

p. 6.7
430

TALLINNA POLITEHNILISE
INSTITUUDI TOIMETISED

ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

№ 430

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

(Автомобильные дороги. Автомобильный транспорт)

Сборник статей

VIII

Ер. 6.7

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED
ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

№ 430

1977

УДК 528.7
624.131
625.72
711.7

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

(Автомобильные дороги. Автомобильный транспорт)

Сборник статей VIII

Таллин 1977

East NDV
Teodusk
Raamatukogu
IV
Kõrge kooli

ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ УРОВНЯ АВТОМОБИЛИЗАЦИИ НА
 БЛИЖАЙШУЮ ПЕРСПЕКТИВУ (10-15 лет)

Автомобильный парк мира в конце 1974 года составил 316 млн. автомобилей, из них 250 млн. или 79,4% были легковые автомобили. В развитых капиталистических странах наблюдается весьма интенсивный рост уровня автомобилизации. Многие европейские страны приближаются к уровню автомобилизации США 1955-1960 гг. О достижении предела уровня автомобилизации еще трудно говорить в любой стране.

В таблице I приведены показатели уровня автомобилизации в восьми капиталистических странах за период 1950-74 гг.

Т а б л и ц а I
 Развитие уровня автомобилизации за 1950-1974 гг.

Страна	Количество легковых автомобилей на 1000 жителей					
	1950	1955	1960	1965	1970	1974
США	262	314	343	385	427	504
Канада	нд	206	250	261	305	370
Швеция	27	89	144	219	275	323
Франция	37	73	123	174	246	288
ФРГ	9	43	82	154	192	288
Италия	6	18	32	89	170	256
Велико-Британия	43	81	96	158	208	243
Япония	2	3	5	17	68	143

Во всех рассматриваемых странах количество легковых автомобилей возрастает. За каждые 5 лет уровень автомобилизации возрастал в среднем на 40-80 автомобилей на 1000 жителей, т.е. в среднем 8-16 автомобилей на 1000 жителей

за год. С учетом факта, что 40-60% проданных новых автомобилей идет для замены списанных легковых автомобилей, можно предполагать, что продажа за год составляла 13-33 автомобиля на 1000 жителей.

По общему производству автомобилей СССР в течение девятой пятилетки передвинулся с восьмого места в мире на пятое, обогнав Канаду, Италию и Великобританию.

Значительный рост уровня автомобилизации предусматривается и в Советском Союзе. По СНиП II-60-75 "Планировка и застройка городов, поселков и сельских населенных пунктов" уровень автомобилизации на перспективу 25-30 лет принимается равным 150-180 легковых автомобилей на 1000 жителей. Допускается уменьшать или увеличивать уровень автомобилизации в зависимости от местных условий, но не более чем на 20% (т.е. в пределах от 120 до 216 автомобилей на 1000 жителей). По "Временным указаниям по размещению стоянок, гаражей и предприятий технического обслуживания легковых автомобилей в городах" (ВСН 15-73), в отдельных городах в зависимости от местных условий, расчетные уровни автомобилизации допускается уменьшать или увеличивать (до 250 легковых автомобилей на 1000 жителей) при соответствующих технико-экономических обоснованиях.

Уровень автомобилизации колеблется между разными городами и географическими районами СССР в широких пределах. Так в Таллине уровень автомобилизации (здесь и в дальнейшем под этим термином имеются в виду только личные легковые автомобили) увеличился с 1972 по 1976 г. с 29 по 55 на 1000 жителей или в среднем на 6,5 единиц в год. В то же время в некоторых городах и республиках уровень автомобилизации составляет всего лишь 10-15. Имеющиеся методики расчета дифференцированных уровней автомобилизации не объясняют столь большие колебания (3-5 раз).

В известной методике И.В. Бордукова и Л.В. Архангельского [1] демографические и климатические показатели дают пределы колебания уровня от 150 до 163. По методике А.А. Лысогорского [2] решающим при определении уровня автомобилизации для различных зон данного города является соотношение стоимости 1 пасс.-км на легковом автомобиле и общественном транспорте, бытовая привлекательность автомобиля и численный состав семьи.

Глававтотехобслуживание и ЦНИИ градостроительства составили прогнозы [3], в которых насыщенность транспортными средствами определена:

- пропорционально численности населения, проживающего на территории района;
- пропорционально парку автомобилей, зарегистрированных на территории района;
- пропорционально сложившемуся распределению автомобилей между городами и сельской местностью;
- классификацией населения на группы по уровню годового дохода.

В.И. Ляско и Л.М. Шахнес [3] правильно отмечают, что главными факторами насыщения различных районов страны легковыми автомобилями являются величина рыночных фондов легковых автомобилей (зависящая от производства автомобилей и распределения их между следующими секторами: государственный, личный и импорт) и платежеспособный спрос населения. Факторами, усиливающими или снижающими стремление граждан приобрести легковой автомобиль, признаны: существующий уровень автомобилизации в данном районе; численность населения, проживающего на территории района; демографический состав населения в районе; соотношение городского и сельского населения; уровень жизни населения в районе; природно-климатические условия; уровень развития дорожной сети; уровень развития сети СТО; уровень развития пассажирского транспорта общего пользования (количество пассажиромест на I тыс. жителей); обеспеченность сооружениями для хранения автомобилей (количество мест закрытого хранения на I тыс. жителей). Далее описываются предпосылки и модель для расчета уровня автомобилизации на первую очередь, составленные автором данной статьи [4].

Уровень автомобилизации зависит от многих факторов. В первую очередь этот показатель зависит от среднего размера семьи, возрастной структуры населения, средней зарплаты рабочих, служащих и колхозников, климатических условий и густоты дорожной сети. На втором этапе развития автомобилизации свое влияние начинают проявлять также факторы, как плотность жилой застройки, величина города, уровень разви-

тия общественного транспорта, а также некоторые психологические критерии.

Большинство предметов длительного пользования, как квартира, мебель, телевизор, холодильник, легковой автомобиль и другие являются предметами не индивидуального, а семейного пользования. Поэтому прогноз уровня автомобилизации правильнее составлять не на 1000 жителей, а на 100 семей.

По данным переписи населения в 1970 г. [5] средний размер семьи (без учета одиночек) в союзных республиках колебался в широких пределах при среднем значении по Союзу 3,7: Эстония 3,1, Латвия - 3,2, Украина, Литва - 3,4, РСФСР - 3,5, Белоруссия - 3,6, Молдавия - 3,8, Грузия - 4,1, Армения - 5,0, Узбекистан - 5,3 и т.д. Соответственно на 1000 жителей приходится в Эстонии 323, а в Узбекистане 189 семей. Изучая только одну сторону сложного вопроса, можно сказать: средний размер семьи закономерно оправдывает 42% разницу в уровне автомобилизации Эстонии и Узбекистана.

Исходя из гипотезы, что все семьи имеют равные права на приобретения автомобиля, можно найти для разных республик разные уровни автомобилизации. При среднем значении 150 автомобилей на 1000 жителей по Союзу (или 56 автомобилей на 100 семей во всех республиках) величине семьи 3,1 соответствует 180, а величине семьи в 5,3 человек - только 105 автомобилей на 1000 жителей.

Возрастная структура населения в разных республиках колеблется в широких пределах. Население в возрасте до 19 лет составляло в 1970 г. в Эстонии 29,4%, в Грузии 38,9%, в Армении 49,2% и в среднем по Союзу 37,2%. В Эстонии работают 56,2%, а в Армении 48,3% членов средней семьи [5]. Средняя зарплата рабочих и служащих в 1974 г. [6] была в Эстонии 154 руб., РСФСР - 147,5 руб., Армении - 135,6 руб., Украине - 128,5 руб., Грузии - 115,6 руб., а в среднем по Союзу 140,7 руб. Возрастная структура и средний размер зарплаты определяют разные возможности сбережения денег для покупки автомобиля. Фактором, который отражает платежеспособный спрос семьи, принята не величина розничного товарооборота на 1 тыс. жителей (которая спутана влия-

нием туристов и трудностью определения доли личного хозяйства в удовлетворении спроса на продукты питания в разных республиках), а средний размер сбережений на семью, полученный после некоторых перерасчетов.

Фактором, характеризующим климатические условия данного района, принято количество дней в году с температурой ниже -5°C , т.е. длина "серьезной зимы", при которой часто местные дороги не открыты для движения или владельцы автомобиля не пользуются автомобилем.

Чем меньше густота дорог в данном районе, тем меньше возможностей совершать интересные загородные поездки, использовать автомобиль в сельской местности и для связи села с городом. Влияние этого фактора более ощутимо при определении уровня автомобилизации какой-то республики, и менее ощутимо - для больших городов.

Описанные факторы позволяют предложить зависимость уровня автомобилизации для различных республик (городов) от конкретных условий.

На ближайшую перспективу (5-15 лет) уровень автомобилизации (n) может определяться по формуле:

$$n = n_0 + \sum_{i=1}^k \Delta n_i \text{ авт./1000 жит.},$$

где n_0 - уровень автомобилизации данной республики (города) в исходном году;

$\sum_{i=1}^k \Delta n_i$ - сумма ежегодных увеличений уровня автомобилизации за k лет.

Ежегодный прирост уровня автомобилизации Δn можно выразить многофакторной моделью

$$\Delta n_i = \frac{A_i}{E_i} X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot X_4 \text{ авт./1000 жит.},$$

где A_i - продажа легковых автомобилей населению в i -том году, шт.;

E_i - население СССР в i -том году, тыс. жителей;

X_1 - фактор, учитывающий климатические условия,

$$X_1 = 1 + \frac{80-a}{160},$$

где a - количество дней в году с температурой

ниже -5°C ;

χ_2 - фактор, учитывающий густоту дорог, км/жителя;

$\chi_2 = \sqrt{\frac{L_i}{L_0}}$, где L_i - густота дорог в i -той республике, L_0 - густота дорог в СССР;

χ_3 - фактор, учитывающий средний размер сбережений на семью, $\chi_3 = \frac{C_i}{C_0}$, где C_i - сбережения в данной республике, C_0 - средний размер сбережений на семью в СССР;

χ_4 - фактор, учитывающий величину семьи (с учетом одиночек): $\chi_4 = \frac{e_i}{e_0}$, где e_i - средний размер семьи в СССР (равнялся 3,32 в 1970 г.), e_0 - средний размер семьи в данной республике.

В таблице 2 приведены значения вышеприведенных факторов, фактический и расчетный прирост уровня автомобилизации с 1973 по 1976 гг. по данной методике для всех 15 республик СССР. При общем довольно хорошем совпадении результатов расчета с фактическим приростом некоторые разницы в республиках Средней Азии объясняются, по-видимому, хранением денег в большей степени дома, чем в других республиках.

Количество дней в году с температурой ниже -5°C (а) было определено по справочнику по климату СССР [7]. Значение а было найдено как средневзвешенное значение (с учетом численности населения областей и районов республик). Количество дней в году с температурой ниже -5°C следующее: Азербайджан, Туркмения - 0, Узбекистан, Таджикистан - 5, Молдавия - 10, Грузия - 13, Киргизия - 30, Украина - 39, Армения - 40, Литва - 41, Латвия - 47, Белоруссия - 63, Эстония - 65, РСФСР - 89, Казахстан - 92.

Густота дорожной сети и сбережения на семью рассчитаны на основе данных за 1974 г. [8].

Множественный регрессионный анализ дал следующую зависимость роста уровня автомобилизации за 1973-76 гг. (у) от вышеприведенных факторов.

$$y = -30,686 + 13,104X_1 + 14,906X_2 + 7,064X_3 + 1,596X_4.$$

Коэффициент множественной корреляции $R_K = 0,954$ показыва-

Значения факторов X₁, X₂, X₃ и X₄. Погрешность уровня автомобилизации с 1973 по 1976 гг.

№ п.п.	Республика	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	Погрешность уровня за 1973-76 гг.	
						фактический	расчетный
1.	Эстонская ССР	1,09	1,80	1,18	1,30	23	21,1
2.	Литовская ССР	1,24	1,34	1,41	1,09	17	17,9
3.	Латвийская ССР	1,20	1,32	1,06	1,22	14	14,4
4.	Грузинская ССР	1,42	0,89	1,19	0,85	9	9,0
5.	Армянская ССР	1,25	0,74	1,70	0,69	11	7,6
6.	РСФСР	0,94	1,05	1,07	1,05	7	7,8
7.	Украинская ССР	1,25	0,84	0,99	1,07	6	7,8
8.	Казахская ССР	0,92	1,18	0,90	0,83	6	5,7
9.	Азербайджанская ССР	1,50	0,84	0,64	0,70	6	4,0
10.	Туркменская ССР	1,50	0,79	0,65	0,70	7	3,8
11.	Киргизская ССР	1,31	1,07	0,62	0,78	7	4,8
12.	Белорусская ССР	1,11	1,14	0,94	1,04	6	7,9
13.	Узбекская ССР	1,47	0,62	0,54	0,68	6	2,3
14.	Молдавская ССР	1,44	0,69	0,57	0,96	5	3,9
15.	Таджикская ССР	1,47	0,84	0,56	0,66	5	3,2

ет значимость выбранных факторов при определении прироста уровня автомобилизации.

После определения уровня автомобилизации для рассматриваемой республики определяется величина парка легковых автомобилей и распределяется ее между областями, районами и крупными городами по имеющимся закономерностям с учетом, по возможности, влияния факторов X_1 , X_2 , X_3 и X_4 .

От точности определения уровня автомобилизации во многом зависит обоснование и строительство станций технического обслуживания, автозаправочных станций, магистральных улиц и дорог, гаражей, кемпингов, moteлей, а также развитие общественных видов транспорта.

Л и т е р а т у р а

1. Бордуков И.В., Архангельский Л.В. О перспективах автомобилизации городов. - Сб. "В помощь проектировщику. Тема 4. Проблемы городского транспорта", Киев, 1966.

2. Инсогорский А.А. Городские гаражи и стоянки. М., Стройиздат, 1972.

3. Ляско В.И., Шахнес Л.М. Обоснование факторов, влияющих на уровень насыщения различных районов страны автомобилями индивидуальных владельцев. - В сб. конференции НИИАТ "Основные направления научных исследований на автомобильном транспорте в десятой пятилетке", М., 1976.

4. Пихлак И.О. Расчет перспективного уровня автомобилизации. - Сб. "Тезисы докладов республиканской научно-технической конференции по автомобильным дорогам и геодезии". Tallin, 1976.

5. ЦСУ СССР. Итоги всесоюзной переписи населения 1970 года. II том. Пол, возраст и состояние в браке населения СССР. М., "Статистика", 1972.

6. ЦСУ СССР. СССР и союзные республики в 1974 году. М., "Статистика", 1975.

7. Справочник по климату СССР. Часть II. Температура воздуха. Все выпуски - I-34.

Über die Bestimmung der Pkw-Motorisierungskennziffer
für die nähere Zukunft (10-15 Jahre)

Zusammenfassung

Auf Grund von theoretischen Untersuchungen ist ein Modell zur Berechnung der Pkw-Motorisierungskennziffer ausgearbeitet.

Der Zuwachs der Pkw-Motorisierungskennziffer hängt von den klimatischen Bedingungen, der Dichte des Strassennetzes, der durchschnittlichen Sparsumme der Familie und ihrer Grösse ab.

Die Berechnungsdaten des Zuwachses der Pkw-Motorisierungskennziffer für die Jahre 1973-76 für alle 15 Republiken der UdSSR stimmen mit dem tatsächlichen Zuwachs gut überein.

М. И. Левин. В. М. Сегеркранц

О КОЛИЧЕСТВЕ ВОЗМОЖНЫХ ОБГОНОВ

В движении обгон является одним из сложнейших маневров. Водителю приходится делать ряд оценок и принимать решения, причем это необходимо выполнить очень быстро и точно. Ошибочные оценки и действия при обгоне могут быть причиной аварий, последствия которых очень тяжелы.

Анализируя статистику дорожно-транспортных происшествий по Эстонской ССР, видим, что столкновения составляют 1/3 от всех аварий.

Влияние разных систем ограничения скоростей и режимов движения на безопасность реализуется именно через уравнение скоростей и уменьшение количества обгонов. Поэтому при исследовании влияния режимов скоростей всегда учитывается количество обгонов [1,2]. Поэтому для оценки влияния разных мероприятий на свойства потока движения и безопасность нам необходимо определить количество возможных обгонов.

