семьи не имеют легкового автомобиля из-за бедности, медицинских противопоказаний к вождению или личных предрассудков. Так, в I970 году в США семьи без автомобиля составляли I8,5 %, с одним автомобилем – 48,8 %, с двумя и более – 32,7 %, а в I985 году по прогнозу соответственно I5,3 44,I и 40,6 % [9, с. 353].

Во многих капиталистических странах Европы УА также повышается в основном за счет увеличения доли семей, имеющих два и более легковых автомобиля. Этот процесс ведет к уменьшению среднегодового пробега. Если при одном автомобиле в семье им пользовались для совершения всех совместных и частных поездок все члены семьи с водительским удостоверением, то при двух и более легковых автомобилях в семье частные поездки совершаются на персональных легковых автомобилях, а совместные на одном из двух (или трех).

УА в капиталистических странах зависит от национального дохода на душу населения. На рис. I показана зависимость УА от национального дохода в долларах в I980 г. по данным 42 стран [I0, с. 59; II]. УА повышается интенсивно при увеличении национального дохода от 3000 до 5000 долларов. При дальнейшем увеличении национального дохода автомобильный парк увеличивается менее интенсивно, в основном за счет появления второго или третьего легкового автомобиля в семье. При национальном доходе ниже 3000 долларов в год трудно скопить деньги для покупки автомобиля.

Довольно подробный анализ роста УА в капиталистических странах содержится в статьях Дж. Таннера и С. Диви [I0,I2].

С. Диви доказал, что при росте УА относительная разница в сравнении со средним УА данного региона или группы государств уменьшается. Для статистического анализа тенденций развития УА рассчитан ряд показателей вариационного ряда, состоящего из показателей УА для 14 европейских стран с 1960 по 1982 гг. (таблица I).

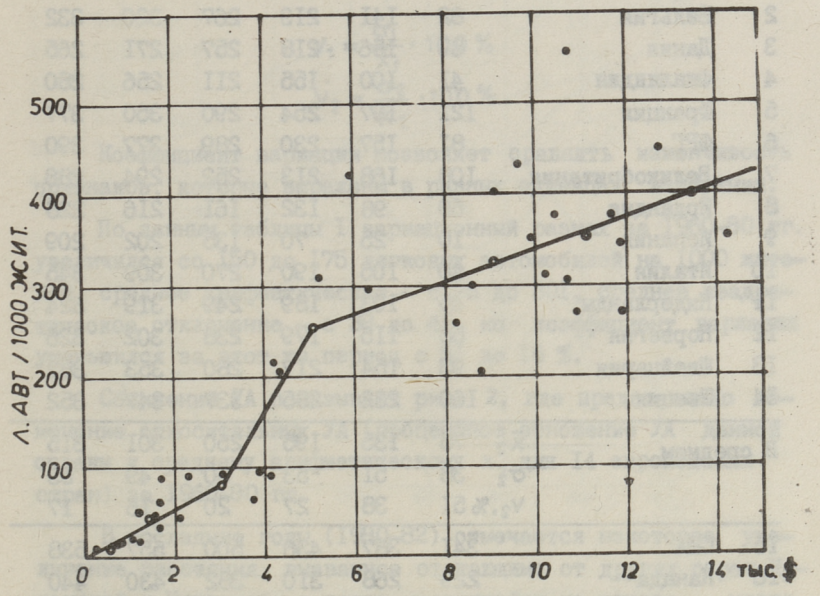


Рис. 1. Зависимость УА от национального дохода на душу населения в долларах в 1980 г.

Вариационный размах (R) или широта рассеяния представляет собой разность между экстремальными значениями вариационного ряда:

$$R = x_{max} - x_{min},$$

где x_{max} и x_{min} – наибольшее и наименьшее значение вариационного ряда;

R – величина неустойчивая, зависящая от случайных обстоятельств.

Размах не указывает, насколько велики отклонения вариантов УА друг от друга внутри этого промежутка.

Среднее арифметическое вычислено как взвешенная – $\bar{x}_1$ и невзвешенная величина – $\bar{x}_2$.

Таблица I

Развитие уровня автомобилизации за 1960–1982 гг.

№ п/п	Страна		Легковых автомобилей на 1000 жителей					
			1960	1965	1970	1975	1980	1982
1	Австрия		57	109	161	229	299	312
2	Бельгия		82	141	213	267	320	332
3	Дания		89	156	218	257	271	265
4	Финляндия		41	100	155	211	256	280
5	Франция		121	197	254	290	350	377
6	ФРГ		81	157	230	289	377	390
7	Великобритания		108	168	213	252	294	288
8	Ирландия		60	98	132	161	216	228
9	Испания		10	25	70	135	202	209
10	Италия		40	105	190	270	309	345
11	Нидерланды		45	103	189	249	319	324
12	Норвегия		58	115	179	238	302	326
13	Швейцария		93	154	217	280	353	382
14	Швеция		160	232	285	337	347	352
В среднем		$\bar{x}_2$	75	135	195	250	301	315
		σ_2	38	51	53	50	49	53
		v_2,%	51	38	27	20	16	17
15	США		341	387	436	500	557	538
16	Канада		229	268	310	382	430	440
17	Япония		5	22	85	154	203	215
18	Австралия		197	254	312	364	403	422
19	Новая Зеландия		218	272	317	371	424	426

Составлено по [10, с. 59] и [13, с. 467].

Среднее квадратическое отклонение (σ) представляет собой меру изменчивости и вычисляется как среднее квадратическое отклонение вариантов от их среднего арифметического:

$$\sigma_1 = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x}_1)^2 M}{\sum M}} \quad \text{(взвешенное)}$$

$$\sigma_2 = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x}_2)^2}{n}} \quad \text{(невзвешенное)},$$

где M – статистический вес или частота;

n – объем совокупности.

Среднее квадратическое отклонение в таблице I показывает рассеяние УА в легковых автомобилях на 1000 жителей.

Коэффициент вариации (v) - относительная величина, представляющая собой процентное отношение среднего квадратического отклонения (σ) к среднему арифметическому ($\bar{x}$):

$$v_1 = \frac{\sigma_1}{\bar{x}_1} \cdot 100\,\%$$

$$v_2 = \frac{\sigma_2}{\bar{x}_2} \cdot 100\,\%.$$

Коэффициент вариации позволяет сравнить изменчивость признаков, которые выражены в разных единицах измерения.

По данным таблицы I вариационный размах за 1960-80 гг. увеличился со 150 до 175 легковых автомобилей на 1000 жителей, среднее арифметическое - с 75 до 301, среднее квадратическое отклонение - с 38 до 49, но коэффициент вариации уменьшился за этот же период с 51 до 16 %.

Сближение УА показывает рис. 2, где представлено изменение относительных УА (процентное отношение УА данной страны к среднему арифметическому x_2 для 14 европейских стран) за 1960-80 гг.

В последние годы (1980-82) отмечается некоторое увеличение рассеяния, вызванное отстающими от других стран Ирландией и Испанией, а также вырвавшейся на первое место ФРГ. Одновременно замедлился среднегодовой прирост УА, рассчитанный по пятилеткам (таблица 2). В девяти из рассматриваемых 14 стран прирост УА по сравнению с периодом 1970-80 гг. значительно уменьшился. Увеличение прироста УА отмечается в Канаде, Японии и Новой Зеландии, а в США, Дании и Великобритании УА даже уменьшился. Если за 1960-75 гг. среднее квадратическое отклонение и коэффициент вариации среднегодового прироста УА постепенно уменьшились, то после 1975 г. они увеличиваются.

В отдельных странах отмечается стабилизация или некоторое уменьшение УА. Этот процесс происходит при разных УА, например, в Дании при 270-280, Великобритании 290-300, Швеции 340-350 и США 540-560 легковых автомобилей на 1000 жителей. Но пока рано судить, является ли стабилизация УА в приведенных странах окончательным или временным явлением.

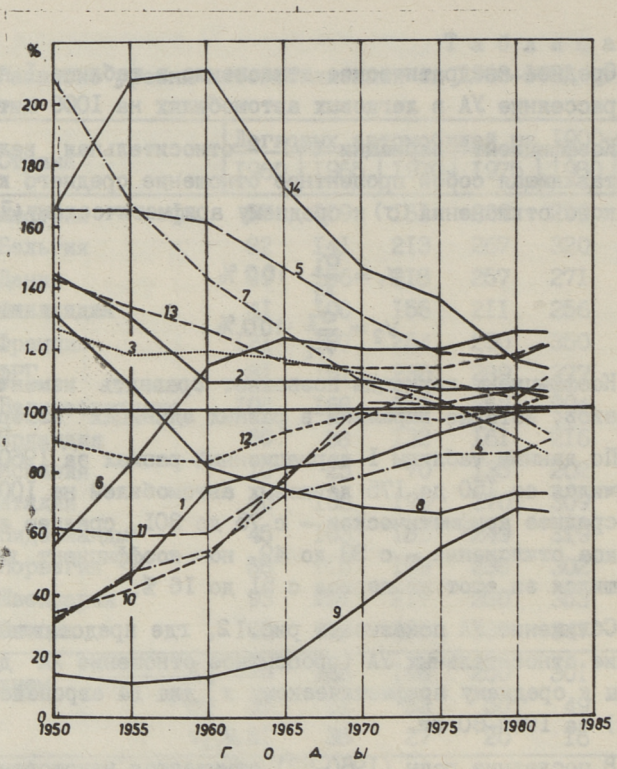


Рис. 2. Изменение относительного УА (процентное отношение УА данной страны к среднему арифметическому 14 европейских стран) за 1960-80 гг. Номера на линиях соответствуют порядковым номерам стран в таблице 1.

При увеличении УА все большая доля новых легковых автомобилей будет заменять выбывшие из эксплуатации автомобили. Наглядно это показано на рис. 3. Между долей годовой продажи новых автомобилей, которые увеличивают УА, и величиной УА существует довольно тесная корреляционная связь.

Переходя к проблемам автомобилизации в СССР следует ответить на вопрос, насколько далеко может зайти социально-экономическая дифференциация населения социалистического города, имеющего и не имеющего личного автомобиля. По мнению Баранова А.В. [I, с. I53] социально-экономическая дифференциация, возникающая на основе личного трудолюбия и способностей, т.е. не превышающая того, чего может достичь средний человек в течение жизни, не является чрезмерной и до-

Таблица 2

Годовой прирост уровня автомобилизации по пятилеткам

№ п/п	Страна	Легковых автомобилей на 1000 жителей				
		1960–1965	1965–1970	1970–1975	1975–1980	1980–1982
1	Австрия	10,4	10,4	13,6	14,0	6,5
2	Бельгия	11,8	14,4	10,8	10,6	6,0
3	Дания	13,4	12,4	7,8	2,8	-3,0
4	Финляндия	11,8	11,0	11,2	9,0	12,0
5	Франция	15,2	11,4	7,2	12,0	13,5
6	ФРГ	15,2	14,6	11,8	17,6	6,5
7	Великобритания	12,0	9,0	7,8	8,4	-3,0
8	Ирландия	7,6	6,8	5,8	11,0	6,0
9	Испания	3,0	9,0	13,0	13,4	3,5
10	Италия	13,0	17,0	16,0	7,8	17,0
11	Нидерланды	11,6	17,2	12,0	14,0	2,5
12	Норвегия	11,4	12,8	11,8	12,8	12,0
13	Швейцария	12,2	12,6	12,6	14,6	14,5
14.	Швеция	14,4	10,6	10,4	2,0	2,5
15	США	9,2	9,8	12,8	11,4	-3,8
16	Канада	7,8	8,4	14,4	9,6	5,0
17	Япония	3,4	12,6	13,8	9,8	6,0
18	Австралия	11,4	11,6	10,4	7,8	9,5
19	Новая Зеландия	10,8	9,0	10,8	10,6	1,0
	$\bar{x}_2$	10,8	11,6	11,3	10,5	6,0
	σ_2	3,3	2,7	2,6	3,7	5,8
	v_2, %	31	24	23	35	96

пускается принципами социализма. Приобретение личных автомобилей экономически оправдано как фактор привлечения свободных средств населения для решения одной из проблем инфраструктуры.

Член-корреспондент АН СССР Д.П. Великанов [2] находит, что насыщение легковыми автомобилями СССР в перспективе должно обеспечить полное удовлетворение потребностей всего населения. Но необходимо, чтобы заблаговременно были созданы все условия, которые сводили бы потребность в легковых автомобилях к минимуму. Тогда насыщение ими будет ста-

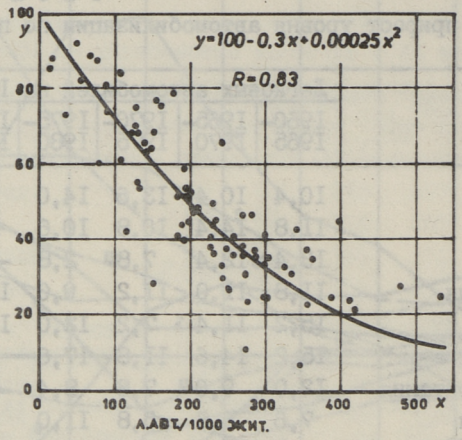


Рис. 3. Зависимость доли годовой продажи новых легковых автомобилей от УА (в %).

билизировано на разумном уровне. Основную роль при этом должно сыграть всемерное развитие общественного транспорта. Можно предположить, что в перспективе оптимальный уровень насыщения нашей страны легковыми автомобилями стабилизируется в среднем на величине около 230–250 единиц на 1000 жителей. Этот уровень будет различным для маленьких и крупных городов и сельской местности. Также он будет различным для разных географических районов страны в зависимости от природных и климатических особенностей. Названный выше оптимальный уровень около 250 единиц будет достигнут за пределами текущего столетия.

По СНиП II–60–75 "Планировка и застройка городов, поселков и сельских населенных пунктов" [3] УА на расчетный срок генерального плана (20 лет) принимается равным 150–180 легковых автомобилей на 1000 жителей. Допускается уменьшение или увеличение УА в зависимости от местных условий, но не более чем на 20 %.

Пособие по размещению автостоянок, гаражей и предприятий технического обслуживания легковых автомобилей в городах и других населенных пунктах [4, с. 10–13] предлагает на расчетный срок 90–120 легковых автомобилей на 1000 жителей, в т.ч. 85–110 индивидуальных легковых автомобилей, а УА 150–180 относится к перспективе, т.е. ко времени за преде-

лами расчетного срока генерального плана города. С учетом местных условий колебания УА могут быть дифференцированы на 20 % или от 68 до 132 индивидуальных легковых автомобилей на 1000 жителей к расчетному сроку. В 1985 году в Прибалтийских республиках уже был достигнут УА расчетного срока (см. таблицу 3).

