470

ISSN 0136-3549 0320-3433

TPI 75

TALLINNA
POLÜTEHNILISE INSTITUUDI
TOIMETISED

470

ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

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

Автомобильные дороги. Автомобильный транспорт X





tallinna polütehnilise instituudi toimetised

ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

УДК 624.138; 625.7; 650.021; 691.31; 711.7

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

Автомобильные дороги. Автомобильный транспорт X

Содержание

В.М. Сегеркранц. Исследование свойств транс- портного потока нри проектирование режимов	
О.Г. Вальгрен, М.Р. Салусярви. Исследование	3
влияния ограничения скоростей на дорогах Фин-	17
А. Ю. Ваймель. О методике и результатах прогно-	
ния на дорогах Эстонской ССР	25
А. D. Ваймель. Прогнозирование перспективной	
интенсивнести движения методом экстраполяции	35
Т.Х. Метсвахи, И.О. Пихлак. Проблемы движе- ния в общегородском центре города Таллина	45
С.А. Нургес. Методика определения структурной вязкости при помещи ротационного вискозимет-	
pa Peotect 2	57
	00
	63
	75
Katkob	79
А.И. Путк. Сравнительные исследования эффекта	
	89
	портного потока нри проектировании режимов скоростей

ТАЛЛИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ Труды ТПИ № 470

Теоретическое и экспериментальное исследование автомобильных дорог и автомобильного транспорта Эстонской ССР в условиях интенсивной автомобилизации

Автомобильные дороги. Автомобильный транспорт

Сборник статей Х

Редактор П. Тикс. Техн. редактор В. Ранник Сборник утвержден коллегией Трудов ТПИ 9 янв. 1979 г. Подписано к печати 27 ноября 1979 г. Бумага 60х90/16 Печ. л. 5,75 + 0,5 прилож. Уч.-изд. л. 4,8. Тираж 300 МВ-04118. Ротапринт ТПИ, Таллин, ул. Коскла, 2/9. Зак. № 759 Цена 72 коп.

Teaduslik
Roomatukogu

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED TPYHN TALLINHCKOFO HOJUNTEXHUYECKOFO UHCTUTYTA

УДК 625.72

В.М. Сегеркранц

NCCJEJOBAHNE CBONCTB TPAHCHOPTHOFO HOTOKA HPN HPOEKTNPOBAHNN PENNMOB CKOPOCTEÑ

Одним из путей снижения аварийности дорожного движения является установление режимов скоростей в дополнение общегосударственным ограничениям. Эти режимы должны проектироваться с учетом факторов, зависящих от дороги, окружающего
пространства и движения. Одной из характеристик дорожного
движения являются ее скоростные свойства, которые зависят
от многих переменных: как состава транспортного потока, качества плана и продольного профиля, состояния покрытия, метеорологических условий, свойств автомобилей, человеческих
факторов и т.д. Поэтому эти свойства являются специфическими показателями для данной страны или региона, например, для Северо-Запада СССР.

Во многих Европейских странах: как в ФРГ, Великобритании, Швеции, Финляндии [I] при разработке системы ограничений скоростей исследовалась и динамика свойств транспортного потока.

Исследования, проведенные в этих странах, показывают сильное влияние проведенных мероприятий на скоростные свойства транспортного потока. Например, в Пвеции, установление предела скоростей 70 км/ч снизило средние скорости на 5... ... 7 км/ч [2].

Положительная динамика в свойствах потока движения имела место в условиях эксперимента по ограничению скоростей и в Финляндии. Снизились средние скорости, 85 %—ные скорости, стандартное отклонение, потребность в обгонах [3].

Изменение свойств потока движения не является самоцелью. Теоретические и практические исследования доказываробить в потока и безопасность движения. Проведенные в ФРГ, Швеции и других странах исследования показывают, что для каждого конкретного этапа развития дорожной сети, транспортных средств, среды и подготовленности населения имеется оптимум для средних скоростей, превышение которого нежелательно [4].

Приведенные в таблице I данные по Скандинавии показывают, что при значительном росте автомобильного парка можно намного уменьшить количество жертв [5].

Таблица I
Общие данные о росте автомобильного парка и
количества автодорожных жертв по Скандинавским
странам

Показатель	Страна				
HORASATEJIB	Финляндия	Швеция	Норвегия	Дания	
Автомобильный				SECTION CONTRA	
парк в 1972 г.	993210	2655171	968967	1444880	
Автомобильный				SECTION AND IN COLUMN	
парк в 1976 г.	I228400	3088099	II85397	1564914	
Рост парка за					
19721976, %	+24,7	+16,3	+22,3	+8,3	
Снижение количе-					
ства погибших за					
1972-1976 rr.	-30,4	-21,2	-4,I	-25,9	

Свойства транспортного потока исследовались и в СССР. М.Б. Афанасьев, исследуя проблему нормирования скоростей на дорогах Московской области, доказал, что при ограничениях скоростей 70...80 км/ч скорость сообщения остается практи—чески неизменной, значительно снижается, однако, аварийность [6].

Значительные исследования режимов движения проведены кафедрой проектирования дорог МАДИ и ХАДИ [7] и П.А. Васильевым, особенно в сложных условиях [8]. Однако до сих пор влияние разных факторов на скоростные свейства транспортно-

го потока на дорогах СССР недостаточно изучено. Поэтому, начиная с 1974 года, динамика этих свойств исследуется нами на порогах Эстонской ССР.

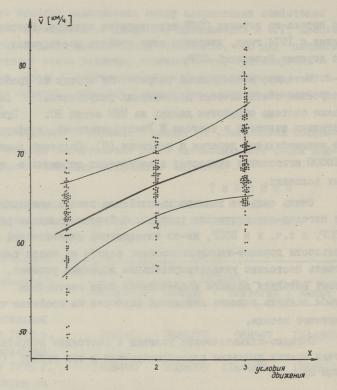
Методика исследований разработана исходя из требований получения статистически достоверных результатов. Создана также система обработки данных на ЭВМ серии ЕС. Принципы методики изложены в тезисах II Республиканской конференции но автомобильным дерегам и геодезии [9]. Получены данные о IIOOOO мгновенных скоростях в конкретных дережных и погодных условиях.

Очень сильное влияние на свойства потока движения имеот погодно-климатические условия. В Северо-Западном районе СССР, в т.ч. и в ЭССР, из-за интенсивной циклональной деятельности дорожно-эксплуатационная служба не может гарантировать постоянно удовлетворительные дорожные условия. Поэтому методика данного исследования была составлена так, чтобы выявить влияние названных факторов на свойства транспортного потока.

Погодно-климатические условия и состояние покрытия с точки зрения движения классифицировали в три группы (таблица 2).

Таблица 2 Классификация погодно-климатических условий с точки зрения движения

Показатели	Группа условий					
1012,001,001	хорошие	средние	тяжелые			
Сезон	май-сентябрь	октябрь, ноябрь	декабрь-март			
Освещенность	хорошая	пасмурно, сумер-	темно, сумер-			
Осадки	без осадков	дождь	дождь, снег,			
Метеорологи— ческая види— мость	корошая	удовлетвори- тельная	плохая, удов- летворитель- ная			
Состояние покрытия	сухое	мокрое	мокрое, снеж-			

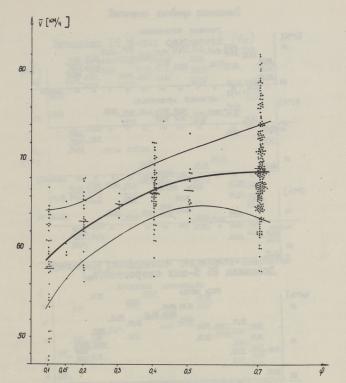


Фиг. 1. Зависимость средних скоростей от погодно-климатических условий.

На фиг. I показано влияние сгруппированных согласно табл. 2 условий движения на среднюю скорость потока движения $\overline{\lor}$. $\overline{\lor}$ (км/ $\overline{\lor}$) в зависимости от условий движения \times можно представить следующем полиномом:

 $\overline{V} = 55,73 + 6,91 \times -0,67 \times^2 \quad (R = 0,8478 \quad \sigma = 4,64),$ (I) X = I при тяжелых, X = 2 при средних и X = 3 при хороших условиях движения.

