

Ер. 6.7
1385

TALLINNA POLÜTEHNILISE
INSTITUUDI TOIMETISED

ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

№385

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

Сборник статей

УИ

ТАЛЛИН 1976

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED
ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

№ 385

1976

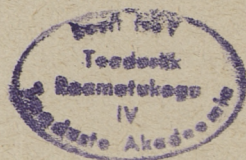
УДК 528.74
625.7
625.72
625.855
656.13

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

СБОРНИК СТАТЕЙ

VII

Таллин 1976



УДК 625.7.03

М.К. Коппель, В.М. Сегеркранц

РЕКОМЕНДАЦИИ РЕЖИМОВ СКОРОСТЕЙ КАК
МЕРОПРИЯТИЕ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ
ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Рост автомобильного транспорта ставит много серьезных проблем, от решения которых во многом зависит функционирование производства, нормальные условия работы и отдыха населения.

К сожалению, автомобильное движение является довольно опасным. Встречается аварийность с человеческими жертвами и ранениями, материальный ущерб. Поэтому разработка мероприятий, повышающих безопасность движения, является очень важной.

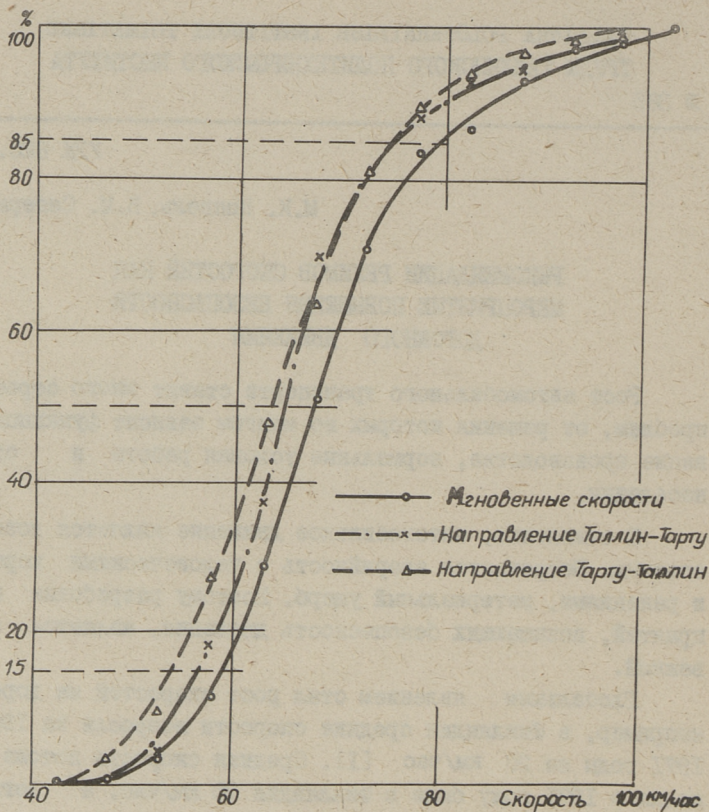
Глобальным явлением стал рост скоростей на дорогах, например, в Финляндии средние скорости возросли за 1961... 1971 годы на 20 км/час [1]. Средняя скорость потока движения в 1971 году была в Финляндии 90 км/час, а легковых автомобилей - 95 км/час [1].

По данным Мюллера [2] в США растут скорости на 0,5 миль/час за год.

Средние скорости растут и на дорогах Эстонской ССР. Проведенные на одной из въездных дорог города Таллина исследования показывают, что средние скорости растут у нас на 1,2 км/час за год. Кумулятивная кривая распределения скоростей показана на фиг. 1.

В таблице 1 приводятся данные, характеризующие распределение скоростей на подопытной дороге.

Приведены средние арифметические скорости автомобилей в потоке \bar{v} , скорости \bar{v}_{15} - т.е. скорость, медленнее которой едет 15 % автомобилей и \bar{v}_{85} - скорость, быстрее которой едет 15 % автомобилей. При помощи двух последних по-



Фиг. 1. Кумулятивная кривая распределения скоростей.

казателей характеризуется размах распределения поля скоростей. Чем меньше размах, тем благополучнее транспортный поток.

Ширину размаха и симметричность распределения можно характеризовать коэффициентами [4]:

$$L = \frac{\bar{V}_{85} - \bar{V}}{\bar{V} - \bar{V}_{15}} \quad \text{и} \quad P = \bar{V}_{85} - \bar{V}_{15},$$

при $L = 1,0$ имеем симметричное распределение,

при $L \leq 1,0$ имеем вытянутое к низким скоростям распределение,

при $L \geq 1,0$ имеем вытянутое к высоким скоростям распределение.

Т а б л и ц а I

Характеристика потока движения

Вид автомобилей	\bar{V}_{45}	\bar{V}	\bar{V}_{85}	P	σ	L
Все автомобили	59	71,3	79	20	7,1	0,63
в том числе						
легковые	70	83,8	93	17	10,9	0,67
грузовые	57,5	67,2	71,5	14	7,3	0,44

Как видим из таблицы I, в данном случае коэффициент $L < 1,0$. Подобное явление вызвано наличием старых маломощных автомобилей. С модернизацией парка показатели потока улучшаются. Приводится стандартное отклонение σ .

С ростом скоростей и увеличением размаха их распределения увеличивается риск дорожно-транспортных происшествий. Опасными являются как чрезмерно высокие, так и чрезмерно низкие скорости. Риск попадания в аварию можно показать U-образным графиком [3].

Анализируя статистику дорожно-транспортных происшествий видим, что причиной аварии чаще всего является слишком высокая скорость (в среднем 29 случаев из 100).

Реальный транспортный поток на дорогах и улицах отличается от идеального.

Идеальными и наиболее безопасными являются условия движения, при которых поток движения состоит только из легковых автомобилей, ширина полосы движения более 3,6 м, боковые препятствия встречаются не ближе 1,8 метров от края покрытия, элементы плана и продольного профиля позволяют ехать со скоростью 112 км/час и более, поток движения непрерывный [5].

Транспортный поток отличается у нас большой долей тяжелого движения (табл. 2).

Как следует из таблицы 2, доминируют тяжелые виды транспорта. Большое количество тяжелых грузовых машин вызывает необходимость обгонов.

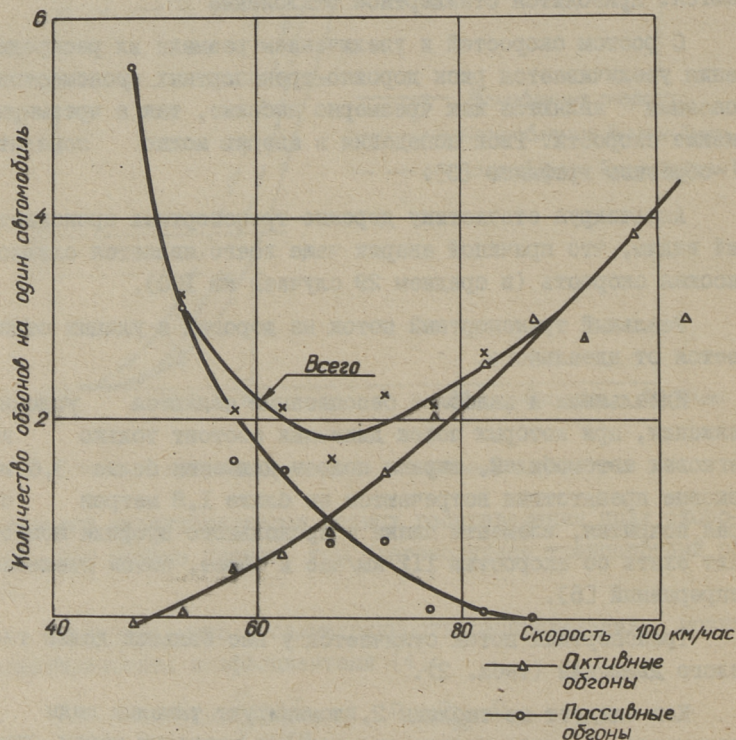
Нами проведено исследование количества обгонов. Результаты приводятся на фиг. 2, где показано количество активных и пассивных обгонов на одну машину в зависимости от

скорости передвижения. Нужно отметить, что минимальным будет количество обгонов в том случае, если данный автомобиль будет двигаться со средней скоростью потока.

Т а б л и ц а 2

Структура транспортного потока

Город	Структура транспортного потока			
	грузовые автомобили	легковые автомобили	автобусы	мотоциклы
Кохтла-Ярве	40,07	26,23	18,86	14,04
Тарту	43,70	28,20	14,18	13,92
Пярну	35,38	35,84	11,15	17,63



Фиг. 2. Зависимость количества обгонов от скорости автомобиля.

Большинство дорог настоящей сети построено в 60-х годах, а запроектировано в конце 50-х — начале 60-х годов по существующим в то время нормам.

Минимальные элементы плана и продольного профиля не гарантируют достаточной видимости для обгона.

Практика показывает, что в большинстве случаев темпы роста автомобильного парка значительно превышают темпы роста дорожного строительства.

Угрожающий рост аварийности во многих странах заставил искать пути повышения безопасности движения на дорогах.

В работах профессора В.Ф.Бабкова показано, что единственными качествами, характеризующими автомобильные дороги, является возможная скорость передвижения и ее абсолютная величина по участкам, а также плавность ее изменения [7].

В дорожном движении водителей обычно не информируют о возможной скорости. Поток с детерминированной скоростью, однако, является более благополучным, близким к идеальным условиям движения. Уменьшается размах скоростей и количество обгонов, чем должен уменьшаться и риск дорожно-транспортного происшествия.

В мировой практике применяются следующие способы управления скоростями автомобилей [1]:

1. Ограничения скорости отдельных типов автомобилей (чаще для грузовиков и автобусов - 80 км/час).
2. Местные ограничения скорости (применяются в опасных зонах и в населенных пунктах).
3. Временные ограничения (в основном применяются во время строительных и ремонтных дорог).
4. Общегосударственные системы ограничения скорости, которые можно разделить на следующие подгруппы:
 - 4.1. Временные общегосударственные ограничения (применяются во время праздников).
 - 4.2. Постоянный лимит скорости (во многих странах в пределах 80-120 км/час).
 - 4.3. Дифференцированная система лимитов скоростей (устанавливается в зависимости от стандарта дороги и интенсивности движения). Дифференцированная система может быть общегосударственной (Швеция) или охватывать часть территории (Финляндия), или часть сети дорог (Франция).

Приведенные выше системы являются обязательными. Кроме них применяется информирование водителей о возможной скорости рекомендациями скоростей, выполнение которых является добровольным.

В таблице 3 приводятся данные об ограничениях скоростей в некоторых странах и показатели аварийности. Последние данные показывают, что установление лимита положительно влияет на безопасность движения. Приводимые данные получены из материалов шведских и финских исследований [1-6].

Т а б л и ц а 3
Относительные показатели аварийности в некоторых странах и применение ограничений в 1970 году ^x

Страна	Жителей на один автомобиль	Смертельных случаев в движении		Применяемая система ограничения скоростей
		на 100000 автомоб.	на 100000 жителей	
США	2,0	52	26	Все штаты, кроме двух
Швеция	3,3	53	16	Дифференцированная система на всей территории
Франция	3,5	106	30	Не применялись ^x
Великобритания	4,1	57	13	лимит 112 км/час
ФРГ	4,2	123	30	не применялись
Норвегия	4,3	62	14	лимит 80 $\frac{\text{км}}{\text{час}}$
Нидерланды	4,6	112	25	на большей части лимит 60-100 км/час
Финляндия	5,8	127	22	не применялись ^x

^x В этих странах систему ограничений начали применять позднее.

Следует отметить, что после 1970 года применение систем ограничений получило дальнейшее развитие. По известным причинам, с октября-ноября 1973 года во многих странах установлен более жесткий лимит скоростей.

Из приведенных в таблице 3 данных явствует, что самая низкая относительная аварийность достигнута в странах, где применяются общегосударственные системы ограничения скоростей. Например, в Швеции уже достигнут рубеж: менее 50 погибших на 100000 автомобилей.

Статистический анализ показывает, что абсолютное количество ДТП у нас не настолько велико, однако относительные показатели аварийности довольно высоки. Поэтому применение мероприятий по управлению потоком движения, а именно — ограничение скоростей передвижения — является перспективным. Конкретные условия говорят за метод рекомендаций. Рекомендации скоростей, максимальных для данного участка дороги, следует разработать исходя из следующих показателей:

- 1) интенсивность движения,
- 2) элементы плана и продольного профиля,
- 3) существующие показатели распределения скоростей,
- 4) статистика дорожно-транспортных происшествий.

Видимость	Ширина проезж. части	Обочины	Интенсивность движения		
			<2000	2000-3000	>3000
>460	>7,0	>2,5укреп.	(100)		
	7,0	2,5 —"	(100)		
	<7,0	<2,0	(60)		
>280	>7,0	>2,5укреп.	(100)		
	7,0	2,5 —"	(80)		
	<7,0	<2,0	(60)		
<280	>7,0	>2,5укреп.	(60)		
	7,0	2,5 —"	(60)		
	<7,0	<2,0	(60)		

Фиг. 3. Принципиальная схема рекомендации режимов скоростей.

Режимы устанавливаются для светлого времени суток и для нормальных дорожных условий.

Принципиальная система разработанных нами рекомендательных скоростей для магистральных дорог ЭССР приводится на фиг. 3.