Таблица 3

Развитие уровня автомобилизации в союзных республиках за 1967–1985 гг. и прогноз на 2005 г.

№ п/п	Союзные республики	Легковых автомобилей на 1000 жителей					
		1967	1970	1975	1980	1985	2005
1	РСФСР	4	6	15	30	45	99
2	Украинская	5	6	15	31	46	104
3	Белорусская	2	4	12	25	32	84
4	Узбекская	2	4	11	25	36	86
5	Казахская	4	6	14	28	37	89
6	Грузинская	9	11	24	48	67	135
7	Азербайджанская	4	6	14	24	29	67
8	Литовская	7	11	32	68	96	192
9	Молдавская	2	3	10	22	32	76
10	Латвийская	11	13	31	61	83	161
11	Киргизская	4	5	13	25	32	76
12	Таджикская	3	4	10	22	32	76
13	Армянская	6	10	23	40	52	112
14	Туркменская	3	4	14	31	43	103
15	Эстонская	13	20	47	79	111	217
	$\bar{x}_1$	4	6	15	31	45	–
	σ_1	1,5	1,8	4,1	7,4	10,3	–
	v_1, %	38	30	27	24	23	–
	$\bar{x}_2$	5	8	19	37	52	112
	σ_2	3,3	4,5	10,2	17,7	24,7	43,6
	v_2, %	66	56	53	48	47	39

Составлено по [5, с. 184].

Размах вариации УА среди союзных республик увеличился с 11 в 1967 до 82 легковых автомобилей на 1000 жителей в 1985 г. Значительные различия указывают на необходимость изучать существующие тенденции, чтобы обоснованно прогнозировать перспективный УА для разных республик и городов.

Методика прогнозирования УА на ближайшую перспективу (10–15 лет) была разработана И.О. Пихлаком [6, 7] в зависимости от продажи легковых автомобилей населению, среднего размера семьи, ее сбережений, климатических условий и плотности дорожной сети.

В таблице 3 представлен рост УА в 1967–85 гг. и прогноз на 2005 г. по союзным республикам.

За период 1967–85 гг. среднее квадратическое отклонение УА, рассчитанное по двум методам, постоянно увеличива-

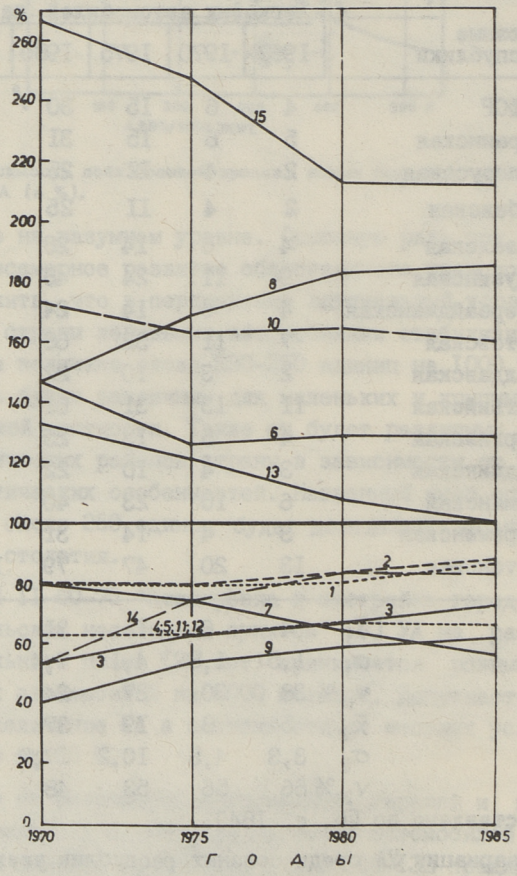


Рис. 4. Изменение относительного УА (процентное отношение УА данной республики к среднему арифметическому 15 республик) за 1970–85 гг. Номера на линиях соответствуют порядковым номерам республик в таблице 3.

лось, а коэффициент вариации постоянно уменьшался, указывая на сходимость относительного УА. На рис. 4 представлено сближение относительных УА в союзных республиках на 1970-85 гг.

В пяти республиках - Эстонии, Литве, Латвии, Грузии и Армении УА выше, в остальных десяти республиках - ниже среднего значения по СССР. В течение десятой пятилетки (1975-80 гг.) сходимость УА затормозилась. Это может быть частично вызвано распространением свободной продажи некоторых марок легковых автомобилей.

При составлении прогноза на 2005 г. учтены среднегодовые приросты УА (таблица 4), гипотеза С. Диви об уменьшении коэффициента вариации при увеличении УА, увеличение списания старых легковых автомобилей и ежегодная продажа населению примерно 0,9-1,0 миллиона новых легковых автомобилей. По прогнозу коэффициент вариации уменьшится с 47 % в 1985 г. до 39 % в 2005 г. Примерно такое же уменьшение коэффициента вариации наблюдалось в рассмотренных европейских странах в начале шестидесятых годов при росте среднего УА от 52 до 112 легковых автомобилей на 1000 жителей.

На рис. 4 показано изменение относительного УА за 1970-85 гг. Данные некоторых среднеазиатских республик показаны единой линией, так как процесс автомобилизации в них происходит примерно одинаково. В этих республиках и в Азербайджане показатели относительного УА рассеиваются от среднего значения.

Большинство предметов длительного пользования, таких как квартира, мебель, телевизор, легковой автомобиль и другие являются предметами не индивидуального, а семейного пользования. Поэтому УА можно выразить и количеством легковых автомобилей на 1000 жителей.

По данным переписи населения в 1979 г. [8, с. 225] средний размер семьи (без учета одиночек) в союзных республиках колебался в широких пределах при среднем значении по СССР 3,5: Эстония, Латвия - 3,1, РСФСР, Украина, Белоруссия, Литва - 3,3, Молдавия - 3,4, Грузия - 4,0, Казахстан - 4,1, Киргизия - 4,6, Армения - 4,7, Азербайджан - 5,1, Узбекистан, Туркмения - 5,5, Таджикистан - 5,7. Соответственно на 1000 жителей приходится в Эстонии 323, а в Таджикистане 175 семей.

Таблица 4

Среднегодовой прирост уровня автомобилизации по пятилеткам в союзных республиках

№ п/п	Союзные республики	Легковых автомобилей на 1000 жителей			
		1967–70	1970–75	1975–80	1980–85
1	РСФСР	0,7	1,8	3,0	3,0
2	Украинская	0,3	1,8	3,2	3,0
3	Белорусская	0,7	1,6	2,6	2,6
4	Узбекская	0,7	1,4	2,8	2,2
5	Казахская	0,7	1,6	2,8	2,2
6	Грузинская	0,7	2,6	4,8	3,8
7	Азербайджанская	0,7	1,6	2,0	1,0
8	Литовская	1,3	4,2	7,2	5,6
9	Молдавская	0,3	1,4	2,4	2,0
10	Латвийская	0,7	3,6	6,0	4,4
11	Киргизская	0,3	1,6	2,4	1,4
12	Таджикская	0,3	1,2	2,4	2,0
13	Армянская	1,3	2,6	3,4	2,4
14	Туркменская	0,3	2,0	3,4	2,4
15	Эстонская	2,3	5,4	6,4	6,4
	$\bar{x}_1$	0,7	1,8	3,2	2,8
	$\bar{x}_2$	1,0	2,2	3,6	3,0
	σ_2	0,57	1,17	1,62	1,45
	v_2,%	57	53	45	48

В таблице 5 приведено количество легковых автомобилей на 1000 семей. Рассчитанный по данным 15 республик коэффициент вариации v_2 меньше, чем при измерении УА в легковых автомобилях на 1000 жителей (соответственно 34 и 47 % в 1985 году).

На рис. 5 показано изменение относительного УА за 1970–85 гг. В союзных республиках, исходя из данных таблицы 5, характер сходимости иной по сравнению с рис. 4. В Туркмении относительный УА выше среднего, показатели Узбекистана и Таджикистана сходятся довольно хорошо, рассеиваются данные Казахстана и Киргизии.

По прогнозу к 2005 г. (таблица 3) в пределах УА, предлагаемого в пособии [4] к расчетному сроку – 68–132 легко-

Таблица 5

Развитие уровня автомобилизации в союзных республиках за 1967–1985 гг.

№ п/п	Союзные республики	Легковых автомобилей на 1000 семей				
		1967	1970	1975	1980	1985
1	РСФСР	14	21	51	99	149
2	Украинская	17	20	50	102	152
3	Белорусская	7	14	41	83	125
4	Узбекская	11	21	59	138	198
5	Казахская	17	26	60	115	152
6	Грузинская	37	45	97	192	268
7	Азербайджанская	20	31	71	122	148
8	Литовская	24	37	107	224	317
9	Молдавская	8	11	36	75	109
10	Латвийская	35	42	98	189	257
11	Киргизская	18	23	60	115	147
12	Таджикская	16	22	56	125	182
13	Армянская	30	50	112	128	244
14	Туркменская	16	21	75	171	237
15	Эстонская	40	62	146	245	344
	$\bar{x}_1$	15	22	54	109	156
	σ_1	5	7	15	28	36
	v_1,%	35	31	27	25	23
	$\bar{x}_2$	21	30	75	146	202
	σ_2	10	14	30	51	70
	v_2,%	48	47	40	35	34

Составлено по[5, с. 184], [8, с. 200].

вых автомобилей на 1000 жителей, по всей вероятности окажутся десять республик. Максимальное значение УА, допустимое пособием (132/1000), будет превышено в Грузии на 3, Латвии на 29, Литве на 60 и Эстонии на 85 легковых автомобилей на 1000 жителей.

Очевидно пределы колебания УА в зависимости от местных условий $\pm$20 % слишком узкие. Прогнозы, составленные по методикам [6, 7, 4, с. 73–76], дают более дифференцированные результаты, лучше учитывающие местные условия.

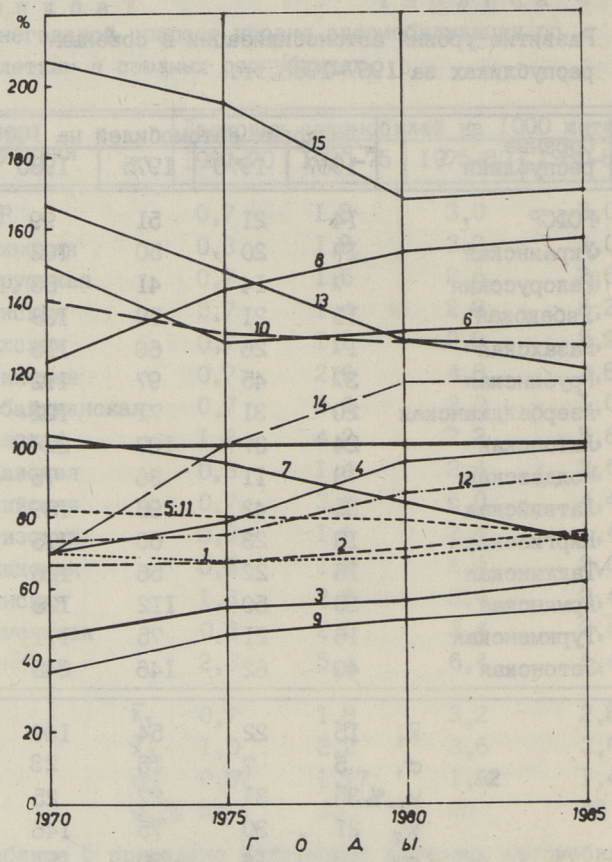


Рис. 5. Изменение относительного УА, за 1970–85 гг. Номера на линиях соответствуют порядковым номерам республик в таблице 5.

От точности определения УА во многом зависит обоснование и строительство магистральных улиц и дорог, пересечений в разных уровнях, станций технического обслуживания, автозаправочных станций, мотелей, кэмпингов, гаражей, а также развитие общественных видов транспорта.

Литература

I. Баранов Н.В. Социально-демографическое развитие крупного города. М., Финансы и статистика, 1981.

2. Великанов Д.П. Будущее автомобильного транспорта. М., Знание, Серия Транспорт, 1972, № 12.

3. СНиП II-60-75. Планировка и застройка городов, поселков и сельских населенных пунктов. М., 1984.

4. Киев НИИП градостроительства. Пособие по размещению автостоянок, гаражей и предприятий технического обслуживания легковых автомобилей в городах и других населенных пунктах. М., 1984.

5. Аррак А. Развитие и эффективность пассажирских перевозок. Таллин, Ээсти раамат, 1984.

6. Пихлак И.О. Об определении уровня автомобилизации на ближайшую перспективу (10-15 лет). - Тр. Таллинск. политехн. ин-та, 1977, № 430.

7. Пихлак И.О. Методика прогнозирования уровня автомобилизации в городах. - Тр. Таллинск. политехн. ин-та, 1982, № 528.

8. ЦСУ СССР. Численность и состав населения СССР. По данным всесоюзной переписи населения 1979 года. М., Финансы и статистика, 1985.

9. Down A. The automotive population explosion. - Traffic Quarterly, 1979, N 3.

10. Tanner J.C. International comparisons of cars and car usage. - TRRL Laboratory Report 1070, Crowthorne, 1983.

11. National Geographic. Atlas of the world. Washington, D.C., 1981.

12. Divey S.T. Regional and rational convergence to common car ownership levels. - TRRL Supplementary Report 463, Crowthorne, 1979.

13. Suomen tilastollinen vuoskirja 1984. Helsinki, 1985.

T. Metsvahi, I. Pihlak

Growth Rates Tendencies of Car Ownership Levels

Abstract

The paper examines car ownership in various countries and republics of the Soviet Union, giving evidence over the periods between 1950 - 1982 and between 1970 - 1985 of convergence towards the mean level. Differences between the level of ownership and growth rates in European capitalist developed countries and in Soviet republics are compared over this period.

It is found that convergence appears in European countries and in Soviet republics in varying degrees, but in the last period we can notice a tendency to dispersion in all groups.