Как видим, средняя скорость потока зависит от условий движения. При плохих условиях движения имеет место разброс средних скоростей (стандартное отклонение $\sigma = 5,20$ км/ч), что является крайне опасным. Это указывает на неумение некоторых водителей выбирать в сложных условиях безопасную скорость. В зимний период дорожные условия мегут и за короткий промежуток времени сильно измениться.



Фиг. 2. Зависимость средних скоростей от состояния покрытия (коэффициента сцепления).

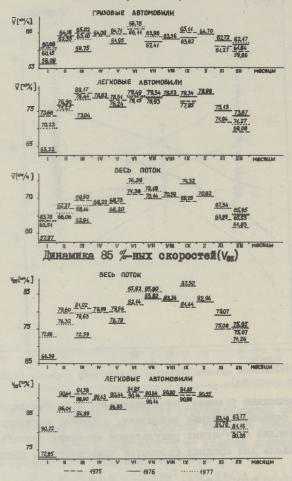
На дорожние условия, следовательно, и на безопасность движения решающее влияние оказывает, конечно, состояние покрытия. Анализ полученных результатов позволил создать следующую модель для средних скоростей транспортного потока (фиг. 2):

$$\bar{V} = 55,5I+39,7I\varphi - 29,44\varphi^2$$
 (R=0,8533 $\sigma = 3,92$), (2)

где ф - оценка коэффициента сцепления.

Как видим, состояние покрытия из—за изменчивых погодных условий является часто неудовлетворительным. Однако средние скорости при покрытии снегом или гололеде имеют большой разброс и часть из них превыщает даже скорости при более благоприятных условиях.

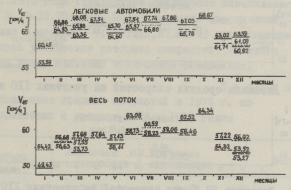
Динамика средних скоростей



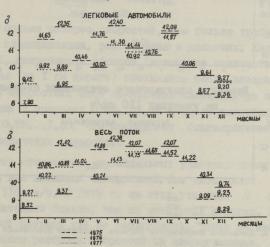
Фиг. 3. Динамика средних и восьмидесяти пяти процентных скоростей за 1974...1977 годы.

Сднако свейства транспертного петека зависят не только от дорожных условий. На фиг. 3, 4, 5 приведены данные о динамике средних скоростей ($\overline{\lor}$), восымидесяти пяти надпатипроцентных скоростей ($\overline{\lor}_{85}$ и $\overline{\lor}_{15}$), стандартного отклонения (σ) и потребности обгонов (MS) за период 1974...

Імнамика I5 %-ных скоростей (V45)



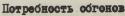
Динамика стандартного отклонения скоростей



Фиг. 4. Динамика пятнадцатипроцентных скоростей и стандартного отклонения скоростей за 1974...1977 г.

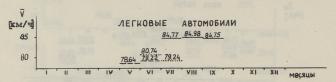
На отдельных участках магистральных дорог ЭССР летом 1976 и 1977 года был установлен для легковых автомобилей повышенный предел скорости — IIO км/ч. Поэтому на фиг. 5 приведены данные об основных свойствах потока движения на этих участках.

Как видим, характер изменения скоростей в разные годы различен. Общегосударственное ограничение скоростей с

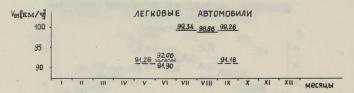




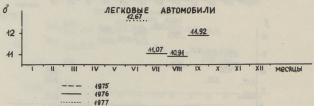
Линамика средних скоростей на участках IIO км/ч



Динамика 85 %-ных скоростей на участках IIO км/ч



Динамика стандартного отклонения скоростей на участках IIO км/ч



Фиг. 5. Динамика потребности обгонов и влияния повышения скорости на свойства потока.

I.01.1976 снизило незначительно средние скорости. В таблице 3 приведены данные о средних скоростях до и после введения общегосударственных ограничений.

Как видим из таблицы 3, скорости $\overline{\vee}_{85}$ и $\overline{\vee}_{15}$ даже несколько везресли за счет роста скоростей грузовых автомо-билей.

Стандартное отклонение характеризует разброс скоростей. Как видим из фиг. 4, стандартное отклонение уменьшилось после введения общегосударственных ограничений скоростей. В 1974...1975 годы стандартное отклонение изменилось в пределах 8,29—12,38 км/ч. После введения ограничений изменение было в пределах 7,90...11,97 км/ч, что указывает на некоторое уменьшение разброса скоростей. Из этого явствует, что поток пвижения стал более безопасным.

Таблица 3 Изменение средних скоростей в 1976 г. по сравнению с уровнем 1974...1975 годов

Показатель	Легковые автомобели	Грузовае автомобила	Весь поток
▼	-0,81	-I,30	-0,2I
⊽ 85	-I,84	O - O - O - O	+0,41
V 15	-0, 14	H. ST. ST. ST. BELLEVILLE	+0,40

Чем больше разброс скоростей, тем больше требуется обгонов и, следовательно, растет риск в движении. Как видим из фиг. 5, потребность обгонов (возможное количество обгонов за час на I км дороги) изменялась после введения ограничений скоростей. Этот показатель изменился до введения ограничений в пределах 0,85...I,76 и после введения — в пределах 0,89...I,33, что показывает благоприятное воздействие ограничения скоростей.

Как уже отмечалось, на отдельных участках дорог в летнее время для легковых автомобилей был установлен предел скорости IIО км/ч. В 1976 г. на этих участках $\overline{\vee}$ и $\overline{\vee}_{85}$ были значительно больше, чем на остальных дорогах. В 1977 году особой разницы уже не наблюдалось. Также не наблюдается увеличения разброса скоростей на этих участках. Из этого явствует, что введение повышенных пределов скоростей на отдельных высококачественных участках дорог не ухудшает свойства потока движения. Это подтверждалось и анализом дорожно-транспортных происшествий. За два года (1976...1978) не наблюдалось увеличения количества происшествий на этих участках. Введение таких ограничений является, однако, положительным с психологической стороны и повышает доверие водителей к средствам организации движения.

Для исследования причин изменения средних скоростей составлены многофакторные регрессионные модели. В этих моделях удалось совершеннее, чем до сих пор, учитывать влияние погодно-климатических условий. Как видно из фиг. I,сами методика исследований была спроектирована так, чтобы выявилось влияние дорожных условий.

Влияние погодно-климатических условий учитывалось в моделях средних скоростей следующим образом:

$$\overline{V} = a_0 \prod_{i=1}^{n} X_i^{a_i}, \qquad (3)$$

где d₀ - средняя скорость потока движения в эталонных условиях;

Х і - коэффициент, показывающий влияние какого-либо погодно-климатического явления і (дождь, сне-гопад, туман, и т.д.) на среднюю скорость.

Коэффициенты Х: определены нами при помощи ЭВМ.

Регрессионные модели для средних скоростей ($\overline{\lor}$, $\overline{\lor}_{85}$) имели следующий вид:

$$\bar{V}_{i} \bar{V}_{85} = b_{0} + \sum_{i=1}^{9} b_{i} x_{i}$$
, (4)

где о - постоянная;

b, ... b, - MHORNTELE PARTOPOB X, ... X9;

х, - интенсивность движения, авт/ч;

х2 - доля легковых автомобилей в потоке движения, %;

х₃ — мндекс погодно-кламатеческих условий, определенный по формуле (3);

х4 - доля автомобилей, едущих в колоннах, %;

х 5 - суммарная кривизна на участке;

X₆ - доля участков с видемостью встречного автомобеля ≤ 460 м , % ;

х - минимальная длена видимости на участке, м;

х в - доля длины трассы в населенных пунктах , %;

Х9 - количество перекрестков.

В таблице 4 приведены числовые значения множителей двух дорог Эстонской ССР до и после введения общесованых ограничений.

Как ведим, модели имеют довольно хороший коэффициент множественной корреляции (R = 0,80...0,95). Особенно хорошие модели получены для существующих условий движения.