Влияние установленных режимом исследуется измерением как средних, так и мгновенных скоростей.

Ниже рассмотрены несколько регрессионных уравнений моделирующих \bar{v} для городских условий. Регрессионные уравнения получены с использованием программы "Опер" и ЭВМ "Минск-32" [8].

В городских условиях (допустимая скорость $\bar{v}_g = 60$ км/час) средняя скорость определяется следующей формулой:

$$\bar{v} = 39,9 - 0,058x_1 - 0,35x_5 + 2,09x_8,$$

где x_1 - интенсивность движения;

x_5 - процент грузовых машин в составе движения;

x_8 - процент машин, нарушающих лимит.

Коэффициент детерминации уравнения 87 %.

Теснее всего связан со средней скоростью показатель x_8 (парный коэффициент корреляции 0,91). По коэффициентам частной эластичности (0,66) наибольшее влияние оказывает процент грузовых машин, которые имеют скорость ниже средней.

Уравнение средней скорости для улиц, где максимальная скорость 40 км/час имеет следующий вид:

$$\bar{v} = 36,6 - 0,15x_6 + 0,095x_7 + 2,08x_8,$$

где x_6 и x_7 соответственно проценты автобусов и мотоциклов.

Коэффициент детерминации уравнения 70 %. Средняя скорость была 38,8 км/час, следовательно увеличения ее можно достичь лишь нарушением режима (допустимого) движения (x_8).

Применение систем ограничений скоростей не может быть самоцелью, а должен последовать глубокому анализу условий движения в конкретных условиях.

Информация водителей об оптимальной скорости передвижения на данном участке должна уменьшать количество обгонов и риск дорожно-транспортных происшествий.

Л и т е р а т у р а

1. Komiteanmietintö 1972. B. 51. Nopeusrajoituskomitean mietintö. Helsinki 1972.

2. Ajoneuvojen nopeuksista ja niihin vaikuttavista toimenpiteistä. Tie ja vesirakennushallitus. Helsinki 1971.

3. Speed and Accidents. Research Triangle Institute and Institute for Research in Public Safety of Indiana University, 1970.

4. Otto Wahlgren, Harri Kallberg, Markku Salusjärvi. Tiekohtaiset enimmäisnopeussuosituksset, Osa 2, vaikutukset liikenneviran ominaisuuksiin ja liikenneturvallisuuuteen. Helsingin Teknillinen Korkeakoulu, Tie ja Liikennetekniikan laitos, Julkaisu 26, Helsinki 1972.

5. Highway Capacity Manual. Highway Research Board, 1966.

6. Ökad trafiksäkerhet - mål och medel. Statens trafik-säkerhetsverk, 1972.

7. В.Ф. Б а б к о в и др. Дорожные условия и режимы движения автомобилей."Транспорт," М., 1967.

8. Программы для ЭВМ "Минск-2", выпуск 2, Академия Наук ЭССР. Институт кибернетики, Таллин, 1966.

Recommended Maximum Road Section Speed as
Factor Improving the Road Safety

Summary

In recent years the increase of average speed on our roads was 1,2 km/h per year. That factor and the road traffic situation compelled us to find measures for reducing the number of road accidents. The speed limits and recommended maximum road section speed may be used for this purpose. The maximum road section speed for the main roads of the Estonian SSR depending on the road standard, traffic volume and accident statistics is motivated.

ПРОГРАММА ЭВМ ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ КООРДИНАТ
 ПЕРСПЕКТИВНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ АВТОДОРОГИ

В отечественной литературе неоднократно отмечалась необходимость анализирования пространственной плавности автодорог по перспективным изображениям и сокращения объема работ при этом с применением ЭВМ [1, с.152, 4, с. 104, 5, с. 162].

При пространственном анализе целесообразно начертить перспективу или из точки наблюдения непосредственно над проезжей частью дороги [1, с. 146, 2, с. 103], или из точки в стороне от дороги [1, с. 150], или же из точки на большей высоте.

Об алгоритме программы

Для построения перспективного изображения автодороги используется центральная проекция [6, с. 174]. Расположение точек на картинной плоскости определяется "координатным методом" [1, с. 146, 2, с. 103]. В общем случае картинные координаты зависят также от выпуклости поверхности Земли (фиг. 1). На основании этого получим зависимости:

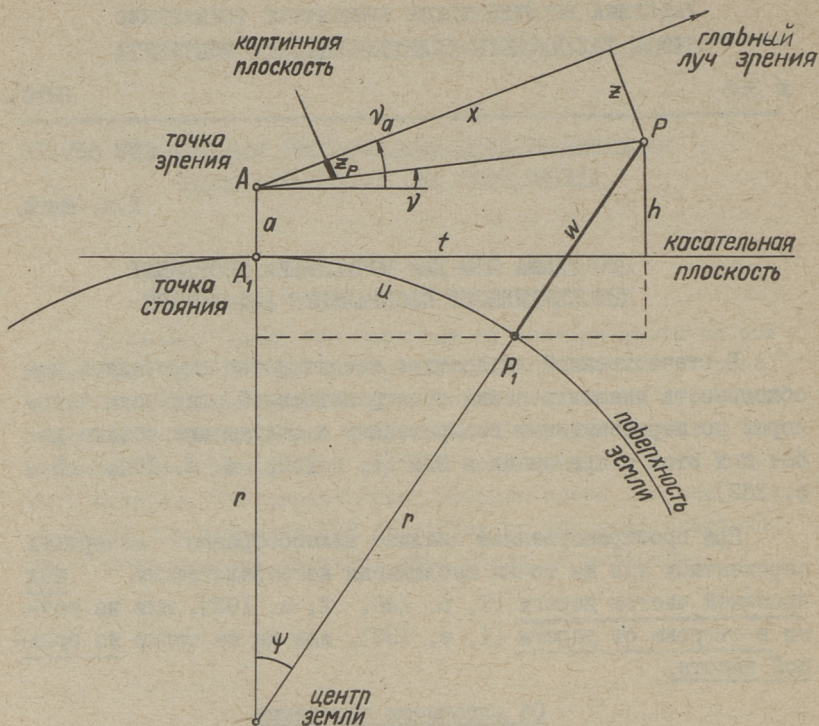
$$t = u - r\psi + r\sin\psi + w\sin\psi, \quad (1)$$

$$h = w\cos\psi - r + r\cos\psi. \quad (2)$$

Разлагая в формулах (1) и (2) $\sin\psi$ и $\cos\psi$ в ряды Маклорена, выражая $\psi = ur^{-1}$, пренебрегая всеми малыми членами (всегда $\psi \ll 1$) и используя формулы преобразования плоскостных координат (параллельный перенос на a и поворот на γ_d), получим следующие формулы:

$$x = u(1 + wr^{-1})\cos\gamma_d + (w - 0,5u^2r^{-1})\sin\gamma_d, \quad (3)$$

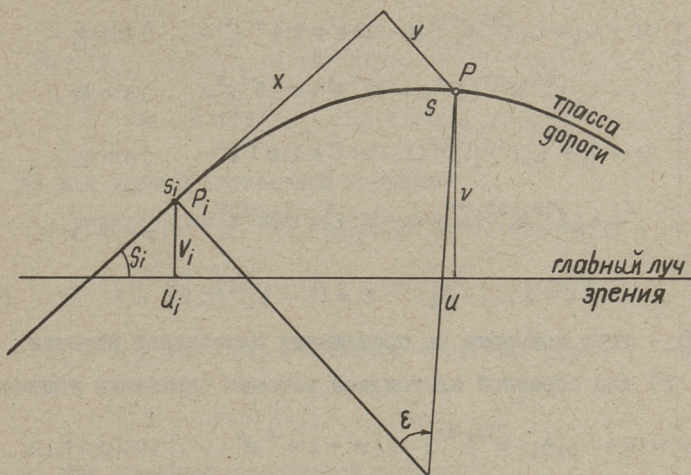
$$z = -a - u(1 + wr^{-1})\sin\gamma_d + (w - 0,5u^2r^{-1})\cos\gamma_d. \quad (4)$$



Фиг. 1. Зависимость картинных координат от выпуклости Земли. Важнейшие обозначения: u – расстояние до изображаемой точки (P) по поверхности Земли; w – превышение изображаемой точки (P) относительно точки стояния (A); t – расстояние до точки P по касательной плоскости сквозь точки A ; h – расстояние точки P от касательной плоскости; x, z – натурные координаты от главного луча зрения; α – угол наклона главного луча зрения; x_p, z_p – картинные координаты; r, ψ – радиус и центральный угол Земли.

Для определения координат u и v на поверхности геоида необходимо описать план трассы со следующей прерывистой параметрической парой уравнений (параметром s является расстояние по пикетажу от начала):

$$u = \begin{cases} f_{1,1}(s), \\ f_{1,2}(s), \\ \dots \\ f_{1,i}(s), \\ f_{1,i+1}(s) \\ \dots \\ f_{1,n}(s), \end{cases} \quad v = \begin{cases} g_{1,1}(s), & \text{если } s_1 \leq s \leq s_2, \\ g_{1,2}(s), & \text{если } s_2 \leq s \leq s_3, \\ \dots \\ g_{1,i}(s), & \text{если } s_i \leq s \leq s_{i+1}, \\ g_{1,i+1}(s), & \text{если } s_{i+1} \leq s \leq s_{i+2}, \\ \dots \\ g_{1,n}(s), & \text{если } s_n \leq s \leq s_{n+1}. \end{cases} \quad (5)$$



Фиг. 2. Схема локальных координат на кривом участке плана трассы. Важнейшие обозначения: φ_i - угол в начале кривого элемента между касательной трассы и главным лучом зрения; s_i - расстояние по оси от начала трассы до начала элемента номером i ; u_i, v_i - координаты начала элемента; u, v - соответствующие величины у текущей точки; ϵ - центральный угол, соответствующий дуге P_iP .

На каждом отдельном промежутке определения плана трассы координаты u и v определяются следующими формулами плоскоотно-преобразованных локальных координат:

а) для прямой вставки:

$$\begin{cases} u = u_i + (s - s_i) \cos \varphi_i, \\ v = v_i + (s - s_i) \sin \varphi_i; \end{cases} \quad (6)$$

б) для дуги окружности (фиг. 2):

$$\begin{cases} u = u_i + 2R_i \cos(\varphi_i + 0,5\epsilon) \sin(0,5\epsilon), \\ v = v_i + 2R_i \sin(\varphi_i + 0,5\epsilon) \sin(0,5\epsilon). \end{cases} \quad (7)$$

где

$$R_i = (s_{i+1} - s_i) \alpha_i^{-1}, \quad \epsilon = (s - s_i) \alpha_i (s_{i+1} - s_i)^{-1}, \quad (8)$$

α_i - угол поворота на протяжении дуги;

в) для прямой клотоидной вставки (кривизна возрастает) [3, с. 8]:

$$\left\{ \begin{array}{l} u = u_i + L_i \varepsilon^{0,5} \beta_i^{-0,5} (1 - 0,1 \varepsilon^2 + 216^{-1} \varepsilon^4 - \dots) \cos \varphi_i - \\ \quad - L_i \varepsilon^{0,5} \beta_i^{-0,5} (3^{-1} \varepsilon - 42^{-1} \varepsilon^3 + 1320^{-1} \varepsilon^5 - \dots) \sin \varphi_i, \\ v = v_i + L_i \varepsilon^{0,5} \beta_i^{-0,5} (1 - 0,1 \varepsilon^2 + 216^{-1} \varepsilon^4 - \dots) \sin \varphi_i + \\ \quad + L_i \varepsilon^{0,5} \beta_i^{-0,5} (3^{-1} \varepsilon - 42^{-1} \varepsilon^3 + 1320^{-1} \varepsilon^5 - \dots) \cos \varphi_i, \end{array} \right. \quad (9)$$

где $L_i = s_{i+1} - s_i$, $\varepsilon = (s - s_i)^2 \beta_i^{-2}$, (10)

β_i - угол поворота на протяжении клотоидной вставки,

г) для обратной клотоидной вставки (кривизна убывает):

$$\left\{ \begin{array}{l} u = u_i + L_i [A_i - \varkappa^{0,5} \beta_i^{-0,5} (1 - 0,1 \varkappa^2 + 216^{-1} \varkappa^4 - \dots)] \cos(\varphi_i + \beta_i) - \\ \quad - L_i [B_i - \varkappa^{0,5} \beta_i^{-0,5} (3^{-1} \varkappa - 42^{-1} \varkappa^3 + 1320^{-1} \varkappa^5 - \dots)] \sin(\varphi_i + \beta_i), \\ v = v_i + L_i [A_i - \varkappa^{0,5} \beta_i^{-0,5} (1 - 0,1 \varkappa^2 + 216^{-1} \varkappa^4 - \dots)] \sin(\varphi_i + \beta_i) - \\ \quad - L_i [B_i - \varkappa^{0,5} \beta_i^{-0,5} (3^{-1} \varkappa - 42^{-1} \varkappa^3 + 1320^{-1} \varkappa^5 - \dots)] \cos(\varphi_i + \beta_i), \end{array} \right. \quad (11)$$

где $L_i = s_{i+1} - s_i$, $\varkappa = \beta_i - \varepsilon = (s_{i+1} - s)^2 \beta_i^{-2}$, (12)

$$A_i = 1 - 0,1 \beta_i^2 + 216^{-1} \beta_i^4 - \dots, \quad B_i = 3^{-1} \beta_i - 42^{-1} \beta_i^3 - 1320^{-1} \beta_i^5 \dots \quad (13)$$