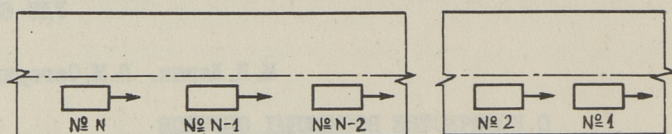
Для расчета теоретического количества обгонов (такого количества обгонов, которое при данном распределении скоростей имело бы место, если все возможные обгоны совершались бы) мы исходим из следующего.

Пусть в данный момент времени на участке дороги [AB] в направлении A — B движется $N = n_1 + n_2 + \dots + n_s$ автомобилей. При этом n_i автомобилей имеют скорость из интервала $[v_i; v_{i+1}]$ ($i = 1, 2, 2, \dots, s$), причем $v_1 < v_2 < v_3 < \dots < v_{s+1}$.

Пронумеруем автомобили номерами 1, 2, ..., N справа налево (фиг. 1).

Каждой машине № i поставили в соответствие число n_i , которое равно количеству машин, находящихся впереди машины № i и имеющих скорость, меньшую чем скорость машины

№ i . При этом приближенно считаем, что если скорости машин попадают в один и тот же промежуток $[v_k, v_{k+1}]$, то эти скорости одинаковы.



Фиг. 1.

Определим число

$$R = r_1 + r_2 + \dots + r_N.$$

Число R показывает, сколько всего обгонов могут совершить данные N машин, если они будут продолжать движение с теми же скоростями и новых машин на пути движения встречаться не будет.

Очевидно, что это число характеризует одну из сторон напряженности дорожной ситуации, которая во многом зависит от разнообразия скоростей машин, участвующих в движении. Естественно, чем меньше R , тем менее опасна эта сторона.

Число R назовем характеристикой числа обгонов для данного расположения машин.

Найдем R_{\max} — наибольшее возможное значение R при заданных числах n_1, n_2, \dots, n_s .

Имеет место формула

$$R_{\max} = \sum_{i=1}^{s-1} \left(n_i \sum_{k=i+1}^s n_k \right). \quad (I)$$

Доказательство. Ясно, что $R = R_{\max}$, если расположение машин таково: сначала (справа) движутся все n_1 машин со скоростями из $[v_1, v_2]$, после (сзади них) — все n_2 машин со скоростями из $[v_2, v_3]$ и т.д. и последними — все n_s машин со скоростями из $[v_s, v_{s+1}]$.

Тогда

$$\begin{aligned} r_i &= 0 & (i = 1, 2, \dots, n_1) \\ r_i &= n_1 & (i = n_1 + 1, n_1 + 2, \dots, n_1 + n_2). \end{aligned}$$

$$r_i = n_1 + n_2 \quad (i = n_1 + n_2 + 1, n_1 + n_2 + 2, \dots, n_1 + n_2 + n_3)$$

$$r_i = n_1 + n_2 + n_3 \quad (i = n_1 + n_2 + n_3 + 1, n_1 + n_2 + n_3 + 2, \dots, n_1 + n_2 + n_3 + n_4).$$

Отсюда

$$R_{\max} = n_1 \cdot 0 + n_2 n_1 - n_3 (n_1 + n_2) + n_4 (n_1 + n_2 + n_3) + \dots + n_s (n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_{s-1}) = n_1 (n_2 + n_3 + n_4 + \dots + n_s) + n_2 (n_3 + n_4 + \dots + n_s) + n_3 (n_4 + n_5 + \dots + n_s) + \dots + n_{s-1} n_s = \sum_{i=1}^{s-1} n_i (n_{i+1} + n_{i+2} + \dots + n_s),$$

что и требовалось доказать.

Пример. На участке 3 машины со скоростью [50, 60], 4 - со скоростью [60, 70], 2 - со скоростью [70, 80] и 1 - со скоростью [80, ∞]. Здесь $n_1 = 3$, $n_2 = 4$, $n_3 = 2$, $n_4 = 1$.

По формуле (I)

$$R_{\max} = 3(4 + 2 + 1) + 4(2 + 1) + 2 \cdot 1 = 35.$$

Мы считаем, что знаем закон распределения скоростей машин, т.е. значения n_1, n_2, \dots, n_s и N . Однако этого недостаточно для дальнейшего исследования величины R . Эта величина зависит и от взаимного расположения машин. Если этого расположения мы не знаем, то за характеристику числа обгонов можно взять число R_{\max} , определенное в (I).

Будем считать, что на участке $[A, B]$ любое расположение данных машин равновероятно. Числа n_1, n_2, \dots, n_s, N заданы.

Поскольку всевозможные расположения образуют перестановки с повторениями, то по известной формуле их число может быть вычислено:

$$A(N) = \frac{N!}{n_1! n_2! \dots n_s!}.$$

Следовательно, любое расположение данных машин имеет вероятность

$$p = \frac{1}{A(N)} = \frac{n_1! n_2! \dots n_s!}{N!}.$$

В этом случае можно было бы за характеристику обгонов на $[A, B]$ выбрать величину $M(R)$ - математическое ожидание величины R .

Очевидно, что

$$0 \leq R \leq R_{\max}.$$

Обозначив через $l(R)$ количество возможных расположений (данных N машин) с характеристикой обгонов R , мы получаем

$$M(R) = \sum_{k=0}^{R_{\max}} k \frac{l(k)}{A(k)} = \frac{n_1! n_2! \dots n_s!}{N!} \sum_{k=0}^{R_{\max}} k l(k). \quad (1a)$$

К сожалению, числа $l(k)$ найти не удается.

Рассмотрим приближенный способ определения величины $M(R)$ на ЭВМ по методу Монте-Карло.

Идея заключается в следующем. По данным значениям n_1, n_2, \dots, n_s смоделируем ν расположений случайным образом. Для каждого такого расположения N_j подсчитаем число $R = R_j$ и возьмем

$$M(R) = \left[\frac{1}{\nu} \sum_{j=1}^{\nu} R_j \right], \quad (2a)$$

где $[a]$ означает целую часть числа a .

Естественно ожидать, что при достаточно больших значениях ν подсчет по этой формуле даст достаточно точный результат, близкий к (1a).

Рассмотрим, как смоделировать случайное расположение $N = n_1 + n_2 + \dots + n_s$ машин с равномерным распределением.

Выберем в машине N последовательных ячеек, которые условно обозначим через

$$t_N, t_{N-1}, \dots, t_2, t_1. \quad (2)$$

В эти ячейки последовательно направим n_1 чисел 1, n_2 чисел 2, ..., n_s чисел s .

Последовательно выработаем N случайных равномерно распределенных на $[0, 1]$ чисел и отправим их в полученном порядке в N ячеек, которые условно обозначим через

$$u_N, u_{N-1}, \dots, u_2, u_1. \quad (3)$$

Теперь числа из ячеек (2) и (3) поставим в соответствие по правилу

$$t_i \leftarrow u_i \quad (i=1, 2, \dots, N).$$

Числа в ячейках (3) упорядочим по величине, наименьшее из которых направим в u_1 , следующее по величине — в u_2 и т.д. Одновременно проведем перестановку чисел в ячейках (2) по правилу: если в (3) числа из ячеек u_p и u_q поменялись местами, то сразу же в (2) в ячейках t_p и t_q числа тоже меняем местами.

После того, как в (3) все числа окажутся упорядоченными, в ячейках (2) окажется также некоторый набор чисел $I, 2, \dots, s$. Расположенные теперь в (2) числа имитируют соответствующее расположение машин.

Осталось подсчитать для каждой ячейки N_j из (2), сколько чисел, меньших, чем в N_j , стоит справа от ячейки N_j . Полученные значения складываем и имеем число R_j в (2а).

Проделав это все ν раз, мы получим по (2а) приближенное значение $M(R)$.

Пример. Рассмотрим один шаг описанной выше процедуры.

Пусть имеем 2 машины со скоростями $[v_1, v_2]$
 1 машину со скоростью $[v_2, v_3]$
 3 машины со скоростью $[v_3, v_4]$.

Тогда два числа 1, одно число 2 и три числа 3 отправляем в ячейки (2):

3	3	3	2	1	1
---	---	---	---	---	---

(2_I)

Вырабатываем 6 случайных чисел из $[0, 1]$ и отправляем их в ячейки (3):

0,275	0,404	0,146	0,321	0,05	0,889
-------	-------	-------	-------	------	-------

(3_I)

Упорядочиваем числа (3_I) по величине, при этом одновременно с перестановкой чисел в (3_I) делаем соответственные перестановки в (2_I):

{	1	3	3	3	2	1
{	0,889	0,275	0,404	0,146	0,321	0,05
↓						
{	1	3	3	3	2	1
{	0,889	0,404	0,275	0,146	0,321	0,05
↓						

$$\downarrow$$

I	3	2	3	3	I
0,889	0,404	0,321	0,146	0,275	0,05

(2₂)

$$\downarrow$$

I	3	2	3	3	I
0,889	0,404	0,321	0,275	0,146	0,05

(3₂)

В (3₂) числа упорядочены. Значит, набор (2₂) дает нам модель расположения заданных машин.

Рассмотрим (2₂)

I	3	2	3	3	I
---	---	---	---	---	---

Для него подсчитываем число R_1 :

$$R_1 = 0 + 1 + 1 + 1 + 2 + 0 = 5.$$

В реальном потоке движения не все теоретически возможные обгоны совершаются. По разным причинам водители отказываются от обгонов и реальное количество обгонов всегда меньше теоретического. Однако расчет теоретического количества обгонов дает нам возможность оценить разные потоки движения в разных условиях.

Л и т е р а т у р а

1. S a l u s j ä r v i M. Tienkohtaisten nopeusrajoitusten kokeilu 1973. Tie- ja liikennelaboratorio, tiedonanto 17. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Otaniemi 1974. (Финский язык).

2. S a l u s j ä r v i M. Yleinen 80 km/h nopeusrajoitus 1974. Vaikutukset liikennevirren ominaisuuksiin. Tie- ja liikennelaboratorio, tiedonanto 20. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Otaniemi 1975. (Финский язык).

The Number of Possible Overtakings

Summary

If on the road section /AB/ there are N vehicles at the given moment ($N = n_1 + n_2 + \dots + n_s$), the speeds of n_i vehicles are in the interval $/v_i, v_{i+1}/$ ($i = 1, 2, \dots, s$) and $v_1 < v_2 < \dots < v_s < v_{s+1}$. For each vehicle the r_i is computed which is equal to the number of vehicles whose speeds are less than N_i has. When computing $R = r_1 + r_2 + \dots + r_N$ we get the number of possible overtakings for N vehicles in the given conditions, if they continue to travel at a constant speed. $R_{\max} = \sum_{i=1}^{i=s} (n_i \sum_{k=i+1}^{s-1} n_k)$ can be computed.

Actully in the given road section there may be any sequence of cars, and $0 \leq R \leq R_{\max}$. The probable number of overtakings $M(R)$ has been calculated by the Monte-Carlo method by computer. Modelling ν locatings of cars on the section /AB/ we have $M(R) = \frac{1}{\nu} \sum R_i / \nu$; Our model gives the result which is sufficiently exact. The result is illustrated by an example.

УДК 625.7

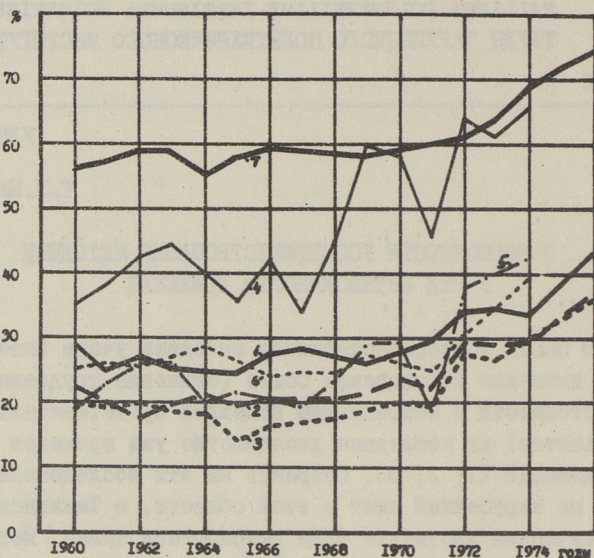
Т. Х. Метсвахи

О ВОЗМОЖНОСТИ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДИКИ
УЧЕТА ИНТЕНСИВНОСТИ ДВИЖЕНИЯ

В целях усовершенствования методики учета интенсивности движения в Советском Союзе (снижение трудоемкости, т.е. стоимости с сохранением надежной представительности результатов) за последнее десятилетие уже проведен ряд исследований [1, 2, 3]. Опираясь на эти исследования, а также на зарубежный опыт в этой области, в Таллинском политехническом институте была разработана новая методика учета интенсивности движения,^X которая используется в системе Министерства автомобильного транспорта и шоссейных дорог Эстонской ССР начиная с 1972 года.

Учет по этой методике дает достаточно надежные результаты в условиях с преобладающим движением грузового транспорта. С ростом доли движения легковых автомобилей (фиг. 1) достоверность результатов учета заметно сокращается, если методика применяется без корректировки. Корректировка же методики необходима, поскольку:

^X На дорогах республики расположено 192 пункта учета, на которых учет производится визуально, и 100 учетных пунктов, оборудованных автоматическими счетчиками. На основных пунктах учета (20 пунктов) учет производится ежемесячно в течение 3-х дней по определенной схеме. В течение года на дни учета приходится 15 рабочих дней по 24 часа, 15 рабочих дней по 16 часов и 6 выходных дней по 24 часа. На дополнительных пунктах учета (172 пункта) производится учет в зависимости от интенсивности движения в течение либо 6, либо 3 дней по 16 часов по заданной схеме. Для расчета среднегодовой суточной интенсивности движения применяются переводные коэффициенты, которые определены на основании результатов учета основных учетных пунктов. Первичный материал учета представлен в виде почасовых распределений.



Фиг. 1. Доля легковых автомобилей в составе потока (1-6) и в городском автопарке (7)

1 - Таллин - Пярну
2 - Таллин - Тарту
3 - Таллин - Нарва

4 - Ярвекюла - Клоога
5 - Таллин - Кейла - Палдиски
6 - Таллин - Рапла.

- существенно возрастает движение к местам отдыха, значительная доля которого падает на последние дни недели, тогда как на основных учетных пунктах регистрируется интенсивность движения субботнего и воскресного дня по 6 раз в год (интенсивность движения рабочего дня - 30 раз в год);

- в период максимального движения легковых автомобилей [9];

- с мая по сентябрь - в оба выходные дни учет проводится всего лишь один раз;

- на дополнительных учетных пунктах в воскресенье учет не проводится, но в настоящее время на некоторых из них движение по воскресным дням больше, чем в рабочий день.

В силу различий в характере движения на отдельных дорогах переводные коэффициенты, определенные на основе материалов учета на основных пунктах учета, непригодны для

применения на всех дорогах, поэтому методика движения нуждается в усовершенствовании, в частности:

- на всех выходящих из города дорогах должен быть создан, по крайней мере, один основной пункт учета, расположенный возможно ближе к черте города;

- следовало бы ввести дифференциальную систему поправочных коэффициентов, которые учитывали бы характер движения на конкретной дороге;

- на дополнительных пунктах учета, в случае необходимости следует проводить учет и в выходные дни;

- изучить возможности частичного уменьшения продолжительности учета в течение дня (путем введения 6-, 4-, 3-часового, либо дважды по трех- или четырехчасового учета) с тем, чтобы учетом было охвачено время пик и увеличилось число дней учета. Поскольку время пик движения легковых и грузовых автомобилей не совпадает, то в течение дня, очевидно, следует проводить учет движения в течение двух циклов.

Иногда необходимо дать оценки интенсивности движения на основе показателей кратковременного учета. Хотя данный анализ проделан в ограниченном объеме и только по данным определенных пунктов (пригородные пункты учета на вылетных дорогах Таллина), применение использованных принципов возможно и при усовершенствовании методики учета движения и проведения дополнительных проверочных учетов в ходе проектирования дорог. В исключительных условиях конкретные результаты данного исследования могут быть применимы и для выведения приближенных оценок.