Модели для средних скоростей |⊽|и 85 %-ных скоростей |⊽₈₅| для дороги TRIMHH-TRDTY (T_2) H TRIMH-LADHY (T_A)

	R2	61,66 65,88	89,09	77,19	77,68
	b ₉ R ²	-0,878	-2,628 +I,325	-2,57I -1,455	-4, I68 +I, 588
	b B	+78,581	+0,923	616,7+	-II7,087 -4,168 - +1,588
	be by	-0,020	-0,007	-0,001 +0,020	0,033
	be	-0,267	-0,072	+0,000	-6,460 -0,643 -0,033 +31,516 -0,701 -0,038
200	b ₀ b ₁ b ₂ b ₃ b ₄ b ₅	-5,910 -0,267 -0,020 -56,163 - +0,005	-I,529 -0,072 -0,007 +I8,670 -0,653 -0,035	-3,106 +0,009 -0,001 -104,564 +0,285 +0,020	-6,460 +31,516
	7 9	0,067	-0,115	-0,053	0,038
a Zi	b3	IG, I74 +0,005 +0,169 +55,627 -0,067 ZI, Z5I -0,0II +0,130 +35,343 -0,079	29,361 +0,0I6 +0,I68 +42,5I7 -0,II5 33,574 -0,0I4 +0,I99 +45,445 -0,042	15,335 -0,007 +0,199 +71,115 -0,053 6,722 -0,004 +0,062 +55,051 -0,095	,204 -0,022 +0,174 +24,100 -0,131
	b2	+0, I69 +0, I30	+0, I68 +0, I99	+0,199	+0,174
	b,	+0,005	+0,016	-0,004	-0,022 -0,138
	° oq	16,174	29,361	15,335	68, 444 55, 204
	Hoka- 38- Teals	1> =		* <1 85	
200	Ho- ra-	12 T	E H H	F 1 4	5 4 2 4
	год до- га	1975 T ₂	9761	1975	1976

- I. Как показывает эпыт многах стран, нормарование скоростей является эффективным средством повышения безопасности движения.
- 2. Ввиду того, что часть водителей не вноирает в сложных условиях безопасную екорость, необходимо провести дополнительное ограничение скоростей, особенно в зимнее время.
- 3. Созданние медели позволяют на дерогах П-II категории оценить средние скорости в зависимости от свойств потока, дорожных условий и показателей средн.
- 4. Установление на отдельных высоковачественных участках дорог повышенного предела скорости не уменьшает безопасности движения.

Литература

- 1. The effects of speed limits outside built-up areas. Final report. Research Group S 7. OECD Paris, 1971.
- Statens Väg och Trafikinstitut. Effect pa Olyckor hastighetsgränser 70 km/h. Rapport Nr 24, Stockholm, 1973.
- 3. S a l u s j ä r v i, M. Tiekohtaisten nopeusrajoitusten kokeilun II vaihe v. 1974-75. Tie ja liikennelaboratorio. Tiedonanto 26. Espoo, 1977 (Suomi).
- 4. Krell, K., Ernst, R., Lenz K.-H. Costs and benefits of general speed limits. Conference Européenne des Ministres des Transports. Paris, 1977.
- 5. Automobiles and highways in Finland. Finnish Road Association 1977.
- 6. А фанасьев М.Б. Водителю о дорожном движении. М., ДОСААФ СССР, 1977.
- 7. С и ля н о в В.В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения. М., Транспорт, 1977.
- 8. В а с и л ь е в А.П. Состояние дорог и безопасность движения автомобилей в сложных погодных условиях. М., Транспорт, 1976.

9. В о д к о в П.Л., С е г е р к р а н ц В.М. Исследование свойств потока двежения на дорогах Эстонской ССР. Тезисн докладов Республ. конференции по автомобиль ным дорогам и геодезии. Таллин, 1976.

V. Segerkrantz

Investigation of Traffic Flow Characteristics for Determining Speed Limits

Summary

In many countries it is considered necessary to regulate driving speeds by spot or general speed limits. In the USSR also we have experimented with speed limits since 1970. In 1974 the speed limit experiment was started. The traffic flow characteristics as speed distribution, theoretical need of overtaking and road conditions were examined. The road and weather conditions have a great influence on vehicle speeds. The following model was calculated to describe it:

$$V = 55.51 + 39.71 \, \text{y} - 29.44 \, \text{y}^2$$

where \overline{V} - mean speeds on the observed roads (kmph), y - friction coefficient.

In 1976 general speed limits were established in the USSR. The lowering effect of the speed limits on the main roads of the Estonian SSR on vehicle speeds was about 0.2 kmph. But the speed distribution had a tendency of levelling out.

In summer time on some high quality sections of the main roads the higher speed limits for cars were established which had no increasing influence to accident rate.

By the multiple variable models the influence of the number of daily traffic and its structure, weather conditions and characteristics of surroundings were examined. By using the results of this study the flexible system of speed limits was determined.

TAILINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED TPYJH TAJJUHCKOIO HOJUTEXHUYECKOIO UHCTUTYTA

УДК 625.7.03

О.Г. Вальгрен, М.Р. Салусярви (Финляндия, Лаборатория дорог и движения Центра научно-технических исследований Финляндии)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОГРАНИЧЕНИЯ СКОРОСТЕЙ НА ДОРОГАХ **Ф**ИНЈЯНДИИ

Начиная с 01.08.1973 г. по 30.06.1976 г. по заданию министерства транспорта Финляндии исследовали влияние ограничения скоростей. Эксперимент продлили до 30.09.1978 г. Программу исследований можно разделить на четыре этапа:

- I этап с 0I.08.1973 г. по 20.12.1973 г.
- общее ограничение 80 км/ч с 21.12.1973 г. по 30.06 1974 г.
- П этап с OI.07.1974 г. по 30.06.1975 г.
- Ш этап с 01.07.1975 г. по 30.06.1976 г. (продлен до 30.09.1978 г.).

Ограничение скоростей на дорогах проектировало Дорожное управление (TVH) по указаниям, составленным министерством транспорта. При этом были учтены на конкретной дороге ширина проезжей части, интенсивность движения, элементы плана и пропольного профиля и другие местные условия. Первый этап охватывал основные дороги юга Финляндии. Общее ограничение скорости - 80 км/ч - было установлено с энергетическим кризисом по всей стране. Зависящие от дорожных и других местных условий гибкие ограничения были установлены по следующей сетке - 60, 80, IOO и I20 Во время П этапа эксперимента к гибким ограничениям, установленным на магистральных дорогах, добавили общее ограничение 80 км/ч на всех дорогах (так называемая скорость, установленная законом без знаков, гибкие ограничения установлены, однако, знаками). Базисная скорость существовала в качестве предела на второстепенных дорогах.

Во время I этапа гибкие, зависящие от дороги, ограничения установили только на 5250 километрах магистральних дорог ига Финляндии. На остальних дорогах скорость не била ограничена. Во время II и II этапов эксперимент бил расширен по всей стране. Гибкую систему ограничений установили на I6000 километрах магистральных дорог. На остальной государственной сети (примерно 57000 км) предельной била базисная скорость (80 км/ч).

Тибкие, зависящие от конкретных условий отраничения были установлены в основном на дорогах с интенсивным движением, поэтому на эти дороги приходится около 60 % от общего пробега.

По длине участков гибкие ограничения делились по следующему (от общей длины 16000 км):

на 2/3 части магистрали было ограничение IOO км/ч, на 1/4-80 км/ч и на остальной части ограничения были 60 и I2O км/ч.

В основном исследование было выполнено лабораторией дорог и движения Центра научно-технических исследований Финляндии (VTT). Кроме того, в исследовании участвовало Дорожное управление (TVH), Хельсинкский технический университет, Тампереский университет и общество "Безопасность движения".

Исследовалось влияние ограничения скоростей на свойства транспортного потока и безопасность движения. Внясили влияние ограничения скоростей на вибор маршрута водителями, удобство движения, динамику доли колони в транспортном потоке, количество обгонов, условия движения в свободные дни в конце недели, условия движения в городах, условия движения в ночное время и себестоимость перевозок. Также исследовали возможности снижения базисной скорости, влияние изменения ограничения предельных скоростей для отдельных групп транспортных средств и влияние общего ограничения (сетка 70, 90 км/ч) на островах Аланд.

Свойства транспортного потока исследовали по средним скоростям, меньшим и большим скоростям (процентили v_{15} и v_{85} кривой распределения скоростей), по размаху кривой распределения, по форме этой кривой, по доле ко-

лоне в потоке, по потребности обгонов и по соблюдению установленных норм скоростей.

Влияние ограничения на приведенные выше свойства транспортного потока исследовалось методом корреляционно-го анализа, где факторами были ширина проезжей части и обочин, условия видимости, продольные уклоны, кривизна трассы, интенсивность и структура движения, погодно-климатические условия, состояние покрытия и метеорологическая видимость.