Аналогично можно описать продольный профиль дороги, однако, здесь отсутствует необходимость вычислить длину дороги по проектной линии, а достаточно определить длину проекции трассы на геоиде:

$$w = \begin{cases} q_{2,1}(s), & \text{если } s_1 \leq s \leq s_2, \\ \dots \dots \dots & \dots \dots \dots \\ q_{2,i}(s), & \text{если } s_i \leq s \leq s_{i+1}, \\ \dots \dots \dots & \dots \dots \dots \\ q_{2,n}(s), & \text{если } s_n \leq s \leq s_{n+1}. \end{cases} \quad (14)$$

Координаты элементов продольного профиля выражаются формулами, аналогичными формулам элементов плана трассы:

а) промежуток с постоянным углом наклона γ_i :

$$w = w_i + (s - s_i) \sin \gamma_i; \quad (15)$$

б) для дуги окружности

$$w = w_i + 2R_i \sin(\nu_i + 0,5\eta) \sin(0,5\eta), \quad (16)$$

где

$$R_i = (s_{i+1} - s_i) \alpha_i^{-1}, \quad \nu_i = \arctg i_i, \quad \eta = (s - s_i) \alpha_i (s_{i+1} - s_i)^{-1}, \quad (17)$$

$$\alpha_i = \arctg [(i_{i+1} - i_i) (1 + i_i i_{i+1})^{-1}]; \quad (18)$$

в) для прямой клотоидной вставки:

$$w = w_i + L_i \eta^{0,5} \beta_i^{-0,5} (1 - 0,1\eta^2 + 216^{-1}\eta^4 - \dots) \sin \nu_i + \\ + L_i \eta^{0,5} \beta_i^{-0,5} (3^{-1}\eta - 42^{-1}\eta^3 + 1320^{-1}\eta^5 - \dots) \cos \nu_i, \quad (19)$$

где

$$L_i = s_{i+1} - s_i, \quad \nu_i = \arctg i_i, \quad \eta = (s - s_i)^2 \beta_i L_i^{-2}, \quad (20)$$

$$\beta_i = \arctg [(i_{i+1} - i_i) (1 + i_i i_{i+1})^{-1}]; \quad (21)$$

г) для обратной клотоидной вставки:

$$w = w_i + L_i [A_i - \mu^{0,5} \beta_i^{-0,5} (1 - 0,1\mu^2 + 216^{-1}\mu^4 - \dots)] \sin(\nu_i + \beta_i) - \\ - L_i [B_i - \mu^{0,5} \beta_i^{-0,5} (3^{-1}\mu - 42^{-1}\mu^3 + 1320^{-1}\mu^5 - \dots)] \cos(\nu_i + \beta_i), \quad (22)$$

где

$$\mu = \beta_i - \eta = (s_{i+1} - s)^2 \beta_i L_i^{-2}. \quad (23)$$

Кроме того описываются еще элементы поперечного профиля. Из этого описания вычисляются удаленность точек поперечника от точки оси - b и соответствующее превышение - Δh .

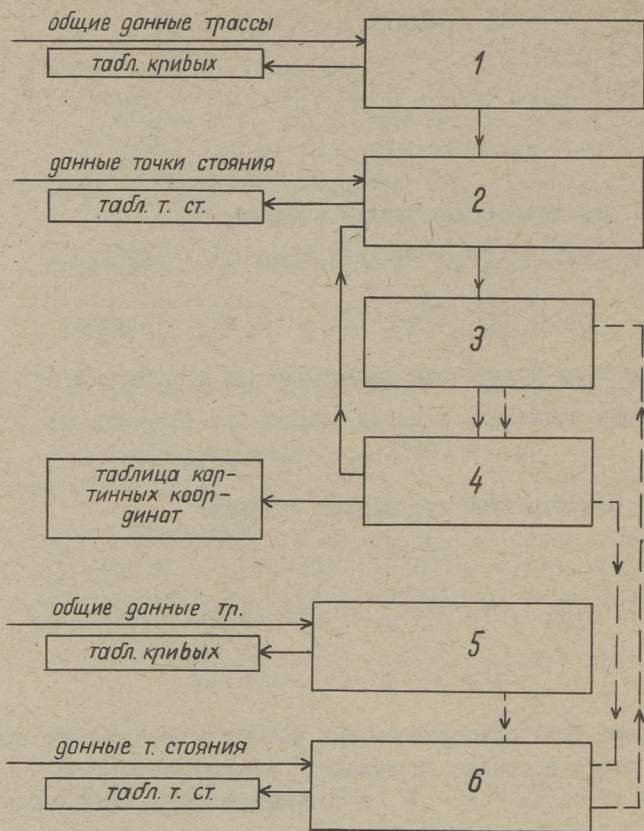
Координаты перспективного изображения (картинные координаты) вычисляются по следующим формулам:

$$Y_P = \frac{v + b \cos(\varphi_i + \varepsilon)}{(u - b \sin(\varphi_i + \varepsilon)) (1 + w r^{-1}) \cos \nu_a + (w - 0,5 u^2 r^{-1}) \sin \nu_a}, \quad (24)$$

$$Z_P = \frac{(w + \Delta h - 0,5 u^2 r^{-1}) \cos \nu_a - (u - b \sin(\varphi_i + \varepsilon)) (1 - w r^{-1}) \sin \nu_a - a}{(u - b \sin(\varphi_i + \varepsilon)) (1 + w r^{-1}) \cos \nu_a + (w - 0,5 u^2 r^{-1}) \sin \nu_a}. \quad (25)$$

0 программе для ЭВМ "Минск-22"

Вышеописанный алгоритм реализован в программу на кафедре автомобильных дорог Таллинского политехнического института. Алгоритмический язык - МАЛГОЛ. Программа в целом не помещается в оперативную память "Минск-22", поэтому образована цепная программа (фиг. 3), отдельные звенья которой по очереди вызываются из внешней памяти. В случае главного



Фиг. 3. Блок-схема программы ЭВМ "Минск-22" для вычисления картинных координат перспективного изображения автодороги. Назначение звеньев цепи: 1 - образование описаний массивов для отдельных групп элементов дороги в случае главного луча зрения вдоль пикетажа; вычисление элементов кривых; 2 - образование таблицы картинных координат: определение исходных параметров; 3 - вычисление картинных координат; 4 - вывод координат; 5 - образование описаний - массивов для отдельных типов элементов дороги в случае главного луча зрения против пикетажа; вычисление элементов кривых; 6 - образование таблицы картинных координат, определение исходных параметров.

луча зрения, направленного вдоль пикетажа, организуется цепь из звеньев 1 - 2 - 3 - 4, в случае против пикетажа - из звеньев 5 - 6 - 3 - 4. Общие исходные данные трассы (включая описания типа (5), (I4) и аналогичные) перфорируются единые для обеих цепей.

После образования внутренних описаний дороги в блоке I (или 5) вызывается следующий блок (2 или 6), где производится ввод данных по пунктам стояний. Для вычисления координат и вывода их образуется замкнутая подцепь 2 - 3 - 4 - 2 - ... (или 6 - 3 - 4 - 6 - ...), где в последовании обрабатываются перспективы всех точек стояния.

Промежуточные выводы таблиц кривых и данных по точкам стояния (фиг. 3) производятся для осуществления контроля корректности перфорации.

О точности алгоритма

Для анализа допустимости упрощения формул (24) и (25) выразим приближенные значения y_p и z_p следующим образом:

$$y_p = C_1 C_2^{-1}, \quad z_p = C_3 C_2^{-1}. \quad (26)$$

Соответствующие абсолютные ошибки определяются следующими формулами:

а) от пренебрежения наклона плоскости изображения:

$$\Delta y_p = |C_1| C_2^{-2} [u(1 - \cos \nu_a) - w \sin \nu_a], \quad (27)$$

$$\Delta z_p = |C_2|^{-1} (w + \Delta h)(1 - \cos \nu_a) + |C_3| C_2^{-2} [u(1 - \cos \nu_a) - w \sin \nu_a]; \quad (28)$$

б) от пренебрежения отклонения плоскости поперечника:

$$\Delta y_p = |C_2|^{-1} b [1 - \cos(\varphi_i + \varepsilon)] + |C_1| C_2^{-2} b \sin(\varphi_i + \varepsilon) \cos \nu_a, \quad (29)$$

$$\Delta z_p = -|C_2|^{-1} b \sin(\varphi_i + \varepsilon) \sin \nu_a + |C_3| C_2^{-2} b \sin(\varphi_i + \varepsilon) \cos \nu_a; \quad (30)$$

в) от сокращения степенных рядов в формулах координат клотоиды:

$$\Delta y_p = |C_1| C_2^{-2} \Delta C_{2,1}, \quad (31)$$

$$\Delta z_p = |C_2|^{-1} \Delta C_{3,1} + |C_3| C_2^{-2} \Delta C_{2,1}; \quad (32)$$

г) от пренебрежения выпуклости поверхности Земли:

$$\Delta y_p = -|C_1| C_2^{-2} u w r^{-1} \cos \nu_a, \quad (33)$$

$$\begin{aligned} \Delta z_p = & |C_2|^{-1} (0,5 u^2 r^{-1} \cos \nu_a - u w r^{-1} \sin \nu_a) - \\ & - |C_3| C_2^{-2} u w r^{-1} \cos \nu_a; \end{aligned} \quad (34)$$

Т а б л и ц а I

Порядковые значения экстремальных ошибок пренебрежения в формулах
(24) и (25) в см

	Точка зрения на автомобиле		Точка зрения в воздухе	
	500	1000	10000	30000
Удаленность l в м	25	50	250	750
Превышение w в м	0,03	0,04	0,04	0,09
Ошибка от пренебрежения наклона ($2^{\circ}30'$ и 7°) картинной плоскости	0,16	0,29	0,02	0,01
Ошибка от пренебрежения отклонения (20°) плоскости поперечника	0,014	0,014	0,03	0,03
Ошибка от сокращения степенных рядов клотоиды ($h \geq 6$)	0,000	0,002	0,008	0,002
Ошибка от пренебрежения выпуклости поверхности Земли	0,07	0,03	0,13	0,02
Ошибка от нередуцирования трассы на уровенную поверхность				

д) от нередуцирования на уровенную поверхность:

$$\Delta y_p = |C_1| C_2^{-2} \Delta C_{2,2} \quad (35)$$

$$\Delta z_p = |C_3| C_2^{-2} \Delta C_{2,2} \quad (36)$$

Для некоторых "разумных предельных случаев" (угол наклона главного луча зрения $\pm 2^{\circ}30'$ или 7° , половина ширины поперечника ± 20 м, угол отклонения плоскости поперечника от перпендикуляра главного луча зрения $\pm 20^{\circ}$, угол поворота в пределах клотоидной вставки $\pm 30^{\circ}$, угол наклона местности $\pm 12^{\circ}$, отношение длины наклонных и горизонтальных участков местности 0,3, предельная ширина картины для шифера 0,2 м и для летчика 0,4 м при масштабе чертежа 1:100) вычислены экстремальные ошибки от упрощения алгоритма (таблица I). Вычисленные величины следует сопоставить с технически возможной точностью чертежа — 0,01 см.

В ы в о д ы

На основе вышеизложенного и опытов эксплуатации программы для вычисления координат перспективного изображения на ЭВМ "Минск-22" явствует следующее:

1. Время вычисления координат сократится от 1,5 ... 3 часов на 3...6 минут.

2. При соответствующем построении алгоритма можно достичь несколькократно высшей точности результата, чем при ручном вычислении координат.

3. Если критерием допустимых неточностей принять точность исполнения чертежа (0,01 см), тогда ни одного из пренебрежений, вызывающих ошибки (27)...(36), нельзя допустить.

4. Если критерием допустимых неточностей принять неискаженность картины на переднем плане (до 1000 м), тогда пренебрегать наклоном плоскости поперечника ни в коем случае нельзя. Остальные пренебрежения не вызывают относительных сближений линий. Влияние пренебрежения выпуклости поверхности Земли здесь ничтожное.

5. Устранение неточностей от нередуцирования трассы на уровенную поверхность необходимо в случае трассы, спроектированной на основе полевых изысканий.

Л и т е р а т у р а

1. В.Ф. Б а б к о в. Ландшафтное проектирование автомобильных дорог. "Транспорт", М., 1969. с. 146...152.

2. П.Я. Д з е н и с, В.Р. Р е й н ф е л ь д. Пространственное проектирование автомобильных дорог. "Транспорт", М., 1968. с. 103...166.

3. В.И. К с е н о д о х о в. Таблицы для проектирования и разбивки клотоидной трассы автомобильных дорог. "Транспорт", М., 1969, с. 8.

4. Х.А. М я г и. О проблемах построения перспективных изображений автомобильной дороги на ЭЦВМ "Минск-22". - "Тезисы докладов II республиканской научно-технической конференции по автомобильным дорогам и геодезии", Таллин, 1972, с. 104...106.

5. Н.П. О р н а т с к и й. Применение ЭВМ для построения перспектив автомобильной дороги. - "Известия высших учебных заведений. Строительство и архитектура", Новосибирск, 1971, 9, с. 162...168.