Суточная интенсивность движения легковых автомобилей оценивалась по показателям выборочного учета движения. С этой целью на основе статистического материала был проведен регрессионный анализ связи между интенсивностью движения в час пик и суточной его интенсивностью. Поскольку местонахождение часа пик изменяется во времени, то уловить его в течение 1-часового учета затруднительно. Поэтому представляется более целесообразным проводить 4- или 3-часовые учеты с тем, чтобы в этот отрезок времени мог попасть и предполагаемый час пик. Весьма вероятно, что

будет выявлено пиковое время в n -часовом интервале учета, на основании которого и определяется суточная интенсивность движения. Даже в том случае, если этот интервал не является фактически пиковым интервалом, но содержит в себе час пик, выведенная через него суточная оценка интенсивности движения все же точнее той, которая сделана по одному неверно определенному часу пик. В рабочие дни большая вероятность выявить час пик в внездном направлении приходится на промежуток времени между 15 и 19 часами и в летние воскресные дни — между 10 и 14 часами. В зимний период уловить время пиковой нагрузки легковых автомобилей значительно сложнее. Зимой движение в течение дня распределяется гораздо равномернее, поэтому зачастую можно считать удовлетворительной и оценку, сделанную по непииковому часу.

На основании обширного статистического материала проведен регрессионный анализ также связи между трехчасовым временем пик и суточной интенсивностью движения (табл. I).

По данным СНИП по проектированию автомобильных дорог, техническую категорию дороги можно определить и по показателю перспективной интенсивности часа пик. Характер движения на вылетных дорогах в силу его неравномерности таков, что может возникнуть положение, когда по показателю интенсивности движения пикового часа придется проектировать дорогу более высокой категории, чем по показателю перспективной среднегодовой суточной интенсивности. Такую возможность проектировщики должны учитывать. Однако применяемая методика учета движения не обеспечивает выявления максимальной интенсивности движения в час пик или даже близкой к нему интенсивности.

Относительно учитываемого сейчас часа пик не известно, который это фактически час. В США и во многих других зарубежных странах дороги проектируются по показателю интенсивности движения перспективного 30-го часа пик. Таким образом, в расчетном году теоретически в течение 29 пиковых часов должны возникать затруднения с пропускной способностью на спроектированной дороге [4, 7]. Такой подход обоснован экономическими соображениями. В нормах проектирования наших автомобильных дорог применяется термин "наибольшая перспективная часовая интенсивность", который,

очевидно, следует понимать как максимальную интенсивность пикового часа нормального движения, при нахождении которой не следовало бы исходить из той максимальной интенсивности движения, которая обусловлена каким-либо чрезвычайным происшествием. Опираясь на зарубежный опыт, можно было бы предположить, что если максимальной перспективной интенсивностью часа пик окажется интенсивность 30 часа пик, то это еще не означает, что пропускная способность дороги будет исчерпана задолго до наступления расчетного года.

Проектировщики не всегда располагают достаточным количеством учетных данных движения на проектируемой ими дороге, причем нередко эти данные достоверны. При недостатке учетных данных зачастую остается невыясненным характер движения на проектируемой дороге, поэтому планирование дополнительных обследований при полевых работах затруднено. В таких условиях была бы весьма ценной возможность определения оценки нужд точности по кратковременным выборочным учетам.

Для определения суточной интенсивности движения на внегородских дорогах [5] и внутри города при значительных интенсивностях движения целесообразно пользоваться 5-, 6-, 10- или 12-минутными учетами [1]. Возможность использования материалов таких учетов была проверена автором. Выяснилась нецелесообразность использования показателей 10-минутных учетов при интенсивности движения менее 800-1000 машин в час (в одном направлении), так как допускаемая при этом ошибка чрезмерно велика.

Установлена приближенная зависимость между средней ошибкой оценки, сделанной по показателю кратковременного учета, и часовой интенсивности движения:

$$1) \text{ по } 10\text{-минутному учету: } y = 0,175 - 0,00015 N$$

$$2) \text{ по } 5\text{-минутному учету: } y = 0,250 - 0,00020 N$$

$$y = \frac{m_{\text{ср}}}{N},$$

где N - часовая интенсивность движения в одном направлении, машины/час;

$m_{\text{ср}}$ - средняя величина ошибки оценки.

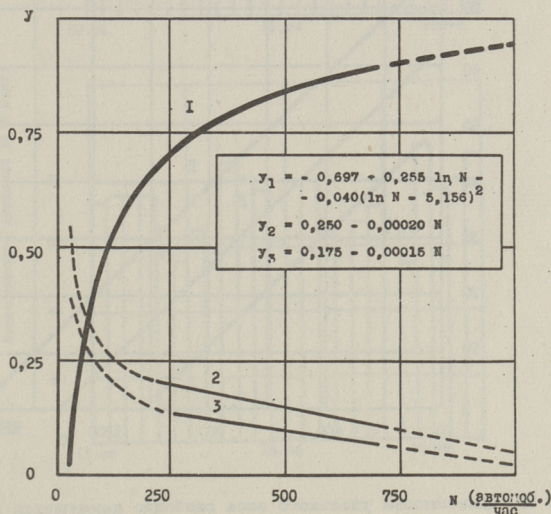
Представленные приближенные формулы действительны при условии $250 < N < 700$.

Таблица I

Регрессионные уравнения зависимости суточной интенсивности движения легковых автомобилей от 3-часовой "пиковой" интенсивности на вылетных магистралях Таллина

Дни недели	По данным (года)	Уравнения регрессии	Коэффициент корреляции	F-критерий	
				F _φ	F _τ
Рабочие дни (исключая пятницу)	1972	$88,3 + 3,59 x$	0,978	23,0	1,70
Рабочие дни (исключая пятницу)	1973	$73,5 + 3,68 x$	0,980	24,8	1,70
Пятница	1972	$45,8 + 3,83 x - 0,0023 x^2$	0,981	25,1	2,48
Пятница	1973	$25,8 + 3,85 x - 0,0017 x^2$	0,987	36,3	2,48
Суббота	1972	$-10,6 + 4,23 x - 0,0025 x^2$	0,986	33,0	3,18
Суббота	1973	$35,1 + 3,66 x$	0,990	47,9	3,18
Воскресенье	1972	$9,0 + 3,85 x - 0,0016 x^2$	0,986	31,3	3,18
Воскресенье	1973	$0,1 + 3,67 x$	0,972	17,0	3,18

Ошибка оценки обусловлена неравномерностью распределения движения в течение дня. Рассматривая часовую интенсивность как совокупность двенадцати 5-минутных интенсивностей, определена связь между коэффициентом равномерности движения (в виде коэффициента однородности структуры [8]) и часовой интенсивности движения (фиг. 2).



Фиг. 2. Кривая, характеризующая зависимость равномерности потока ($y_1 = K$) от интенсивности движения (1) и кривые распределения средней ошибки по оценке интенсивности движения: - при 5-минутном выборном интервале (2) - при 10-минутном выборном интервале (3)

$$y = 0,697 + 0,255 \ln x - 0,040 (\ln x - 5,156)^2,$$

где y - коэффициент равномерности движения;
 x - часовая интенсивность движения в одном направлении, машин/час.

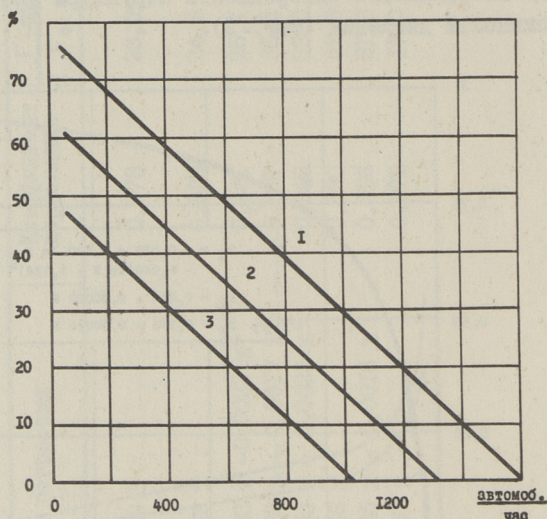
$$R = 0,928$$

$$F_\phi = 6,86$$

$$F_T = 2,04 \text{ (с 99\%-ной достоверностью).}$$

Приведенные уравнения действительны в условиях, когда доля легковых автомобилей в потоке движения составляет 80-95%.

Неравномерность движения тем больше, чем больше в потоке свободно движущихся машин. Их доля в свою очередь зависит от интенсивности и состава движения (фиг. 3).

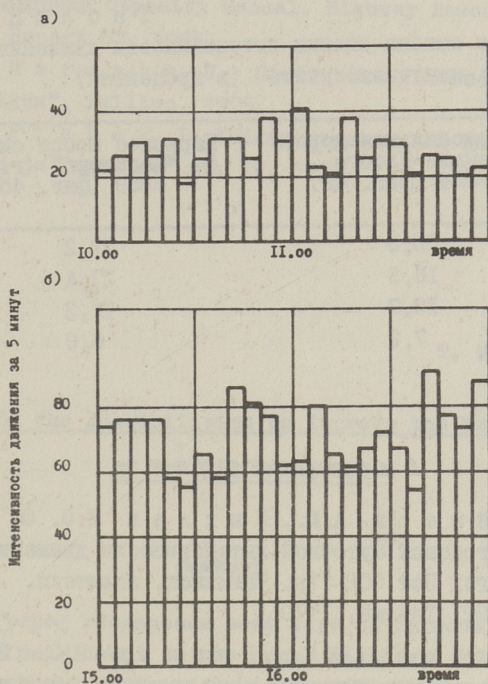


Фиг. 3. Зависимость удельного веса свободно движущихся автомобилей от интенсивности движения на одном направлении и от состава потока
 1 — 100 % легковых автомобилей
 2 — 80 % легковых автомобилей
 3 — 60 % легковых автомобилей.

На основе обширного материала проверена также точность оценок, выведенных по данным 30-минутного учета. При интенсивности движения 100–350 машин./час эта оценка отличалась от фактической часовой интенсивности движения на 24,0%.

По данным Тарту и Кохтла-Ярве, отклонения оценок, сделанных по 30-минутному учету, составляли в том же интервале интенсивности движения 7,4–14,7% [6].

Представлены примеры наибольшей ошибки оценки интенсивности движения на основе кратковременного учета на автомобильной дороге и на городской улице.



Фиг. 4. Интенсивность движения автомобилей за пятиминутный период. Легковые автомобили на дороге Ярвекюла-Клоосга (а) и все автомобили на Нарвском шоссе (б).

При проектировании дорог, городских улиц и пересечений на основе интенсивности движения максимального часа пик необходимо определить интенсивность движения фактического, а не "астрономического" часа. По данному примеру (фиг. 4а) фактический час пик был на 12% больше астрономического часа пик. Для определения интенсивности фактического часа пик целесообразно учет движения проводить по 5-минутным интервалам. Проведение такой методики учета оправдано и при проектировании систем регулирования уличного движения.

Т а б л и ц а 2

Наибольшие ошибки оценки интенсивности движения по данным m -минутного учета (в процентах)

Продолжительность учета (мин)	Автомобильная дорога Ярвекюла-Клоога $n_{11}=354$ (фиг. 4а)	Нарвское шоссе около кафе "Кадрюрт" (г.Таллин) $n=859$ (фиг. 4б)
5	35,5	27,2
10	16,9	17,4
15	10,7	11,3
30	7,9	5,0

Л и т е р а т у р а

1. В а й м е л ь А.Ю., П и х л а к И.О. Об определении среднегодовой суточной интенсивности движения на местных дорогах Эст.ССР.—"Тр. Таллинск. политехн. ин-та", серия А, № 292, Таллин, 1970.

2. В а к с м а н С.А., П и х л а к И.О. Некоторые вопросы исследования загрузки сети магистральных улиц городов.—"Тр. Таллинск. политехн. ин-та", серия А, № 292, Таллин, 1970.

3. В а л ь ц В.К. Возможности применения выборочного метода для определения интенсивности движения и структуры транспортных потоков на городских улицах. Сб. "Проблемы городского транспорта" (в помощь проектировщику, тема 4) Киев, 1966.

4. Д р ю Д. Теория транспортных потоков и управление ими. Изд-во "Транспорт", М., 1972.

5. М е т с о н Т.М., С м и т У.С., Х а р д Ф.В. Организация движения. Научно-техническое издательство автомобильного транспорта и шоссеиных дорог РСФСР. М., 1960.

6. С е г е р к р а н ц В.М. Исследование транспортных потоков в городах с населением порядка 100 000 жителей (на примере двух городов Эстонской ССР). Тезисы докладов республиканской научно-технической конференции по автомобильным дорогам и геодезии. Таллин, 1969.

7. Highway Capacity Manual. Highway Research Board. Special Report 87. 1965.

8. M e r e s t e, U. Statistika üldteooria. Kirjastus "Valgus", Tallinn, 1975.

9. P i h l a k, I. Kuidas kasutatakse isiklikku autot. "Tehnika ja Tootmine" nr. 12, 1971.

T. Metsvahi

Of the Possibilities to Improve the Methods
of Traffic Data Count

Summary

This paper recommends some ways to improve the methods of traffic data count in the rural highways. The design of a highway should be based on its traffic data. The paper presents regression models for a 3-hour traffic volume for a daily traffic volume.

If up to the present only the annual average daily traffic has been used for the base of rural highway design, now and in the future we should use the hourly volume in specified traffic conditions.

The hourly volume could be estimated by using the results of the traffic counts for five, ten, fifteen or thirty minute periods. The paper presents the errors of estimating, which depend on an hourly traffic volume and on the duration of the count.

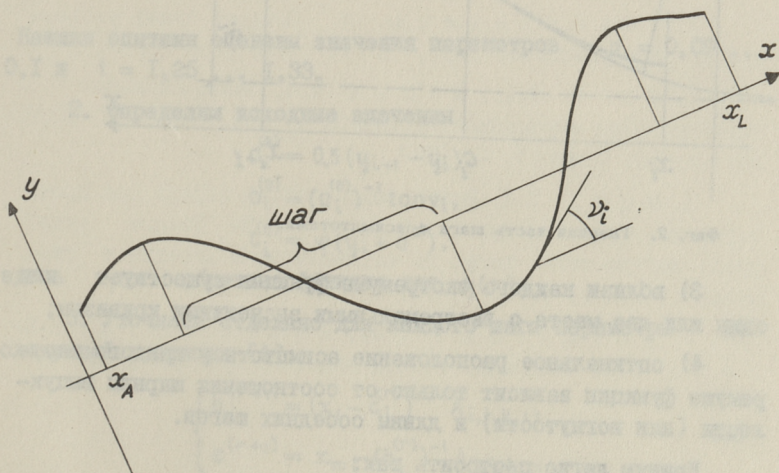
УДК 625.72:661.3-523.8

Х. А. Мяги, М. И. Левин, А. О. Теэтсо

ТАНГЕНСИПЕРБОЛИЧЕСКОЕ ТРАССИРОВАНИЕ
АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ НА ЭВМ

При полиномиальном трассировании [1,2] необходимы трудоёмкие приемы (в смысле машинного времени) для устранения излишних малых поворотов. Затраты времени можно существенно сократить при использовании метода эмпирических формул [3].

Для определенного класса трасс автомобильных дорог можно построить координатную систему таким образом, чтобы ось абсцисс проводилась вдоль полосы размещения трассы, а ось ординат была направлена влево и выполнено условие $-q \leq dy/dx \leq q$, где q некоторое положительное число (фиг. 1). При такой координатной системе функция трассы выражается следующей формулой:



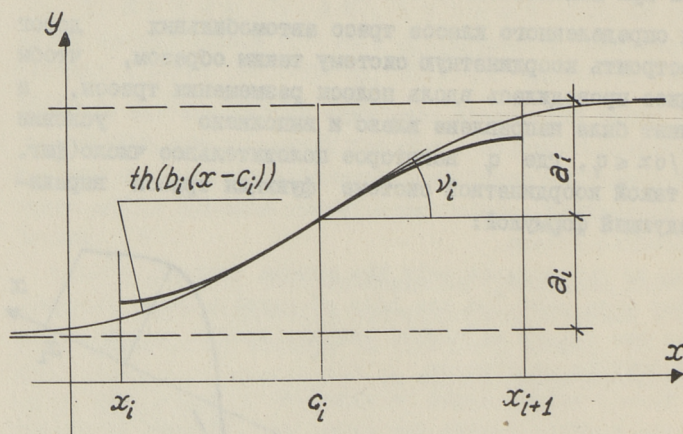
Фиг. 1. Размещение координатной системы относительно трассы.

$$y = y_0 + \sum_{i=1}^{n+1} a_i [1 + \text{th}(b_i(x - c_i))]. \quad (\text{I})$$

Здесь введены следующие обозначения: y_0 — постоянное, n — количество локальных экстремумов функции трассы на отрезках (x_A, x_L) , $2a_i$ — разность ординат асимптот у соседних экстремумов, b_i — постоянное, характеризующее основную часть угла подъема (γ_i) на середине шага, c_i — абсцисса центра шага.