Динамика дорожно-транспортных происшествий исследовалась несколькими независимыми методами. Учитывали дорожные и погодные условия, а также влияние надзора со
стороны дорожной полиции, пропаганду за безопасность движения и других мер (применение ближнего света при езде и
днем, применение шин с шипами, ограничение скорости для
начинающих водителей и т.д.). Динамика происшествий исследовалась по разным категориям аварий, по характеристике участников и мест совершения, по действиям водителей и по различным дорожным и погодным условиям. Исследовалось изменение плотности и количества аварий в зависимости от дня недели.

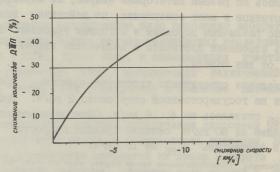
Введение ограничения скоростей снизило средние скорости на государственной сети около 2 км/ч. Процентиль \vee_{85} снизилась на 4...6 км/ч. Общегосударственное ограничение на 80 км/ч снизило средние скорости на 7 км/ч и процентиль \vee_{85} на 15 км/ч.



Фиг. 1. Динамика погибших от дорожно-транспортных происшествий за 1972 ... 1976 годы.

Однако самым главным результатом ограничения скоростей было снижение количества дорожно-транспортных нествий на 25...54 % по сравнению с предмествующим уровнем. Внедрение мероприятия спасло 240...480 человеческих жизней в году, количество раненых снизилось на 600-1500 ловек и было предотвращено 1000...2500 происшествий. фиг. І приведены данные о динамике погибших за I972 1976 годы. Как видим, на городских улицах количество жертв паже увеличилось. Если не било он введено ограничения дорогах, количество погибших осталось бы на прежнем уровне. Это доказывает и сравнение со Швецией. В 1972 году количество жертв в двух странах било примерно одинаковим, однако в 1976 г. разница была в пользу Финляндии. За этот период условия ограничения скоростей в Швеции не изменились, однако в Финляндии установили ограничения.

Количество относительно легких аварий снизилось больше во время общего ограничения.



Фиг. 2. Влияние снижения скорости на аварийность.

На фиг. 2 показано, как количество снижения дорожнотранспортных происшествий зависит от снижения средних скоростей. Как видим, количество их падает наполовину, если средняя скорость снижается на — 10 км/ч.

Эксперимент по ограничению скоростей за 1973...1976 годы стоил дорожному хозяйству 4,3 млн. финских марок, надвор дорожной полиции вызвал расход на 30 млн. марок. Научное исследование стоило 2,2 млн. марок. Итак, общие расходы были около 37 млн. марок.

Из-за снижения скорости росли повременные расходы участников движения на 270 млн. марок. Однако расходы на эксплуатацию транспортных средств (в основном экономия гориче-смазочных материалов) снизились на 105 млн. марок.

Уменьшение количества дорожно-транспортных происшествий сэкономило обществу I200...2200 млн.марок. Поэтому ограничение чрезмерных скоростей можно с общественной стороны считать оправданным.



Фиг. 3. Технико-экономические принципы нахождения оптимума ограничению скорости.

Из приведенного явствует, что установление ограничения скоростей является задачей оптимизации. На фиг. 3 приведены принципиальная схема определения оптимальной величины ограничения скорости по себестоимости перевозок.

При определении влияния дорожно-транспортных происшествий потери общества от гибели человека учитывали в размере I,I млн. марок, ранение в размере 37000 марок и повреждение автомобиля на 5000 марок. Как видим, оптимумы скоростей были для автострад — 100 км/ч, двухполосных магистральных дорог — 80 км/ч (на севере страны 85 км/ч) и на секундарной сети 70 км/ч.

В ходе исследования сформулировались и цели применения ограничения скоростей:

 ограничение скоростей должно снизить количество дорожно-транспортных происшествий по сравнению со свободным режимом;

- уровень ограничения скорости должен отвечать оценке со стороны общества затраченному времени в пути и безопасности движения;
- ограничение скорости должно уравнивать риск попадания в дорожно-транспортное происшествие между разными категориями дорог, снизив его там,где движение опасное;
- система ограничения скоростей должна быть последовательной и учитывать местные условия.

Основные выводы следующие:

- I. Отраничение скорости IOO км/ч следовало бы применять на двухполосных дорогах (по нормам СССР дороги П...ІУ категорий) реже, чем до сих пор. Предпосылками для снижения допускаемой скорости являются недостаточная видимость, ширина проезжей части (и обочин), доля грузового транспорта в потоке.
- 2. Существующую норму предельной скорости, действующую без знаков, предлагается снизить до 70 км/ч. Предлагается расширить масштаб применения гибких режимов скоростей.
- 3. В зимних условиях предлагается допускать в качестве предельной скорости 80 км/ч, если до этого знаками не была установлена скорость ниже этой. Для автострад эта норма могла быть 100 км/ч.

Применение для автострад в качестве предельной нормы скорости I20 км/ч не уменьшило количества происшествий на них. Такая скорость не отвечает духу времени с точки зрения безопасности. Однако ввиду того, что коэффициенты аварийности на автострадах довольно низкие, можно по принципу последовательности применения гибкой системы ограничения допускать и впредь в хороших условиях движение с предельной скоростью I20 км/ч.

O. Wahlgren, M. Salusjärvi

(Road and Traffic Laboratory Technical Research Centre of Finland)

Investigation of the Influence of Speed Limits on Roads of Finland

Summary

A comprehensive speed limit experiment was started in August 1973. It ended in June 1976 and had altogether four phases. The road section speed limit system is still in force. The main effects of the speed limit experiments show the decrease of speeds connected to the respective decrease of the number of accidents. The effect is greater on the number of personal damage accidents (fatal and injury). As a result of the speed limit experiments in Finland, it is clear that there is a need to differentiate the speed limits not only in terms of space, but also of time.

- Thomas or has substitute forms thereast a than

- or your come or opening ground you arrivers park notes arrivers the book of the opening arrivers or you are arrivers of the opening appears of the opening arrivers of the o

CHOTYMANICANIAN CHOPOPING MARKET THE ROLLEND-

head to essential the to notreplement

The property of the company of the control of the c

The series of th

УШК 625.7

A.D. Baimens

О МЕТОДИКЕ И РЕЗУЛЬТАТАХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА ДОРОГАХ ЭСТОНСКОЙ ССР

Безраздично, какими методами пользуются при прогнозировании перспективной интенсивности движения: экстраполяцией временного ряда интенсивностей, методом приращений по закону сложных процентов [1], методом коэффициентов [2] и т.д., все же следует знать интенсивность движения исходного года или исходное положение изменения существующей интенсивности движения.

Учетний ряд состоит из данных учета движения y_i в авт./сутки отдельных лет x_i . Отдельные учетные интенсивности движения являются случайными, а также не выражают учетным рядом закономерности, которой могли бы пользоваться без соответствующей обработки.

Поэтому учетный ряд следует выравнивать.

Независимо от того, как совершается выравнивание, пришлось бы учетные данные изображать графически:

у;, действительные интенсивности движения

х;
годы

На основании такого графика можно I) сделать целый ряд выводов, позволяющих упростить трудоемкий процесс выравнивания, 2) обнаружить большие отклонения в учетном ряду, в зависимости от характера причин учетные данные с большими отклонениями можно устранить.

Рекомендуем произвести выравнивание данных учета движения либо графически (на глаз), либо графо-аналитически или аналитически.

Графическое выравнивание с приемлемой точностью возможно в случае, когда в учетном ряду выражается очевидная функциональная зависимость.

Целесообразно, если задачу выравнивания (на глаз)решают несколько работников, а окончательным результатом берется средний (для исходного года).

Если в учетном ряду выражается телько трудногадаемая функциональная зависимость, тогда можно эту зависимость выразительнее вывести простыми аналитическими приемами.

Это достигается грименением так называемого способа скользящего среднего. После внчисления скользящих средних \tilde{y}_i выравнивается графически (на глаз) ряд, состоящий из скользящих средних. В этом заключается графо—аналитиче—ский способ.