6. H. G l ä s e r. Trassierung von Strassen und Gewässern. Transpress VEB Verlag für Verkehrswesen, Berlin 1972, 174.

H. Mägi

A Program for Computing Coordinates of Highway Perspective

Summary

In this paper a general algorithm for computing the coordinates of highway perspective is proposed. In the algorithm the slanting of picture plane, the inclination of cross-section plane, the convexity of surface of the earth etc. are considered. The influence of these factors on the exactness of computed coordinates is examined.

A program for computing the coordinates of highway perspective taking into account some of the factors has been realised for the computer Minsk 22.

УДК 528.74:55I.482.2(474.2)

А.А. Рандлэп, А.П. Тальтс

ИЗМЕРЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ БЕРЕГА
 р. ПЯРНУ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

На берегу р. Пярну на территории г.Пярну были обнаружены оползневые явления. Наряду с геодезическими методами в настоящее время для изучения таких явлений применяют и фотограмметрический метод. Принцип фотограмметрического метода заключается в данном случае в том, что пространственное положение точек берега реки определяется по фотографическим снимкам.

При фотограмметрических измерениях по одиночному снимку координаты точек местности в плоскости XZ , параллельной плоскости снимка, равны:

$$\left. \begin{aligned} X &= Y \frac{x}{f} = xM, \\ Z &= Y \frac{z}{f} = zM, \end{aligned} \right\} \quad (I)$$

где X, Z — координаты точки местности в плоскости XZ ;
 f — фокусное расстояние фотокамеры;
 Y — расстояние до точки;
 x, z — координаты точки местности на снимке;

$\frac{1}{M} = \frac{f}{Y}$ — масштаб изображения на снимке.

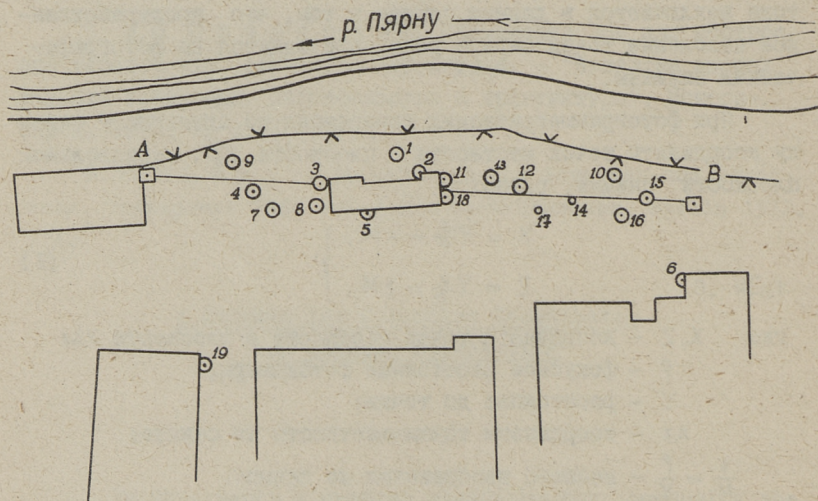
Чтобы обнаружить перемещение наблюдаемых точек берега, нужно иметь два снимка, исходный и второй, снятый через определенный промежуток времени (через несколько месяцев или больше).

Вычислив по формулам (I) координаты точек берега X, Z до и после сдвига X', Z' , можно определить величину смещения точек

$$\left. \begin{aligned} \Delta X &= X' - X = \gamma \frac{X'}{f} - \gamma \frac{X}{f} = \gamma \frac{X}{f} = \Delta x M, \\ \Delta Z &= Z' - Z = \gamma \frac{Z'}{f} - \gamma \frac{Z}{f} = \gamma \frac{Z}{f} = \Delta z M, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где x, z и x', z' — координаты точек на снимке соответственно до и после деформации.

На берегу р. Пярну был разбит опытный полигон (фиг. 1). Станции фотографирования А и В были закреплены надежно. В землю до глубины 2 м были вставлены асбоцементные трубы и заполнены цементным раствором. На торцах труб были закреплены специальные пластинки для установки фототеодолита. Расстояние между станциями составляло около 100 м.



Фиг. 1. Расположение знаков на наблюдаемой территории.

На участке берега между станциями А и В было замаркировано 19 точек. В землю были забиты металлические трубы длиной 50 см, в которые входили металлические штыри маркировоч-

ных знаков. Знаки 6 и I9 (фиг. I) были закреплены на стены сооружения и использовались для контроля элементов ориентирования фототеодолита.

Для съемочных работ был применен фототеодолит фирмы "Цейсс" "Фотео I9/I3I8" с форматом снимка I3xI8 см и фокусным расстоянием 200 мм. Фотографирование выполнялось на стеклянные пластинки. Съемка была выполнена со станций А и В, а оптическая ось фототеодолита была на створе линии АВ.

Фотографирования были выполнены I июля I972 года, 27 окт. I972 г., 26 июля I973 г., и II мая I974 г.

Снимки измерялись на стереокомпараторе I8I8 фирмы "К. Цейсс". Снимки, выполненные I июля I972 г., использовались в качестве исходных.

Смещения Δx и Δz измерялись непосредственно при помощи винта продольного параллакса, что позволило повысить точность камеральных работ.

На левую кассету стереокомпаратора был установлен снимок, выполненный в 72 г., а на правую кассету — поочередно снимки, выполненные в 73 г. и 74 г. При наблюдении таких снимков замечен стереоскопический эффект для точек, получивших смещение. Для измерения смещений Δx и Δz были стереоскопически взяты отсчеты на контрольную и определяемую точки и найдена их разница.

Тогда

$$\left. \begin{aligned} \Delta x &= -(p - p_0) = -\Delta p, \\ \Delta z &= -(p_z - p_{z0}) = -\Delta p_z. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Знак минус поставлен для учета противоположного направления подписей шкал x, z и p .

Как видно из формул (2), для вычисления смещений точек берега нужно еще знать расстояние от станции до определяемой точки. Это расстояние было измерено лентой.

Теоретическая точность измерения смещений равна

$$M_{\Delta x, \Delta z} = \pm 0,006.M. \quad (4)$$

Во время выполнения первой (исходной) серии снимков некоторые замаркированные знаки были сдвинуты. Величины смещений были измерены штангенциркулем и определены фото-

грамметрическим методом. Результаты приведены в таблице I.

Т а б л и ц а I

Станция фотогра- фирования	Номер точки	Смещение изм. фото- грамметрическим ме- тодом (мм)	Смещение изм. штан- генцирку- лем (мм)	Теор. точность (мм)
А	I	96,0	97,5	$\pm 1,6$
	3	125,4	125,4	$\pm 1,1$
	8	124,5	117,0	$\pm 1,1$

В	10	8,1	8,0	$\pm 0,7$
	15	90,5	90,5	$\pm 0,4$

Можно убедиться в том, что результаты измерений довольно хорошо соответствуют теоретическим вычислениям.

В таблице 2 приведены результаты определения смещений маркированных точек изучаемого участка берега реки Пярну.

По данным таблицы 2 можно заключить, что точки берега реки Пярну имели смещения в сторону реки и происходили оползневые явления.

В период между съемками в исследуемой зоне производились строительные работы, в результате этого некоторые точки были уничтожены, а некоторые перемещения могут быть вызваны производством работ.

По мнению авторов надо шире изучать возможности применения фотограмметрии наряду с геодезическими методами. Работы в этой области продолжатся.

Л и т е р а т у р а

И. В. М. С е р д ю к о в. Фотограмметрия в инженерно-строительном деле. "Недра", Л., 1970.

Т а б л и ц а 2

№ точек	М	Теор. точность изм. смещений ±(мм)	Величины смещений		Примечания
			от I июля 72г. до 26 июля 1973 г.	от I июля 1972 г. до II мая 1974 г.	
В			0,0	0,0	контрольная точка, станция
I	26I	1,6	9,4	12,5	
2	27I	1,6	закрыт	3,8	
3	185	1,1	8,9	19,6	
4	II7	0,7	4,2	18,8	
5			уничтожено	-	
6	443	2,7	уничтожено	-	контрольная точка
7	159	1,0	14,9	86,5	
8	184	1,1	14,9	117,8	
9	74	0,4	7,1	20,2	
А			0,0	0,0	контрольная точка, станция
10	124	0,7	2,7	2,0	
11	250	1,5	11,3	11,3	
12			уничтожено	-	
13			уничтожено		
14	142	0,9	9,8	7,9	
15	66	0,4	2,4	0,1	
16	96	0,6	-5,7	3,1	
17	187	1,1	33,2	40,9	
18	248	1,5	закрыт	10,8	
19	536	3,2	0,0		контрольная точка

Horizontal Deformation Measurement of the Pärnu
River Bank by Photogrammetric Method

Summary

The article presents a theoretical bases for the use of photogrammetric method for deformation measurement. It is found out that the best method for deformation measurement of the earth surface is measuring of pseudoparallaxes. The accuracy of the photogrammetric measurement coincides with theoretical calculations.

УДК 656.13.021.001.5

Т.Х. Метсвахи, И.О. Пихлак

О ПОДВИЖНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ГОРОДА ТАЛЛИНА
ПРИ ЗАГОРОДНЫХ ПОЕЗДКАХ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД

Восстановление трудоспособности городского населения зависит во многом от того, как оно обеспечено местами отдыха в пригородной зоне и от существующих транспортных условий. Наличие мест отдыха еще недостаточная гарантия для массового посещения этих мест. При неудовлетворительных транспортных условиях имеющиеся возможности отдыха не используются полностью. Относительно лучшая доступность некоторых мест отдыха обуславливает большую загрузку их в летние выходные дни (Пирита, Клоосга-Ранд).

В лучшем положении находятся обладатели индивидуального транспорта. Результаты выполненных нами обследований показали, что эта категория выезжавших предпочитает места, обслуживаемые общественным транспортом относительно плохо.

В целях исследования закономерностей использования легкового транспорта (ЛТ - индивидуальные автомобили, мотоциклы, служебные легковые автомобили и такси) в июне 1972 года в Таллине на выездных дорогах был проведен учет-опрос пассажиров легкового транспорта, а также служебных автобусов. Аналогичный учет-опрос пассажиров, пользующихся общественным транспортом (ОТ - маршрутные автобусы, поезда и самолеты) был проведен год раньше.

Учет пассажиров легкового транспорта состоялся на одиннадцати выездных дорогах, а выборочный опрос проводился на девяти наиболее загруженных из них. Объем выборки составлял 10%. Обследование было осуществлено в течение трех дней (в пятницу, субботу и воскресенье).

Для математической обработки данных опроса использовалась ЭЦВМ "Минск-22". Для получения таблиц распределений была использована стандартная программа социологических исследований "Хоолмаа" [2].

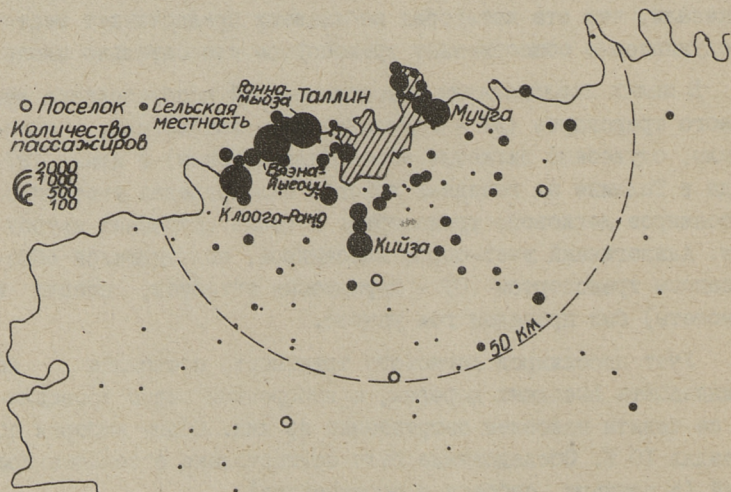
В таблице I показано количество посетителей зоны Мурасте-Суурупи-Вяэна-Йыесуу в летние дни обследования на общественном и легковом транспорте.

Т а б л и ц а I

Количество посетителей зоны Мурасте-Суурупи -
Вяэна-Йыесуу

Использованный вид транспорта	Дни недели		
	пятница	суббота	воскресенье
Общественный транспорт	1250	1900	1900
Легковой транспорт	1400	2900	2550

Стабильность числа посетителей зоны, использующих общественный транспорт в выходные дни, отражает предел уровня существующего транспортного обслуживания. При улучшении работы пригородного общественного транспорта можно ожидать в значительной мере увеличения числа пассажиров в эти дни.



Фиг. 1. Размещение мест назначения поездок и уровень их посещаемости в сельской местности.

На фиг. 1 графически представлено распределение загородных центробежных поездок в места назначения на легковом транспорте (без междугородных поездок). Очень четко выявляются места интенсивного посещения Вяэна-Йнесуу, Раннамыйза, Мууга, Клоога-Ранд и Кийза.

При увеличении дальности от города значительно снижается плотность и активность посещений, а на расстоянии более 50 км от центра города пункты посещения в сельской местности имеют уже случайный характер, немного активнее посещаются поселки. Данные таблицы 2 подтверждают сказанное выше.