Тангенсгиперболическая трасса имеет следующие свойства:

- 1) её функция вместе с первым и вторым производным непрерывная на всем отрезке (x_A, x_L) ;
- 2) на каждом шагу (между соседними экстремумами) имеется лишь одна точка перегиба (фиг. 1, фиг. 2);



Фиг. 2. Главная часть шага с асимптотами.

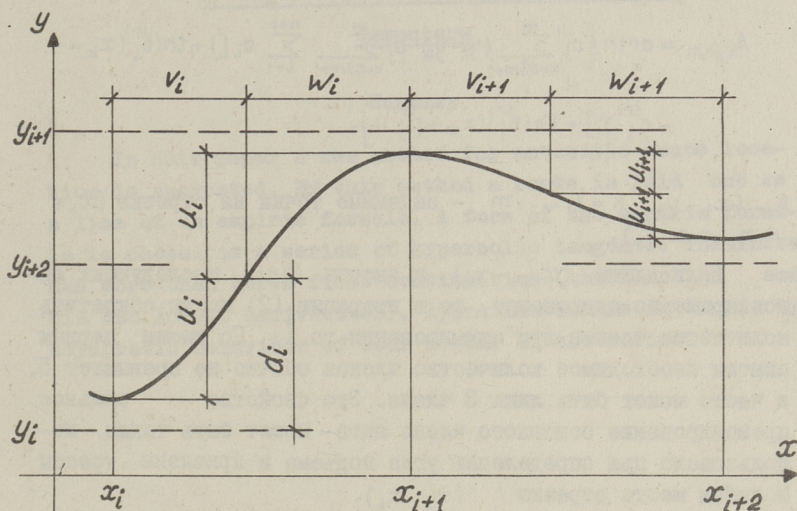
- 3) вблизи каждого экстремума функции существует или один или два места с экстремальными значениями кривизны;
- 4) оптимальное расположение асимптоты у каждого экстремума функции зависит только от соотношения ширины выщуклости (или вогнутости) и длины соседних шагов.

Кривую легко построить так:

1. Определим ординаты асимптот посредством следующей формулы:

$$y_{i+1} = y_i + d_i + \operatorname{sgn} u_i [|u_i| (1 + p v_i^t w_i^{-t}) + |u_{i+1}| p v_{i+1}^t w_{i+1}^{-t}],$$

где y_i , d_i , u_i , v_i и w_i определяются по фиг. 3.



Фиг. 3. Схема параметров для определения расположения асимптот.

Нашими опытами оценены значения параметров $p = 0,09 \dots$
 $0,1$ и $t = 1,25 \dots 1,33$.

2. Определим исходные значения

$$d_i^{(0)} = 0,5 (y_{i+1} - y_i),$$

$$b_i^{(0)} = (d_i^{(0)})^{-1} \tan v_i,$$

$$c_i^{(0)} = \varphi(y_i + d_i^{(0)}),$$

здесь $\varphi(x)$ обратная функция для $y(x)$.

3. Уточняем отдельно для каждого шага параметры по следующей итерации [4]

$$\begin{cases} b_j^{(r+1)} = (x_1 - c_j^{(r)})^{-1} A_{i,j,k,t}, \\ c_j^{(r+1)} = x_m - (b_j^{(r)})^{-1} A_{i,j,k,m}, \end{cases} \quad (2)$$

где

$$A_{i,j,k,l} = \operatorname{arth} \left\{ a_j^{-1} \sum_{k=1}^{0,5m} (y_k - y_0) - a_j^{-1} \sum_{k=1}^{0,5m} \sum_{i=1}^{n+1} a_i [1 + \operatorname{th}(b_i^{(n)}(x_k - c_i^{(n)}))] + \right. \\ \left. + \operatorname{th}(b_j^{(n)}(x_l - c_j^{(n)})) \right\},$$

$$A_{i,j,k,m} = \operatorname{arth} \left\{ a_j^{-1} \sum_{k=0,5m+1}^m (y_k - y_0) - a_j^{-1} \sum_{k=0,5m+1}^m \sum_{i=1}^{n+1} a_i [1 + \operatorname{th}(b_i^{(n)}(x_k - \right. \\ \left. - c_i^{(n)}))] + \operatorname{th}(b_j^{(n)}(x_m - c_j^{(n)})) \right\},$$

и (x_k, y_k) $k=1, \dots, m$ — заданные точки на отрезке $(x_i \leq x_k \leq x_{i+1})$.

Если длины $(x_{i+1} - x_i)$ и высоты $(2a_i)$ последующих шагов примерно одинаковые, то в итерации (2) можно сократить количество членов при суммировании по i . По нашим первым опытам необходимое количество членов обычно не превышает 5, а часто может быть лишь 3 члена. Это свойство — сильное превалирование основного члена шага — может быть также использовано при определении угла подъема и кривизны трассы в любом месте отрезка (x_A, x_L) .

Л и т е р а т у р а

1. К о с с а к о в с к и М. Drogowe trasy polinomialne. "Drogownictwo", /31, № 2, 1976, 56 — 60.

2. М я г и Х.А., Л е в и н М.И. Полиномиальное трассирование автомобильной дороги на ЭВМ. "Изв. АН ЭССР, Математика. Физика", 4, 1977.

3. М я г и Х.А. Метод эмпирических формул при проектировании трассы и проектной линии на ЭВМ "Тезисы докл. респ. научно-техн. конф. по автомобильным дорогам и геодезии", Таллин, 1976, 17-18.

4. Д е м и д о в и ч Б.П., М а р о н И.А., Ш у в а л о в а Э.З. Численные методы анализа. М., 1967, 93-95.

A Tangenthyperbolic Route Location by
Computers

Summary

In this paper a new method for automatic route location is suggested. By this method a route is laid out as a line of an empiric formula. A form of the empiric formula is chosen as a series of hyperbolic tangents. The latter has more than three first continuities (the function and his two lowest derivatives). Approximation is favoured by asymptotic behaviour of each member of the series.

УДК 528.7:528.088

Л. Я. Тамме, А. А. Рандлепп, А. П. Тальто

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УТОЧНЕННЫХ ФОТОСХЕМ ДЛЯ МЕЛИОРАТИВНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В настоящее время установлено, что самым эффективным способом изготовления топографических карт является метод аэросъемки. Как известно, при наличии материалов аэросъемки топографические карты изготавливаются методом комбинированной или стереотопографической съемки.

Именно по этой причине, начиная с 1968 г. институт "Эст-мелиопроект" приступил к внедрению метода комбинированной съемки. До настоящего времени средствами института изготовлены фотопланы для значительной территории республики в М 1:5000. Из имеющихся плановых материалов использовано для комбинированной съемки только 6%. Как видно, коэффициент использования аэросъемочных материалов является незначительным.

Причиной этого является обстоятельство, что территория, которая покрыта фотопланами, полностью не подлежит мелиорации. Изготовление фотопланов в рамках отдельных участков мелиорации является невозможным. Авиаотряды не принимают заказы на аэросъемки по изолированным участкам площадью 3-4 км². Тормозом внедрения аэрометодов является еще длительный период изготовления фотопланов.

Все перечисленные недостатки приводят нас к выводу, что комбинированная съемка не оперативная и в конечном результате является причиной убытка по сравнению с мензульной съемкой. Ежегодный убыток составляет около 12000 рублей. В то же время бесспорным является факт, что, например, стереотопографический метод съемки может дать институту ежегодную экономию в размере 50000 рублей.

Именно по этой причине решено пересмотреть существующие принципы использования материалов аэросъемки для мелiorативного строительства.

При решении этого вопроса необходимо учитывать следующие особенности аэрофотографических съемок в крупных масштабах.

1. Возрастание относительной информационной емкости аэроснимков, связанной с возможностью дешифровать очень мелкие детали. Это позволяет использовать аэрофотоснимки в масштабе меньше масштаба составляемого плана.

Если учесть, что стоимость площади аэросъемки возрастает с укрупнением масштаба, то использование снимков мелкого масштаба может дать значительный экономический эффект.

2. При составлении плана по мелкомасштабным снимкам все ошибки возрастают пропорционально коэффициенту увеличения. Это требует более высокой точности фотограмметрических определений, более жесткие требования к качеству аэроснимков и к точности применяемых приборов.

Все технологические схемы крупномасштабных аэрофотографических съемок предусматривают как обязательный процесс планово-высотной привязки снимков. Но этот процесс представляет собой трудоемкий и дорогостоящий комплекс полевых геодезических работ.

Стремление исключить плановую привязку снимков из технологической схемы приводит нас к следующим возможным путям решения этой проблемы:

1. Использование существующих фотопланов масштаба 1:10000.

2. Использование материалов старой привязки, выполненной для создания фотопланов в прошлые годы.

3. Создание приведенной фотосхемы по гиростабилизированным снимкам и показаниям радиовысотомера.

4. Использование на снимках изображений пунктов главного геодезического обоснования, замаркированный перед новым залетом.

По заказу института "Эстмелиопроект" кафедрой аэрофотогеодезии Львовского политехнического института (ЛОЛПИ),

были выполнены расчеты для определения ожидаемой точности фотоплана, изготовленного без плановой привязки аэрофото-снимков.

Исходными были приняты следующие положения:

1. В качестве топографических основ меллиоративного проектирования можно использовать планы в масштабе 1:2000 соответствующие по точности планам масштаба 1:5000.

2. Средние ошибки контуров на плане относительно точек съемочного обоснования не должны превышать 0,4 мм в масштабе плана 1:5000.

3. Аэрофотосъемка выполняется с использованием спец-приборов, т.е. аэроснимки являются гиостабилизированными.

4. Плановый материал необходим для проектирования меллиоративных систем на плоскоравнинных участках местности и средние превышения в пределах рабочей площади снимка не превышают 5 м.

Расчеты определения ожидаемой точности фотоплана приведены для первых трех вариантов в таблице I. Четвертый вариант (использование на снимках изображений пунктов главного геодезического обоснования) бесспорно обеспечивает необходимую точность плана.

В таблице I использованы следующие обозначения:

- m_1 - ошибка нанесения трансформационных точек на основу,
- m_2 - ошибка трансформирования,
- m_3 - ошибка за рельеф,
- m_4 - ошибка фотограмметрического сгущения,
- m_5 - ошибка за влияние угла наклона аэроснимка.
- m_6 - ошибка за определение высоты фотографирования по показаниям радиовысотомера,
- m_7 - ошибка накола координатных меток на аэронегативе,
- m_8 - ошибка построения отрезка на основе,
- m_9 - ошибка совмещения координатных меток с концами отрезка на основе,
- m_{5000} - точность плана в масштабе 1:5000.
- m_{2000} - точность плана в масштабе 1:2000.

Таблица I

Ожидаемая точность фотопланов и фотосхем

№ вер- анта	Масштаб аэросним- ка	Фокус А Ф А В мм	О ш и б к и в мм															
			m ₁	m ₂	m ₃	m ₄	m ₅	m ₆	m ₇	m ₈	m ₉	m ₅₀₀₀	m ₂₀₀₀					
1.	I:14000	200	1,0	0,2	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,07	2,68	
2.	I:14000	200	0,2	0,2	0,3	0,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,37	0,92
3.	I:20000	200	-	-	0,2	-	0,110	0,05	0,28	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,39	0,98	

Как показывают выполненные расчеты, первый вариант изготовления фотопланов отпадает. Этот способ не обеспечивает требуемую точность ввиду значительной ошибки нанесения трансформационных точек на основу. Причиной этого является значительная ошибка в положении контурной точки на старом фотоплане в масштабе $I:10000$.

Второй и третий варианты обеспечивают практически одинаковую точность. Эти варианты по точности соответствуют исходным положениям (ошибка точки на плане в масштабе $I:5000$ не превышает $\pm 0,4$ мм).

Из анализа следует, что требуемая точность фотоплана может быть достигнута с использованием опознаков привязки прошлых лет или существующих на местности пунктов главного геодезического обоснования.

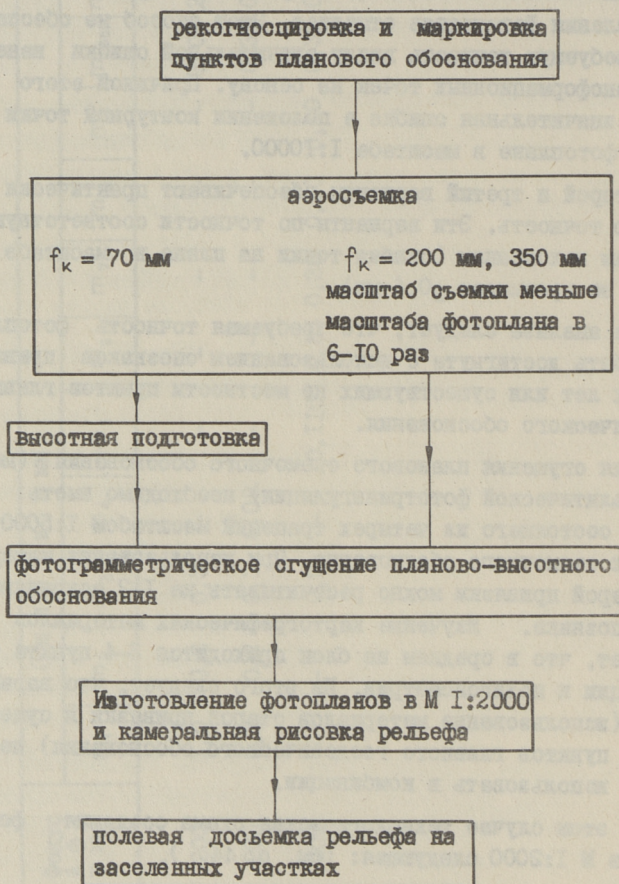
Для сгущения планового съемочного обоснования (методом аналитической фототриангуляции) необходимо иметь для блока, состоящего из четырех трапеций масштабом $I:5000$, 4-6 точек съемочного обоснования. При использовании материалов старой привязки можно рассчитывать на 1-2 сохранившиеся опознака. Изучение картографических материалов показывает, что в среднем на блок приходится 3-4 пункта триангуляции и полигонометрии. Из этого следует, что варианты 2 и 4 (использование материалов старой привязки и существующих пунктов главного геодезического обоснования) необходимо использовать в комбинации.

В этом случае технологическая схема создания фотоплана в $M I:2000$ следующая: (см. с. 44).

Как видно, предполагаемая технологическая схема почти полностью исключает полевые работы, связанные с наиболее трудоемким и дорогостоящим процессом — полевой привязкой снимков.

Недостатками предложенной схемы являются:

1. Выполнение маркировки перед залетами.
2. Для сгущения планового и высотного обоснования необходимо иметь специальные фотограмметрические приборы и ЭВМ средней мощности. Приобретение таких приборов является для мелких организаций не под силу.



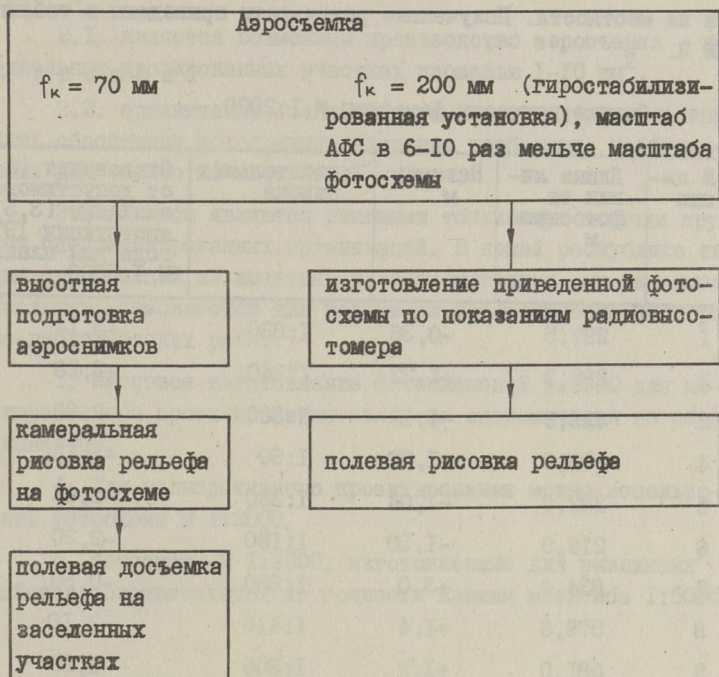
3. Для изготовления фотопланов потребуется минимум 2 года.