Применять этот способ целесообразно только при условии, если значения x_{i} являются равноотстоящими. Тогда $\tilde{x}_{i} = x_{i}$, так что остается только находить значения

$$\tilde{y}_{i} = (y_{i-1} + y_{i} + y_{i+1}) : 3.$$
 (I)

Формула (I) наблюдается в обильной литературе, рассматривающей обработку эмпирических данных. Обично сопутствует тому примечание, что формула (I) не годится для вичисления выравненных первого и последнего (т.е. \tilde{y}_4 и \tilde{y}_n), так как для \tilde{y}_4 у нас нет значения $y_{i-1}=y_{i-1}=y_0$, а для \tilde{y}_n нет значения $y_{i+1}=y_{n+1}$.

Притом соглашаются с потерей двух точек ряда.

Так как учетный ряд движения обычно коротковат, отказ от двух точек ряда неприемлем и поэтому поступим следурщим образом [3].

Найдя прямую линию регрессии, соответствующую трем первым точкам (такую же прямую мы выше использовали для нахождения \tilde{y}_2), продолжим ее влево до пересечения с вертикалью $x_0=0$; это даст некоторое условное значение,

представляющее собой результат линейной экстраполяции за пределы ряда. Полученное значение y_0 используется для нахождения \tilde{y}_i по формуле (1):

$$\tilde{y}_4 = (y_0 + y_4 + y_3) : 3.$$
 (2)

Величину y_0 найдем при помощи уравнения линейной регрессии

$$y_x = a_0 + a_1 x. \tag{3}$$

В нашем случае

×;	x'i	x12	Уi	x'iyi	ARTICALETTE OFFICE
I	-I	I	y ₄	-y ₄	
2	0	0	У2	0	$x'_{i} = x_{i} - 2$
3	+I	I	Уз	Уз	THE OF SHEEDINGS
Y3+	0	2	y ₁ +y ₂ +y ₃	$-y_{1}+y_{3}$	s-religion of year

$$a_0 = \frac{\sum y_i}{n} = \frac{y_i + y_2 + y_3}{3}$$
 (4)

$$a_{4} = \frac{\sum x_{1}^{'} y_{1}}{\sum x_{1}^{'2}} = \frac{-y_{4} + y_{3}}{2}.$$
 (5)

Подставляя (4) и (5) в (3) и учитывая, что $x_i' = x_i - 2$ и $x_0 = 0$, получаем

$$y_0 = (4y_1 + y_2 - 2y_3) : 3.$$

Если подстанить это в (2), то получается

$$\tilde{y}_1 = (7y_1 + 4y_2 - 2y_3) : 9.$$
 (6)

По формуле (6) можно вычислить и y_n , если нумерацию точек вести с конца.

Следовательно, первоначальную длину учетного ряда можно сохранить также после выравнивания при помощи способа скользящего среднего.

При использовании способа скользящего среднего должно быть учтено следующее обстоятельство.

При выравнивании необязательно пользоваться именно тройками чисел. Однако удобнее, если число точек. по ко-

торым производится выравнивание, было бы нечетным, так как иначе не будет выполняться условие $\widetilde{x}_i = x_i$.

Кроме того, если кривизна ожидаемой выравненной кривой велика, то ломаная может служить достаточно удовлетворительным приближением к кривой только тогда, когда она состоит из коротких отрезков; иначе говоря, усреднение должно производиться по малому числу точек. С другой стороны, чем больше число точек, по которому производится усреднение, тем меньше ошибки и случайности в учетных данных. Поэтому, если учетный ряд движения имеет большую кривизну и малую флуктуацию, тогда лучше выравнивать по трем точкам; в противном случае следует производить выравнивание по 7 — 9 точкам.

Практика выравнивания учетных рядов движения показала, что в большинстве случаев оптимальным может считаться выравнивание по пяти точкам:

$$\tilde{y}_{i} = (y_{i-2} + y_{i-1} + y_{i} + y_{i+1} + y_{i+2}) : 5.$$

Вместо снособа скользящих средних можно пользоваться способом взвешенного скользящего среднего. Притом выравнивание производится не по отрезкам прямой, а по отрезкам какой-нибудь кривой. При этом не столько важно, чтобы эта кривая описывалась простым алгебраическим выражением — для практики выравнивания важнее, чтобы простым получался набор весовых множителей.

Можно сконструировать несколько наборов весов, и при этом возникает вопрос, какой из них наиболее "правильный".

Каждый набор весов соответствует определенной кривой, применяемой для моделирования фактической зависимости. Но последняя ведь неизвестна — она как раз и составляет предмет поисков. Поэтому заранее нельзя сказать, какая кривая будет дучше всего моделировать ход изменения интенсивности движения. Более того, эта зависимость может быть такова, что на разных участках она дучше всего моделируется разными кривыми.

Это вторая причина, почему достаточно разумный критерий для предпочтения определенного набора весов может со-

стоять в том, чтобн этот набор приводил по возможности к более простым вычислениям. Очевидно, таким будет набор

I, 2, 4, 2, I;
$$\Sigma = 10$$
,

тем самым мы избавляемся от операции деления для каждой выравненной точки, заменяя эту операцию простым смещением запятой.

Следовательно, общая формула для взвешенных скользяших средних следующая:

$$\tilde{y}_{i} = (y_{i-2} + 2y_{i-1} + 4y_{i} + 2y_{i+1} + y_{i+2}) : 10.$$
 (7)

Чтоби не потерять четыре точки ряда (по две с каждой стороны), для которых формула (7) неприменима, поступаем так же, как и при прямодинейном выравнивании, — сначала производим экстраполяцию за пределы ряда, находя значения

 y_{n+1} и y_{n+2} по учетным значениям y_n , y_{n-1} , y_{n-2} и y_{n-3} , а затем подученные значения y_{n+4} и y_{n+2} используем в формуле (7) для вычисления выравненных значений \tilde{y}_{n-4} и \tilde{y}_n ; аналогичным образом получаем выравненные значения \tilde{y}_4 и \tilde{y}_2 . Разница только в том, что для экстраполяции мы здесь применяем не прямую, а соответствующую кривую. Не приводя расчетов, даем готовые формулы

$$\tilde{y}_1 = (7y_1 + 5y_2 - y_3 - y_4) : 10,$$

 $\tilde{y}_2 = (3y_1 + 5y_2 + y_3 + y_4) : 10.$

При вычислении \tilde{y}_n и \tilde{y}_{n-1} нумерацию точек следует вести с конца ряда.

В большинстве случаев инженерной практики достаточно произвести выравнивание учетных рядов движения графически или графо-аналитически.

При научном исследовании проблем интенсивности движения целесообразно выравнить учетные ряды аналитически.

Тай как нам не известна действительная модель изменения интенсивности движения, то следует выравнить учетные ряды при помощи нескольких по своему характеру подходящих функций. Наилучшей выравнительной функцией является та, при которой сумма квадратов отклонений действительных значений y_i от расчетных значений \tilde{y}_i оказывается наименьшей.

Нами исследована пригодность следующих функций для выравнивания учетных рядов по учетным пунктам на дорогах Эстонской ССР:

I)
$$y = a_0 + a_4 x + a_2 x^2 + \cdots + a_n x^n$$
при разных значениях n ,

2)
$$y = a_0 + a_1 \ln x$$
,

3)
$$lny = a_0 + a_4 x$$
,

4) $lny = a_0 + a_1 lnx$.

Результати исследований представлены в таблице I.

Таблица І

Относительная частота в % пользования выравнительными функциями с наименьшей квадратичной ошибкой

Вид	$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + + a_n x^n$		u_g . g lpv	Inv_d . d v	lou-a .a lov
порта	n=1	n = 2	$y = a_0 + a_1 \ln x$	$lny = a_0 + a_1 x$	ary-a ₀ +a ₁ arx
·I	2	3	4	5	6
JIT TIT AB	I3,2 I7,9 I3,9	35,8 43,0 30,5	29,I 27,8 43,0	9,3 9,3 6,0	12,6 2,0 6,6
ДА Σ Средняя	II,9 7,3	39,I 45,7	9,3	37,7 I2,6	2,0
частота		38,8	26,0	I5,0	7,4

Примечания: ЛГ - легкие грузовие автомобили;

ТТ - тяжелые грузовые автомобили;

АБ - автобусы;

ЛА - легковые автомобили:

— примарное движение.

Из таблицы I явствует, что в пределах состава движения относительная частота пользования выравнительными функциями почти одинакова. Теоретическим исключением является выравнивание учетных рядов легковых автомобилей, но более

блезкое исследование пользования третьей и четвертой функциями показало, что при пользование четвертой выравнительной функцией квадратичная ошибка колеблется в пределах 13-17%. а при пользование в этих случаях третьей функцией — в пределах 14-19%. Таким образом, можно все же счетать, что практически относительная частота пользования третьей выравнительной функцией для легковых автомобилей составляет около 35%.