Soviet republics show greater differences in ownership than European countries. One of the most important reasons of the differences between the levels of car ownership per 1000 persons is the various size of a family. For example, in Estonia the average size of a family is 3.1 persons and in Tajikistan 5.5, where the levels of car ownership are 111 and 3.2 cars per 1000 persons, respectively, but 344 and 182 cars per 1000 households.

Dispersion of the car ownership levels is accidental. It is suggested that as ownership rises in all parts of the world, further convergence will occur, but for most areas uniform level is not imminent.

№ 616

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED

ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

УДК 625.721.2+656.13.08

И.А. Росте, В.М. Сегеркранц

ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕШЕХОДНОГО ДВИЖЕНИЯ

Основным видом передвижения в городах является пешеходное движение. В крупных городах около 45–65 % от общей затраты времени на движение приходит на долю пешеходов [5]. Примерно 90 % всех повседневно-бытовых, 75 % школьных и 50 % трудовых передвижений совершают пешком [6]. Общий километраж пешеходных передвижений не меньше пробега легковых автомашин. Однако в городских сложных условиях пешеходное движение связано с большим риском. По данным 1967–69 гг. в Хельсинки на 650 000 км передвижения пешком происходит один наезд на пешехода. Рассчитано, что каждый тридцатый житель за свою жизнь становится жертвой ДТП [5]. Риск попасть в аварию у пешеходов в 13 раз больше, чем у пассажиров, использующих общественный транспорт и в 2–4 раза больше, чем у пассажиров, использующих легковые автомобили. Относительная тяжесть последствий (коэффициент участника) у пешеходов в 1,2–1,7 раза выше, чем у пассажиров и водителей [4].

В расчете на 100 км протяженности улиц в городах происходит в 5 раз больше ДТП, чем на дорогах. Это обусловлено повышением степени сложности условий движения и серьезными затруднениями в пространственно-временном разделении транспортных и пешеходных потоков при их высоких интенсивностях. В крупных и крупнейших городах СССР (5,8 % всех городов) проживает 45,7 % всего городского населения и происходит 64,8 % из всех ДТП [4]. Превалирующее место в населенных пунктах занимают наезды на пешехода: В Москве – 65 % [2], в республиканских областных центрах – 56,1 %, в других городах – 45,3 % и в населенных пунктах – 40,3 % [1, 3]. В ряде Западно-Европейских стран с развитой дорожно-транспортной системой этот показатель намного меньше: 12,5 – 25 % [1]. Доля наездов на пешехода тем выше, чем больше численность городского населения.

На примере г. Таллина (1980–82) произведен анализ причин аварийности пешеходов. Хотя за последние десять лет (1975–84) количество автотранспортных средств возросло в 1,8 и численность населения в 1,2 раза, количество учетных и тяжелых ДТП стабилизировалось на уровне семидесятых годов. В среднем за один год в Таллине происходит 280 наездов на пешеходов (33,6 % из всех ДТП), в результате которых погибает 30 человек (73,2 % от общего количества погибших) и получают ранения 260 (52,4 %) пешеходов.

В сложной системе городского движения в особо трудном положении оказываются лица с малыми психофизиологическими способностями: дети, пожилые люди и нетрезвые пешеходы. За восемь лет доля детей (младше 14 лет), пострадавших в наездах на пешеходов возросла от 14 до 23,5 % (табл. 1). Пожилые люди (старше 60 лет) составляют 20 % от всех жертв и 40 % от погибших пешеходов. В последние годы участились наезды на нетрезвых пешеходов. Количество наездов на трезвых взрослых пешеходов постоянно уменьшается. Это свидетельствует о том, что внедренные мероприятия по организации движения рассчитаны на среднего участника движения и мало учитывают особенности пешеходов разных групп. Среди пострадавших доля детей и пожилых людей превышает в 1,3–1,4 раза их долю в населении; в г. Лахти, например, в 2 раза [6]. В отдельных городских районах состав пострадавших пешеходов различен: в старых жилых районах среди пострадавших больше пожилых людей, в новых районах – больше детей. Это указывает на недостатки планирования и проектирования новых жилых районов. На жилых улицах с малой интенсивностью автотранспорта основными жертвами являются дети – 30,6 %, на внутриквартальных дорогах в новых микрорайонах – 80 %. По данным Беннетта в жилых районах английских городов 48 % жертв ДТП составляют дети; 84 % из них попали в аварию на расстоянии в 800 метрах от дома [8]. Особую опасность представляют стоящие между зданиями транспортные средства и недостаточная удаленность проезжих путей от зданий – т.е. ограниченная видимость, способствующая внезапному появлению детей на проезжую часть дороги.

В центре города жертвами наездов оказались в основном взрослые и пожилые пешеходы. Среди пострадавших в центре города доля детей в 2–3 раза меньше, чем в жилых районах. Также

мало наездов на пьяных пешеходов. Количество пострадавших в наездах пьяных пешеходов возрастает с удалением от центра и приближением к пунктам продажи алкогольных напитков.

Таблица I

Состав пострадавших пешеходов в процентах (1980-82)

		Дети	Пожилые	Пьяные	Взрослые
I	В среднем	23,5	I9,9	I7,9	38,7
2	По месту происшествия				
	- при переходе улиц	25,5	20,4	I6,5	37,5
	- на тротуаре	7,7	I5,4	-	76,9
	- на вылетных магистралях	-	I2,9	6I,3	25,8
3	По времени суток				
	- в светлое время	32,I	24,0	I0,7	33,2
	- в темное время	II,9	II,0	3I,2	45,9
4	По городским районам				
	- в центре	II,3	26,6	I2,6	49,4
	- на магистралях в новых и смешанных районах	30,4	I6,6	I8,0	35,0
	- на магистралях в старых районах	22,3	22,2	I3,7	4I,8
	- на магистралях в районах индивидуальной застройки	24,2	23,2	20,2	32,3
5	На внутриквартальных дорогах новых районов	80,0	I3,3	6,7	-
	- на жилых улицах других районов	30,3	25,8	I2,I	3I,8

Самыми тяжелыми последствиями оканчиваются наезды на пожилых пешеходов. Количество раненых на одного погибшего пешехода:

в среднем - 8,5,
пожилых - 3,3,
взрослых - 9,3,
пьяных - I4,4,
детей - 22,8.

Ввиду неблагоприятых метеорологических условий в конце года за 4 месяца происходит 43 % из всех наездов на пешехода (рис. I)

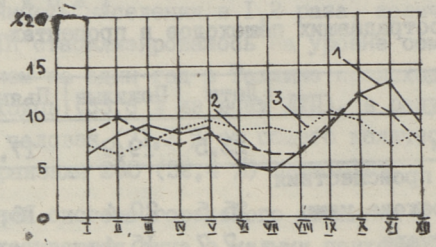


Рис. 1. Распределение наездов на пешехода по месяцам
1 – Таллин, 2 – Хельсинки [5], 3 – города СССР [1].

Для сравнения на рис. I и 2 приведено распределение наездов в г. Хельсинки [5] и в среднем по городам СССР [I, 2].

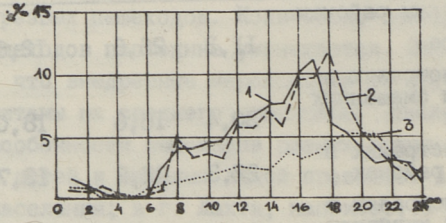


Рис. 2. Суточное распределение наездов на пешехода.
1 – Таллин, 2 – Хельсинки [5], 3 – города СССР [2].

В Таллине самыми опасными месяцами являются октябрь и ноябрь, в июне – июле происходит 2,5–3 раза меньше наездов. В Хельсинки установлена связь между количеством наездов и температурой воздуха: 37 % ДТП происходит при температуре от –2 до +7 градусов [5].

Резкие колебания интенсивности пешеходного движения прямо сказываются и на количестве ДТП с ними. Наибольшее количество ДТП приходится на вечерний час пик с I7.00 до I8.00 – II,7 %. На утренний час пик с 7.00 до 8.00 – 5,0 % (рис. 2). В центре города часы пик с I2.00 до I3.00 (I5,I %) и с I7.00 до I8.00 (I3,7 %). В часы пик ДТП случаются в основном с детьми и взрослыми. В среднем взрослые составляют 37,5 % из жертв в наездах на пешеходов, во время утрен-

него пика в жилых районах и вечернего пика в центре города их доля в 2 раза выше - 78 %. В период с I5 до I9 часов происходит 39 % из всех наездов и 49 % из наездов на детей. Вечерние часы суток характеризуются затрудненными условиями видимости пешеходов водителями транспортных средств. Из-за ограниченной видимости и ослепления водителей вероятность наезда на пешехода в темное время суток примерно вдвойне больше. Если в светлое время с I8 до I9 часов за один месяц происходит I,2 наезда, то в темное время - 2,5. Немаловажную роль имеет факт, что по зажженным фарам пешеходы не умеют правильно оценивать расстояние и скорость приближающегося автомобиля. В темное время суток происходит 29 % из всех наездов. В Хельсинки этот показатель 27 %. В темное время совершается лишь I0-I5 % передвижений [5].

Для анализа причин аварийности пешеходов ДТП сгруппированы по характеру и месту происшествия (табл. 2).

Таблица 2

Наезды на пешехода (I980-82)

	Вид	Количество	%
I	При переходе улиц и дорог, в том числе	744	85,2
	- магистралей и главных улиц	656	75,I
	- внутриквартальных и жилых улиц	88	I0,I
П	По другим причинам, в том числе	I29	I4,8
	- на тротуаре	39	4,5
	- на вылетных магистралях	3I	3,6
	- падение (пьяного 6I %) пешехода	I8	2,I
	- при движении задним ходом	I6	I,8
	- на трамвайных путях	9	I,0
	- прочие	I6	I,8
	Всего	873	I00,0

С точки зрения организации движения наибольший интерес представляют ДТП первой группы. Некоторые выводы можно сделать и по ДТП второй группы. Самое интересное, что тротуары не гарантируют полную безопасность пешеходам. Особенно опасными являются тротуары вблизи перекрестков и подъездов, в зонах остановок общественного транспорта и пеше-

ходных переходов. Основные причины: выезд с проезжей части для предотвращения столкновения или наезда – 23 %; выполнение поворотного маневра – 26 %; занос автомобиля от большой скорости или при торможении – 31 %; технические неисправности автомобиля – 20 %. Жертвами являются в основном трудоспособные молодые люди (табл. I), около подъездов на внутриквартальной территории – пожилые люди. Для предотвращения этих наездов необходимо отделять тротуары от проезжей части защитной полосой; для общественного транспорта строить остановки в карманах или бухтах; увеличивать радиусы правых поворотов.

В последние годы с ростом города Таллина участились наезды на неосвещенных вылетных магистралях, на которых, как правило, отсутствуют пешеходные дорожки или тротуары. 74 % наездов случилось в темное время (68 % – после 19 часов). Столько же ДТП случилось в ненастную погоду, при мокром и скользком покрытии. Многие пешеходы находились в нетрезвом состоянии (табл. I) 52 % наездов случилось в зонах остановок автобусов, 77 % наездов совершено на пешехода, переходящего дорогу. Ввиду большой скорости высока смертность пострадавших – 39 %. Для уменьшения наездов на вылетных магистралях необходимо создать сеть освещения на них; построить тротуары, пешеходные и велодорожки; оборудовать остановки автобусов в соответствии с современными требованиями; не допускать повышенной скорости движения.

Для городов характерная концентрация значительной части наездов на пешехода на ограниченном числе магистралей, а в пределах магистралей – на ее отдельных элементах. Из всех зарегистрированных в 1980–82 гг. в ГАИ г. Таллина наездов на пешехода 85 % связаны с прямыми конфликтами между пешеходными и транспортными потоками. Из них 88 % произошли при переходе через магистральные улицы, длина которых составляет лишь 11 % от общей длины улично-дорожной сети. По данным городов СССР 65 % наездов приходит на 10 % дорожно-транспортной сети [3]. При этом относительная опасность магистрали общегородского значения в 2–3 раза больше магистралей районного значения. Местные улицы (относительная опасность которых 0,25–0,35) примерно в 20 раз менее опасны, чем магистральные улицы.

В среднем по Таллину на каждый километр магистрали приходится 2,2 наезда, в центральной части и в районах со старой застройкой 3–4, на отдельных участках 5–10 наездов на пешехода в год.

Как видно из рис. 3, относительно опасные участки образуют меньше четверти всей магистральной сети. Очень опасными местами для пешеходов являются участки радиальных магистралей с высокой интенсивностью и с низкой степенью организации движения. Этим участкам характерна сплошная застройка зданиями культурно-бытового и торгового назначения. В ближайшие годы предусмотрена реконструкция этих участков.

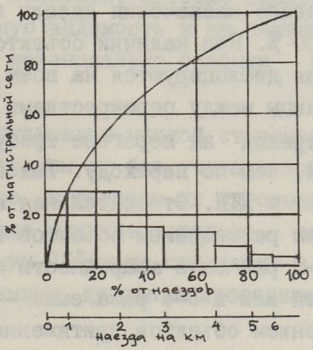


Рис. 3. Распределение участков магистральной сети по относительной опасности.

На относительную опасность оказывает большее влияние характер планировки и застройки магистрали, чем скорость и интенсивность движения [3].

Таблица 3

Распределение наездов по элементам магистрали (в % от наездов на магистралях 1980–82 гг.)

		Дети	Пожилые	Пьяные	Взрослые	Общее
1	На нерегулируемых переходах	21,0	38,9	10,1	29,6	25,3
2	На регулируемых переходах	7,6	5,3	6,2	7,4	6,9
	при запрещающем сигнале	4,4	5,3	6,2	5,4	5,5
3	На регулируемых перекрестках	7,6	9,7	4,7	3,9	5,9
	при запрещающем сигнале	7,0	7,1	4,7	1,9	4,4
4	На нерегулируемых перекрестках	14,0	18,6	24,8	18,3	18,6
5	На перегонах улиц	49,7	27,4	54,3	40,8	43,3
6	В зонах остановок общественного транспорта					60,4

Самыми распространенными объектами притяжения пешеходов являются остановки общественного транспорта (ООТ). Нами установлена тесная связь между частотой ООТ и относительной аварийности пешеходов [9]. При отсутствии строений торгового назначения наезды концентрируются в зонах ООТ - 90-100 %. При наличии объектов притяжения пешеходов происшествия дислоцируются на всем участке. Пешеходы часто переходят улицы между перекрестками, вне пешеходных переходов, так как переход на перегоне требует в несколько раз меньше времени, чем по переходу. Такое поведение пешеходов часто приводит к ДТП. Относительная аварийность на улицах с двусторонним размещением объектов притяжения и ООТ с обеих сторон в 4-8 раз выше аварийности на улицах с односторонней застройкой или в 3-4 раза выше - на улицах с односторонним размещением объектов притяжения [3]. Основная "градостроительная" причина возникновения ДТП с пешеходами - это противоречие между "пешеходным" значением улицы как по застройке, так и транспортной функции, как магистрали.