По сравнению с первой технологической схемой вариант изготовления фотосхемы имеет несколько преимуществ:

1. Для изготовления фотосхемы не требуются сложные фотограмметрические приборы.

2. Для изготовления фотосхемы не требуется высокая квалификация исполнителя.

Технология изготовления фотосхемы в М 1:2000



3. Фотосхемы могут быть изготовлены сразу же после получения материалов аэросъемки. Следовательно, цикл изготовления фотосхем 1 год.

4. Полностью отпадают полевые работы.

5. Переход от фотоплана к фотосхеме дает экономию около 100 рублей на 1 км².

Единственным недостатком этого варианта является тот факт, что в пределах трапеции масштаба 1:2000 превышения не должны быть больше 8 метров. Следовательно, фотосхемы можно изготавливать только на участки равнинной местности.

По нашим предложениям были изготовлены фотосхемы М 1:2000 Институтом земельных ресурсов и кафедрой геодезии ЛОПИ. На этих фотосхемах были выполнены исследования по

определению точности фотосхем. Исследования выполнялись путем непосредственного измерения расстояний на фотосхеме и на местности. Полученные результаты приведены в таблице № 2.

Т а б л и ц а 2

Оценка точности фотосхем М 1:2000

№ линии	Длина линии на фотосхеме М	Невязка м	Относительная ошибка	Отклонения (в м) от допустимого значения (3,5 м) инструкции 1973 года для плана М 1:5000
I	297,5	-0,36	1:830	-3,14
2	292,3	+1,22	1:240	-2,28
3	426,9	-1,12	1:380	-2,38
4	88,0	-1,37	1:60	-2,13
5	382,0	-1,04	1:360	-2,46
6	216,9	-1,30	1:160	-2,20
7	834,4	+3,0	1:280	-0,50
8	576,6	+1,4	1:410	-2,10
9	581,0	+1,9	1:300	-1,60
10	608,4	+1,3	1:470	-2,20
II	868,8	-3,1	1:280	-0,40
12	869,7	-0,3	1:2900	-3,20

По данным таблицы 2 можно заключить, что фотосхемы масштаба 1:2000 по точности соответствуют планам масштаба 1:5000.

На основании выполненной работы можно сделать следующие выводы:

1. Источником повышения эффективности крупномасштабных топографических работ является широкое внедрение аэроъемки.

2. В условиях нашей республики внедрение методов

аэросъемки обеспечивает ожидаемый эффект только в случае, если:

2.1. является возможным производство аэросъемки на отдельных изолированных участках площадью 1-10 км².

2.2. организации, заказывающие аэросъемку, должны быть обеспечены фотограмметрическими приборами, необходимыми для обработки материалов съемки.

Эти вопросы являются решимыми только при наличии крупных специализированных организаций. В нашей республике таких организаций не имеется, и, следовательно, мы не имеем реальных возможностей для повышения эффективности топографо-геодезических работ.

3. Массовое изготовление фотопланов М 1:5000 для мелиоративного проектирования является экономически не обоснованным.

4. Для мелиоративного проектирования можно использовать фотосхемы М 1:2000.

5. Фотосхемы М 1:2000, изготовленные для равнинных районов, соответствуют по точности планам масштаба 1:5000.

L. Tamm, A. Randlepp, A. Talts

Using Exact Photoschemes for Amelioration Planning

Summary

The present paper gives a survey of the serial photography for amelioration purposes.

The work is based on the use of topographic plans for amelioration planning. In the conditions of the Estonian SSR it is not expedient to prepare photoplans, which are very expensive and take no less than three years. It is best to use exact photoschemes, which guarantee required exactness and shorten the working cycle to one year.

The practical results certify the rightness of the theoretical conclusions.

О РАСПРЕДЕЛЕНИИ НАПРЯЖЕНИЙ В УПЛОТНЯЕМОМ ГРУНТЕ

Состояние прочности и деформации грунта зависит непосредственно от состояния напряжений в грунте под действием внешней нагрузки.

Напряжения, возникающие в грунте при уплотнении его катком на пневматических шинах (КПШ), являются следствием давления в зоне контакта шины с уплотняемым грунтом. Причем деформация грунта, определяющая степень уплотнения, происходит в основном за счет вертикальных нормальных напряжений [7, 8]. Следовательно, для выявления уплотняющего эффекта от работы КПШ и установления закономерности распределения плотностей по глубине уплотняемого слоя, немаловажно знать характер распределения вертикальных нормальных напряжений в грунте под колесами КПШ.

Из механики грунтов известно, что при превышении нагрузками определенного предела в грунте возникают пластические (остаточные) деформации. Бесспорно, что во время уплотнения стараются получить возможно большую величину остаточной деформации. Но в конце уплотнения в каждой точке грунта должно устанавливаться хотя бы временное равновесие между напряжениями и прочностью [4, 10]. Кроме того, момент окончания уплотнения характеризуется высокими деформациями шины КПШ и незначительными деформациями уплотняемого материала, причем деформации слоя состоят практически только из обратимых (упругих) деформаций [2].

Для исследования характера распределения сжимающих напряжений были приняты следующие допущения:

— рассматривается взаимодействие колес с уплотненным материалом в конце укатки, поскольку именно при последних

проходах катка происходит окончательное формирование структуры грунта;

- контактные давления распределяются по площади контакта равномерно, т.е. "следует учитывать не максимальное контактное давление, которое часто действует лишь на небольшой части поверхности, а среднее контактное давление" [9];

- время действия нагрузки (напряжений) достаточно для стабилизации деформаций;

- уплотняемый материал представляет собой изотропное полупространство, которое ведет себя как упругое тело.

Такая постановка вопроса позволяет использовать решения теории упругости при изучении данного вопроса.

По результатам статических испытаний шин известно, что соотношение между большой и малой осями эллипса контактной поверхности шины с уплотняемым материалом не превышает 3,0, а обычно находится в пределах 1,0...1,5.

К такой схеме нагружения близки расчетные схемы пространственных задач (круг, квадрат, прямоугольник с отношением сторон меньше 5,0 и т.д.) механики грунтов. Следовательно, ими, а не решениями плоской задачи, как ошибочно считают некоторые авторы [3,5], надо пользоваться при аналитическом определении напряженного состояния в грунте под колесами КШШ.

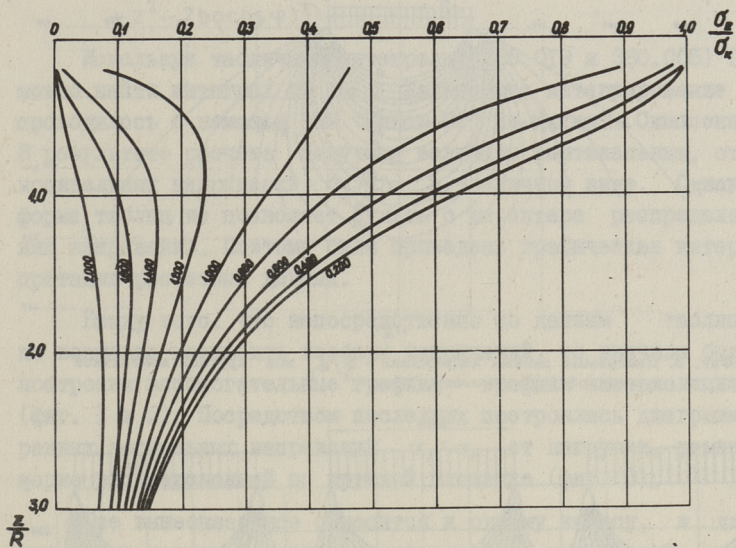
Для определения вертикальных нормальных напряжений σ_z от нагрузки, равномерно распределенной по круглой площадке известна следующая формула [6].

$$\sigma_z = \frac{3z^3 \sigma_k}{2\pi} \int_0^R \int_0^{2\pi} \frac{\varphi d\varphi d\beta}{k^5}.$$

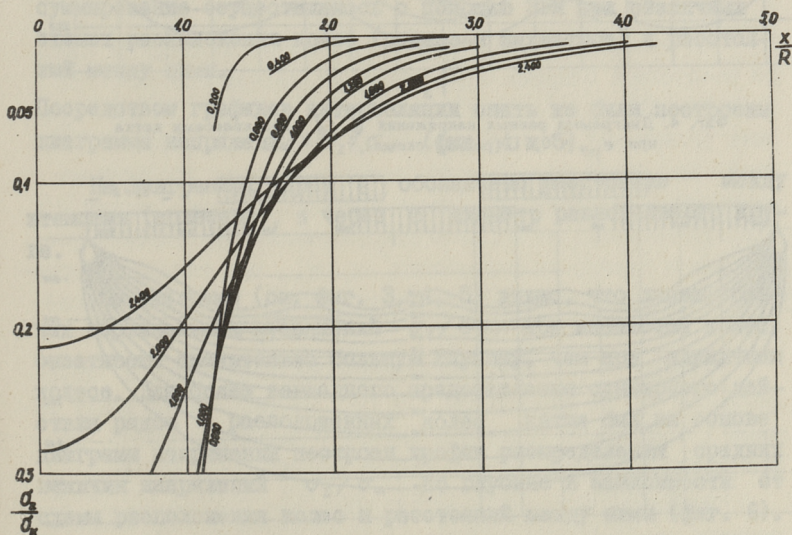
где σ_k - равномерно распределенная нагрузка по площади контакта, т.е. контактное давление;

z - расстояние от поверхности до рассматриваемой точки;

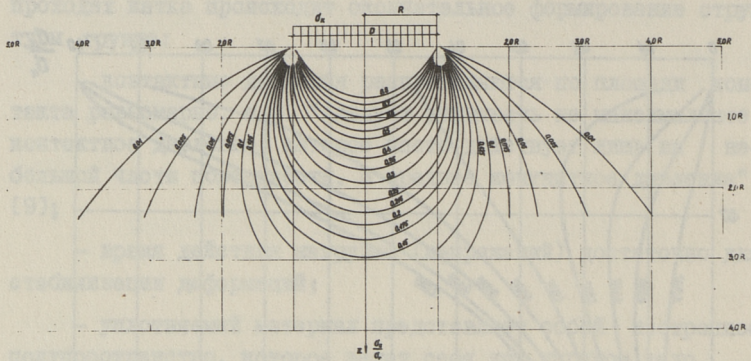
R - радиус круговой загруженной площадки, равновеликой площади контакта шины с уплотняемым материалом;



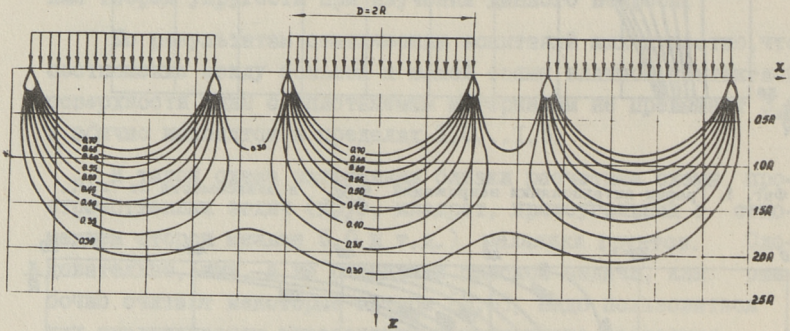
Фиг. 1. График интерполяции напряжений $\frac{\sigma_z}{\sigma_x}$ в зависимости от r/R .



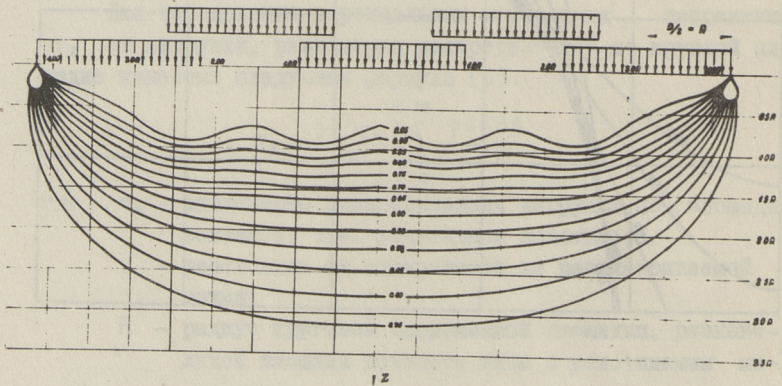
Фиг. 2. График интерполяции напряжений $\frac{\sigma_z}{\sigma_x}$ в зависимости от z/R .



Фиг. 3. Диаграмма равных напряжений $\frac{\sigma}{\sigma_k}$ под круглой контактной площадкой (одно колесо).



Фиг. 4. Диаграмма равных напряжений $\frac{\sigma}{\sigma_k}$ под колесами катка при $e_p = 0,4 D$ (рядная схема).



Фиг. 5. Диаграмма равных напряжений $\frac{\sigma}{\sigma_k}$ под колесами катка при $e_{III} = 0,6 D$ (шахматная схема).

K - радиус-вектор рассматриваемой точки ($K = (b^2 + \rho^2 + z^2 - 2b\rho \cos \varphi)^{\frac{1}{2}}$).

Используя табличные интегралы (380.019 и 380.005) [1], можно найти интеграл по $d\rho$. Дальнейшее интегрирование проводилось с помощью ЭВМ "Минск-22" по формуле Симпсона. В результате расчета получены величины вертикальных, относительных напряжений σ_z/σ_k в табличном виде. Однако форма таблиц не позволяет судить о характере распределения напряжений. Поэтому была проведена графическая интерпретация расчетных данных.

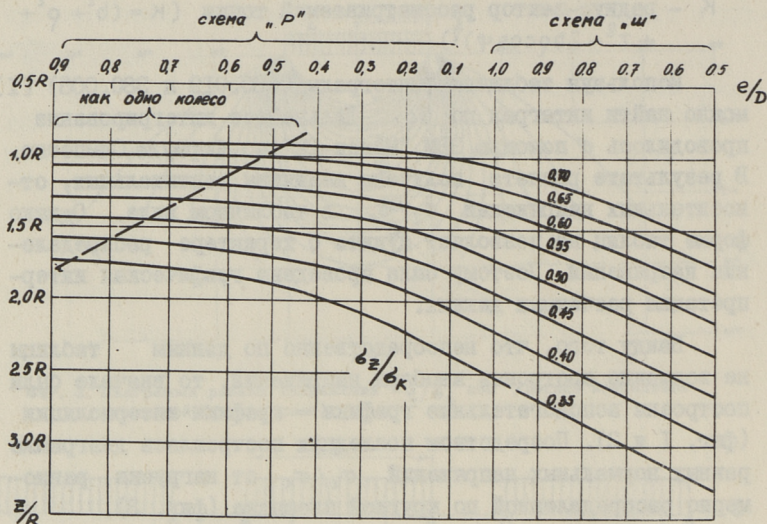
Ввиду того, что непосредственно по данным таблицы не возможно построить изобары напряжений, то вначале были построены вспомогательные графики - графики интерполяции (фиг. 1 и 2). Посредством последних построилась диаграмма равных нормальных напряжений σ_z/σ_k от нагрузки, равномерно распределенной по круглой площадке (фиг. 3).

Все вышесказанное относится к одному колесу, и для получения истинной картины распределения напряжений под колесами катка, необходимо суммировать относительные вертикальные напряжения σ_z/σ_k от каждого колеса КШ. Такое суммирование осуществлялось с помощью ЭВМ при различных схемах расположения колес (рядное и шахматное) и расстояний между ними.

Посредством графиков интерполяции опять же были построены диаграммы напряжений σ_z/σ_k (фиг. 4 и 5).

На диаграммах через e обозначено расстояние между штампами (колесами), а через D диаметр равновеликого круга.