Т а б л и ц а 2

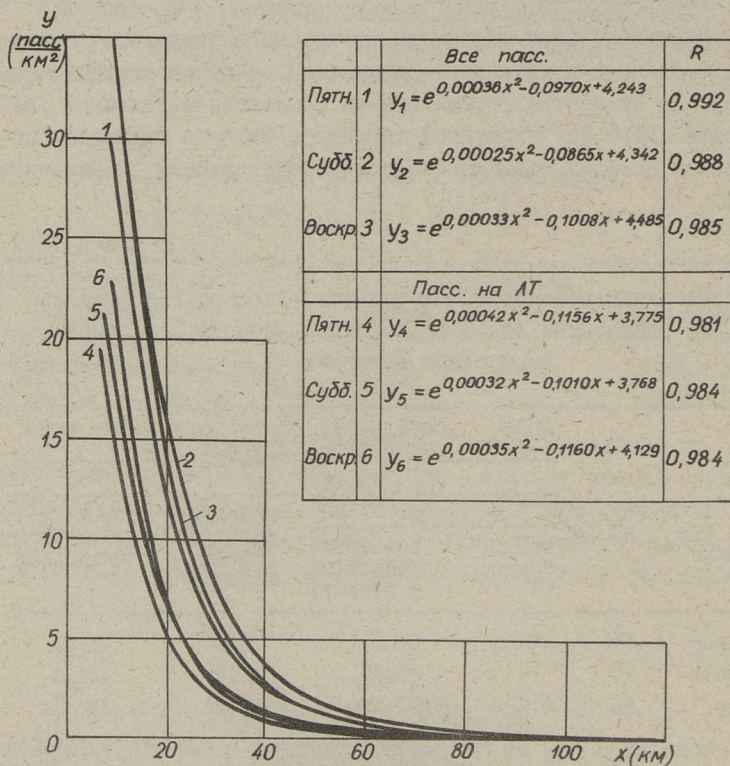
Удельный вес поездок в сельскую местность и поселки на расстоянии до 50 км от центра города во всех загородных поездках

Дни об- следо- вания	На ОТ	Доля поездок на соответственном виде транспорта (в процентах)			
		на ЛТ			
		В с е г о		поездки жителей города Таллина	поездки сельского населения
все поездки	исключая поездки в поселки				
Пятница	71,3	85,9	88,7	86,0	85,0
Суббота	77,7	87,1	90,5	86,7	85,2
Воскр.	84,0	92,6	95,7	93,3	84,0

Зону до 50 км от центра города можно считать активной зоной влияния города, так как среднее количество посещений зоны дальности 40-50 км составляет 1-2 чел/км² в день (фиг. 2).

Данные таблицы 2 показывают также, что при использовании легкового транспорта доля поездок на небольшие расстояния больше, чем при использовании общественного транспорта. Доля этих поездок увеличивается с пятницы на воскресенье. Последнее обстоятельство объясняется различной продолжительностью пребывания у цели (по воскресеньям она короче). Например, из всех выезжающих из города на легковом транспорте по воскресеньям 92 % возвращаются домой в тот же день.

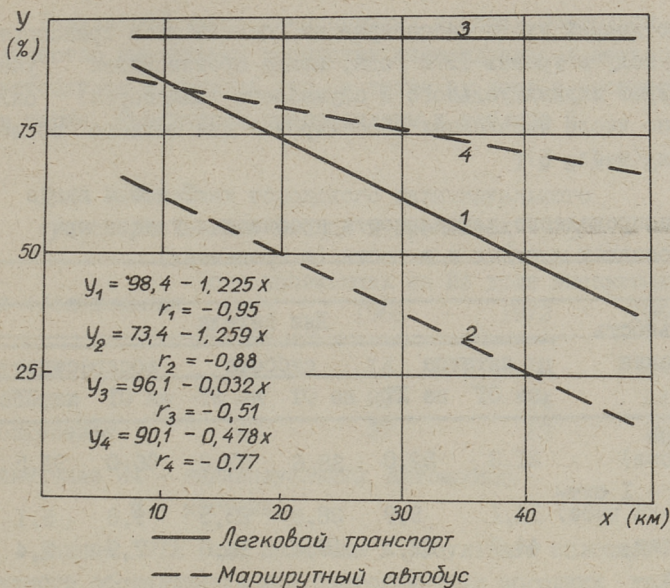
В другие дни в активной зоне влияния города имеется тесная корреляционная связь между удаленностью места назначения поездки (дальность птичьего полета) и долей однодневных пребываний у цели (фиг. 3).



Фиг. 2. Плотность поездок.

В конце недели таллинцы главным образом выезжают из города с целью отдыха (и в гости), причем доля этих поездок на легковом и общественном транспорте существенно не различается (табл. 3).

Длительность пребывания у цели зависит от цели поездки и дня выезда из города, а также, как следует из таблицы 4, от вида использованного транспорта. Для поездок с кратковременным пребыванием у цели используют больше легковой транспорт, чем общественный транспорт.



Фиг. 3. Зависимость доли однодневных пребываний у цели (У) от удаленности места назначения (х)
 1 и 2 - пятница и суббота
 3 и 4 - воскресенье.

Т а б л и ц а 3

Целевая структура загородных поездок населения города Таллина (в процентах)

Цели поездки	Дни недели					
	пятница		суббота		воскресенье	
	на ОТ	на ЛТ	на ОТ	на ЛТ	на ОТ	на ЛТ
Труд и дела	13,5	21,5	6,8	6,4	8,2	2,6
Обслуживание	1,3	3,2	1,1	0,8	1,6	0,3
Учеба	1,0	0,6	0,9	0,2	1,4	0,2
Отдых и в гости	81,8	69,3	89,0	86,8	85,0	91,8
Прочие	2,4	5,4	2,2	5,8	3,8	5,3
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Базируясь в основном на данных учета пассажиров и лишь в некоторой мере на оценочных данных (по числу выезжающих на морском транспорте и на маршрутном такси, а также при-

ведение данных учета пассажиров на общественном транспорте в 1971 году к уровню 1972 года, когда производился учет пассажиров индивидуального и служебного транспорта) было получено число выезжающих пассажиров в дни летнего обследования (табл. 5).

Т а б л и ц а 4

Распределение длительности пребывания у цели при поездках - отдых и в гости (в процентах)

Длительность пребывания	Дни недели					
	пятница		суббота		воскресенье	
	на ОТ	на ЛТ	на ОТ	на ЛТ	на ОТ	на ЛТ
до 1 дня (12 часов)	21,3	52,0	38,6	57,0	66,0	91,5
1 день - 1 сутки (12-24 часа)	14,1	9,9	28,8	23,5	9,8	5,1
1-3 сутки	44,6	29,3	19,2	16,0	7,9	1,4
3 сутки - 1 неделя	9,6	1,8	6,2	1,1	9,1	1,5
более 1 недели	10,4	7,0	7,2	2,4	7,2	0,5
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Т а б л и ц а 5

Количество таллинцев, выезжающих в дни обследования за город

Дни обследования	Выезжающих таллинцев в тыс.		Доля легкового транспорта в %
	всего	в т.ч. на легковом транспорте	
Пятница	37	14,2	38,4
суббота	47	22,1	47,0
воскресенье	38	19,9	52,0

Доля пассажиров легкового транспорта в дни отдыха составляет примерно 50 % от общего числа, что следует считать весьма значительным, если учесть относительно низкий уровень автомобилизации населения города (36 легковых автомобилей на 1000 жителей в 1972 году).

Результаты учета транспортных средств позволили найти количество выезжающих городских индивидуальных автомобилей и мотоциклов в течение дня, а также их долю в соответствующем парке. Результаты представлены в таблице 6.

Т а б л и ц а 6

Доля выезжающих городского индивидуального транспорта в июне месяце в процентах

Дни обследования	Доля выезжающих на ИА		доля выезжающих на М	
	1972	1966	1972	1966
пятница	29	14	10	14
суббота	43	28	14	24
воскресенье	40	37	12	27

Примечание ИА - индивидуальный автомобиль

М - мотоцикл

Данные 1972 года получены в результате сплошного однократного обследования при благоприятных погодных условиях, а данные 1966 года - выборочным методом, охватывающим все дни месяца [1]. Так как в 1966 году была в основном 6-дневная рабочая неделя, можно сравнить данные в субботу 1966 года с данными пятницы 1972 года. В эти дни трудно заметить сколько-либо значительные отклонения, аналогичное положение имеет место и по воскресеньям. Подвижность населения и интенсивность использования индивидуальных автомобилей увеличивались за счет одного дополнительного выходного дня - субботы.

Обследование 1966 года показало, что характер использования индивидуального автомобиля и количество загородных поездок на нем одинаковые от понедельника до пятницы (теперь от понедельника до четверга). В выходные и предвыходные дни резко увеличивалось количество загородных поездок.

Из года в год снижается активность использования мотоциклов.

Представленные данные не характеризуют полностью использования индивидуального транспорта, но они необходимы для проведения некоторых расчетов, а также оценки нагрузки на вылетных дорогах. Для оценки фактического уровня использования парка необходимо учесть продолжительность пребывания

ния у цели. Результаты выполненных оценочных расчетов показывают, что примерно 80–85 % индивидуальных автомобилей города Таллина используются от пятницы до воскресенья в летний период для совершения загородных поездок.

С учетом продолжительности пребывания у цели поездки найдено количество таллинцев, которые находились в дни обследования за пределами города (табл. 7).

Т а б л и ц а 7

Количество таллинцев, находившихся за пределами города в дни летнего обследования

Дни обследования	Всего тыс. чел.	Доля от населения города в %	В т.ч. выезжающие на ЛТ тыс. чел.
пятница	135	35,8	39
суббота	146	38,6	47
воскресенье	140	37,0	48

По зарубежным данным 20–30 % городского населения регулярно в конце недели выезжает за город для развлечения [5], а в Таллине (в 1972 году) – 22 %.

В ы в о д ы

1. Существующая транспортная система обеспечивает вывозку людей из города до 47 тыс. жителей Таллина в день, причем доля легкового транспорта в дни отдыха составила примерно 50 %.

2. Расстояние до места назначения (в сельскую местность при использовании легкового транспорта, в основном, не превышает 50 км (от центра города).

3. Индивидуальные автомобили используются очень активно для совершения именно загородных поездок (по данным обследования 1969 года по субботам 49,1 % и по воскресеньям 68,2 % всех поездок таллинцев на индивидуальном автомобиле были связаны с загородной зоной [3]).

4. При использовании легкового транспорта доля поездок с кратковременным пребыванием у цели и поездок на небольшие расстояния больше, чем при использовании общественного транспорта.

5. На городской территории целесообразно сохранить имеющиеся и создать новые возможности для отдыха в естественных условиях [4], например, парки отдыха [6]. Создание таких возможностей для отдыха необходимо и с точки зрения внешнего транспорта города, чтобы уменьшить темпы роста интенсивности движения на главных участках внездных магистралей, города в часы пик в выходные дни, когда в доминирующем направлении интенсивность движения уже сейчас близка к пределу.

Л и т е р а т у р а

1. И.О. П и х л а к. Использование индивидуальных средств транспорта для городских и внегородских поездок (по данным дневников движения). - "XXII научная конференция Таллинского политехнического института (доклады секции автомобильных дорог)". Таллин, 1967.

2. Институт кибернетики АН Эстонской ССР. Программа для ЭЦВМ "Минск-22", вып. 9. Таллин, 1970.

3. И.О. П и х л а к. Исследование подвижности семей, имеющих легковой автомобиль. - "Тр. Таллинск. политехн. ин-та", серия А, № 310, Таллин, 1971.

4. P. H ä r m s o n. Linn, inimene, loodus. 2. - "Eesti Loodus", nr. 11, 1970.

5. J. C. M i l e s, W. H o u g h t o n - E v a n s. European experience with planning for recreational traffic. - "Traffic Engineering + Control", Dec. 1972., vol. 14, No. 8.

6. E. J. K u u s i k. Ehituskunst. "Valgus", Tallinn, 1973.

The Mobility of the Population of Tallinn
for External Trips in the Summer Period

Summary

In this paper the external trips of the population of Tallinn have been examined.

In 1971 a study of the users of communal transport and in 1972 a study of the users of official and private transport were carried out. In both cases three days - Friday, Saturday and Sunday - were concerned.

The data obtained have been analysed on electronic computer Minsk-22.

Recreation trips predominated on those days. 81.8-89.0 per cent of the users of communal transport and 69.3-91.8 per cent of the users of cars and motorcycles made recreation trips during the week-end.

Of the population of Tallinn 22 per cent leave the city for week-end recreation and about 50 per cent of those use cars and motorcycles.

Week-end trips are mainly short-distanced (50 km) and people do not stay in the recreation area for a long time. The users of communal transport stay in the recreational area longer than the users of cars and motorcycles.

Comparing the data of the studies of 1966 and those of 1972 we can see that the **mobility** of the urban population has risen because of the additional free day, Saturday, and the increase of car ownership.

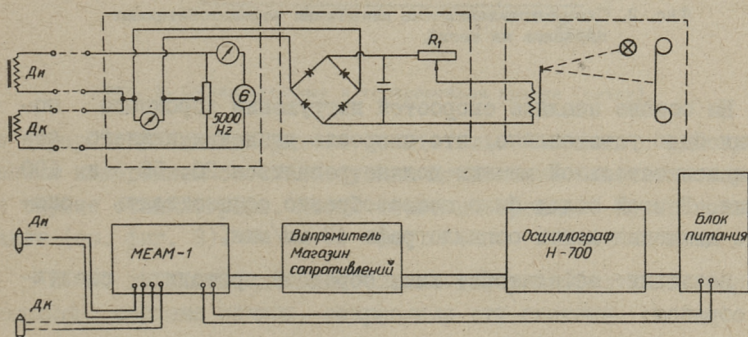
В.К. Меспак, О.П. Хальяк

ИЗУЧЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
 АСФАЛЬТОБЕТОНА В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

I. Разработка метода испытания асфальтобетонных образцов на изгиб

Для определения упруго-деформационных и прочностных характеристик асфальтобетона под воздействием кратковременных нагрузок нами предлагается метод испытания асфальтобетонных балочек на изгиб, позволяющий одновременно получить модуль упругости и прочность при изгибе. Для этого применяли комплекс, состоящий из испытательной машины, электротензометрической системы и самопишущей установки.