Статистика показывает, что большинство нарушений ПДД пешеходами связано со спешкой на общественный транспорт. Обдуманное размещение ООТ в улично-дорожной сети, создание удобных условий для пересадки, сооружение внеуличных бухт и карманов и современное оборудование ООТ - это основной резерв для формирования пешеходных потоков и направления их на безопасные пути, тем самым для снижения аварийности пешеходов. Особенно трудным представляется решение этих проблем в центральных и старых районах при нехватке достаточности территории.

Острым вопросом в организации движения является обеспечение безопасности на нерегулируемых переходах типа "зебра". На некоторых магистральных улицах произошло до 60 % наездов в зонах нерегулируемых переходов. За три года совершено наездов примерно на каждом втором переходе - всего на 78 переходах, в среднем 0,7 наезда в год. Особо опасными следует считать 7 переходов, где регулярно каждый год происходит 1-3 наезда (26 %). К настоящему времени из них 5 переходов переведены на светофорное регулирование.

Нужная информация о пешеходах воспринимается и перерабатывается водителем в недостаточном количестве, поскольк-

ку дорожные ситуации быстро меняются. В зависимости от сложности ситуации на переходе для этого требуется до 2-3 секунд [10]. Наблюдения за режимами скоростей показали, что лишь 20 % автомобилей останавливаются перед переходом и лишь 30-40 % уменьшают скорость. Водители, которые своевременно не реагируют на недостаточную видимость и не снижают соответственно скорости, создают потенциально опасную обстановку, часто приводящую к ДТП.

Малый авторитет переходов обусловлен низкой степенью обеспечения безопасности и размещением их без учета основных направлений движения пешеходов к фокусам их тяготения. 43 % наездов произошли при переходе улиц на перегоне вне пешеходных переходов. При нарушении ПДД чаще попадают в аварию дети и пьяные пешеходы. Самыми дисциплинированными являются пожилые пешеходы.

12 % от всех наездов произошли на переходах и перекрестках со светофорным регулированием. В большинстве случаев (77 %) виновными были сами пешеходы, переходящие проезжую часть при запрещающем сигнале светофора и только 17 % произошло при запрещающем сигнале для автомобилей.

В Хельсинки эти показатели такие же 7-8 и 16 % [7]. Переходить улицу по "зебрам" в 20 раз опаснее, чем по регулируемым переходам. Установкой светофорного регулирования можно уменьшить количество наездов на 95 %. В практике получено уменьшение на 0-70 %. Причинами наездов являются переход перед или за переходом и переход при запрещающем сигнале. В зависимости от обстановки 2-31 % пешеходов и 0,2-3,3 % транспортных средств нарушают требования сигналов сфетофора. Пешеходов дисциплинируют большая интенсивность движения пешеходов и транспортных средств. Рост количества нарушителей сопровождается увеличением длительности цикла регулирования.

Подавляющее число наездов на регулируемых переходах произошли в жилых районах. Всего случилось наездов на 16 переходах; особенно опасными из них являются 3 перехода, где каждый год происходит 2-3 наезда. 2 перехода из них работают в режиме самообслуживания; на третьем - разрешающий сигнал для пешеходов прерванный. Режимы светофорного регулирования необходимо проектировать так, чтобы при за-

прещающем сигнале для пешеходов на проезжей части проходил возможно плотный транспортный поток. Поэтому следует в часы пик и на магистралях с интенсивным движением преимущество давать автотранспорту, во всех остальных случаях - пешеходам.

На основании приведенного материала можно сделать следующие выводы:

I. Улучшение условий движения пешеходов является одним из основных резервов уменьшения аварийности и числа жертв от дорожного движения в городах. При этом особое значение имеет улучшение условий движения на магистральных улицах с застройкой в непосредственной близости к проезжей части, на остановках общественного транспорта, на переходах всех типов и организация движения в жилых зонах.

2. Так как среди жертв дорожного движения большую долю составляют дети и пожилые люди, необходимо проблемы организации движения в жилых районах решить с учетом этих групп населения. Повышение дисциплины на улицах может также снизить аварийность, особенно с пьяными пешеходами.

Литература

I. Буга П.Г., Шелков Ю.Д. Организация пешеходного движения в городах. М., Транспорт, 1980.

2. Буга П.Г. Пешеходное движение в городах. М., Стройиздат, 1979.

3. Ставничий Ю.А. Дорожно-транспортная сеть и безопасность движения пешеходов. М., Транспорт, 1984.

4. Романов А.Г. Дорожное движение в городах: закономерности и тенденции. М., Транспорт, 1984.

5. Helsingin kantakaupungin jalankulkututkimus. Helsingin kaupungin kaupunkisuunnitteluvirasto, 1971.

6. Kallinen E. Kevyen liikenteen suunnittelu Lahdesse.-Tie ja liikenne. 8, 1974. 346-347.

7. Kulmala R. Kadunylituksen aloittaminen punaista päin.-Tie ja liikenne. 5, 1983. 204-208.

8. Обеспечение безопасности пешеходного движения в городах (Доклады на XII международной неделе безопасности и организации движения в Белграде). Э.И. 16, 1975.

9. Р о с т е И.А. Влияние характера застройки на уровень аварийности. - В сб. тез. Всесоюзной н.-т. конф. "Пути снижения аварийности в СССР". Тбилиси, 1982.

10. Р о с т е И.А., С е г е р к р а н ц В.М. Информация водителя о пешеходах. - Тр. Таллинск. политехн. ин-та, 1980, № 486.

I. Roste, V. Segerkrantz

Pedestrian Traffic Organization Problems

Abstract

How to plan pedestrian traffic roads and how to guarantee their safety - that's the main issue examined in the present paper. An analysis has been done on the example of Tallinn, concerning road-transportation incidents in the years of 1980 - 1982. Main regularities have been established regarding the occurrence of clash situations and accidents among pedestrian and transport vehicles streams. Places of utmost danger for pedestrians have been made known. The consecutive order of ways for increasing the safety of pedestrians have been shown, as well as ways for eliminating shortcomings in traffic organization and for planning safe traffic roads.

№ 616

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED

ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

УДК 656.II.02I

Д.Э. Антов, Т.Х. Метсвахи

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТОКА ДВИЖЕНИЯ В РЕЖИМЕ "ГЛАВНАЯ ДОРОГА - ВТОРОСТЕПЕННАЯ ДОРОГА"

С каждым годом увеличивается доля регулируемых перекрестков в городах. Аналогично положение и в Таллине: если в 1975 году в Таллине имелось 22 регулируемого светофорами перекрестка, то на 1985 год это количество увеличилось до 70 (без регулируемых пешеходных переходов). В основном светофорами регулируется движение на перегруженных перекрестках. За последние годы реконструируются нерегулируемые и кольцевые пересечения на регулируемые перекрестки. Несмотря на уменьшение их количества на нерегулируемых перекрестках происходит примерно до 30 % из всех дорожно-транспортных происшествий. В таблице I приведено количество ДТП на регулируемых и нерегулируемых перекрестках и их доля во всех ДТП в городе Таллине. Можно отметить, что количество ДТП на нерегулируемых перекрестках превышает в 2-3 раза количество ДТП на регулируемых перекрестках.

Таблица I

Количество ДТП на перекрестках города Таллина

Год	Регулируемые перекрестки		Нерегулируемые перекрестки		Общее количество ДТП
	количество	%	количество	%	
1984	490	13,1	941	25,1	3749
1983	472	11,2	1310	31,0	4227
1980	288	8,0	1465	40,5	3613
1976	824	14,8	1704	41,0	4161
1975	806	21,4	1600	42,4	3772
1966	38	3,7	288	28	1026

На нерегулируемых перекрестках, несмотря на относительно небольшую перегруженность, вероятность возникновения конфликтной ситуации относительно большая. Этим можно объ-

яснить и результаты исследований, где утверждается слабая корреляция между суммарной интенсивностью движения и количеством разных типов конфликтных ситуаций (КС), однако количество КС коррелирует хорошо с количеством ДТП [1]. Можно объявить, что в среднем каждая 4000 КС реализуется ДТП и каждая 19000 КС реализуется тяжким дорожно-транспортным происшествием.

Вышесказанное свидетельствует о потребности изучать режим движения в системе главная дорога – второстепенная дорога для точного его моделирования, с целью прогнозирования вероятности возникновения опасных ситуаций, ведущих в результате к ДТП.

Во-первых, необходимо оценить временные интервалы между транспортными средствами (ТС). В литературных источниках можно найти достаточно материала о распределении интервалов в однорядном потоке движения [2, 3]. Обстоятельно рассмотрено включение ТС в поток движения после совершения правого поворота (выезда на главную магистраль) [3]. Такой маневр имеет большое значение и в нашей стране, но с точки зрения безопасности дорожного движения, на современном этапе и до конца столетия не уменьшится значение выезда с второстепенной дороги на главную с вызовом помех главному потоку. Поэтому представляет особый интерес распределение временных интервалов между ТС в многорядном потоке движения – суммарно по всей ширине улицы. Такая проблема рассматривается относительно редко.

Данная статья посвящается исследованию двухрядного движения. При свободных условиях движения (отсутствие светофоров) не оказывает влияния обстоятельство – или движение одностороннее или двухстороннее. Результаты исследования показывают, что поток движения можно разделить на три группы:

– свободно движущиеся автомобили – интервал времени между транспортными средствами превышает величину 3 с, что позволяет свободно изменить траекторию или полосу движения;

– следующие за лидером автомобили. Интервал времени меньше 3 с. (При некоторых обстоятельствах, особенно при двухстороннем движении, такое допущение является условным);

– автомобили, пересекающие линию исследования одновременно (интервал равен нулю).

Распределение автомобилей первой группы подчиняется закону экспоненциального распределения, а второй группы – закону распределения Эрланга к-го порядка [4]. К сожалению, содержатся в распределении, представленном Иносем и Хамадой, коэффициенты, которые должны быть определены экспериментально. Для рассматриваемого конкретного случая формула упрощена и введена в зависимость от важнейшего показателя – интенсивности движения. Формулы могут быть представлены в следующем виде

$$p(h)=\begin{cases} 0{,}000132\cdot N, & \text{если } h=0 \\ \varphi\cdot 0{,}12\cdot e^{-0{,}12\cdot h}+\varphi_1\cdot 1{,}85\cdot h^{3,6}e^{-2h}, & \text{если } h>0, \end{cases}$$

где $p(h)$ – плотность распределения интервалов ($h>0$) между автомобилями в потоке;

N – интенсивность движения, авт/час;

φ – доля свободно движущихся автомобилей;

φ_0 – доля автомобилей, интервал между которыми равен нулю $\varphi_0=p(h_0)$;

φ_1 – доля следующих за лидером автомобилей;

h – величина интервала, с.

Экспериментально определена и доля свободно движущихся автомобилей в потоке (φ) и введена в зависимость от интенсивности движения

$$\varphi = 0{,}75 - 0{,}00048\cdot N \qquad (3)$$

и

$$\varphi_1 = 0{,}25 + 0{,}00035\cdot N. \qquad (4)$$

Такое распределение может быть использовано в практических расчетах при свободных условиях движения, если интенсивность движения превышает 800 авт/час. Очевидно, распределение 2 не может отразить положение, которое существует при небольших интенсивностях движения. Это доказано и практическими исследованиями. Исследования, проводимые с использованием видеозаписи и микроЭВМ, дали возможность упростить закон распределения временных интервалов между транспортными средствами и составить обобщенную номограмму кумулятивных вероятностей временных интервалов (рис. I). На рис. 2 представлены результаты натурных исследований интер-

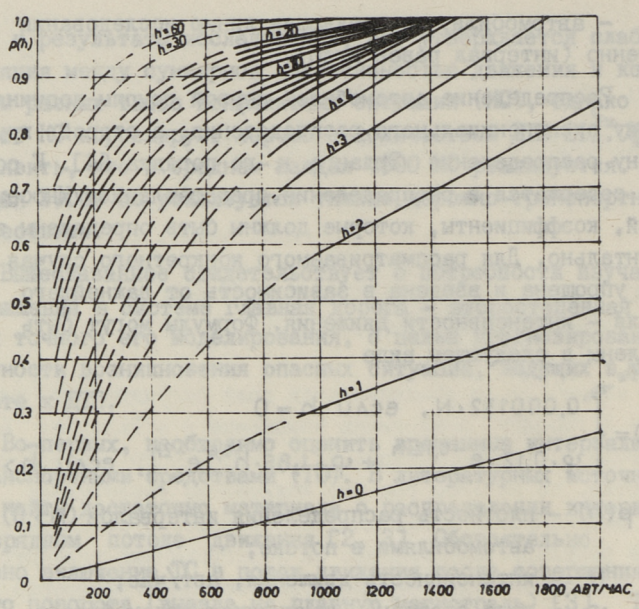


Рис. 1. Обобщенная номограмма распределения интервалов (на кривых, сек.). По вертикали – вероятность, возникновения интервала меньше чем h; по горизонтали – интенсивность движения (авт./час).

валов при разных интенсивностях движения и то же самое получаем теоретически по номограмме на рис. I. Так как совпадение натурных и теоретических результатов является достаточно близким, то можно сделать вывод о пригодности использования номограммы.

Однако, особенно в городских условиях такое распределение подходит к применению только при некоторых условиях:

– при условии свободного или неналаживаемого движения, т.е. если движение свободно от влияния регулируемых перекрестков, железнодорожных переездов и т.д.;

– при условии влияния светофоров, но если во время всех тактов рассматриваемое направление получает одинаковую нагрузку и если регулируемый перекресток находится не ближе чем 300 м.