Из диаграмм (см. фиг. 3, 4, 5) видно, что линии равных вертикальных напряжений σ_z/σ_k , при множестве колес, охватывают значительно большую глубину, чем при единичном колесе. Для более наглядного представления суммарного действия рядом расположенных колес катка был на основе диаграмм напряжений построен график распределения средних величин напряжений σ_z/σ_k по глубине в зависимости от схемы расположения колес и расстояний между ними (фиг. 6).

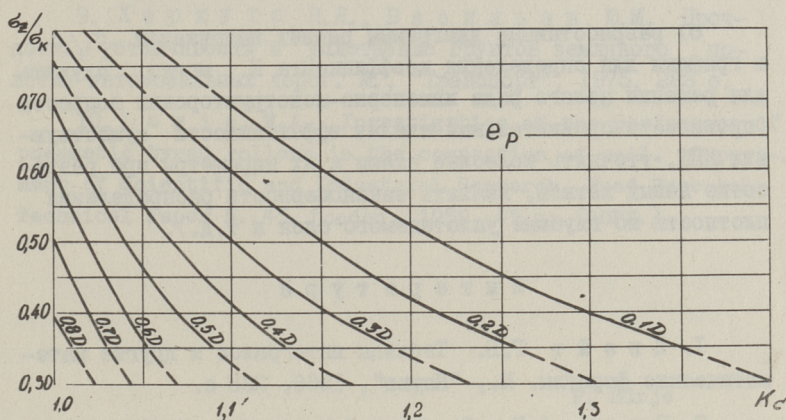


Фиг. 6. График распределения средних величин напряжений $\frac{\sigma_z}{\sigma_k}$ по глубине в зависимости от схемы нагружения ("P" - рядная, "Ш" - шахматная).

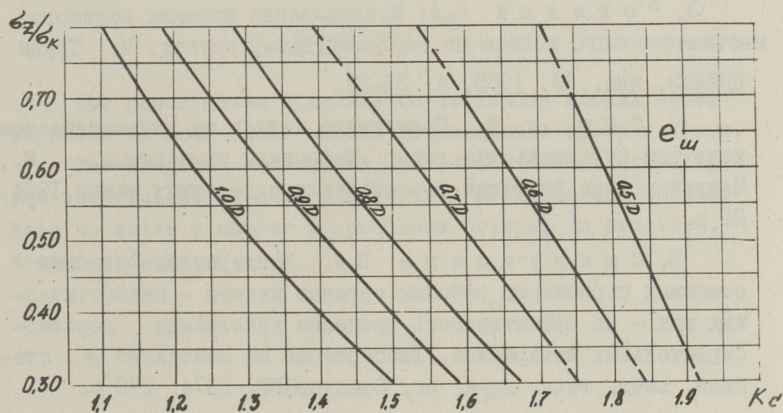
По данному графику можно установить, начиная от какого расстояния влияние соседних колес терит практическое значение и распределение напряжения $\frac{\sigma_z}{\sigma_k}$ можно принять равным как под одним колесом (левее прерывистой линии). На основе фиг. 6 можно также вычислить коэффициент суммарного действия K_c рядом расположенных колес, т.е. установить, на сколько раз увеличивается глубина расположения какого-то напряжения $\frac{\sigma_z}{\sigma_k}$, при конкретной схеме нагружения, относительно расположению под одним колесом.

На фиг. 7 и 8 представлены графики зависимости коэффициента K_c от напряжений $\frac{\sigma_z}{\sigma_k}$ и расстояний между шинами e , соответственно при рядной и шахматной схеме расположения колес.

На основе проведенного исследования напряженного состояния уплотняемого грунта под колесами КППШ можно сделать следующие выводы:



Фиг. 7. График зависимости коэффициента K_c от b_z/b_k и e_p (рядная схема).



Фиг. 8. График зависимости коэффициента K_c от b_z/b_k и $e_{ш}$ (шахматная схема).

а) при аналитическом определении распределения напряжений под колесами КШН надо использовать расчетные схемы и решения пространственных задач механики грунтов;

б) разработанные диаграммы равных напряжений σ_z / σ_k и графики для определения коэффициента K_c могут служить для решения целого ряда инженерно-конструкторских вопросов (произвести сравнительный анализ эффективности существующих КПП, уточнить колесные схемы и их параметры при разработке новых катков, выявить закономерности распределения плотности по глубине уплотняемого слоя и т.д.).

Л и т е р а т у р а

1. Д в а й т Г.Б. Таблицы интегралов и другие математические формулы. М., "Наука", 1966, 228 с.
2. П у т к А.И. Основы выбора некоторых параметров и режимов работы самоходных катков на пневматических шинах при уплотнении асфальтобетона. Диссертация на соискание уч. степени канд. техн. наук., МАДИ, 1967, 182 с.
3. Р о г а л ь к Л.А. Исследование качения ведомого пневматического колеса по деформирующему грунту. М., Труды ЦНИИМЭ, вып. 62, 1965, с. 21-22.
4. С и м о н И. Применение катков на пневматическом ходу для строительства дорог. Материалы симпозиума. М., Международная выставка строительных и дорожных машин, 1964, 20 с.
5. С м о л е н ц е в а В.А. Исследование влияния основных параметров рабочих органов катков - пневматических шин - на эффективность процесса уплотнения дорожно-строительных материалов. Диссертация на соискание уч. степени канд. техн. наук, М., СоюздорНИИ, 1974, 179 с.
6. С о о н у р м Э. Диаграммы по механике грунтов III, распределение напряжений в грунте. Таллин, ТПИ, 1974, 52 с.
7. У л ь я н о в Н.А. Влияние скорости движения катков с пневматическими шинами на уплотнение грунтов. Труды СибАДИ, сборник 6, 1957, с. 119-127.
8. Х а р х у т а Н.Я., В а с и л ь е в Ю.М. Устойчивость и уплотнение грунтов дорожных насыпей. М., "Автомобильный транспорт", 1964, 216 с.

9. Хархута Н.Я., Васильев Ю.М. Прочность, устойчивость и уплотнение грунтов земляного полотна автомобильных дорог. М., "Транспорт", 1975, 283 с.

10. Lewis, W.A. Investigation of the performance of pneumatic tyred rollers in the compaction of soil. Department of Scientific and Industrial Research. Road Research Technical Paper N. 45, London, 1959, 45 p. (АНГЛ.)

P. Sürje

Stress Distribution in the Compaction
of Soil

Summary

The paper gives diagrams to determine normal equal stresses in soil under wheels of pneumatic tyred rollers.

The diagrams and charts worked out for determining the coefficient of cast effect from near placed wheels, help to solve a number of problems arising in practice, design and theory.

УДК 625.7.084

А.И. Путк

О РАСЧЕТЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ДОРОЖНЫХ КАТКОВ

Производительность катков является одним из важнейших показателей, определяющих эффективность функционирования машин.

Данными о производительности катков пользуются при выполнении технико-экономических расчетов, проектировании организации работ и при их сравнительном анализе. Анализ таких показателей как рентабельность, приведенные удельные затраты, энергоёмкость, металлоёмкость и другие, не может быть выполнен в отрыве от производительности катка.

В технической литературе приведен ряд различных по своей структуре формул для расчета производительности самоходных, прицепных и полуприцепных дорожных катков. Наиболее распространенные из этих формул приведены в таблице I.

Из приведенных формул видно, что с увеличением ширины уплотняемой полосы катка (при прочих равных условиях) производительность машины возрастает. Это положение несколько неточно, так как в зависимости от ширины уплотняемого участка B_y при различной ширине уплотняемой полосы B может быть достигнута одинаковая производительность. При постоянной ширине B_y с увеличением ширины B увеличивается только величина перекрытия смежных полос уплотнения. Хотя ширина уплотняемой полосы катка является одним из основных параметров, определяющих ее производительность, наряду с этим показателем определяющим фактором является также ширина уплотняемого участка. Например, при $B_y < B$ ширина уплотняемой полосы катка не оказывает никакого влияния на величину производительности, и в этом случае производительность определяется шириной уплотняемого участка. Следовательно, одним недостатком приведенных формул является отсутствие учета ширины уплотняемого участка.

Т а б л и ц а I

Формула	Литература
<p>самоходные катки</p> $\Pi = \frac{1000 v_{\text{ср}}(B-b)}{n}, \quad \text{м}^2/\text{ч} \quad [1]$	
$\Pi = \frac{1000 H_0 v_{\text{ср}} B}{n}, \quad \text{м}^3/\text{ч} \quad [2]$	
$\Pi_{\text{э}} = \frac{1000 v_{\text{ср}} BC}{n}, \quad \text{м}^2/\text{ч} \quad [3]$	
$\Pi_{\text{э}} = \frac{1000 v_{\text{ср}}(B-b) K_u}{n}, \quad \text{м}^2/\text{ч} \quad [4]$	
$\Pi_{\text{э}} = \frac{1000 H_0 v_{\text{ср}}(B-b) K_u T}{n}, \quad \text{м}^3/\text{смену} \quad [5]$	
$\Pi_{\text{э}} = \frac{1000 H_0 L(B-b) K_u T}{\sum_{\text{I}} \left(\frac{L}{V_{\text{I}}} + t_p \right)}, \quad \text{м}^3/\text{смену} \quad [6]$	
прицепные катки	
$\Pi_{\text{э}} = \frac{1000 H_0 v_{\text{ср}} B K_u K_y}{n}, \quad \text{м}^3/\text{ч} \quad [7]$	
$\Pi_{\text{э}} = \frac{L H_0 (B-b) K_u}{\left(\frac{L}{V_0} + t \right) n}, \quad \text{м}^3/\text{ч} \quad [8]$	
$\Pi_{\text{э}} = \frac{1000 L K_u T}{\left[L \left(\frac{n_{\text{I}}}{V_{\text{I}}} + \frac{n_{\text{II}}}{V_{\text{II}}} \right) + n t \right] M \beta}, \quad \text{м}^3/\text{смену} \quad [9]$	
<p>В приведенных формулах:</p> $v_{\text{ср}} = 3,6 \frac{L}{t_{\text{гб}} + t_p}, \quad \text{км/ч} \quad \text{и} \quad t_{\text{гб}} = \frac{L}{V}, \quad \text{с.}$	

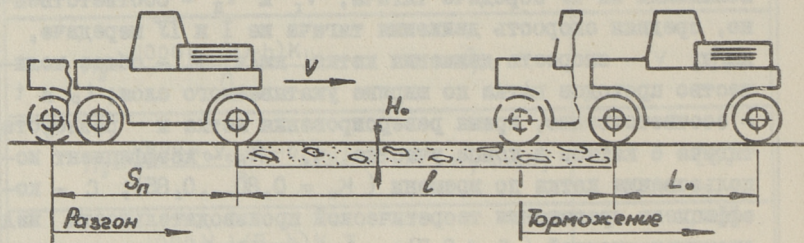
ОБОЗНАЧЕНИЯ:

Π и Π_3 - соответственно техническая и эксплуатационная производительность; B - ширина уплотняемой полосы катка, м; b - ширина перекрытия смежных полос уплотнения, м ($b = 0,1 \dots 0,25$); H_0 - толщина уплотняемого слоя в плотном теле, м; n - число проходов катка по одному следу; l и L - длина уплотняемого участка соответственно, м и км; T - продолжительность смены, ч; n_I - количество проходов катка по одному следу, выполняемых на первой передаче тягача ($n_I = 2$); n_{II} - количество проходов катка по одному следу, выполняемых на II передаче тягача; v_I и v_{II} - соответственно, средняя скорость движения тягача на I и II передаче, км/ч; v' - скорость движения катка, км/ч; M - общее количество проходов катка по ширине укатываемого слоя; t_p и t - соответственно, время реверсирования катка и разворота тягача с катком в конце участка, ч; K_u - коэффициент использования катка по времени ($K_u = 0,80 \dots 0,85$); C - коэффициент превышения теоретической производительности над эксплуатационной ($C = 0,7$); β - коэффициент увеличения фактического количества проходов в связи с возможностью неточного их выполнения ($\beta = 1,1$); K_y - коэффициент уплотнения материала; v_0 и v_{cp} - средняя скорость движения катка по длине уплотняемого участка соответственно, м/ч и км/ч; $t_{об}$ - среднее время движения катка за один проход, с; v - скорость движения катка на участке длиной l , м/с.

Известно [1, 5], что для получения максимальной производительности рекомендуется скоростной режим укатки, когда два первых прохода и последний проход следует вести на малой скорости движения катка (2...3 км/час), а все остальные - на более высоких скоростях (8...12 км/час). Кроме того, в настоящее время стали выпускать катки с гидростатической трансмиссией с бесступенчатым изменением скорости укатки в зависимости от сопротивлений, возникающих при работе катка. Поскольку это сопротивление с каждым проходом по одному следу уменьшается, то соответственно

повышается и скорость движения катка. Как видно, структура существующих формул не позволяет вести расчет производительности катков при разных скоростях движения по отдельным проходам.

Кроме того, во все формулы входит средняя скорость движения катка v_{cp} , которая зависит (см. табл. I) от длины уплотняемого участка, времени движения и реверсирования, т.е. предполагается, что реверсирование катка происходит исключительно на уплотняемом участке. Иными словами, в формулах производительности самоходных катков приравнивают путь движения катка S при одном проходе к длине уплотняемого участка l , что однако неточно.



Фиг. 1. Расчетная схема.

Для обеспечения одинаковой плотности по всей длине уплотняемого участка колеса (валцы), расположенные на одной из осей катка, должны переходить при каждом проходе край уплотняемого участка на величину S_n (фиг. I). Поскольку минимальный путь перехода $S_n = L_0$, то минимальный путь движения катка при каждом проходе будет $S_{min} = L_0 + l$.

Как известно [II], процессы разгона и торможения осуществляются на длине пути 2...8 м, что примерно соответствует диапазону колебания базы современных катков ($L_0 = 2,5...7,0$ м). Следовательно, реверсирование катков происходит в основном в пределах пути S_n , т.е. за пределами уплотняемого участка. Поэтому с небольшой ошибкой (0,5...1,0%) можно считать, что на длине уплотняемого участка l , каток движется с постоянной — максимальной скоростью для данного прохода.

Таким образом, оперирование средними скоростями, при расчете производительности катков, является необоснованным.

Кроме того, при производстве расчетов определение средней скорости затруднительно, а в процессе уплотнения фактическая ее величина в значительной мере зависит от интуиции моториста, так как на катках нет приборов, позволяющих определить среднюю скорость.

Существенным недостатком следует считать, что в ряде формул не учитывается ширина перекрытия смежных полос уплотнения и во всех формулах эргономических показателей катка.

Следует отметить, что существующие формулы рекомендованы для случая, когда каток движется в процессе уплотнения прямолинейно. При работе катков на криволинейных участках они вообще не применимы.

Последняя формула (табл. I), хотя является по структуре довольно оригинальной, ее также нельзя признать совершенной, так как она не учитывает ширины перекрытия смежных полос уплотнения, толщины уплотненного слоя, ширины уплотняемого участка и уплотняемой полосы катка. Кроме того, величина M не может быть общим количеством проходов катка по ширине укатываемого слоя, как указано в работе [9], а по всей вероятности — количество захваток катка для перекрытия ширины уплотняемого участка.

Таким образом, основными недостатками известных формул являются: отсутствие учета ширины уплотняемого участка; оптимального скоростного режима работы и максимальной скорости движения катка по проходам; ширины перекрытия смежных полос уплотнения; эргономических показателей катка и параметров криволинейного участка.

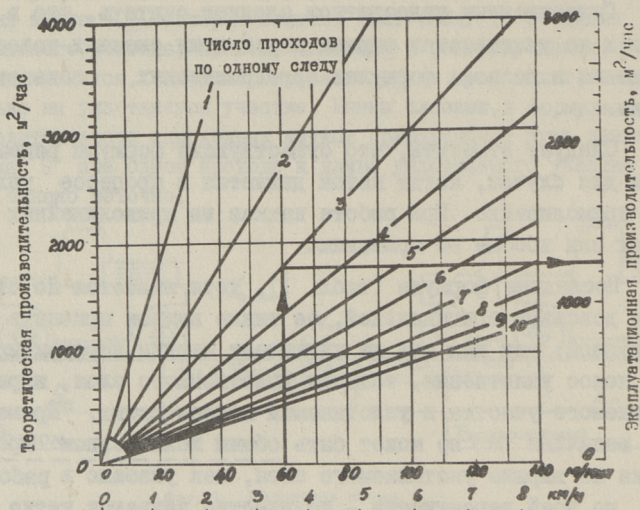
В связи с приведенными недостатками, существующие формулы не могут быть в дальнейшем не только рекомендованы, но и использованы для расчета производительности дорожных катков.