Нагружение образца производили при помощи универсальной испытательной машины УММ-5. Усилие на образец мы определяли при помощи системы магнитно-упругого датчика инже-



Фиг. 1. Принципиальная и блок-схема включения приборов и датчиков асфальтобетонных образцов на изгиб.

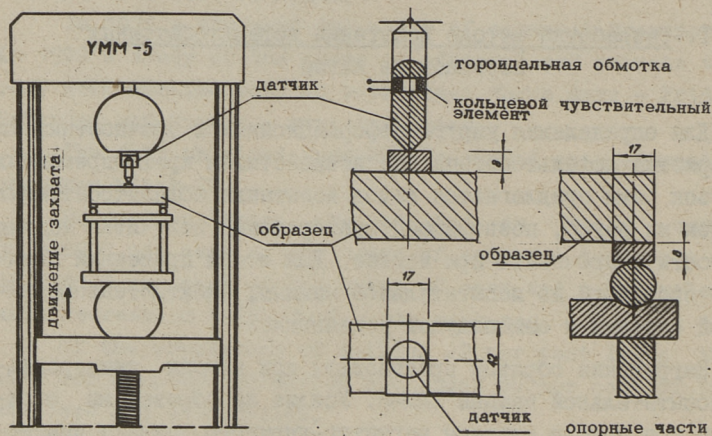
Ди - датчик измерения усилий,
 Дк - компенсационный датчик.

ра О.Ю. Саммала, измерительного моста самопишущего осциллографа Н-700.

Принципиальная электрическая и блок-схема включения приборов приведены на фиг. 1.

Нагружение асфальтобетонной оболочки (4x4x16 см или 7x7x28 см) производили в середине пролета.

Для опирания балочки и передачи нагрузки изготовлена система опорных частей и элемент нагружения, располагаемый под датчиком (см. фиг. 2).

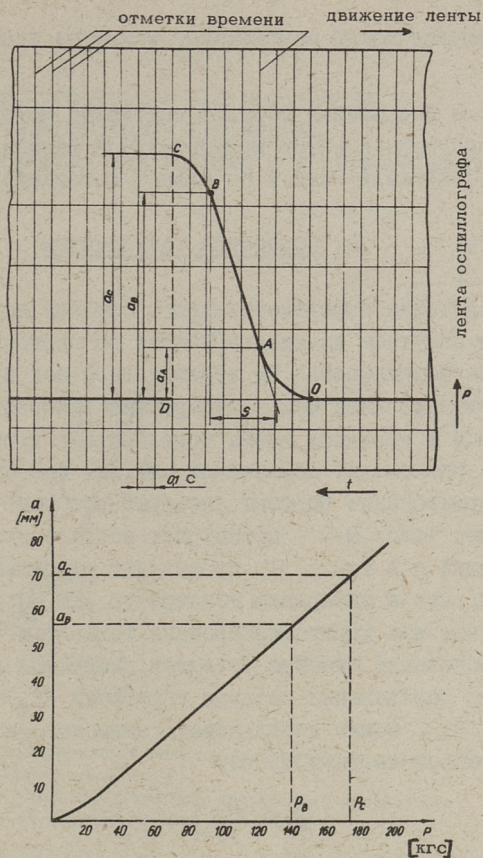


Фиг. 2. Схема установки для испытания асфальтобетонных образцов на изгиб.

На основе анализа скоростей нагружения дорожного покрытия было установлено, что скорость движения нижнего захвата испытательной машины должна равняться 20, 50 и 100 мм/мин. В этой связи было целесообразно осуществлять скорость движения ленты осциллографа 40 мм/мин.

Испытание асфальтобетонных образцов проводили следующим образом:

1. Перед каждой серией испытаний производили тарировку системы измерения усилий. В начале в приборе МЕАМ-1 уравнивали мост измерений. Затем, при помощи механизма ручного перемещения нижнего захвата испытательной машины производили ступенчатое нагружение датчика. Усилие фиксировали



Фиг. 3. Осциллограмма и тарировочная кривая (внизу).

по циферблату силоизмерителя испытательной машины с одновременным измерением соответствующих отклонений светового луча на экране осциллографа. После этого построили тарировочную линию (см. фиг. 3).

2. Во избежание дополнительных деформаций в силоизмерительной системе машины, закрепляли эту систему.

3. Асфальтобетонный образец в виде балочки устанавливали на опорах, передатчик усилия упирали в середину пролета балочки (согласно схеме на фиг. 2).

4. Нагружение производили следующим образом:

а) включали перемещающий ленту осциллографа мотор;

б) включали мотор перемещения захватов испытательной машины;

в) после разрушения образца выключали мотор перемещения ленты осциллографа и мотор испытательной машины. Нижний захват машины опускали вниз в начальное положение.

2. Обработка результатов

При испытании асфальтобетонного образца на изгиб на осциллограмме получают изменение усилия во времени. На фиг. 3 показана эта зависимость. На вертикальной оси изображено усилие, на горизонтальной оси — деформация (скорость деформирования образца и движения ленты осциллографа постоянные). На участке О—А происходит деформация смятия; А—В происходит линейное деформирование образца, который работает как линейно-деформируемое тело; В—С — происходит возрастание пластических деформаций и в точке С происходит разрушение образца. Установлено, что в интервале температур $+10^{\circ}\text{C}$ до -10°C балочки работают как упруго-изотропные тела, т.е. основные деформации происходят линейно (участок диаграммы А—В). Таким образом, при определении модуля упругости (E_y) и прочности при изгибе ($R_{и}$) можно использовать зависимости для упруго-изотропных балок на двух опорах

$$R_{и} = \frac{3P_c \cdot l}{2bh^2}; \quad (1)$$

$$E_y = \frac{P_B}{f_{и}} \left[\frac{l^3}{48J} + \frac{(1+\mu)l}{1,6F} \right], \quad (2)$$

где P_c — разрушающая нагрузка;

l — пролет балочки;

b — ширина образца;

h — высота образца;

P_B — вертикальная нагрузка приложения к середине пролета (в конце линейного участка);

$f_{и}$ — деформация от воздействия изгибающего момента;

μ — коэффициент Пуассона асфальтобетона;

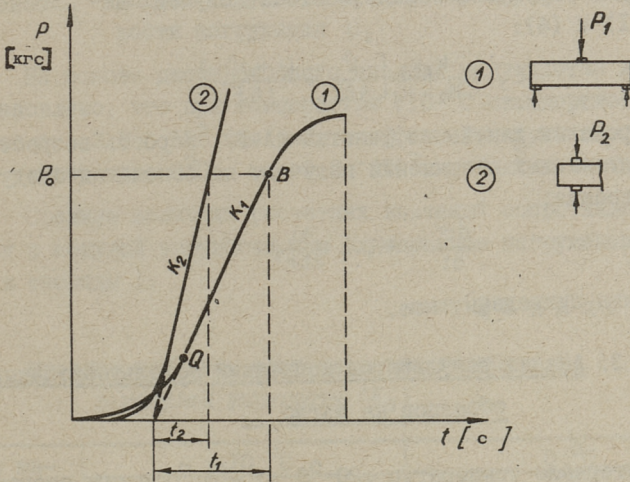
J — момент инерции сечения балочки;

F — площадь сечения балочки.

Общая деформация равна сумме деформаций от прогиба балки, деформаций опор и систем нагружения:

$$f_1 = f_u + f_2, \quad (3)$$

где f_1 - общая деформация при нагружении;
 f_u - деформация балки при изгибе;
 f_2 - деформация над опорами и в системе нагружений.



Фиг. 4. Принципиальная схема определения деформаций асфальто-бетонного образца.

- 1 - характер изменения деформации при изгибе,
 2 - то же, при сжатии на опорах.

Деформацию f_2 определяют способом, приведенным на фиг. 4. При этом температура образца и скорость деформирования должны быть такими, как и при испытании на изгиб. Определение модуля упругости осуществляют при помощи двух осциллограмм; 1 - получают при испытании образца на изгиб (фиг. 4.1); 2 - получают при испытании половинок образца (которые остаются после разрушения балки). Для облегчения расчета модуля упругости эти осциллограммы изображены вместе, а некоторые обозначения приведены ниже:

$$f_u = f_1 - f_2$$

$$K_1 = \frac{P_B}{f_1}, \quad K_2 = \frac{P_B}{f_2}, \quad K_u = \frac{P_B}{f_u}, \quad f_1 = t_1 \cdot i, \quad f_2 = t_2 \cdot i \quad (4)$$

$$K_i = \frac{K_1 K_2}{K_2 - K_1},$$

где i — скорость движения нагрузки;
 t_1, t_2 — время действия нагрузки согласно осциллограмме (фиг. 4).

Модуль упругости асфальтобетона получен на основе формул (1) и (4):

$$E_y = \frac{K_1 K_2}{K_2 - K_1} \left[\frac{l^3}{48J} + \frac{(1 + \mu)l}{1,6 F} \right]. \quad (5)$$

В пределах линейного участка (А-В) скорость возрастания растягивающих напряжений получают на основании следующего уравнения:

$$\frac{d\sigma}{dt} = K_1 \cdot i \frac{3l}{2bh^2}. \quad (6)$$

Обозначения приведены выше.

3. Анализ результатов испытаний асфальтобетонных образцов на изгиб

В интервале температур $+20$ °С до -10 °С и при скоростях нагружения $20-250$ кгс/см².с существует следующая корреляция:

$$\frac{R_1}{R_2} = \left(\frac{T - t_1}{T - t_2} \right) \cdot \left(\frac{u_1}{u_2} \right)^{0,25}, \quad (7)$$

где R_1 — прочность асфальтобетона при изгибе при скорости нагружения u_1 и при температуре t_1 ;
 R_2 — прочность асфальтобетона при изгибе при скорости нагружения u_2 и при температуре t_2 ;
 T — константа регрессии ($T = 30$).

На основе дисперсионного анализа результатов испытаний одного типа образцов при одинаковых условиях получено стандартное отклонение $s = 6$ кгс/см² и коэффициент вариации $\omega = 0,11$.

На основе результатов испытаний асфальтобетонных образцов на изгиб получена следующая корреляционная зависимость между модулями упругости ($t = +20$ °С до -10 °С, $u = 20-250$ кгс/см².с).

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{(0,00375 t_1^2 - 0,58 t_1 + 14,4)}{(0,00375 t_2^2 - 0,58 t_2 + 14,4)} \cdot \left(\frac{u_1}{u_2}\right)^{0,25}, \quad (8)$$

где E_1 - модуль упругости при температуре t_1 и при скорости нагружения u_1 ;
 E_2 - модуль упругости при температуре t_2 и при скорости нагружения u_2 .

На основе дисперсионного анализа результатов испытаний установлено, что при температуре $+10^\circ\text{C}$ стандартное отклонение $s = 3,2 \cdot 10^3$ кгс/см², коэффициент вариации $\omega = 18$; при температуре 0°C $s = 5,2 \cdot 10^3$ кгс/см² и $\omega = 0,12$.

Средние величины расчетных значений сопротивления изгибу и модулей упругости при однократном нагружении приведены в таблице I.

Т а б л и ц а I

Средние величины сопротивления изгибу (R_n)
и модулей упругости (E_y)

Тип материала	$+10^\circ\text{C}$				0°C			
	$i = 0,033$ см/с		$i = 0,167$ см/с		$i = 0,033$ см/с		$i = 0,167$ см/с	
	кгс/см ²	кгс/см ²	кгс/см ²	кгс/см ²	кгс/см ²	кгс/см ²	кгс/см ²	кгс/см ²
Песчаный асфальтобетон	20	$16,6 \cdot 10^3$	39	$17,5 \cdot 10^3$	40	$23,4 \cdot 10^3$	88	$45,3 \cdot 10^3$
Мелкозернистый асфальтобетон	43	$17,6 \cdot 10^3$	47	$29,2 \cdot 10^3$	51	$28,4 \cdot 10^3$	82	$54,3 \cdot 10^3$
Среднезернистый асфальтобетон	22	$18,3 \cdot 10^3$	48	$42,1 \cdot 10^3$	73	$48,9 \cdot 10^3$	85	$62,0 \cdot 10^3$

В качестве минерального материала применяли гранитный щебень, гранитные высевки и Лагедийский минеральный порошок. В качестве вяжущего БНД-90/130.

An Investigation of the Calculating Characteristics
of Asphalt Concrete in Laboratory Conditions

Summary

In this paper it is recommended to estimate the bending strength and the elastic modulus of asphalt concrete in laboratory conditions. Asphalt concrete samples are prismatic in shape and 16 x 4 x 4 and 28 x 7 x 7 centimeters in size. Load is applied on the center of the sample which is supported at the ends. Under constant speed of deformation of asphalt concrete samples, load is increased until the sample breaks. The load and the deformation are recorded by a specific measuring instrument.