Если это необходимо, тогда данные таблицы I помогают нам при составлении действительной модели движения.

Так как изложенные выравнительные функции представляют собою только условную модель движения, то мы считаем неправильным прогнозировать перспективную интенсивность с помощью экстраполяции. По той же самой причине следовало бы установить некоторые ограничения при пользовании выравнительными функциями. Например, пришлось дополнительно исследовать знак приращения полинома. Если знак изменится, т.е. мы имеем извилистую кривую, следовало бы отказаться от такой функции.

Изложенное исследование выравнительных функций представляет чрезмерно большую работу для "ручного вычисления", поэтому вычисление производили на ЭВМ "Минск".

Вместе с исследованием выравнительных функций прогнозировали перспективную интенсивность движения в натуральных и в приведенных к нагрузке группы А единицах, а также требуемые модули упругости дорожных одежд для всех учетных пунктов дорог Эстонской ССР.

При прогнозировании перспективной интенсивности исходим из формулы [2].

$$N^P = \sum_{i=1}^5 N_i^0 \cdot K_i \cdot m_i ,$$

где NP - перспективная среднегодовая суточная интенсивность движения в обоих направлениях;

Общую программу для исследования выравнительных функций и прогнозирования перспективной интенсивности составил ст. преподаватель кафедры автомобильных дорог ТПИ В.К. Меспак.

- р индекс перспективного года;
- і индекс вида транспорта;
- I грузовой автомобиль (ГА); 2 автобуе (АБ);
 - 3 государственный легковой автомобиль (ЛА,);
 - 4 индивидуальный легковой автомобиль (ЛА_и);
 - **5** мотопикл (M);
- 0 индекс исходного года;
- N; выравненная среднегодовая суточная интенсивность движения с правда транспорта в обоих направлениях для исходного года;
- К; коэффициент, показывающий рост парка і—го вида транспорта к перспективному году; величини коэффициента К; определены для всех административных районов, а средние по Эстонской ССР преставлены в таблице 2.

Таблица 2

Средние коэффициенты К; для прогнозирования перспективных интенсивностей движения на дорогах Эстонской ССР

n/n	разила А	К; для	различного	вида транс	порта
p/o	TA	AB	JAL	ЛА	M
1980/75	I, I8	I,20	I,29	I,96	I,00

Анализ требуемых модулей упругости E_{TD} показал, что средние величины E_{TD} для дорог разных категорий Эстонской ССР следующие:

I RAT. ETP = EMHH

II RAT. $E = 1900...2000 \text{ krc/cm}^2$

II RAT. E = 1400 ... 1600 RTC/CM2

IV KAT. $E = 900...1000 \text{ krc/cm}^2$.

Вся методика, численные величины, коэффициенты для выравнивания учетных рядов и прогноз интенсивности движения по необходимости подлежат рассмотрению через каждые 5 лет. Например, исправленные коэффициенты К; будут определяться в течение 1979 года для будущих лет, начиная с 1980 года.

Литература

- І. Кудрявцев М.Х., Каганович В.Е. Техныко-экономическое обоснование развития сети автомобильных дорог. М., Транспорт, 1968.
- 2. П м х л а к И.О. Обследование легкового транспорта на шоссейных дорогах на подходах к городу Таллину. - Тр. Таллинск. политехн. ин-та. Серия А, № 250, Таллин, 1967.
- 3. У р б а х В.Ю. Биометрические методы. М., Наука, 1964.

A. Waimel

Über die Methodik und das Festlegen der Verkehrsermittlungen für die Landstraßen der Estnischen SSR

Zusammenfassung

In diesem Beitrag werden einige Methoden von Einebnung der Reihen der Verkehrszählungen für die "Handrechnungen" der Ingenieurpraxis, aber auch manche Vorschläge und Resultate der Berechnungen mit Computer "Minsk-22" festgestellt.

Man empfiehlt bei "Handrechnungen" graphische und graphisch-analytische, aber bei "maschinellen Rechnungen" analytische Einebnungsverfahren zu benutzen.

Es wird auch eine Methode zur Bestimmung von Verkehrsermittlungen für die Landstraßen der Estnischen SSR beschrieben.

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED TPYJI TALJINHCKOTO HOJINTEXHIYECKOTO HICTITYTA

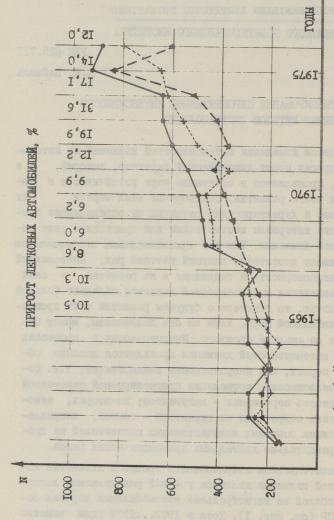
УДК 625.7II А.Ю. Ваймель

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ДВИЖЕНИЯ МЕТОЛОМ ЭКСТРАПОЛЯЦИИ

Процессы изменения интенсивностей движения на автомобильных дорогах носят динамический характер, который, частности, проявляется в сочетании черт устойчивости и менчивости этого развития. Соотношение этих черт и XN удельный вес в карактеристике развития за определенные кронологические интервалы весьма важны для прогнозирования интенсивностей движения. Так как прогнозируемые интенсивности движения имеют достаточно длинный учетный ряд, позволяющий вскрыть закономерность и тенденции в их развитии, а сами процессы изменения интенсивностей движения обладают большой инерционностью, то гипотеза о будущем развитии этих процессов в значительной мере, хотя не без исключения, может базироваться на анализе прошлого. Инерционность в процессах изменения интенсивностей цвижения проявляется двояким образом: во первых, как инерционность взаимосвязей, т.е. сохранение зависимости, корредяции прогнозируемой переменной на совокупность переменных - аргументов; во-вторых, некоторую степень сохранения их характера - темпов, направления, колебания основных количественных показателей на протяжении сравнительно длительных хронологических рядов.

Доказательством инерционности процесса изменения интенсивностей движения является учетный ряд движения легковых автомобильных дорогах Эстонской ССР (см. фиг. I). Хотя в 1972...1974 годы заметно увеличилось производство легковых автомобилей (см. табл. I), все же не наблюдается отдельных крутых прорывов и скачков в развитии процесса изменения интенсивностей движения.

Итак, при значительной инерционности рассматриваемых учетных рядов движения и сохранении в будущем важных внеш-



Фиг. 1. Интенсивность движения легковых автомобилей на трёх магистральных дорогах Эстонской ССР.

Таблица I Производство легковых автомобилей в СССР для внутреннего ринка и количество их в Эстонской ССР [8, 9]

Производство, тыс. шт. прирост, % количество в ЭССР тыс. шт. прирост, % 1965 152,6 7,3 22,8 10,5 1966 163,8 11,4 25,2 10,3 1967 182,5 8,5 8,6 1968 198,0 11,0 30,2 6,0 1969 219,8 18,0 32,0 6,2 1970 259,4 18,0 34,3 9,9 1971 379,3 41,1 12,2 1972 535,1 27,0 19,9 1973 679,5 22,4 66,7 1974 831,7 8,9 17,1 1975 905,4 -1,2 89,0 1976 894,7 19,0 1977 99,7 12,0	Pomi	Table Southern 6	Легков	не автомобили	ortogic.
1966 163,8 7,3 25,2 10,3 1967 182,5 11,4 27,8 8,6 1968 198,0 11,0 30,2 6,0 1969 219,8 18,0 32,0 6,2 1970 259,4 18,0 34,3 9,9 1971 379,3 41,1 12,2 1972 535,1 27,0 12,2 1973 679,5 50,7 31,6 1974 831,7 8,9 78,1 1975 905,4 -1,2 89,0 1976 894,7 12,0	Годы			в ЭССР	прирост, %
12.0	1966 1967 1968 1969 1970 1971 1972 1973 1974	I63,8 I82,5 I98,0 2I9,8 259,4 379,3 535,I 679,5 83I,7 905,4	II, 4 8,5 II, 0 I8, 0 46, 2 4I, I 27, 0 22, 4 8, 9	25,2 27,8 30,2 32,0 34,3 37,7 42,3 50,7 66,7 78,I	10,3 8,6 6,0 6,2 9,9 12,2 19,9 31,6 17,1
	HE COME	ASSESSED FROM SO		STORES DECEMBER	12,0

Таблица 2

Оценки параметров логистической кривой, полученные разными методами

ar aggregation of the				and or said
Метод	a	k	ь	R
Фишера	0,2538788	242,61902	2,568083	0,970
Юла	0,1338372	489,09918	5,2759551	0,936
Родса	0,1829519	288,63835	2,745651	0,962
Найра	0,1357796	415,51959	4,1425347	0,948
Трек точек	0,3060657	225,91547	I,429I986	0,813
Трех сумм	0,3694312	212,01646	I,88058	0,919

них причин и условий их развития правомерно с достаточной степенью вероятности ожидать сохранения уже выявившихся черт и характера этого процесса. Притом естественным является применение статистических методов прогнозирования.