В последние годы за рубежом, кроме расчетных формул, широкое распространение получили другие методы определения производительности катков. Это путем использования разработанных счетных линеек и номограмм для этой цели.

Счетные линейки получили определенное распространение в практике дорожного строительства Швеции. Описание конст-

рукции и пример использования одной из таких линеек приводится в статье [12].

Одна из рекомендованных [13] номограмм приведена на фиг. 2. Порядок использования номограммы показан стрелками.



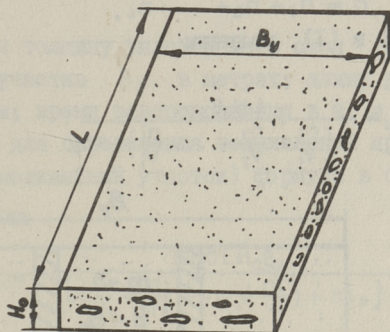
Фиг. 2. Номограмма для определения производительности катков.

К сожалению, как номограммы так и линейки, используемые в практике зарубежного дорожного строительства, не могут применяться в отечественной практике, так как обладают существенными недостатками. И это в связи с тем, что они созданы на базе не обоснованной формулы производительности (3-я формула в табл. I). Предлагаемые линейки и номограммы содержат одинаковые параметры с этой формулой и, следовательно, имеют те же недостатки, что и существующие формулы производительности.

Подобные номограммы и линейки могут представить интерес инженерно-техническому персоналу лишь в том случае, если они созданы на базе научно обоснованных формул производительности катков.

Анализ существующих формул производительности и процесса работы различных катков позволил автору установить, что

существенное влияние на структуру формул производительности оказывает форма уплотняемых участков и отношение ширины уплотняемого участка B_y к ширине уплотняемой полосы катка B . Причем, вывод обоснованных формул должен базироваться на определении производительности, т.е. производительность — количество доброкачественной продукции, произведенной машиной в единицу времени.



Фиг. 3. Расчетная схема.

Ввиду того, что производительность по измерению количества продукции может быть объемной или поверхностной, то при работе катков на прямолинейных участках объемное количество продукции согласно схеме на фиг. 3, будет LH_0B_y , а поверхностное — LB_y . Тогда с учетом единицы времени формула технической производительности катков в общем случае имеет вид

$$П_{т,нр} = \frac{LH_0B_y}{T}, \quad (I)$$

где T — общее время работы катка на уплотняемом участке.

В общем виде время T может быть представлено так

$$T = (t_L + t_p)n, \quad (2)$$

где t_L — время движения катка по отдельным проходам на длине уплотняемого участка;

t_p — время реверсирования (самоходные катки) или время разворота-поворота (прицепные катки);

n — число проходов катка по одному следу.

При оптимальном скоростном режиме работы катка, выражение (2) принимает вид.

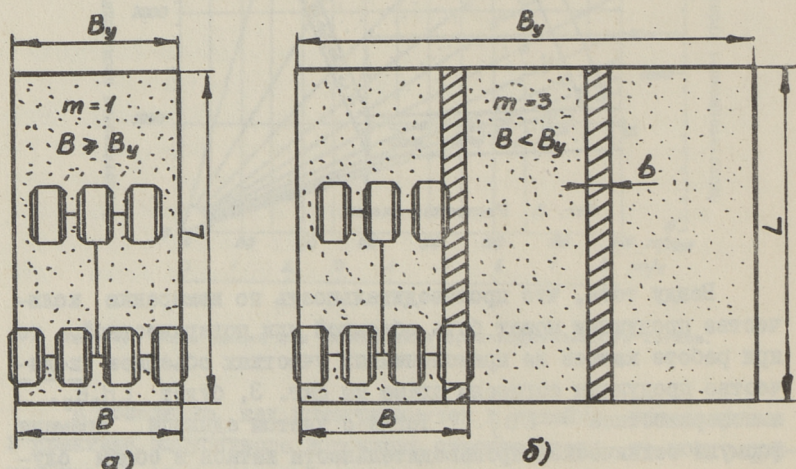
$$T = L \left(\frac{n_1}{v_1} + \frac{n_2}{v_2} + \dots + \frac{n_i}{v_i} \right) + nt_p, \quad (3)$$

где n_1, n_2, n_i - число проходов катка по одному следу, выполняемых соответственно при скорости движения v_1, v_2 и v_i ;

$$n = n_1 + n_2 + \dots + n_i.$$

Подставляя (3) в (I), получим

$$\Pi_{T, np} = \frac{LH_0 B_y}{L \left(\frac{n_1}{v_1} + \frac{n_2}{v_2} + \dots + \frac{n_i}{v_i} \right) + nt_p}. \quad (4)$$



Фиг. 4. Расчетные схемы.

Эта формула требует некоторого уточнения. Из схем (фиг. 4) видно, что формула (4) соответствует условию $B \geq B_y$ (фиг. 4, а). В случае $B < B_y$ (фиг. 4, б) общее время работы катка на уплотняемом участке, с учетом необходимого перекрытия смежных полос уплотнения, b увеличивается на количество захваток (одинарных проходов) катка m для перекрытия ширины уплотняемого участка. Кроме того, в этом случае затрачивается определенное время для перехода катка с одной полосы уплотнения на другую, что может быть учтено соответствующим коэффициентом β_2 .

С учетом этих особенностей, при $V < V_y$, формула (4) принимает вид

$$\Pi_{т,нр} = \frac{L H_0 V_y}{\left[L \left(\frac{n_1}{V_1} + \frac{n_2}{V_2} + \dots + \frac{n_i}{V_i} \right) + n t_p \right] m \beta_0} \quad (5)$$

Формула (5) является наиболее общей, поскольку она справедлива и для условия $V \geq V_y$. В этом случае $m = I$ и $\beta_0 = I$.

Выражая толщину уплотненного слоя H_0 и ширину уплотняемого участка V_y в метрах; длину уплотняемого участка L в км; время реверсирования в ч. и скорость движения в км/с, для определения технической производительности катков (прямолинейный участок) формула в окончательной форме примет вид

$$\Pi_{т,нр} = \frac{1000 L H_0 V_y}{\left[L \left(\frac{n_1}{V_1} + \frac{n_2}{V_2} + \dots + \frac{n_i}{V_i} \right) + n t_p \right] m \beta_0} \quad (6)$$

В формуле (6) скорость движения катка для данного прохода является постоянной — максимальной, а не средней, как это принято в существующих формулах. Максимальные скорости являются реальными скоростями. При расчетах они могут быть установлены из технических характеристик катков, а в процессе уплотнения — контролироваться по показанию спидометра. Это создает предпосылки для более строгого соблюдения скоростного режима работы катков.

При расчете эксплуатационной производительности необходимо дополнительно учитывать использование катка по времени и эргономические показатели машины, что можно сделать введением в формулы (6) соответствующих коэффициентов K_u и $K_э$. Тогда эксплуатационная производительность катков может быть определена по формуле

$$\Pi_{э,нр} = \frac{1000 L H_0 V_y K_u K_э}{\left[L \left(\frac{n_1}{V_1} + \frac{n_2}{V_2} + \dots + \frac{n_i}{V_i} \right) + n t_p \right] m \beta_0} \quad (7)$$

В случае работы катка при каждом проходе с одинаковой скоростью, формула (7) несколько упрощается

$$\Pi_{э,нр} = \frac{1000 L H_0 V_y K_u K_э}{\left[\left(\frac{L}{V} + t_p \right) n \right] m \beta_0} \quad (8)$$

Количество захваток m в предложенных формулах для катков с гладкими металлическими вальцами, решетчатых, комбинированных и на пневматических шинах с шахматным расположением колес на осях определяется из соотношения

$$m \geq \frac{B_y}{B}, \quad (9)$$

а для катков на пневматических шинах с рядным расположением колес на осях по выражению

$$m \geq \frac{B_y}{z B_0} \quad (10)$$

или

$$m \geq \frac{B_y}{B' - K_{\omega}(z-1)}, \quad (11)$$

где z - число колес на оси;

B_0 - ширина беговой дорожки шины;

B' - условная ширина уплотняемой полосы катка, именуемая в технических характеристиках шириной уплотняемой полосы;

K_{ω} - коэффициент расстояния между беговыми дорожками шин

($K_{\omega} = B_0/e_3$, где e - расстояние между беговыми дорожками шин).

Полученное значение m округляют до целого числа с таким расчетом, чтобы соблюдалось минимальное перекрытие смежных полос уплотнения, т.е. $b \geq 0,1$ м.

Правильность выбора количества захваток катка для перекрытия ширины уплотняемого участка, при котором обеспечивается минимальное перекрытие смежных полос уплотнения, проверяют по формуле

$$b = \frac{mB - B_y}{m-1} \geq 0,1 \text{ м.} \quad (12)$$

Формула (12) получена путем преобразования уравнения $B_y = mB - b(m-1)$, составленного на основе расчетной схемы фиг. 4, б.

Коэффициент β_0 , учитывающий время перехода катка с одной полосы уплотнения на другую, может быть установлен по следующей формуле

$$\beta_0 = \frac{L \left(\frac{n_1}{v_1} + \frac{n_2}{v_2} + \dots + \frac{n_i}{v_i} \right) + nt_p + t_s}{L \left(\frac{n_1}{v_1} + \frac{n_2}{v_2} + \dots + \frac{n_i}{v_i} \right) + nt_p}. \quad (13)$$

где t_s - время перехода катка с одной полосы уплотнения на другую, ч.

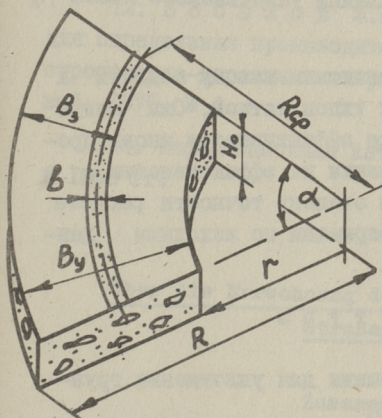
Максимальная длина уплотняемого участка L_{max} , при расчете производительности катков, определяется из формулы [10]:

$$L_{max} = \frac{\frac{T}{m\beta_0} - nt_p}{\frac{n_1}{v_1} + \frac{n_2}{v_2} + \dots + \frac{n_i}{v_i}} \quad \text{км,} \quad (14)$$

где T - время работы катка на уплотняемом участке, ч.

При уплотнении криволинейных участков дорог, формулы производительности катков несколько отличаются от формул для прямолинейных участков.

Из расчетной схемы (фиг. 5) видно, что криволинейный участок представляет из себя кольцевой сектор, объем кото-



Фиг. 5. Расчетная схема.

рого равен $L_{cp} H_0 B_y$, где L_{cp} - длина средней дуги (линии) кольцевого сектора. Тогда, исходя из определения производительности, формула технической производительности катков для криволинейных участков, в общем случае будет иметь вид

$$\Pi_{T,kr} = \frac{L_{cp} H_0 B_y}{T}. \quad (15)$$

Как видно, формула (15) отличается от формулы (1) лишь L_{cp} . Поэтому, по аналогии с выводом формул (6) и (7), можно предложить следующие формулы производительности катков для криволинейных участков:

$$\Pi_{T,kr} = \frac{1000 L_{cp} H_0 B_y}{\left[L_{cp} \left(\frac{n_1}{v_1} + \frac{n_2}{v_2} + \dots + \frac{n_i}{v_i} \right) + nt_p \right] m \beta_0} \quad \text{м}^3/\text{ч}. \quad (16)$$

$$\Pi_{э,kr} = \frac{1000 L_{cp} H_0 B_y K_u K_э}{\left[L_{cp} \left(\frac{n_1}{v_1} + \frac{n_2}{v_2} + \dots + \frac{n_i}{v_i} \right) + nt_p \right] m \beta_0} \quad \text{м}^3/\text{ч}, \quad (17)$$

Здесь количество захваток m определяется также по формулам (9) и (12). Однако в этом случае следует в этих формулах вместо B подставить B_3 - ширину захвата катка при криволинейном движении. Сказанное относится также к формуле (14).

Длина средней дуги кольцевого сектора определяется по одной из следующих формул:

$$L_{cp} = \frac{\alpha \pi R_{cp}}{180}, \quad (18)$$

или

$$L_{cp} = \frac{\alpha \pi (R+r)}{360}, \quad (19)$$

где α - угол криволинейного участка, град.

При расчете поверхностной производительности по формулам (9), (12), (16) и (17) толщина уплотняемого слоя H_0 исключается.

Предложенные формулы позволяют по-новому подойти к расчету производительности всех типов катков. Они могут быть использованы как при оценке эффективности вновь проектируемых катков, так и для оценки их эффективности в условиях эксплуатации. При этом степень точности расчета зависит от объема и полноты информации по исходным данным.

Л и т е р а т у р а

1. Хархута Н.Я. Машины для уплотнения грунтов. М., "Машиностроение", 1973.
2. Холодов А.М. Практикум по дорожным машинам. М., "Высшая школа", 1964.
3. F o r s z b l a d L. Vibrationsverdichtung von Asphalt-schichten in Theorie und Praxis. "Der Asphaltstrassenbau", Austria AG, Wien, 1975.
4. Катаев Ф.П. и др. Машины для строительства дорог. М., "Машиностроение", 1971.
5. Неклюдов М.К. Справочное пособие по механизированному уплотнению грунтов. М., "Стройиздат", 1965.
6. Калужский Я.А., Батраков О.Т. Уплотнение земляного полотна и дорожных одежд. М., "Транспорт", 1971.

7. Борщов Т.С. Землеройные машины, организация и технология землеройных работ. Л., "Колос", 1965.

8. Бородачев И.П. Справочник конструктора дорожных машин. М., "Машиностроение", 1965.

9. НИИОМС. Типовые технологические карты по дорожным работам. М., "Стройиздат", 1957.

10. Путк А.И., Антипов Л.А. Выбор режимов работы катков на пневматических шинах. Обзор. М., ЦНИИТЭ-строймаш, 1974.

11. Бромберг В.А., Гольдштейн В.М. Исследование процесса реверсирования моторного катка. Труды ВНИИстройдормаша. Сер. I, "Строительные и дорожные машины", М., 1965.

12. Бобылев Л.М., Доценко А.И. Линейка для определения производительности машин при уплотнении строительного-дорожного материалов. "Механизация строительства", 1976, № 4.

13. Информационные каталоги фирмы "DYNAPAC" за 1968 и 1969 гг.

A. Putk

Über die Errechnung der Leistungsfähigkeit der Straßenwalzen

Zusammenfassung

Im Artikel werden eine kritische Analyse der vorhandenen Methoden zur Errechnung der Leistungsfähigkeit der Straßenwalzen und neue Errechnungsformeln angeführt, worin die Mängel der vorhandenen Formeln beseitigt sind. Die Verwendung der vorgeschlagenen Formeln wird eine Errechnung der Leistungsfähigkeit sämtlicher Typen von Straßenwalzen wesentlich besser regeln.

УДК 624.131.43.001.13

Д. А. Лувишук

О ПОПРАВОЧНОМ КОЭФФИЦИЕНТЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ВЕЛИЧИНЫ ДЕФОРМАЦИИ ГРУНТОВ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКИХ
НАГРУЗКАХ

Зависимости накопления необратимых деформаций грунтов при повторных нагрузках представляют значительный интерес для расчета и прогнозирования числа проходов уплотняющих машин, осадки земляного полотна от движения транспорта и т.п.

Принимая во внимание тот факт, что накопление необратимой деформации при циклических нагрузках подобно накоплению ее в процессе ползучести [2,6,7], то значительную важность приобретает вопрос соотношения величин остаточных деформаций в указанных случаях.

Как известно из работ [6, 7], за суммарное время всех циклов, равное продолжительности процесса ползучести (однократного нагружения), величина остаточной деформации при циклических нагрузках несколько больше, чем при однократном нагружении тем же напряжением.

Такое положение объясняется тем, что при повторных нагружениях в периоды нагрузок происходят обратные движения грунтовых частиц и их агрегатов, что уменьшает их взаимозаклинивание, и тем самым в период нового нагружения создаются условия для образования дополнительной деформации. Естественно, что при увеличении числа циклов разница между деформациями при ползучести и повторных нагрузках снижается [6].