УДК 625.7.084

Ю.А. Лувищук, А.И. Путьк

О НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРАХ ОЦЕНКИ РЕЖИМА
СКОРОСТИ ПРИ УПЛОТНЕНИИ ГРУНТОВ

Из работ Н.Я. Хархуты [6], А.А. Иноземцева [3] и других известно, что накопление необратимой деформации в процессе нагружения грунта циклической нагрузкой подобно накоплению ее в процессе ползучести, т.е. зависимости деформации от времени действия нагрузки. Ввиду этого для получения представления о характере нарастания величины деформации и коэффициента уплотнения необходимо построить их графики в зависимости от времени действия контактного давления. Причем время действия колеса на единицу длины грунта необходимо суммировать со временами действия его предыдущих проходов.

Исходя из условия определения времени, действие колеса для одного прохода [5]:

$$t = \frac{a}{v}, \quad (I)$$

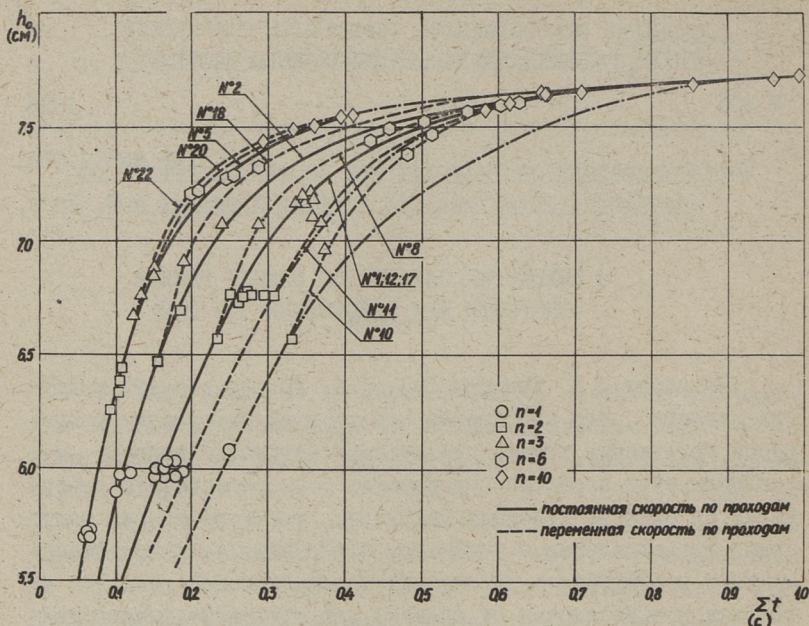
где t — время действия контактного давления при однократном нагружении на единицу длины поверхности уплотняемого грунта, с;

a — длина площади контакта колеса с грунтом, см;

v — поступательная скорость колеса, см/с.

На фиг. 1 и 2 приведены графики зависимостей величины деформации h_0 и коэффициента уплотнения K_{y_0} от времени действия контактного давления, полученные нами при исследовании скоростного режима уплотнения при помощи лабораторного стенда [1], оборудованного пятью колесами 3,50x50 с давлением в шинах 3,5 и 2,2 кгс/см² и при нагрузках 62 и 115 кг на колесо.

Испытуемый грунт был пылеватый суглинок. Объемный вес скелета грунта $\gamma_{ск} = 1,77$ гс/см³, оптимальная



Фиг. 1. Зависимость остаточной деформации от суммарного времени деформирования, на глубине 0...2 см.

влажность $W_{\text{опт}} = 18,5\%$. Опыты проводились при влажности $W = (0,955 \dots 1,055) W_{\text{опт}}$.

Как видно из самих фигур обе системы графиков по своей форме аналогичны и могут быть описаны одинаковыми функциональными зависимостями. Графики обеих фигур показывают, что при постоянной скорости движения по проходам прирост деформации и плотности происходит более медленно по сравнению со случаем увеличения поступательной скорости колеса, т.е. увеличение количества проходов за одинаковые промежутки времен действия колеса на единицу длины уплотняемой поверхности вызывает более быстрый прирост плотности.

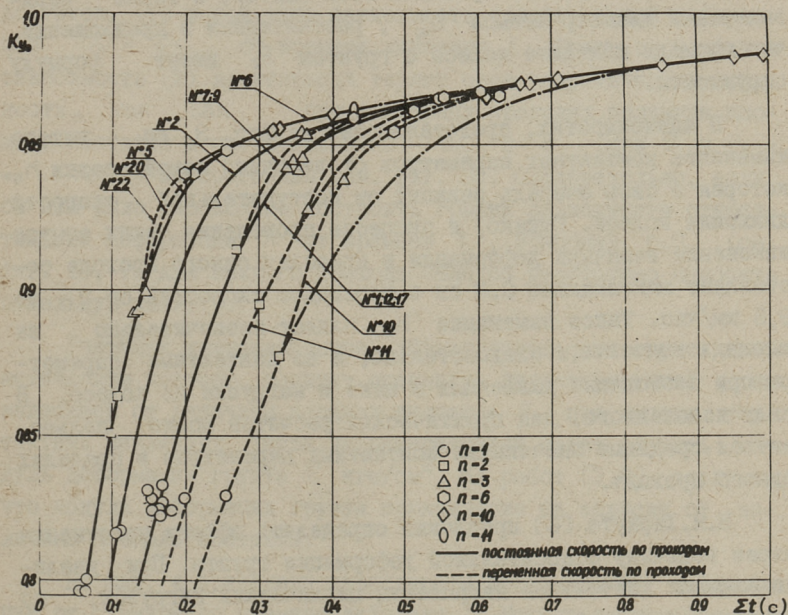
Такая картина прироста плотности объясняется частотой приложения контактного напряжения за одинаковые промежутки времени. Н.Я. Хархута [6] установил опытным путем, что при вдавливании в грунт плоских штампов с постоянным контактным давлением при циклических нагружениях деформации в среднем в 1,4 раза больше, чем за то же время деформирова-

ния однократным нагружением (в процессе ползучести). Это положение справедливо при количестве циклов меньше 20.

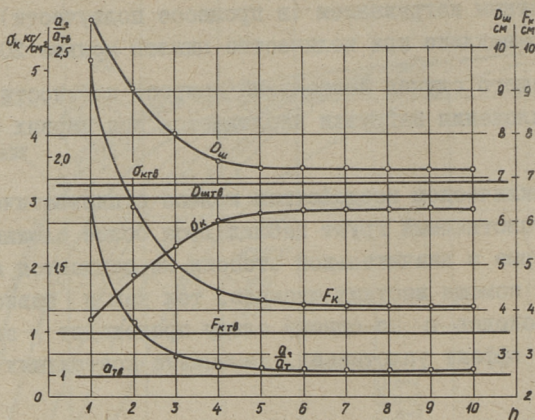
Для нашего случая наибольший прирост плотности за счет частоты приложения нагрузки наблюдается при первых 6-7 проходах.

При циклическом воздействии колеса с пневматическими шинами на уплотняемый грунт наблюдаются более сложные процессы, которые в значительной степени не поддаются моделированию при помощи жестких штампов, так как в зависимости от числа проходов n по одному следу происходит заметное, влияющее на эффект уплотнения, изменение контактных параметров.

К сожалению, только из графиков $h_0(t)$ и $K_{y0}(t)$ (см. фиг. 1 и 2) не выявляется прирост эффекта уплотнения в зависимости от характера изменений контактных параметров по проходам при постоянных давлениях в шине и нагрузки на колесо.



Фиг. 2. Зависимость коэффициента уплотнения от суммарного времени деформирования, на глубине 0...2 см.



Фиг. 3. Зависимость контактных параметров колеса 3,50 x 5,0 от числа проходов.

На фиг. 3 приведены зависимости средних значений контактных параметров по проходам всех опытов, а также эквивалентный диаметр штампа $D_{ш}$, рассчитанный в предложении, что площадь контакта колеса с грунтом F_r имеет формулу окружности.

В зависимостях, представленных на фиг. 3, не учтено изменение контактных параметров от величины самой осадки h_0 , которая в свою очередь зависит от поступательной скорости движения колеса. Однако, в процессе проведения наших опытов изменение величины деформации в пределах одного прохода составляет максимально 0,3 см с перепадом скоростей от 2 до 9,5 км/час. Такое изменение h_0 влияет незначительно на площадь контакта, а следовательно, и на контактные параметры при постоянных давлениях в шине и нагрузке на колесо. В силу изложенного, для практических расчетов можно пользоваться средними значениями контактных параметров в пределах одного прохода.

Н.Я. Хархута [6] предложил определить эффект уплотнения через величину относительной деформации грунта. При увеличивающемся контактом напряжении циклических нагрузок, по аналогии с кривой ползучести, получаем:

$$\lambda = \frac{\sigma_n - \sigma_1}{2\pi} + 0,5(\sigma_1 + \sigma_n) \cdot 1,4 \left[\frac{1}{\pi} + \frac{1}{U} + \frac{1}{\eta \chi} \cdot \ln(1 + \chi \cdot t) \right], \quad (2)$$

- где σ_n - максимальное значение контактного напряжения, кгс/см²;
- σ_1 - контактное напряжение при первом проходе, кгс/см²;
- Π - модуль необратимой деформации, кгс/см²;
- U - модуль упругой деформации, кгс/см²;
- η_0 - начальный коэффициент вязкого сопротивления, кгс·с/см²;
- χ - коэффициент изменения вязкости, 1/с,
- t - эквивалентное время действия контактного напряжения, с.

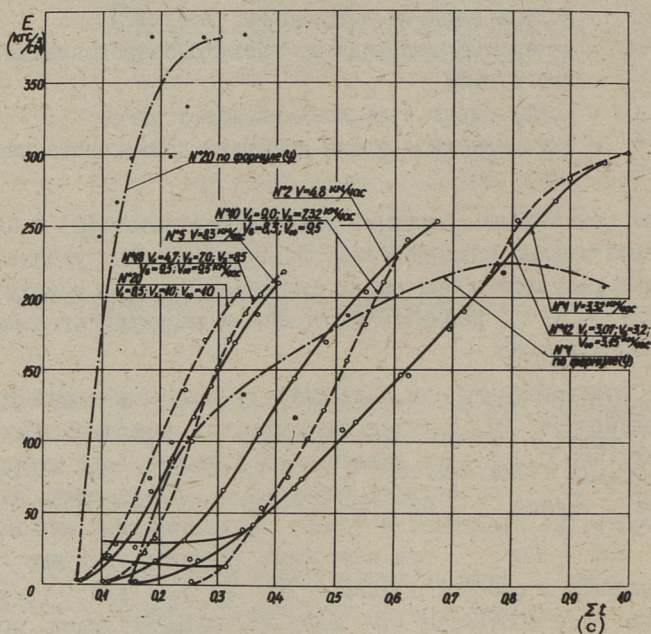
Как показывают сравнения результатов работ [6] и наших экспериментальных исследований, формула (2) дает удовлетворительные результаты при малых относительных деформациях, однако при $\lambda > 0,1$ различие расчетных и экспериментальных данных значительно.

Не останавливаясь на недостатках логарифмической функции зависимости (2), следует отметить тот существенный недостаток, что в ней дана зависимость относительной деформации $\lambda = \frac{h}{D_w}$ от времени действия t . Ввиду этого факта зависимость (2) практически теряет свою теоретическую ценность, так как при повторных проходах величина площади контакта и соответственно - D_w и σ_k (при Q и $P_w = \text{const}$) не постоянны (см. фиг. 3). Следовательно, если бы нам было необходимо построить график зависимости относительной деформации λ от времени t , подобный $h_0(t)$ (см. фиг. 1), то для каждого прохода было бы необходимо наносить отдельную шкалу λ .

Учитывая вышеизложенное, эффект уплотнения грунта пневматическим колесом следует оценивать характеристикой, не зависящей от величины площади контакта F_r , при данных контактных давлениях. Такой характеристикой может служить модуль деформации грунта E кгс/см². Из работ [2,8] следует, что модуль деформации грунта практически не зависит от величины площади контакта.

На фиг. 4 приведены зависимости роста модуля деформации от суммарного времени действия t . Модуль деформации рассчитывался делением соответствующего контактного давления σ_k и условного диаметра D_w на осадку h_0 по проходам,

$$E(n) = \frac{\sigma_k(n) \cdot D_w(n)}{h_0(n)} \quad (3)$$



Фиг. 4. Зависимость модуля деформации от суммарного времени деформирования.

Из фиг. 4 видим, что скорость движения (время действия контактного давления) при первых трех проходах практически не влияет на величину модуля деформации, линии, проведенные поперек графиков $E(t)$, соединяют точки значений E при одном числе проходов.

Некоторое увеличение модуля деформации при больших скоростях на проходах объясняется тем, что осадка h_0 не успевает свершиться, см. формулу (3). Однако от скорости начальных проходов в значительной степени зависит дальнейший прирост модуля деформации (см. фиг. 4 кривая, условный № 10).

Графики $E(t)$ наглядно иллюстрируют зависимость эффекта уплотнения от времени действия контактного напряжения

σ_k . Это объясняется большей "чувствительностью" модуля деформации к времени действия нагрузки, чем коэффициента уплотнения и остаточной осадки. На фиг. 4 об этом свидетельствует кривая опыта под условным № I2. Поступательная скорость в опыте № I2 незначительно отличается от скорости в опыте № I.