Прогнозирование, опирающееся на статистические методы, можно разделить на два — индуктивный и дедуктивный — этапа. Первый, индуктивный, заключается в обобщении учетных данных и в представлении соответствующих статистических закономерностей в виде модели. Второй этап, собственно прогноз, является дедуктивным. На этом этапе на основе статистических моделей определяют значения прогнозируемых интенсивностей.

Найденные с помощью статистических методов прогностические оценки являются важным материалом, который следует критически осмыслить. Притом главным является учет возможных изменений в самих тенденциях изменения интенсивностей движения.

Статистические методы прогнозирования не следует применять самостоятельно. Часто их включают в виде важных
элементов в комплексные методики, предусматривающие сочетание статистических методов с другими методами прогнозирования, например, экспертными оценками, методом И. Пихлак
[2] и т.д. Из этого явствует, что статистические методы
занимают важное место в системе методов прогнозирования, однако они ни в коем случае не должны рассматриваться как
универсальные методы.

Процесс составления и применения статистической модели для прогнозирования, какой бы вид последняя не имела, обязательно включает выбор формы уравнения, описывающего динамику изменения интенсивности движения, и оценивание его параметров с помощью того или иного метода.

Моделью изменения интенсивности движения наиболее часто применяются такие относительно простые функции, как полиномы [3] и экспоненты.

Кривые, соответствующие полиномам и экспонентам, не имеют асимптот, их рост ничем не ограничен. Теоретически ордината может иметь любое значение. В истинных моделях интенсивность движения не может бесконечно вырасти, так как

процесс изменения интенсивности характеризуется "насыщением", следовательно, описание модели изменения интенсивности движения имеет смысл лишь при помощи кривой, иметыей асимптоту, отличающуюся от нуля. В истинных моделях изменения интенсивностей движения является асимптотой пропускная способность дороги (улицы). Поэтому по существу подобные полиномам и экспонентам кривые могут быть только аппроксимирующими кривыми при выравнивании учетных рядов движения. Ибо кривые, не имеющие асимптоты, представляют собою только условную модель движения, тогда мы считаем неправильным прогнозировать перспективную интенсивность с помощью их экстраполяции [I].

Как явствует из вышеизложенного, в истинных моделях изменения движения действует ограничивающий фактор. Если ограничивающий фактор все время воздействует, причем эффективность его влияния растет вместе с ростом достигнутого уровня, то хорошее описание этого процесса можно получить с помощью модифицированной экспоненты.

Если ограничивающий фактор начинает влиять только после некоторого мемента, до которого процесс развивался следуя некоторому экспоненциальному закону, то наилучшую аппроксимацию дают S -образные кривые.

Следовательно, S -образные кривые описывают два последовательных процесса: один с ускорением развития, другой - с замедлением:

$$y_t = k a^{b^t}$$
 кривая Гомперца, $y_t = \frac{k}{1 + b e^{-at}}$ логистическая кривая.

Модифицированная экспонента, кривая Гомперца и логистическая кривая при определенных значениях своих параметров имеют асимптоти, проходящие выше этих кривых. Отсюда такие типы кривых пригодны для описания различного вида процессов с "насыщением" [4].

Сравнивая названные три кривые между собой на базе ретроспективного анализа, выяснилось, что наилучшие результаты при моделировании изменения интенсивности движения можно получить при помощи логистической кривой.

Ниже рассматривается возможность прогнозирования интенсивности движения при помощи экстраполяции логистической кривой.

При прогнозировании интенсивности движения при помоши экстраполяции кривой, имежщей асимптоть, следует учитывать, что модель измерения интенсивности движения может иметь две асимптоты: асимптоту часа "пик" (пропускную способность дороги в автомобилях в час) или общую асимптоту (суточную интенсивность движения в автомобилях в сутки). Если интенсивность движения дороги такая, что реально можно ожидать "насыщения" в виде пропускной способности, то следует прогнозировать интенсивность движения по учетному ряду максимальных часовых интенсивностей. В противном случае можно использовать учетный ряд суточных интенсивностей.

Первый случай возможен в городах при прогнозировании интенсивности движения на магистральных улицах, второй — на автомобильных дорогах.

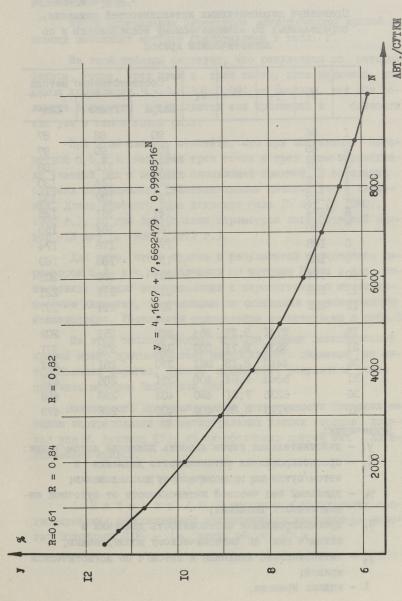
При этом прогнозирование интенсивности движения по учетному ряду максимальных часовых интенсивностей носит общий характер, т.е. этот способ используется как при малых, так и при больших интенсивностях движения.

Поэтому рассматривается логистическая кривая по учетному ряду максимальных часовых интенсивностей.

Для перехода от часовых (у) к суточным интенсивностям движения (N) вывели зависимость y = f(N) (см. фиг. 2).

Возможность определения суточной интенсивности движения через часовую интенсивность доказал уже Т. Метсвахи [5].

Определить параметры а, в и к логистической кривой можно разними методами: Фишера, Юла, Родса, Найра, трех сумм и трех точек [6]. Из них метод трех точек весьма прост. Подбор параметров соответственно этому методу производится так, чтобы кривая прошла через некоторые заданные точки: уровни ряда в начале, середине и в конце ряда: y_0 , y_1 и y_2 . Поэтому этот метод очень чувствителен к величине значений y_0 , y_1 и y_2 , которые, даже если они получены выравненными, могут содержать существенный элемент



 $\Phi_{\rm HT}$, 2. Удельный вес часовой интенсивности пик от суточной интенсивности движения.

Таблица 3 Сравнение перспективных интенсивностей движения, определенных по экономическому исследованию и по логистической кривой

-					DE PRINCIPALITY		PROTE DESCRIPTION
t	Уi	ŷŧ	%	ӯt	Соотв	Родса	метода
I	86	10- B	e Delbara (90	88	87
2	85				ICO	99	97
3	I07				IIO	II2	I08
4	I22				I22	I24	I20
5	I29				I34	I37	I32
6	I74				I47	I5I	I45
7	I90				I60	I64	I59
8	I88				I73	I78	174
9	182				I87	189	189
IO	194				201	200	205
II	198				215	2II	221
IZ	222				229	221	237
16		2741	9,27	254	282	251	302
2I		3530	8,71	307	335	272	371
26		4443	8,13	361	370	281	42I
3I		5342	7,64	408	391	286	452
36		6236	7,21	450	403	288	469
41		7113	6,83	486	409	288	479

Примечания:

- У; действительная интенсивность движения, автом/ч пик;
- ŷt прогнозированная интенсивность движения в автом/сутки по экономическому исследованию;
- % удельный вес часовой интенсивности от суточной интенсивности движения;
- \bar{y}_{t} прогнозированная интенсивность движения в автом/ч пик по экономическому исследованию;
- у_t интенсивность движения в автом/ч по логистической кривой;
 - t индекс времени.