Если рассматриваемое направление не получает постоянной нагрузки во время целого цикла, то возрастает количество небольших интервалов и интервалов, близких к суммарной

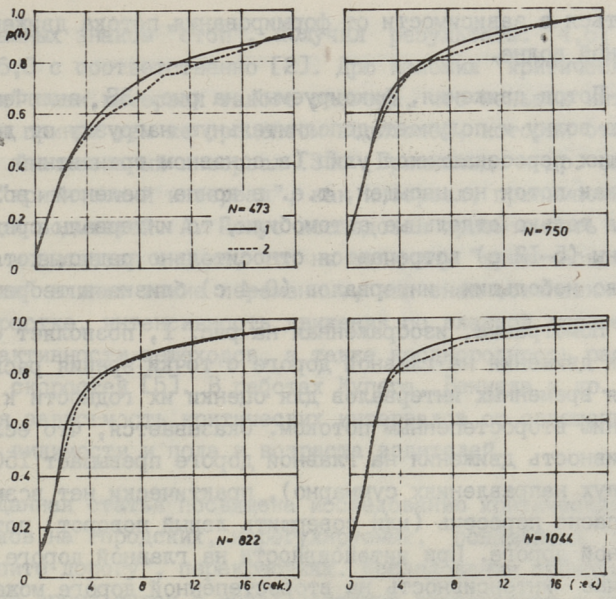


Рис. 2. Кумулятивное распределение интервалов свободного потока (1 – теоретическое; 2 – фактическое).

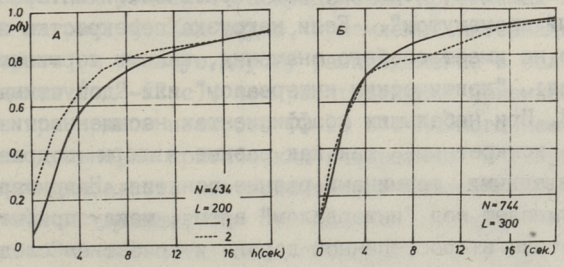


Рис. 3. Кумулятивное распределение интервалов (1 – теоретическое, 2 – фактическое, расстояние от перекрестки в м–х).

длительности тактов, не нагрузивших рассматриваемое направление (или нагрузивших незначительно). Вышесказанное иллюстрирует кумулятивными распределениями рис. 3А.

Если светофоры, оказывающие влияние на рассматриваемый разрез, включены в зеленую волну, обстановка опять может из-

мениться в зависимости от формирования потока движения в зеленой волне.

Поток движения, фиксируемый на рис. 3Б, включен в зеленую волну и получает дополнительную нагрузку от двух предыдущих пересекающихся улиц (в основном транзитный поток), Так как поток не насыщен, т.е. в конце зеленой волны движутся только отдельные автомобили, то интервалы средней величины (5–12 с) встречаются относительно редко, хотя количество небольших интервалов (0–4 с) близко к теоретическим.

Номограмма, изображенная на рис. I, позволяет оценить поток движения на главной дороге с точки зрения распределения временных интервалов для оценки их годности к использованию второстепенным потоком. Оказывается, что если интенсивность движения на главной дороге превышает 1500авт/час (в двух направлениях суммарно), практически нет возможности безопасно пересечь (или совершить левый поворот) поток на главной дороге. При интенсивности на главной дороге 1000 авт/час интенсивность на второстепенной дороге может достигать 500 авт/час.

Рассмотрим интервалы в главном потоке, приемлемые или отвергнутые движением второстепенного потока. При этом используются такие понятия, как "критический интервал" и "допустимый промежуток". Если нагрузка перекрестка значительная, то не имеет особого значения, какими терминами пользоваться: "критическим интервалом" или "допустимым промежутком". При небольших коэффициентах насыщенности необходимо быть конкретным, так как разные авторы подразумевают под названными терминами разные понятия. Например, М. Рафф подразумевает под "интервалом" время, между прибытием экипажа потока второстепенной дороги и прибытием следующего экипажа потока магистральной улицы, а под "промежутком" – промежуток времени между двумя следующими друг за другом экипажами по магистральной улице [2]. Здесь подразумевают под "интервалом" и вышеназванные "критические интервалы" и "допустимые промежутки", а приемлемые интервалы на 50 % обеспеченности названы "критическими".

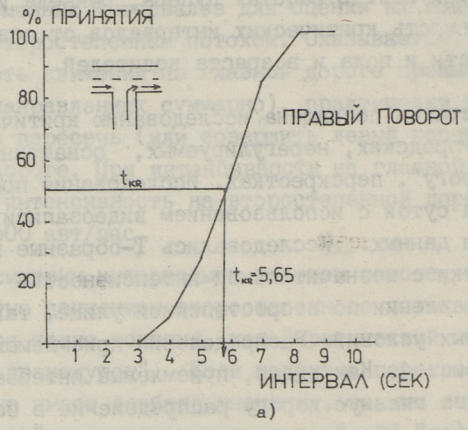
Приемлемость интервалов является темой многих исследовательских отчетов, часть их упомянута здесь: М. Рафф, исследуя "критические интервалы" на четырех перекрестках, обо-

рудованных знаком "стоп", получил результаты: 4,6; 4,7; 5,9; 6,0 с соответственно [2]. Дрю изложил "критический интервал" как интервал такого размера, что меньший интервал был бы принят тем же процентом водителей, который отверг бы более значительный интервал [3]. Гриншильдс и др. определили "критический интервал", как интервал, принимаемый половиной водителей. А. Полус исследовал приемлемость интервалов и высказал мнение, что на величину "критического интервала" влияют такие переменные, как знак остановки на перекрестке, интенсивность движения по главной дороге, уровень активности пешеходов, а также неоднородность распределения скоростей [5]. В работах Купера, Веннела и др. исследуется зависимость критических интервалов от освещенности улиц, видимости и пола и возраста водителей.

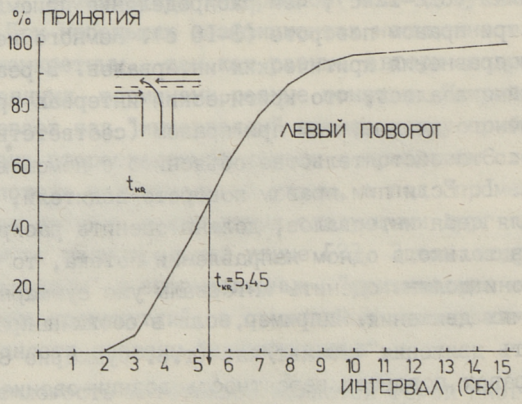
Данная статья посвящена исследованию критических интервалов на городских, нерегулируемых, оснащенных знаком "Уступите дорогу", перекрестках. Исследования проводились в светлое время суток с использованием видеозаписи и дальнейшей обработки данных. Исследовались Т-образные и Х-образные перекрестки с незначительной интенсивностью движения в прямом направлении по второстепенной улице, так характерных для местных условий. Распределения приемлемых интервалов показаны на рис. 4. Как видно, приемлемые интервалы при левом повороте на главную дорогу распределение в более широких пределах (с 2-12 с), чем распределение приемлемых интервалов при правом повороте (3-10 с). Немного неожиданный результат сравнения критических интервалов. В результате исследований оказалось, что критический интервал при левом повороте немного меньше, чем при правом (соответственно 5,45 и 5,65 с). Это обстоятельство объяснимо с помощью номограммы на рис. 1. Если при правом повороте водители, ожидая приемлемых для себя интервалов, должны оценить распределения интервалов только в одном направлении потока, то при левом повороте они должны оценить интервалы уже суммарно в двух направлениях движения. Например, если в обоих направлениях интенсивность движения 400 авт/час (т.е. суммарно 800 авт/час), то при правом повороте вероятность возникновения критического интервала = 0,43, а при левом = 0,20, т.е. в 2 раза меньше. Тем самым, задержка при правом повороте гораздо

меньше, чем при левом повороте. Это заставляет водителей, совершающих левый поворот, считать приемлемыми интервалы меньшей длительности. Такой результат вызвал интерес к связи между критическим интервалом и величиной задержки. Рассчитывая критические интервалы при разных задержках (в данном случае под задержкой подразумевается время с момента прибытия на линию ожидания выезда на главную дорогу – до пересечения этой линии) удалось установить связь между критическим интервалом и продолжительностью задержки, которая имеет вид:

$$t_{кг} = 0{,}0006t_з^2 - 0{,}017t_з + 5{,}47. \qquad (5)$$



а)



б)

4. Распределение приемлемых интервалов
а) при правом повороте
б) при левом повороте.

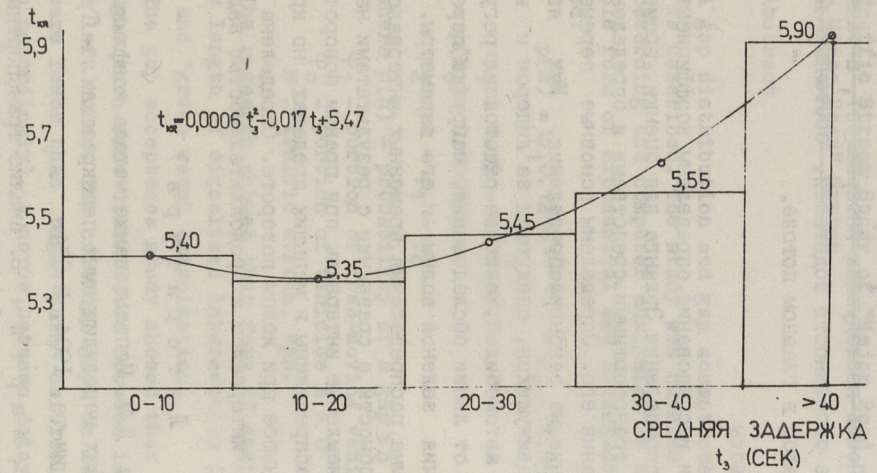


Рис. 5. Связь между продолжительностью задержки и критическим интервалом.

Как показано на рис. 5, самые маленькие критические интервалы рассматриваются при продолжительности задержки от 10 до 20 с.

Однако исследования показали, что на величину критического интервала оказывают влияние и другие переменные, здесь не исследованные. К таким переменным относятся организация главного потока (зеленая волна, ограничение скорости и видимости, длительность последующих интервалов), а также психофизиологические особенности водителей, состоящие в игнорировании интервалов в главном потоке.

Основные выводы

Результатами исследования определены коэффициенты для использования распределения Эрланга для оценки временных интервалов между транспортными средствами и определены пределы для пользования его. Определены основные переменные, оказывающие влияние на закон распределения. Ими являются: доля свободно движущихся, следующих за лидером и имеющих нулевой интервал автомобилей, влияние расстояния регулируемого перекрестка от линии обследования, нагрузка перекрестка, влияние наличия зеленой волны и его параметры. Составлена номограмма распределения временных интервалов и проверка ее способности в сравнении с результатами натурных исследований. Приемлемые интервалы при правом повороте на главную дорогу распределены в меньших пределах, но критическое значение меньшее при левом повороте. Определена связь между критическим интервалом и продолжительностью задержки.

Литература

I. Антов Д.Э. Использование метода конфликтных ситуаций на городских нерегулируемых перекрестках. – Тр. Таллинск. политехн. ин-та, 1984, № 574.

2. Вол М., Мартин Б. Анализ транспортных систем. М., Транспорт, 1981.

3. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими. М., Транспорт, 1972.

4. Иносе Х., Хамада Т. Управление дорожным движением. М., Транспорт, 1983.

5. P o l u s A. Gap acceptance characteristics at unsignalized urban intersections. - Traffic Engineering and Control, 1983, N 5, 24, p. 255-258.

D. Antov, T. Metsvahi

Traffic Stream Study of "Major Road - - Minor Road" System

Abstract

A gap distribution and gap acceptance study of urban roads is described. The study was carried out by using videorecording and computer analysis. It was found out that a simple form of exponential and Erlang-distribution could be used:

$$p(h) = \varphi_1 0.12\, e^{-0.12h} + \varphi_2 \cdot 1.85\, h^{3.6} e^{-2h}$$

and $\varphi_1 = 0.75 - 0.00048\, N$

$\varphi_o = p(h_o) = 0.000132\, N$

$\varphi_2 = 1 - \varphi_1 - \varphi_o$

where $p(h)$ - probability of a gap $\geq h$

φ_1 - portion of free-moving vehicles

φ_o - portion of vehicles $h = 0$

N - traffic stream, vph.

The research showed that form of distribution depends on the length of signalized intersection from the research sight and "green wave" organisation.

The gap acceptance study showed that critical gaps on the right turn were distributed between less bounds than on the left turns. The critical gaps on left turns, by the way, were fewer than right-turn critical gaps (5.45 and 5.65 s accordingly). A nexus between delay and critical gap was revealed. Minimal critical gaps were detected on 10... ...20 s delay.

№ 616

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED

ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

УДК 656.13.05;681.3

А.Ю. Клибавичюс

КООРДИНИРОВАННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОЙ АВТОМОБИЛИЗАЦИИ

Интенсивный рост автомобилизации за последнее десятилетие – более чем в 2,4 раза – заставляет искать новые методы регулирования транспортного движения. К наиболее рациональным методам следует отнести методы жесткого и гибкого координированного регулирования движения в уличной сети. Но как при жестком, так и гибком методах должны учитываться не только транспортные задержки и количество остановок, но и другие факторы, как, расход топлива, загрязнение окружающей среды выхлопными газами, транспортный шум, потери времени пассажиров на общественном транспорте и т.д. Оптимизируя планы работы светофоров по отдельным факторам, получаем различные длительности фаз и сдвиги фаз для отдельных перекрестков [1]. В настоящее время уже применяются пакеты прикладных программ (например, ТРАНЗИТ-8, СИГОП, ПБИЛД), которые дают возможность учитывать несколько факторов, однако в этих программах целевая функция оптимизации выражается разными единицами измерений, а не единым показателем.