Характерным является второй изгиб в графиках $E(t)$, свидетельствующий о стабилизации деформации, т.е. о наличии только упругой деформации.

Как видим из фиг. 4, поступательная скорость влияет на эффект уплотнения не только при первых проходах, но и при завершающих. Снижение скорости на последних проходах положительно влияет на достигаемый эффект уплотнения (см. кривую № I2). Это может объясняться следующими причинами:

а) плотность грунта при последних проходах значительна и для ее дальнейшего роста необходимо более долгое время действия контактного напряжения,

б) прирост плотности, связанный с частотой приложения нагрузки, при последних проходах уже исчерпан.

Из формулы (2) и (3) можем выразить модуль деформации:

$$E = \frac{0,5(\sigma_1 + \sigma_n) + 0,5(\sigma_n - \sigma_1)}{\left(\frac{1}{\Pi} + \frac{1}{U}\right) \cdot \frac{\sigma_n + \sigma_1}{2} + 0,5(\sigma_1 + \sigma_n) K_i \left[\frac{1}{\Pi} + \frac{1}{U} + \frac{1}{\eta \chi} \cdot \ln(1 + \chi t)\right]}, \quad (4)$$

где K_i - коэффициент, зависящий от частоты приложения нагрузки, остальные обозначения, как в формуле (2).

Как уже указывалось, расчеты по формуле (2) [6] не всегда удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными. Сопоставление экспериментальных данных и полученных по формуле (4) приведены на фиг. 4.

При расчете по формуле (4) принималось по [6]:

$$\sigma_1 = 1,181 \text{ кгс/см}^2, \quad \sigma_n = 2,67 \text{ кгс/см}^2, \quad K_i = 1,4,$$

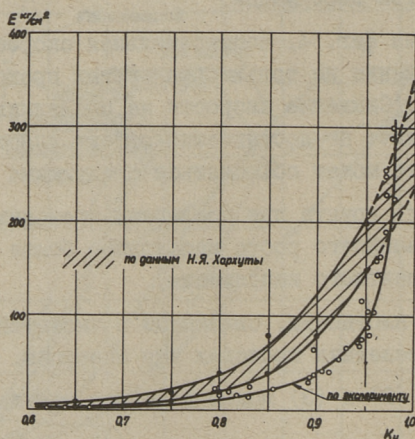
$$\chi = 2 \text{ с}^{-1}$$

$$\Pi = 7 \text{ кгс/см}^2$$

$$U = 70 \text{ кгс/см}^2$$

} соответствует $K_{y0} = 0,6$ и $W = 1,0 W_{\text{опт}}$.

Как видно из приведенных результатов исследования, наиболее удобной характеристикой для оценки эффекта уплотнения при различных скоростях режима является зависимость модуля деформации от времени действия нагрузки. Тот факт, что модуль деформации не зависит от площади контакта опорной поверхности, создает возможности для его теоретического определения и сравнения с экспериментальными данными в процессе всего нагружения уплотняемого материала циклическими нагрузками.



Фиг. 5. Соотношение модуля деформации и коэффициента уплотнения.

Модуль деформации может быть выражен в соотношении с Калифорнийским числом несущей способности [3]:

$$E = (50 \dots 100) CBR, \quad (5)$$

что создает дополнительные удобства для оценки эффекта уплотнения.

Однако модуль деформации не может служить единственной характеристикой, оценивающей эффект уплотнения. Для его полной оценки необходимо также знать и величины коэффициента уплотнения K_{y0} . Соотношения модуля деформации E и коэффициента уплотнения приведены на фиг. 5.

Л и т е р а т у р а

1. Л.А. Антипов, Ю.А. Лувищук, А.И.Путк. Стенд для исследования рабочих органов катков и движителей дорожно-строительных машин. - "Тр. Таллинск. политехн.ин-та"; Автомобильные дороги и автотранспорт, вып. VI, Таллин, 1973.

2. А.К. Бируля, В.И. Бируля, И.А. Носич. Устойчивость грунтов дорожного полотна в степных районах. Дориздат, М., 1951.

3. Н.Н. Иванов. Вопросы расчета и конструирования нежестких дорожных одежд на XIV Международном дорожном конгрессе. Экспресс-информация, строительство и эксплуатация автомобильных дорог, № 12, М., 1973.

4. А.А. Иноземцев. Сопротивление упруго-вязких материалов. Стройиздат. Л., 1966.

5. Ю.А. Лувищук, А.И. Путк. Анализ рекомендаций по выбору скоростного режима катков. - Тезисы докладов II Республиканской научно-технической конференции по автомобильным дорогам и геодезии ЭССР, Таллин, 1972.

6. Н.Я. Хархута, Ю.М. Васильев. Устойчивость и уплотнение грунтов дорожных насыпей. Автотрансиздат, М., 1964.

J. Luwischtschuk, A. Putk

Über einige Parameter der Bewertung des Geschwindigkeitsregimes bei Bodenverdichtung

Zusammenfassung

Auf Grund von theoretischen und experimentellen Untersuchungen des Geschwindigkeitsregimes bei Bodenverdichtung wird der Schluß gezogen, daß der Modul der Bodendeformierung die geeignetste Charakteristik der Bewertung des Verdichtungseffekts darstellt.

УДК 625.7.084

А.И. Путьк, П.Л. Сюрёе

СОВМЕЩЕННАЯ НОМОГРАММА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
 ТОЛЩИНЫ УПЛОТНЯЕМОГО СЛОЯ ГРУНТА

Качество уплотнения, а также эффективность работы катков на пневматических шинах зависит от того, насколько правильно выбрана толщина уплотняемого слоя.

В результате теоретических и экспериментальных исследований [2] была предложена формула для определения оптимальной толщины рыхлого слоя грунта при уплотнении катками на пневматических шинах.

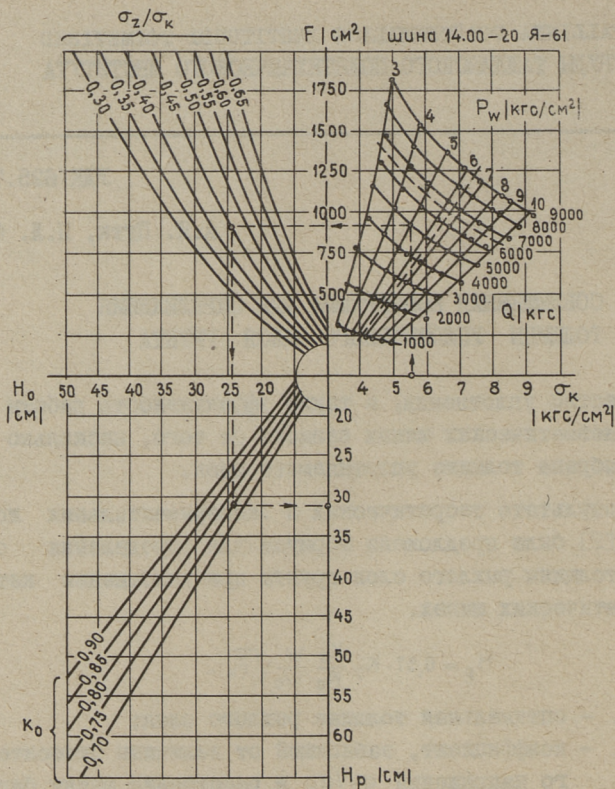
$$H_p = 0,57 \cdot K_p \frac{K_y}{K_0} \frac{W}{W_0} \sqrt{F_k}, \quad (I)$$

- где H_p — оптимальная толщина рыхлого слоя;
 K_p — коэффициент, зависящий от величины относительного напряжения σ_z/σ_k и расстояния между беговыми дорожками шин;
 K_0 — начальный коэффициент уплотнения;
 K_y — конечный коэффициент уплотнения;
 W_0 — оптимальная влажность уплотняемого грунта, %;
 W — действительная влажность уплотняемого грунта, %;
 F_k — площадь контакта шины по контуру отпечатка.

Определение толщины уплотняемого слоя с помощью приведенной формулы базируется на величинах контактных параметров шин катка, при этом показатель — площадь контакта по контуру отпечатка F_k — определяется по предлагаемым нами номограммам [3].

Для удобства использования данной формулы была разработана совмещенная номограмма для определения толщины уплотняемого слоя (фиг. I).

В правом верхнем углу совмещенной номограммы приведена разработанная нами на основе статических испытаний шин



Фиг. 1. Совмещенная номограмма для определения толщины уплотняемого слоя.

номограмма для определения контактных параметров пневматических шин [3].

В левом верхнем углу приведен график зависимости оптимальной толщины уплотняемого слоя от величины площади контакта шины $H_0 = f(F_k)$, при постоянном расстоянии между колесами ($e = \text{const}$). Данный график учитывает взаимодействие колес пневмокатка в процессе уплотнения.

Из литературных источников [1] известно, что при заданной оптимальной толщине уплотненного слоя, величину рыхлого слоя можно определить по формуле:

$$H_p = \frac{H_0 \cdot K_y}{K_0}, \quad (2)$$

где H_p и H_0 - соответственно оптимальная толщина рыхлого и уплотненного слоя грунта;

K_0 и K_y - соответственно начальный и конечный коэффициент уплотнения.

На основе результатов расчета, произведенного нами по формуле (2), построен график зависимости оптимальной толщины рыхлого слоя от толщины плотного слоя. Этот график приведен в левом нижнем углу совмещенной номограммы.

Следует иметь в виду, что для каждого конкретного случая на номограмме следует сделать определенные изменения. Например, приведенная на фиг. I совмещенная номограмма относится только к каткам (Д-624 и др.), снабженным шинами I4.00 - 20 мод. Я-6I, причем расстояние между колесами e должно быть больше, чем $0,6 D$ (где D - диаметр круга, площадь которого равна контактной площади шины).

Если же на катке используются другие шины или расстояние между колесами иное, то следует заменить верхние два графика соответствующими для данного конкретного случая.

Последовательность определения оптимальной толщины уплотняемого слоя грунта по совмещенной номограмме показана стрелками (см. фиг. I). При этом контактное давление σ_k от шины катка на уплотняемый материал определяется исходя из основного условия проведения процесса уплотнения [4]:

$$\sigma_k = (0,9 \dots 1,0) \sigma_p, \quad (3)$$

где σ_p - предел прочности уплотняемого грунта, кгс/см².

Разработанная номограмма позволяет не только определить толщину уплотняемого слоя, но и произвести глубокий анализ весовых, а также мощностных показателей катков.

Л и т е р а т у р а

1. О.Ю. Коротин, Л.А. Антипов, А.И.Путк. Самоходные катки на пневматических шинах. Изд-во ЦНИИТЭ строитель-маш., М., 1968.

2. А.И. Путк, П.Л. Сюрье. Выбор толщины уплотняемого слоя при строительстве дорог. - Тезисы докладов II республиканской научно-технической конференции по автомобильным дорогам и геодезии, Таллин, 1972.

3. А.И. Путк, П.Л. Сюрье. Исследование контактных параметров пневматических шин с твердой опорной поверхностью. - "Тр. Таллинск. политехн. ин-та", № 351, 1973.

4. Н.Я. Хархута, Ю.М. Васильев. Устойчивость и уплотнение грунтов дорожных насыпей. Автотрансиздат, М., 1964.

A. Putk, P. Sürje

A Concentrated Nomogram for Determining the
Thickness of the Layers to be Thickened

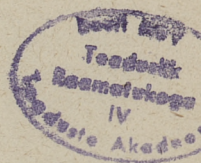
Summary

The article presents a concentrated nomogram for determining the optimal thickness of the layers to be thickened and gives a short instruction for its application.

In addition to determining the thickness of the layers to be thickened the elaborated nomogram enables us to make the analysis of the indicators of weight and potency.

С о д е р ж а н и е

1.	М.К.Коппель, В.М. Сегеркранц. Рекомендация режимов скоростей как мероприятие повышения безопасности дорожного движения.....	3
2.	Х.А. Мяги. Программа ЭВМ для вычисления координат перспективного изображения автодороги...	13
3.	А.А.Рандлепп, А.П. Тальтс. Измерение горизонтальных деформаций берега р.Пярну фотограмметрическим методом.....	23
4.	Т.Х.Метсвахи, И.О. Пихлак. О подвижности населения города Таллина при загородных поездках в летний период.....	29
5.	В.К. Меспак, О.П. Хальяк. Изучение расчетных характеристик асфальтобетона в лабораторных условиях.....	39
6.	Ю.А. Лувишук, А.И. Путк. О некоторых параметрах оценки режима скорости при уплотнении грунтов.....	47
7.	А.И. Путк, П.Л. Сюрье. Совмещенная номограмма для определения толщины уплотняемого слоя грунта.....	57



Таллинский политехнический институт. Труды ТПИ № 385. АВТОМОБИЛЬ-
НЫЕ ДОРОГИ. АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ. Сборник статей УП .
Редактор С. Нургес. Техн. редактор В. Ранник. Сборник утвержден
коллекцией Трудов ТПИ 11 ноября 1975 г. Подписано к печати 11 марта
1976 г. Бумага 60x90/16. Печ. л. 4,0. + 0,25 приложение. Уч.-изд.л. 3,0.
Тираж 350. МВ-01008. Ротапринт ТПИ, Таллин, ул. Коскла, 2/9. Зак. № 391

Цена 30 коп.

Цена 30 коп.