Выше указанное положение справедливо при условии, что промежутки между циклами достаточны для обратного процесса.

В работах [6, 7] соотношение величин остаточных деформаций при циклических нагрузках по сравнению с процессом ползучести (однократным нагружением) при прочих равных условиях определяется поправочным коэффициентом повторных нагружений.

В настоящее время существует лишь незначительные рекомендации относительно поправочного коэффициента повторных нагружений [6, 8].

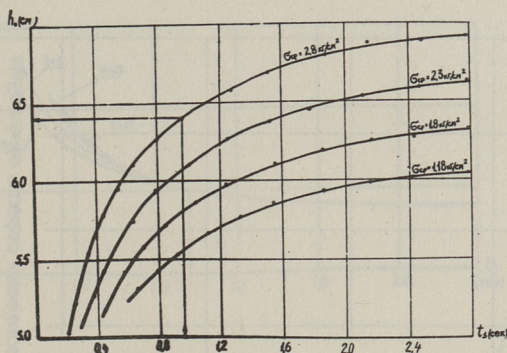
Н. Я. Хархутой [6, 7] на основании экспериментов получено значение поправочного коэффициента, равного 1,4 для нагружений, общее число которых менее 20.

Однако, как показали наши исследования [4], поправочный коэффициент не является константной величиной и меняется в зависимости от начального состояния грунта, контактных параметров деформирующей поверхности и количества циклов за определенный отрезок времени, соответствующий однократному нагружению, (т.е. в общем случае - от скорости движения машины). Величина деформирующей поверхности (величина движителя) не влияет на поправочный коэффициент.

С целью выявления некоторых зависимостей деформирования грунтов нами были проведены экспериментальные исследования [3, 4] по уплотнению суглинков.

Одни исследования проводились при помощи лабораторного стенда [1], оборудованного пневмоколесами 3,5x5,0 с давлением в шине 3,5 кгс/см², нагрузке на колесо 115 кг. Испытуемый грунт был пылеватый суглинок "полигона МАДИ" с нарушенной структурой, объемный вес скелета грунта $\gamma_{ск} = 1,77$ го/см³, оптимальная влажность $W_{опт.} = 18,5\%$. Опыты проводились при влажности $W = (0,955...1,055) W_{опт.}$, начальный объемный вес составлял 1,07...1,12 кг/см³, а глубина рыхлого слоя 16...20 см.

На фиг. 1 приведены кривые однократных нагружений (ползучести) пылеватого суглинка "полигона МАДИ", полученные вдавливанием "колесного штампа" 3,50x5,0, контактные параметры которого и начальные условия грунта соответствовали условиям уплотнения.

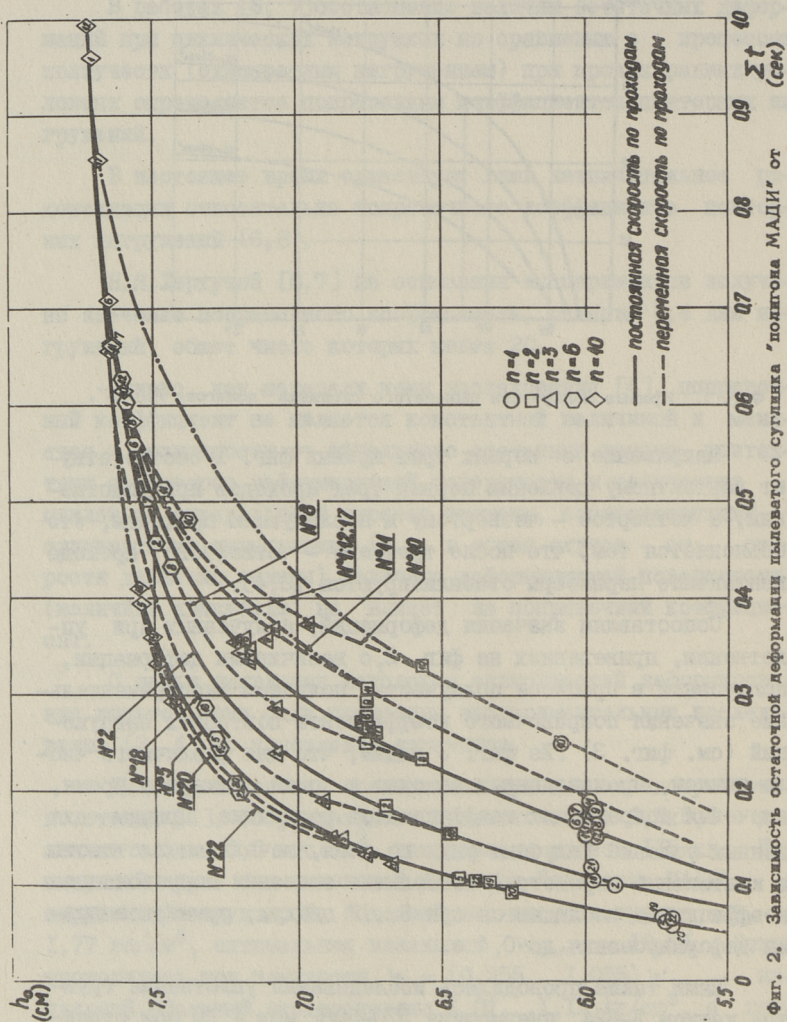


Фиг. 1. Кривые ползучести пылеватого суглинка "полигона МАДИ".

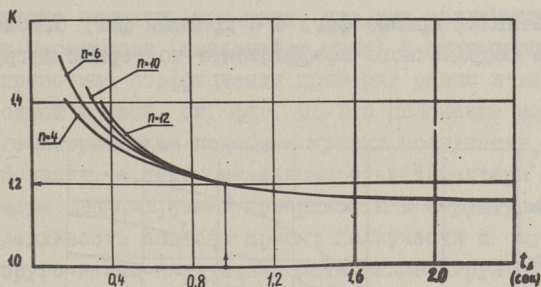
Напряжение σ первых трех кривых фиг. 1 соответствует контактному давлению первых трех проходов при уплотнении, а четвертое — четвертому и последующим проходам, это объясняется тем, что после третьего — четвертого прохода контактные параметры стабилизируются [3,4].

Сопоставляя значения деформаций, полученных при уплотнении, приведенных на фиг. 2, с величинами деформации, полученных в процессе ползучести, получаем экспериментальные значения поправочного коэффициента повторных нагружений (см. фиг. 3). Из фиг. 3 видим, что для различного числа циклов, произведенных за одно и то же суммарное время, значения поправочных коэффициентов различные. Причем для данных условий (глубина рыхлого слоя, начальная плотность и контактные параметры) наибольшие значения поправочного коэффициента наблюдаются при 6...7 циклах, суммарное время деформирования до 0,4 с.

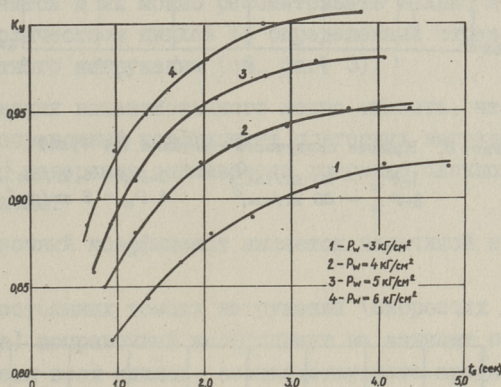
Нами также проводились исследования уплотнения грунтов катком Д-624, пневмошины 370-508Р мод Ф 10 при строительстве окружной дороги г.Тулы. Испытуемый грунт был суглинок, отсыпаемый скреперами, глубина рыхлого слоя составляла 35...40 см, начальный коэффициент уплотнения $K_{у.нач} = 0,76...0,8$, максимальная стандартная плотность грунта составляла $\gamma_{ск} = 1,84 \text{ г/см}^3$ при оптимальной влажности $W_{опт} = 16,5\%$. Опыты проводились при влажности $W = (0,97...1,26) W_{опт}$, с давлением в шине 3 кг/см^2 ;



Фиг. 2. Зависимость остаточной деформации пылеватого суглинка "полигона МАДИ" от суммарного времени деформирования при различных нагрузках.



Фиг. 3. Зависимость величины поправочного коэффициента повторных нагружений от числа циклов и их продолжительности.



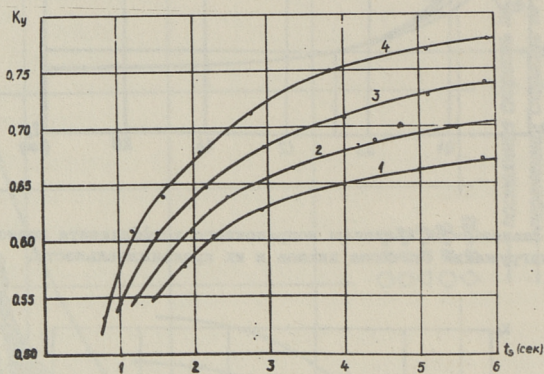
Фиг. 4. Зависимость коэффициента уплотнения суглинка (г. Тула) от суммарного времени деформирования при циклических нагрузках и постоянных темпах нагружений.

4 кг/см²; 5 кг/см² и 6 кг/см², с нагрузкой на колесо 2128 кг, при постоянной скорости движения 3,0...4,5 км/час.

На фиг. 4 приведены графики зависимости уплотнения от суммарного времени деформирования суглинка г. Тулы, при постоянной скорости движения катка.

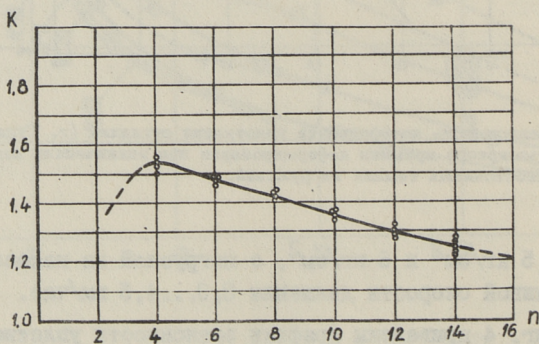
На фиг. 5 приведены кривые однократных нагружений (ползучести) того же суглинка с контактными давлениями, соответствующими давлениям в шине (см. фиг. 4).

Сопоставляя кривые фиг. 4 с кривыми фиг. 5, можем судить о величине поправочного коэффициента повторных нагружений, фиг. 6.



Фиг. 5. Кривые ползучести суглинка (г. Тула)

1- $P_W = 30 \text{ кг/см}^2$, 2- $P_W = 4 \text{ кг/см}^2$,
 3- $P_W = 50 \text{ кг/см}^2$, 4- $P_W = 6 \text{ кг/см}^2$.



Фиг. 6. Зависимость поправочного коэффициента повторных нагружений от числа циклов при постоянных темпах нагружений.

Интересно отметить тот факт, что для различных значений контактных параметров (давлений в шине) и одинакового числа циклов поправочные коэффициенты примерно равны и хорошо описываются одной кривой, см. фиг. 6. Это положение может объясняться геометрическим подобием кривых ползучести и принципа суперпозиции, а также независимостью характера ползучести от размера деформирующей поверхности и структуры грунта [5]. Справедливость подобия кривых ползучести и суперпозиции для упруго-вязко-пластичных материалов (грунтов) доказана в работе [2].

В случае нарушения постоянства скоростей по всем ходам (изменения числа циклов за определенный отрезок времени однократного нагружения) значения поправочного коэффициента меняются и их можно рассматривать только в соответствии с количеством циклов за определенный отрезок времени однократного нагружения (см. фиг. 3).

На основании вышеизложенного можно сказать, что в общем случае поправочный коэффициент повторных нагружений для определенного материала описывается довольно сложной зависимостью, причем:

- поправочный коэффициент является величиной не постоянной;
- при постоянных темпах нагружений (скоростях движения колеса, катка) поправочный коэффициент не зависит от суммарного времени всех циклов, соответствующего продолжительности однократного нагружения;
- при непостоянных темпах нагружений поправочный коэффициент следует рассматривать в соответствии со временем соответствующего однократному нагружению (см. фиг. 3).

Л и т е р а т у р а

Г. Антипов Л.А., Лувищук Ю.А., Путьк А.И. Стенд для исследования рабочих органов катков и движителей дорожно-строительных машин. "Тр. Таллинск. политех. ин-та", № 351, Автомобильные дороги и автомобильный транспорт, вып. 6, Таллин, 1973, с. 89 — 97.

2. Иноземцев А.А. Сопротивление упруго-вязких материалов. Л., Стройиздат, 1966, 165 с.

3. Л у в и щ у к Ю.А., П у т к А.И. О некоторых параметрах оценки режима скорости при уплотнении грунтов. "Тр. Таллинск. политехн. ин-та", № 385, Автомобильные дороги и автомобильный транспорт, вып. 7, Таллин, 1975, с. 47—55.

4. Л у в и щ у к Ю.А. Исследование некоторых режимов работы катков на пневматических шинах. Отчет по госбюджетной работе, № ББ-3158. Таллин, ТПИ, 1975, 108 с.

5. С а Ч и н - Л и н. Ускоренное определение модуля деформации грунтов с учетом их структурно-механических свойств. Труды МАДИ, вып. 22, М., 1958, с. 133 — 151.

6. Х а р х у т а Н.Я., И в л е в В.М. Реологические свойства грунтов. М., Автотрансиздат, 1961, с. 62.

7. Х а р х у т а Н.Я., В а с и л ь е в Ю.М. Устойчивость и уплотнение грунтов дорожных насипей. М., Автотрансиздат, 1964, 214 с.

8. I u v i š t ŗ u k, J. Teerullide töörežiimide määramise võimalusest. Ehitus ja arhitektuur nr. 3, 1975. ENSV Ministrite Nõukogu Riikliku Ehituskomitee bulletin, Tallinn, lk. 27 — 29.

Bezüglich des Verbesserungskoeffizienten zur
Größenbestimmung der Bodendeformierung bei
zyklischen Belastungen

Zusammenfassung

Der Aufsatz behandelt bei wiederholten Belastungen eine gewisse Abhängigkeit des Verbesserungskoeffizienten, mit dessen Hilfe die Wechselbeziehung der Größen der restlichen Bodendeformierungen bei einmaligen Belastungen (im Verlauf des Kriechens) und bei zyklischen Belastungen, bestimmt wird, wobei die summarische Deformierungszeit in beiden Fällen gleich bleibt.

Auf Grund experimenteller Untersuchungen wird die Schlußfolgerung gemacht, daß der Verbesserungskoeffizient keine konstante Größe ist, sondern sowohl von der summarischen Dauer aller Zyklen als auch vom Belastungstempo (Veränderungen der darauffolgenden Zyklen) abhängt.

С о д е р ж а н и е

1.	И.О.Пихлак. Об определении уровня автомобилизации на ближайшую перспективу (10-15 лет). . .	3
2.	М.И.Левин, В.М.Сегеркранц. О количестве возможных обгонов.	13
3.	Т.Х. Метсвахи. О возможности усовершенствования методики учета интенсивности движения . .	21
4.	Х.А. Мяги, М.И.Левин, А.О.Тетсо. Тангенсиперболическое трассирование автомобильной дороги на ЭВМ.	33
5.	Л.Я. Тамме, А.А. Рандлепп, А.П.Тальтс. Возможности использования уточненных фотосхем для мелиоративного проектирования.	39
6.	П.Л. Скурье. О распределении напряжений в уплотняемом грунте.	49
7.	А.И. Путк. О расчете производительности дорожных катков.	59
8.	Ю.А. Лувицук. О поправочном коэффициенте для определения величины деформации грунтов при циклических нагрузках.	73



© ТПИ, Таллин, 1977

Таллинский политехнический институт

Труды ТПИ № 430

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА
ЭСТОНСКОЙ ССР В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОЙ АВТОМОБИЛИЗАЦИИ
(Автомобильные дороги. Автомобильный транспорт. Сборник статей УШ)

Редактор С. Нургес. Техн. редактор В. Ранник

Сборник утвержден коллегией Трудов ТПИ 03 июня 1977 г.

Подписано к печати 17 ноября 1977 г. Бумага 60x90/16

Печ. л. 5,25 + 0,25 приложение. Уч.-изд. л. 4,5

Тираж 300. МВ-06289

Ротапринт ТПИ, Таллин, ул. Коскла, 2/9. Зак. № 1136

Цена 67 коп.

Цена 67 коп.