На основе уже опубликованных данных [2], [3], а также на основе экспериментов, проведенных автором, предлагается, при расчете оптимальных планов работы светофоров в координируемой уличной сети применять многокритериальную функцию оптимизации:

$$K] = \sum_{i=1}^{n} [(k_1 \cdot d_i + k_2 \cdot S_i + k_3 \cdot b_i)_{BP} + (k_4 \cdot d_i + k_5 \cdot S_i + k_6 \cdot b_i + k_7 \cdot T_p)_p + k_8 \cdot CO_i + k_9 \cdot NO_i + k_{10} \cdot CH_i + k_{11} \cdot A_i],$$

где $k_1 \div k_{11}$ – весовые коэффициенты многофакторной целевой функции;

d_i – транспортные задержки i-го транспорного потока авт.час/час;

S_i – количество остановок (торможений) i-го транспортного потока;

b_i – дополнительный расход топлива на замедление-ускорение и при работе двигателя на холостом ходу при задержках для i-го потока, литр/час;

T_p – дополнительные потери пассажирского времени на городском общественном транспорте, пасс.час/час;

CO_i – дополнительный выброс окиси углерода в окружающую среду i-м транспортным потоком, кг/час;

NO_i – дополнительный выброс окиси азота в окружающую среду i-м транспортным потоком, кг/час;

CH_i – дополнительный выброс углеводородов, кг/час;

A_i – дополнительный уровень транспортного шума от ускорений-замедлений i-го транспортного потока, дбА;

BP – бесприоритетные потоки;

P – приоритетные потоки.

Весовые коэффициенты могут быть представлены в денежном выражении или выбираться методом экспертных оценок. При представлении весовых коэффициентов в денежном выражении многофакторная целевая функция выражает, частично, приведенные потери в рублях в системе координированного регулирования движения. Многофакторная целевая функция и ее соответствующие компоненты выбраны из соображений, что если бы была идеальная координация в уличной сети, то целевая функция была бы равна нулю.

Но так как идет распадение транспортных пачек на перегонах, общественный, грузовой и индивидуальный транспорт движется с разными скоростями и ускорениями, транспортные потоки рассекаются пешеходами на нерегулируемых приоритетных переходах, приходится учитывать дополнительные потери в рублях от вышеперечисленных факторов.

Если учитывать различный состав потоков и различную стоимость одного машино-часа [2], с учетом статистических данных Минавтотранса и Минкомхоза Лит. ССР, коэффициент $k_1 = 2{,}04$, а коэффициент $k_4 = 2{,}84$ для одного приведенного автомобиля.

Для оценки остановок в стоимостном выражении были использованы как отечественные [I], так и зарубежные статистические данные. Ввиду большого разброса данных, а также отсутствия данных для автомобилей, работающих на сжиженном газе, и для троллейбусов, автором проведены экспериментальные исследования и после аналитических вычислений получены коэффициенты $k_2 = 28,2$ и $k_5 = 32,6$ для одного приведенного автомобиля.

Дополнительный расход топлива на замедление-ускорение для автомобильного транспорта определен весовым методом с учетом того, что автомобили с карбюраторными двигателями составляют 58 %, с дизельными - 32 %, электротранспорт - 6 % общего транспортного потока в координированно регулируемой уличной сети. Учтена также различная стоимость бензина для индивидуального и ведомственного транспорта.

Для городов Вильнюс и Каунас коэффициенты $k_3 = 4,6$ и $k_6 = 5,2$.

Дополнительные потери времени пассажиров на городском пассажирском транспорте значительно влияют на величину целевой функции, но определение весового коэффициента k_7 затруднительно, так как различными авторами приводится разная стоимость одного пассажиро-часа от 0,I0 руб./пас.час до I,I руб./пас.час.

На основе методики Госплана СССР была принята стоимость 0,52 руб./пас. час и получены коэффициенты $k_7 = 9,7$ (для непиковых часов) и $k_7 = I0,3$ (для часа пик).

Для получения коэффициентов k_8, k_9, k_{10} были проведены натурные измерения концентрации (мг/м^3) окиси углерода, окиси азота и углеводородов в воздухе при разных интенсивностях и разных методах регулирования. Для стоимостной оценки вредного воздействия различных концентраций на человека и окружающую среду были использованы данные Сумского филиала Харьковского политехнического института [3].

На основе аналитических расчетов получены коэффициенты $k_8 = 3,6$, $k_9 = I,2$, $k_{10} = 2,2$.

Оценка дополнительного загрязнения окружающей среды транспортным шумом во время ускорений-торможений основана на натурных измерениях и аналитических расчетах. Так как при

разных уровнях транспортного шума приводятся разные значения ущерба народному хозяйству [4], были применены усредненные данные по городу Вильнюс и получен коэффициент k_{11} = = 4,I [5].

На основе полученных коэффициентов разработана программа и проведены расчеты оптимальных планов работы светофоров. Для сравнения были проведены также расчеты по программе ОПТПЛА (модификация программы ТРАНЗИТ-6).

Сравнение показателей приведено в табл. I.

Таблица I

Основные показатели работы моделей

Показатели	Модель "ОПТПЛА"	Многофакторная модель
I. Общее время пребывания всех автомобилей в коорд. сети (авт.час/час)	595	59I
2. Транспортные задержки для всех автомобилей (авт.час/час)	390	382
3. Количество останавливаемых автомобилей в сети (авт./с)	6,4	5,2
4. Средняя скорость сообщения (км/час)	2I,I6	2I,84
5. Время расчета на ЭВМ ЕС-I06I (с)	I48	224

Как видно из табл. I, основные показатели работы системы меняются незначительно, кроме количества останавливаемых автомобилей в системе, которое снижается более чем на 20 %. Зато намного возрастают затраты времени ЭВМ, так как усложняется алгоритм расчета.

На основе выполненных тестовых расчетов с применением многофакторной целевой функции можно сделать следующие выводы:

I. Учет дополнительных факторов в целевой функции и при определении эффективности систем координированного регулирования сокращает сроки окупаемости на I8 %.

2. Значительно сокращается количество остановок, что уменьшает загрязнение окружающей среды выхлопными газами и уменьшает транспортный шум.

3. Достигается более равномерное движение потоков по скорости (уменьшается "шум" скорости), что способствует экономии топлива.

4. Так как требуются большие затраты времени ЭВМ, предлагаемая многофакторная оптимизационная функция рекомендуется для систем жесткого координированного регулирования или для создания библиотеки оптимальных планов в системах гибкого регулирования.

5. Многофакторная функция оптимизации хорошо подходит для транспортных потоков, разных по составу и динамическим характеристикам.

Литература

1. Капитанов В.Т., Хилажев Е.Б. Управление транспортными потоками в городах. М., Транспорт, 1985. 94 с.

2. Временные методические указания по определению экономической эффективности технических средств и систем управления дорожным движением. М., Транспорт, 1982. 208 с.

3. Балашкий О.Ф. Экономика чистого воздуха. Киев, Наукова думка, 1979. 296 с.

4. Руководство по технико-экономической оценке шумозащитных мероприятий, осуществляемых строительно-акустическими методами. НИИСФ. М., Стройиздат, 1981. 40 с.

5. Клибавичюс А.И. Координированное регулирование движения с учетом факторов охраны окружающей среды. – Пути повышения безопасности дорожного движения (Тезисы докладов). Вильнюс, 1985, с. 27–29.

A. Klibavichius

Coordinated Signal Control under Intensive Car Ownership Conditions

Abstract

It is necessary to take into account a number of factors under coordinated traffic conditions, such as delays and stoppages, fuel expenditure, environmental pollution, transportation noise, passengers' time loss, etc. The author proposes to use a multicriterion optimizing function in planning the traffic lights optimization, where single factors are estimated by factor K. Values of factors are meant for modern Lithuanian towns. The author states that the use of the function enables us to reduce the time of profitableness, as well as noise and pollution (caused by exhaust gases) and fuel expenditure.

№ 616

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED

ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

УДК 534.83:625.7

А.Ф. Адамсон, А.Ю. Ваймель,
В.М. Сегеркранц

УРОВЕНЬ ШУМА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ

Транспортный шум и его отрицательное влияние на население является одним из серьезных проблем современного градостроительства. С ростом интенсивности движения, особенно тяжелых автомобилей, проблема шума возникает и в придорожной зоне загородных автомобильных дорог.

По данным проведенных исследований, транспорт является основным источником (~ 80 %) внешнего шумового фона [1, 2]. Дорожный шум зависит от интенсивности и состава движения, скоростных характеристик транспортного потока, в т.ч. от изменения скоростей, геометрических характеристик плана и продольного профиля автомобильной дороги, типа и состояния покрытия и ряда других, постоянно влияющих или случайных факторов. Ниже затрагиваются вопросы влияния типичных на загородных автомобильных дорогах Эстонии дорожных покрытий на уровень шума.

Для измерения уровня шума использовался снабженный микропроцессором интегрирующий измеритель шума типа 7078 фирмы Вяртсиля (Финляндия). Измеритель имеет цифровой дисплей, который гарантирует точность отсчетов. Памятное устройство позволяет регистрировать максимальные (L_{max}) и эквивалентные (L_{eq}) за период измерения уровни шума. При помощи нажатия кнопки определенные L_{max} и L_{eq} появляются на дисплее. Благодаря этим данным измеритель шума типа 7078 позволяет автоматизировать обработку данных измерения и выгодно отличается от наиболее часто применяемых измерителей шума. Кроме того, измеритель уровня шума Вяртсиля дает возможность определить дозы шума. Для этого нужно определить уровень разового действия шума (L_{ax}) – это уро-

вень, соответствующий такому постоянному уровню шума, который за одну секунду производит такое же количество энергии, как и измеряемый шум. Показатель L_{ax} удобно применять для оценки шумовой энергии кратковременно действующих шумов, как например, проезд автомобиля. На основе уровня разового действия удобно определить эквивалентные уровни шума транспортных потоков

$$L_{eq} = 10 \lg \left[\frac{1}{3600} \sum_{i=1}^{n} (Ni \cdot 10^{0,1 L_{AXi}}) \right], dBA,$$

где n – количество разных типов автомобилей;

Ni – интенсивность отдельных типов автомобилей, авт/ч.

L_{AXi} – уровень разового действия шума отдельных типов автомобилей, dBA.

При измерениях на внегородских асфальтированных дорогах получили распространение следующие средние уровни разового действия шума (на расстоянии 7,5 м): легковые автомобили 81,3 dBA, грузовые автомобили 88,0 dBA.

Методика измерения шума в зависимости от типа дорожных покрытий излагается ниже.

Изучали следующие типы покрытий:

1) асфальтобетон;

2) асфальтобетон с поверхностной обработкой;

3) черные покрытия с поверхностной обработкой разных типов;

4) гравийное покрытие;

5) щебеночное покрытие, обработанное способом пропитки.

Источником шума применяли автомобиль с низким уровнем внутреннего шума типа "Волга" и автомобиль типа УАЗ–469. Скорость движения с высоким уровнем шума при всех испытаниях была строго 70 км/ч. Измерения проводили на расстоянии 7,5 м от оси движущихся автомобилей на высоте 1,2 м от поверхности проезжей части прямолинейного, горизонтального участка дороги, в окрестностях которого в радиусе 50 м отсутствуют застройки и другие отражающие звук препятствия. Измерения проводились в сухую погоду, при скорости ветра более 1 м/с применяли противоветровую защиту микрофона, шумомер устанавливался в положение "быстро".

Таблица I

Характеристика исследуемых типов покрытий и результаты измерения уровня шума на них

Характеристика покрытий	Характеристика поверхности покрытий	Коэффициент сцепления	Эквивалентный уровень шума внутри кабины, dBA	Максимальный уровень шума на расстоянии 7,5 м от оси первой полосы движения, dBA	Условия измерения шума
I	2	3	4	5	6
Асфальтовый бетон мелкозернистый	без поверхностной обработки	0,68	72,4	73,6	мокрое покрытие; скорость ветра 3-4 м/с
Черное покрытие	поверхностная обработка смесью гранитного и гравийного щебня	0,52	72,0	74,6	сухое покрытие; без ветра
Черное покрытие	поверхностная обработка гранитным щебнем	> 0,7	72,9	76,7	сухое покрытие; без ветра
Асфальтовый бетон	поверхностная обработка гранитным щебнем	0,61	72,0	78,8	мокрое покрытие; скорость ветра 8 м/с
Черное покрытие	поверхностная обработка гравийным щебнем	0,53	73,0	77,1	мокрое покрытие; скорость ветра 8 м/с

Продолжение таблицы I

I	2	3	4	5	6
Щебеночное покрытие, обработанное по способу пропитки	-	0,7	79,9	82,3	сухое покрытие; без ветра
Гравийное покрытие	-	0,49	77,9	77,6	мокрое покрытие; скорость ветра 3-4 м/с
Черное покрытие	поверхностная обработка гранитным щебнем	0,7	78,0	81,6	сухое покрытие; умеренный ветер

Для выяснения влияния дорожных покрытий на уровень транспортного шума определяли максимальные уровни шума проезжего автомобиля (применение уровня разового действия было затруднено ввиду разных природных условий вокруг мест измерений).

Влияние типа покрытия на внутренний уровень шума в кабине легкового автомобиля проверено измерением эквивалентного уровня L_{eq}.

Для характеристики шероховатости, влияющей на уровень образующегося шума, измерялись коэффициенты сцепления при помощи прибора ППК-2 Гипродорнии. Результаты измерений приводятся в таблице I.

Измерения максимальных уровней шума проезжих автомобилей производили как с левой, так и с правой стороны. В таблице приведены средние данные 8-I0 измерений шума при каждом типе покрытия и марке автомобиля. Конечно, нужно учитывать, что шум, зависящий от типа покрытия, будет чувствительнее, если шум двигателя, глушителя и кузова автомобиля будет низким, как, например, в автомобиле типа ГАЗ-24 "Волга".

На основе приведенных в таблице данных можно сделать следующие выводы:

I. Дорожные покрытия разных типов намного отличаются по уровню создаваемого шума в кабине автомобиля и во внешней среде. По предварительным данным влияние дорожного покрытия на уровень шума больше у легковых автомобилей.

2. Абсолютная разница между уровнем внешнего и внутреннего шумов лучшего и худшего по акустическим свойствам типа покрытия составляет 8 dBA.

3. В случаях, когда к уровню шума предъявляют повышенные требования, следует тип и материалы дорожных покрытий выбирать и по их шумовым качествам.

Литература

I. Указания по учету защиты окружающей среды и землепользования при реконструкции автомобильных дорог в условиях Молдавской ССР ВСН 9-79, Минавтодора МССР, Кишинев, 1979. 149 с.

2. **Liikenteen melu ja tiesuunnittelu. Tutkimus v. 1971.** Tie ja Vesirakennushallitus. Helsinki 1972. 80 p.

A. Adamson, A. Vaimel,
V. Segerkrantz

Noise Level Depending on the Road Pavement Type

Abstract

While making use of a noise level meter "Wärtsila", measurements of the noise level of moving automobiles were carried out measured at the distance of 7.5 m from the traffic zone, the speed being 70 km/hr. The roughness of the pavement was registered by a portable device. The friction coefficient was within the limit of 0.7. The noise level greatly depend on the type of the pavement. The difference between the best and the worst type of the pavement was ≈8 d BA.

№ 6I6

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED

ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

УДК 625.72.003.I

К.Э. Аамер

ПЛАНИРОВАНИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ И РЕМОНТА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА ОСНОВЕ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ, ИСХОДЯ ИЗ ПРИВЕДЕННЫХ СУММАРНЫХ ДОРОЖНО-АВТОТРАНСПОРТНЫХ РАСХОДОВ

Густота сети автомобильных дорог Эстонской ССР(6I8 км дорог на I000 кв. км территории, в том числе 328 км – общего пользования на I000 кв. км территории) в настоящее время удовлетворяет потребности народного хозяйства и населения республики.

Однако техническое состояние и капитальность сети дорог неполностью отвечают требованиям эффективного использования автомобильного транспорта, так как I2,6 % дорог общего пользования имеют усовершенствованные покрытия капитального типа и 26 % дорог общегосударственного значения ниже Ш технической категории.

В этих условиях оптимальное планирование реконструкции автомобильных дорог с учетом капиталоемкости дорожных работ и использование имеющихся ресурсов там, где они дают самый большой эффект – главная задача дорожных организаций Эстонской ССР в настоящее время.

Определение оптимальных связей между грузообразующими и грузопоглащающими пунктами, распределение ресурсов по этому принципу с учетом обеспечения минимальных издержек и поиск оптимального плана развития дорожной сети возможны на базе экономико-математических методов с использованием ЭВМ.

Большинство исследований уделяют основное внимание решению:

I) частичных задач технико-экономического проектирования, в первую очередь, оптимизации начертания, т.е. конфигурации сети;

2) минимального плана перевозок, минимизируя время перевозок;

3) развития сети автомобильных дорог в целом на основе количественных оценок и ее влияние на работу автомобильного транспорта, функционирование народного хозяйства и жизнедеятельность населения.

Детерминированная модель развития магистральной транспортной сети, предложенная тов. В.Н. Лившицом, является наиболее подходящим способом решения поставленной задачи.

Для изложения целевой функции требуется определить мероприятия по развитию существующих элементов сети и необходимые транспортные объекты с учетом ресурсных ограничений, при которых будут наименьшими суммарные народнохозяйственные затраты на изменение сети и перевозку по ней всех необходимых грузов и пассажиров. Сеть автомобильных дорог ЭССР с учетом ее густоты принята заданной.

Структура целевой функции

Все затраты задаются как функции уровня технического состояния дороги (тип покрытия и техническая категория) или уровня технического состояния дороги и интенсивности движения.

Целевая функция дана в следующем виде:

$$F_{ij} = \sum_{(ij)} [t_{ij}\kappa\, x_{ij}\kappa + t_{ij}\kappa{-}1\, x_{ij}\kappa{-}1 + r_{ij}\kappa{-}1\, x_{ij}\kappa{-}1 + v_{ij}\kappa\, x_{ij}\kappa + v_{ij}\kappa{-}1\, x_{ij}\kappa{-}1] \rightarrow \min,$$

где F_{ij} – целевая функция – суммарные издержки;

$x_{ij}\kappa$ – оптимальная интенсивность движения между пунктами i и j при технической категории дороги κ, при условии, что точки i и j являются соседними точками дуги и κ изменяется в пределах пары показателей;

x°_{ij} – интенсивность движения между пунктами i и j, тыс. машин в год;

$d_{ij}\kappa$ – пропускная способность дуги (i,j) в тыс. машин в год при технической категории κ;

$t_{ij}\kappa$ – текущие дорожные расходы на тыс. автомобилей

в тыс. рублей в год на дуге (i,j) при технической категории κ;

R – суммарная стоимость расходов, связанных с улучшением технической категории дорог, тыс. рублей в год;

$r_{ij}\kappa-1$ – расходы на улучшение технической категории на тыс. машин в год в тыс. рублей на дуге (i,j) при переводе дороги из категории κ в категорию $\kappa-1$;

$\mathcal{V}$ – общие транспортные издержки в год;

$v_{ij}\kappa$ – транспортные издержки на дуге (i,j) при технической категории κ, тыс. рублей;

T – суммарная стоимость текущих расходов в год, тыс. руб.

Система ограничений

$$x_{ij}\kappa + x_{ij}\kappa-1 = x^{\circ}_{ij}, \qquad (I)$$

надо учитывать всю интенсивность движения между узлами i,j, если нет другой возможности в дорожной графе;

$$x_{ij}\kappa \leq d_{ij}\kappa, \quad x_{ij}\kappa-1 \leq d_{ij}\kappa-1 \qquad (2)$$

при условии, что $d_{ij}\kappa < d_{ij}\kappa-1$, т.е. пропускная способность дуги (i,j) (тыс. машин в год) ограничена в зависимости от категории дороги κ;

$$x^{\circ}_{ij} + x^{\circ}_{ig} \leq x_{ij}\kappa + x_{ij}\kappa-1 + x_{ig}\kappa + x_{ig}\kappa-1 \qquad (3)$$

– т.е. все движение распределяется между этими дугами (i,j) и (i,g).

Особые условия

$$\sum_{(i,j)} (x_{ij}\kappa t_{ij}\kappa + x_{ij}\kappa-1 t_{ij}\kappa-1) \leq T, \qquad (4)$$

текущие затраты на содержание дороги зависят от интенсивности движения в год.

$$\sum_{(i,j)} x_{ij}\kappa-1\, r_{ij}\kappa-1 \leq R \qquad (5)$$

– улучшение технической категории дороги.

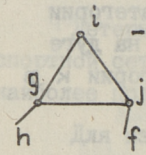
$$\sum_{(i\,j\,\kappa)} x_{ij}\kappa\, v_{ij}\kappa \geq \mathcal{V} \qquad (6)$$

– общая потребность транспортных издержек в год.

Остальные особые условия

$$x^{\circ}_{ig} \leqslant x_{ig}\kappa + x_{ig}\kappa-1 \leqslant x^{\circ}_{ig} + x^{\circ}_{jg}, \tag{7}$$

$$x^{\circ}_{ij} - x^{\circ}_{ig} \leqslant x_{ij}\kappa + x_{ij}\kappa-1 < x^{\circ}_{ij}, \tag{8}$$



– т.е. чтобы заменить дугу (i,j,g) дугой (i,g) предполагают, что местные перевозки на указанных дугах незначительны и гарантируется та же интенсивность движения на дуге ij (8).

$$x^{\circ}_{jg} - x^{\circ}_{gh} \leqslant x_{jg}\kappa + x_{jg}\kappa-1 \leqslant x^{\circ}_{jg}, \tag{9}$$

т.е. на дуге (j,g) имеется только местный транспорт или также транзитный транспорт.

Рассматривается минимизация суммарных приведенных затрат на перевозку при данном объеме автомобильных перевозок посредством выбора характеристик дорожной сети. Целевая функция состоит из суммарных затрат на пробег автомобилей по дорожной сети – по всем дугам и всем узлам этой сети.

Покилометровые затраты можно задавать различными и иногда ограничивать некоторыми показателями, соответствующими дуге или узлу. Общую стоимость для сети находят умножением покилометровой стоимости по всем дугам и узлам. Издержки пользователей в узлах считаются включенными в издержки пользователей на дугах. Капитальные вложения учитываются как по дугам, так и по узлам.

Все затраты задаются как функции уровня технического состояния дороги (тип покрытия и техническая категория) и интенсивности движения.

Для определения транспортных затрат в зависимости от типа покрытий, категории дороги и интенсивности движения определяется влияние каждого из указанных факторов на себестоимость перевозок.

В целях экономии средств в суммарных приведенных затратах можно считать обоснованным переход от низшего на высший (более капитальный) тип покрытия при условии, если величина коэффициента $E_0 \geqslant 0{,}12$.

Экономическое сравнение вариантов

Для примера решена оптимизация маршрута Таллин-Вильянди на перегоне Козе=Ристи-Имавере-Аркма. В настоящее время осуществляются транспортные перевозки по маршруту Таллин-Вильянди по дороге Таллин-Тарту до Имавере и оттуда по маршруту Имавере-Аркма-Вильянди. Общая протяженность трассы 88,2 км. Автомобильная дорога на этом перегоне Ш технической категории.

Кроме этого маршрута есть возможность ехать до Аркма по маршруту Козе=Ристи-Куйметса-Роовере-Тюри-Аркма. Протяженность этой трассы 79,8 км. Для примера принята трасса дороги IУ технической категории.

Учитывая распределение транспортного потока на Вильянди рассчитаны суммарные автотранспортные затраты (транспортные затраты плюс потери времени) и дорожные затраты (текущие расходы и расходы на улучшение категории дорог) в зависимости от категории дорог и типа покрытия и интенсивности движения.

Экономическое сравнение приведенных суммарных дорожно-транспортных расходов дано на основе трех вариантов:

I. Если реконструировать маршрут Козе=Ристи-Куйметса-Роовере-Тюри-Аркма с IУ технической категории на Ш техническую категорию с покрытием из битумоминеральной смеси, автодорогу Таллин-Тарту на перегоне Козе=Ристи-Имавере с Ш технической категории на П техническую категорию с асфальтобетонным покрытием и участок дороги Имавере-Аркма с Ш технической категории на асфальтобетонное покрытие, то годовой экономический эффект за счет уменьшения дорожно-транспортных затрат составит 329 тыс. рублей;

2. Если направить автоперевозки на Вильянди по маршруту Козе=Ристи-Куйметса-Роовере-Тюри-Аркма (т.е. по дороге IУ категории), тогда, несмотря на то, что протяженность маршрута уменьшится на 8,4 км, дорожно-транспортные расходы увеличатся на 389 тыс. рублей в год;

3. Если реконструировать только маршрут Козе=Ристи-Куйметса-Роовере-Тюри-Аркма с IУ технической категории дорог на Ш техническую категорию с покрытием битумоминеральных смесей, то указанный годовой экономический эффект составит 207 тыс. рублей.

Об эффективности инвестиции ресурсов на дорожное хозяйство говорит и тот факт, что по данным рассмотренного варианта при переводе автодороги с IУ технической категории с гравийным покрытием на Ш техническую категорию с покрытием битумоминеральных смесей I рубль вложений на дорожное хозяйство дает экономию автотранспортных расходов до II3 рублей.

При переводе автодороги Ш технической категории с покрытием из битумоминеральных смесей на асфальтобетонное - I рубль вложений на дорожное хозяйство дает экономию автотранспортных расходов до 35 рублей. При переводе же автодороги Ш технической категории с покрытием из битумоминеральных смесей на П техническую категорию с асфальтобетонным покрытием I рубль вложений на дорожное хозяйство дает экономию автотранспортных расходов до 28 рублей.

Предлагаемое применение детерминированной модели развития магистральной сети при планировании реконструкции и ремонта автомобильных дорог, как показал расчет примера, позволяет оптимизировать транспортно-дорожные затраты и в результате получить реальный экономический эффект, что обосновывает необходимость дальнейшего продолжения развития этого метода.

K. Aamer

Planning Road Reconstruction and Maintenance by means of Optimization Models

Abstract

The main problem of the road organization now is to connect the cargo-forming and the cargo-observing points in the shortest possible way in order to save the transportation and road resources. It is possible to gain this aim by planning the road construction and maintenance by means of optimization models (estimating the efficiency of resources used by transportation, road construction and maintenance).

The present paper discusses an optimization model for this purpose. For example, the optimization model is solved by minimizing the transportation, road construction and maintenance costs for two different routes. One rouble of costs for the road construction and maintenance to improve the conditions for the traffic reduces the transportation costs from 30 to 100 roubles depending on the road pavement. The economy of the investments for the road construction and maintenance in order to save the transportation costs and the fuel requires a further development of this method.

№ 616

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED

ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

УДК 625.7:691.5

А.Э. Аавик

ВЛИЯНИЕ АКТИВНЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ТЕРМОУСТОЙЧИВОСТЬ БИТУМОВ

Возрастающий дефицит органических вяжущих материалов ставит перед исследователями задачу расширения номенклатуры дорожных битумов и улучшения их свойств. Улучшение свойств битумов должно быть направлено, в первую очередь, на расширение интервала пластичности с целью повышения теплоустойчивости битумоминеральных материалов. С целью улучшения механических свойств, в том числе термоустойчивости, в вяжущие вводят структурирующие добавки. К этой группе относятся заполнители, которые по форме частиц разделяются на волокнистые и порошкообразные. Последние нашли более широкое применение.

Зная, что минеральные порошки различного происхождения имеют разную активность относительно избирательной адсорбции компонентов битума, следует ожидать, что они в роли заполнителя по-разному влияют на реологические свойства битумов. Ограничив широкий круг научных и технических проблем по выбору самых эффективных заполнителей, в данной работе будут рассмотрены лишь аспекты изменения температурного градиента вязкости смесей битума с минеральным порошком.

В качестве исследуемых материалов были использованы следующие битумы:

- нефтяной дорожный вязкий Киришкого НПЗ марки БНД 60/90 по ГОСТ 22245-76;
- сланцевый жидкий из тяжелого сланцевого масла, продукция битумного цеха Козе-Рисги марки СІ2/20 по РТУ ЭССР 82-72.

В роли заполнителя использовались минеральные порошки из следующих материалов:

- активированный известняковый минеральный порошок (активирующая смесь битум БНД 90/130 (50 %) и второй жировой гудрон по ОСТ 18-114-73 (50 %) заводского изготовления;

- просеянный природный кварцевый песок из карьера Мянникю;

- измельченный сланцевый полукокс;

- измельченный в лаборатории порошок из известняковой каменной мелочи карьера Падизе. Тот самый материал используется в производстве активированного минерального порошка.

Основные свойства этих заполнителей представлены в таблице I.

Таблица I

Физико-механические показатели использованных порошков

Показатель	Активированный изв. мин. порошок	Кварцевый песок	Полукокс	Известняковый порошок
Удельный вес, кг/м^3	2490	2720	2170	2490
Удельная поверхность, м^2/кг	67,1	33	112	85,5
Объемный вес, кг/м^3	-	1410^x	1660^x	1760
Пористость, %	-	46^x	34,6^x	29,3
Проходит сито с отверстиями, %				
1,25 мм	100	100	100	100
0,315 мм	99,78	100	100	100
0,071 мм	73,69	100	100	100

x - значения определены другими исследователями

Из данных материалов были изготовлены вручную смеси в весовых отношениях Б/П 1:0,5, 1:1,0 и 1:1,3 (смеси с полукоксовым порошком в отношениях 1:0,2, 1:0,3 и 1:0,5, учитывая большую удельную поверхность этого материала). Работа проводилась на реовискозиметре "РЕОТЕСТ 2". Все измерения проводились в пределах вязкости неразрушенной структуры.

Полученные результаты подвергались статистической обработке.

Вычисленные по результатам опытов на ротационном вискозиметре абсолютные динамические вязкости изложены на графиках. Это делалось с целью проверить применимость уравнения Ле Шателье для заполненных битумов в принятых весовых отношениях

$$\log\log\eta = A - B\log T, \qquad (I)$$

где η – абсолютная динамическая вязкость;

A и B – константы;

T – абсолютная температура.

Как видно, например, по рис. I, это предположение подтвердилось.

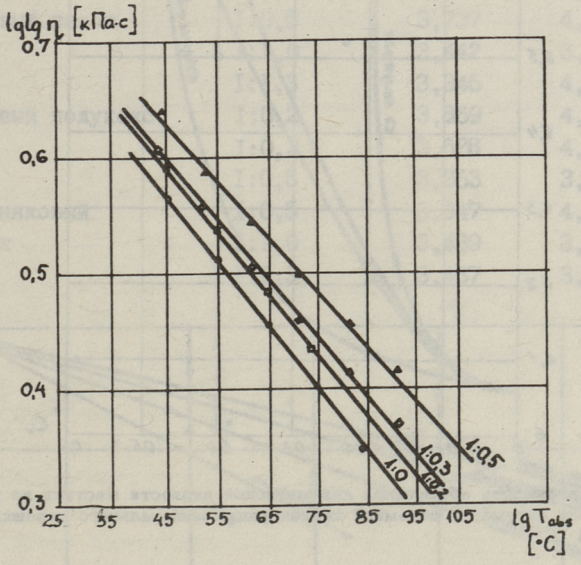


Рис. 1. Зависимость вязкости смеси сланцевого битума с 12/20 с полукоксовым порошком от температуры.

Чтобы перевести разные весовые отношения на одинаковую основу для всех заполнителей, можно исходить из понятий "объемная концентрация C" и "концентрация поверхности C".

На графиках рис. 2 изображена зависимость динамической вязкости мастики из нефтяного битума от объемной концентрации разных минеральных порошков. При всех битумах наблюдается особо активное влияние поверхности полукоксового порошка.

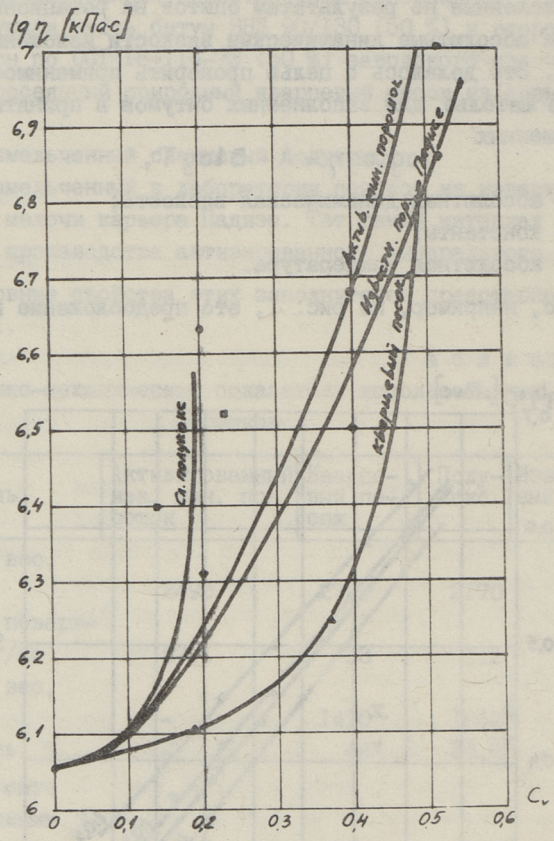


Рис. 2. Зависимость абсолютной динамической вязкости мастики из нефтяного битума от объемной концентрации минерального порошка при 45 °С.

По графикам зависимости абсолютной динамической вязкости и температуры (например, рис. I) графоаналитическим способом были определены константы В уравнения Ле Шателье (I), как показатели температурной чувствительности материала:

$$B = tg\alpha = \frac{d\log\log\eta}{d\log T}. \qquad (2)$$

Результаты внесены в таблицу 2.

С увеличением концентрации термочувствительность смеси, как правило, уменьшается. Для качественного анализа влияния рода материала считаем целесообразным сравнение раз-

ных смесей по относительной термочувствительности В при равных объемных концентрациях или концентрациях поверхности (см. рис. 3–6).

Таблица 2

Термочувствительность В исследованных смесей

Минеральный порошок	Весовые отношения Б/П	Битум	
		нефтяной	сланцевый
Чистый битум		4,004	4,294
Активированный известняк	I:0,5	3,591	4,269
	I:I,0	3,386	3,889
	I:I,3	3,346	3,760
Кварцевый песок	I:0,5	3,737	4,457
	I:I,0	3,442	3,973
	I:I,3	3,345	4,085
Сланцевый полукокс	I:0,2	3,869	4,080
	I:0,3	3,628	4,057
	I:0,5	3,363	3,684
Известняковый порошок	I:0,5	3,847	4,016
	I:I,0	3,439	3,798
	I:I,3	3,467	3,376

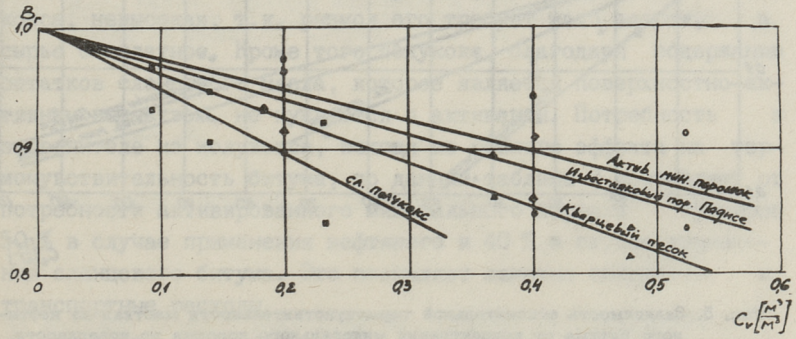


Рис. 3. Зависимость относительной термочувствительности мастики из нефтяного битума от концентрации минерального порошка по объему.

По полученным данным также отличается порошок из сланцевого полукокса. Этот материал обеспечивает равное с другими материалами уменьшение термочувствительности асфальтовяжущего при меньшей объемной концентрации.

Полукокс является отходом швелевания сланцевой породы при температуре 500 °С. В связи с проблемами комплексного

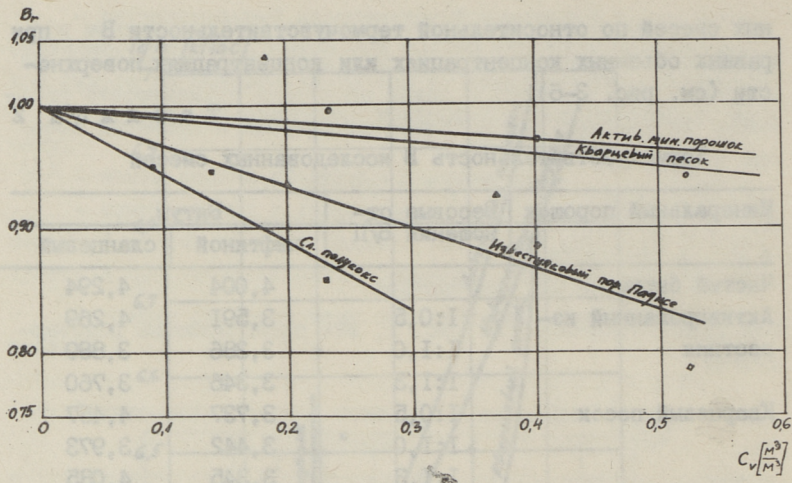


Рис. 4. Зависимость относительной термочувствительности мастики из сланцевого битума от концентрации минерального порошка по объему.

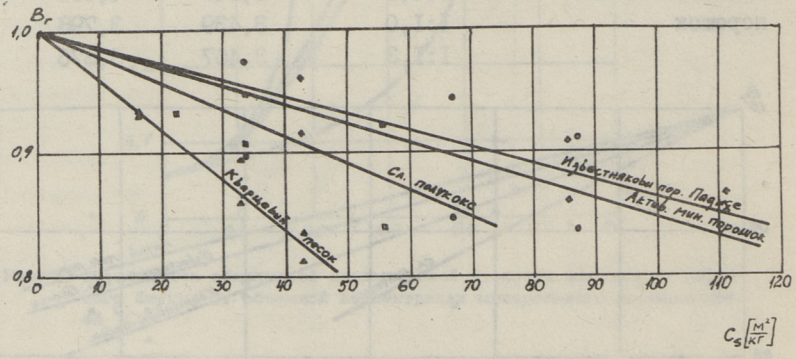


Рис. 5. Зависимость относительной термочувствительности мастики из нефтяного битума от концентрации минерального порошка по поверхности.

использования местных материалов и отходов местного производства является весьма актуальным изыскание путей внедрения сланцевого полукокса в промышленности строительных материалов. Следует отметить, что запасы полукокса для использования его в качестве минерального порошка неисчерпаемы.

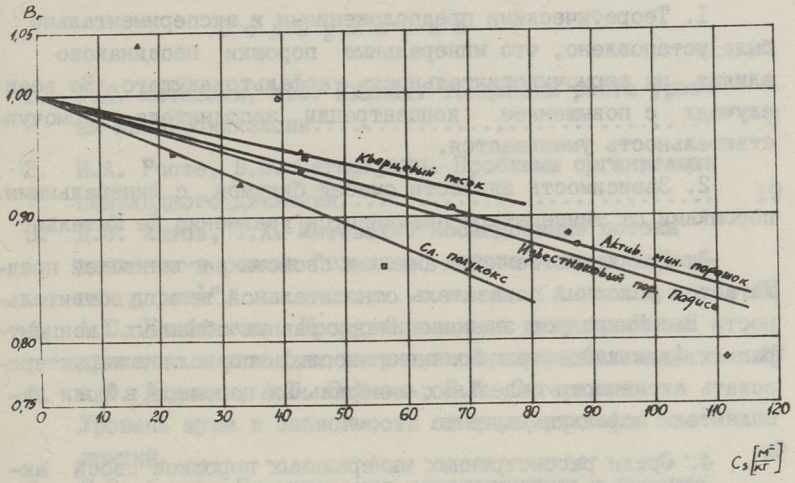


Рис. 6. Зависимость относительной термочувствительгости мастики из сланцевого битума от концентрации минерального порошка по поверхности.

Стоимость минерального порошка, изготовленного из полукокса, невысокая, т.к. размол его требует мало затрат, а сырье бесплатное. Кроме того полукокс, благодаря содержанию остатков сланцевого масла, которое является поверхностно-активным веществом, не нуждается в активации. Потребность в заполнителе из полукокса, исходя из равного эффекта на термочувствительность битума, по данным таблицы 2 составляет от потребности активированного минерального порошка примерно 50 % в случае применения нефтяного и 40 % в случае применения сланцевого битума. Это позволяет заметно сократить и транспортные расходы.

В 1982 году в ЭССР было выпущено 29,6 тысяч тонн активированного минерального порошка с общей стоимостью 288,1 тысяч рублей. Экономический эффект только за счет уменьшения потребности был бы примерно 140–150 тыс. руб. в год. Приблизительные расчеты показали, что себестоимость заполнителя из полукокса могла бы составлять примерно 46–48 % от себестоимости активированного минерального порошка. За счет снижения себестоимости может быть достигнута дополнительная годовая экономия примерно 73–81 тыс. руб.

Выводы

I. Теоретическими предположениями и экспериментально было установлено, что минеральные порошки неодинаково влияют на термочувствительность асфальтовяжущего. Во всех случаях с повышением концентрации заполнителя термочувствительность уменьшается.

2. Зависимость вязкости смесей битумов с минеральными порошками от температуры подчиняется уравнению Ле Шателье.

3. Для качественного анализа свойств заполнителей предлагается условный показатель относительной термочувствительности В. Численное значение В при равных объемных концентрациях (или концентрациях поверхности) позволяет характеризовать активность отдельных минеральных порошков в роли заполнителя асфальтовяжущего.

4. Среди рассмотренных минеральных порошков своей активностью отличается сланцевый полукокс, который является отходом сланцеперерабатывающей промышленности.

5. Внедрением полукоксового порошка в качестве заполнителя для асфальтобетона можно увеличить годовую экономию в пределах республики примерно на 140–230 тысяч рублей.

A. Aavik

The Effect of Mineral Powder on Bitumen Viscosity

Abstract

The effect of natural and activized mineral powders of the Estonian SSR on the reological bitumen properties is examined in the present paper. Empirical connections between volumetrical and surface concentrations of mineral powder and temperature sensitivity of bitumen resins have been brought forward. Non-activized oil shale semicoke is considered effective mineral powder.

Содержание

I. Т.Х. Метсвахи, И.О. Пихлак. Тенденции роста уровня автомобилизации..... 3

2. И.А. Росте, В.М. Сегеркранц. Проблемы организации пешеходного движения..... I9

3. Д.Э. Антов, Т.Х. Метсвахи. Исследование потока движения в режиме "главная дорога - второстепенная дорога". 3I

4. А.Ю. Клибавичюс. Координированное регулирование движения в условиях интенсивной автомобилизации 43

5. А.Ф. Адамсон, А.Ю. Ваймель, В.М. Сегеркранц. Уровень шума в зависимости от типа дорожных покрытий. 49

6. К.Э. Аамер. Планирование реконструкции и ремонта автомобильных дорог на основе оптимизационных моделей, исходя из приведенных суммарных дорожно-автотранспортных расходов..... 55

7. А.Э. Аавик. Влияние активности минерального порошка на вязкость битума..... 63

Таллинский политехнический ин-т
ТАЛЛИН
АН ЭССР
Научная библиотека

EESTI AKADEEMILINE RAAMATUKOGU
1 0200 00089535 3

Hind 60 kop.