Метод трек сумм "работоспособен" в узких пределах колебаний исходных данных, а результаты очень чувствительны к колебаниям ряда.

Итоги определения параметров логистической кривой при помощи названных методов представлены в табл. 2.

Из этой таблицы явствует, что результаты по методам Фишера, Родса, трех сумм и трех точек, хотя величина индекса корреляции R = 0,8I3...0,962, не реальны, так как величина асимптоты к находится или чрезмерно в близости или уже в самом конце ряда.

При этом следует отметить, что при оценивании параметров с, b и к методами трех точек и трех сумм выравнивали учетный ряд с помощью скользящей средней. В остальных случаях пользовались действительными данными учета движения. Длина учетного ряда движения была 15 лет (с 1960... 1975 г.), но при определении параметров логистической кривой —12 лет (с 1960...1972 г.).

Для того, чтобы судить о результатах определения параметров q, b и k, определенных по методам Найра и Юла, сопоставили данные экстраполяции с перспективными интенсивностями движения, полученными на основании экономического исследования. Результаты сравнивания представлены в табл.3.

Из этой таблицы видно, что при помощи логистической кривой можно прогнозировать интенсивность движения на автомобильных дорогах, притом приемлемые результаты можно получить методом Найра или Юла.

Возможность прогнозирования интенсивности движения методом экстраполяции на магистральных улицах городов доказал уже М. Коппель [7], но он предложил другой вид логистической кривой.

Литература

I. В аймель А.Ю. О методике и результатах прогнозирования перспективной интенсивности движения на дорогах Эстонской ССР. - См. наст. сб., с. 25.

- 2. Пихлак И.О. Обследование легкового транспорта на шоссейных дорогах к гор. Таллину Тр. Таллинск. политехн. кн-та. Серия А, № 250, 1970.
- 3. Бабков В.Ф. Современние автомобильные ма-
- 4. Тинтнер Г. Введение в эконометрию. М., Ста-тистика, 1965.
- 5. Метсвахи Т.Х. О возможности усовершенствования методики учета интенсивности движения. — Тр. Таллинск. политекн. ин-та, № 430, 1977.
- 6. Чет нркин Е.М. Статистические методы прогнозирования. М., Статистика, 1975.
- 7. Коппель М.К. Некоторые закономерности изменения состава и интенсивности движения в республиканских городах ЭССР. ТПИ. Тезиси докладов Республиканской научно-технической конференции по автомобильным дорогам и геодезии. Таллин, 1976.

A. Vaimel

Extrapolation als Methode zur Bestimmung der Verkehrsermittlungen

Zusammenfassung

Im Artikel werden einige Möglichkeiten der Bestimmung perspektiver Verkehrsdichten durch Extrapolation der logistischen Funktion beschrieben. Für die Schätzung der logistischen Funktion gebraucht man Methoden von Nair, Rhodes, Fischer, Jull u.a. Die besten Resultate ermöglichen die Methoden von Nair und Jull.

Für die Bestimmung der perspektiven Verkehrsdichte der Stadtstrassen muss man von der Verkehrsspitzenzeit, der Landstrassen aber von der vierundzwanzigstündigen Verkehrsdichte, ausgehen.

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED TPYNE TALLUHCKOFO HOLUTEXHUJECKOFO UHCTUTYTA

УДК 656.02I:7II.7 Т.Х. Метсвахи, И.О. Пихлак

ПРОБЛЕМЫ ДВИЖЕНИЯ В ОБЩЕГОРОДСКОМ ЦЕНТРЕ ГОРОЛА ТАЛЛИНА

Опит разных стран мира в области планирования больших городов показывает, что интенсивное развитие парка индивидуальных легковых автомобилей приводит к нарушению нормального функционирования центральных частей городов. Особенно остра проблема разгрузки центра от транзитных потоков и размещения большого количества автомобилей на стоянках.

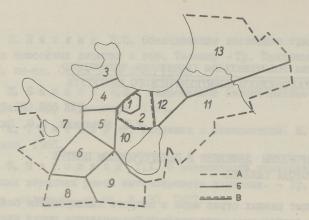
Для принципиального решения этих проблем сделано много предложений, но конкретные формы мероприятий и очередь их применения может быть предложена только на основе исследований размещения городского населения и мест приложения труда, а также исследования всех сторон существующего положения городского движения.

В данной статье использованы материалы ряда обследований, которые авторы провели с 1966 по 1977 год.

Город Таллин занимает обширную территорию — 175 км², в том числе центральная часть города (фиг. I ЦЧГ) в пределах так называемого железнодорожного кольца приблизительно 5,5 км². На этой территории проживает 17 % населения и размещается 37 % рабочих мест города. I2-I5 лет назад эти же показатели составляли соответственно 30 и 40 % [I].

За этот период уменьшилась доля и численность населения, проживающего в центральной части города. Доля рабочих мест в этом районе уменьшилась незначительно, но абсолютное количество их увеличилось.

В общегородском центре (ОЦ), площадь которого приблизительно I,8 км², проживает 4 % населения и размещается



Фиг. 1. Транспортное районирование города:

А - граница города

Б - граница транспортного района В - центральная часть города (ЦЧГ)

1. Общегородской центр (ОЦ)

2. Центральная часть города без ОЦ

3. Копли

4. Пельгулинн

5. Лиллекюла

6. Мустамяэ

7. Вяйке-Ыйсмяэ

8. Пяэскюла 9. Нымме

10. Тонди

11. Ласнамяэ

12. Кадриорг

13. Пирита

25 % рабочих мест города. В 1965 году эти показатеди составляли соответственно 10 % и 30 % [I]. Надо отметить, что в ОЦ и всего в ЦЧГ характер изменения приведенных явлений имеет одинаковый характер, только в ОЦ происходит уменьшение постоянного населения бистрее.

Практически во всех бодьшех и крупных городах наблюдается увеличение разницы численности постоянного и дневного населения центра города (табл. I) [2].

К 1990 году в Таллине предусмотрено увелечение отношения плотности работающих к плотности постоянного населения в ОЦ до 5,3. К тому же времени уменьшется численность рабочих мест. Несмотря на уменьшение количества рабочих мест тяготение общегородского центра продолжает увеличиваться.

Увелечение тяготения ОЦ является одной из причин роста транспортной подвижности городского населения в условиях, где основная часть населения переселяется в районы, которые далеки от центра.

Таблеца I Характеристика общегородских центров городов

Показатель	L I	Город			
Name and Addition less needs	Гамбург	Вена	Таллин		
Размер ОЦ, га Доля ОЦ от общегород-	430	290	180		
ской терратории, % Плотность постоянного	0,6	0,7	I,0		
населения ОЦ, чел./га Плотность работавших	51	97	100		
в ОЦ, чел./га Отношение плотности работармих и плотности	512	469	322		
населения в ОЦ	10,0	4,8	3,2		

В Талине наблюдается устойчивая тенденция роста транспортной подвежности, причем наиболее динамичным является показатель городской мобильности с использованием индевидуального транспорта (табл. 2) [3].

Таблица 2 Подвижность населения города Таллина по данным обследования за 1966 и 1974 гг.

Способ передвижения	1966	I974	<u>1974</u> <u>1966</u>
На массовом транспорте	448	520	II6 %
На индивидуальном транспорте	89	II7	I3I %
Всего на транспорте	537	637	II9 %
Пешком	603	583	97 %
		cesto cesto cesto cesto	
Итого	II40	I220	107 %

Каждый год вводится в действие примерно 250 тыс. м² общей площади в жилых домах [4] или, другими словами, I5—17 тыс. человек переселяется в течение одного года в новые дома. В последние годы новая застройка происходила в районе Вяйке—Ейсмя» (фиг. I), откуда большинство рабочих мест города находится далеко.

Результатом особенностей планировочной структуры Таллина и высокого уровня автомобилизации является большая транспортная подвижность, чем во многих городах с населением свыме I млн. человек.

Для таких городов Советского Союза (без учета Москви и Ленинграда) в 1975 году среднее количество поездок на I жителя в год составляло 527 [5]. В Таллине этот же по-казатель в 1975 г. составлял 544 [4], а для городов такой же величини в среднем по Союзу — 436 [5].

За счет роста подвежности населения и тяготения ОЦ увеличивается интенсивность движения и ухудшаются условия безопасности на магистральных улицах центральной части города. В ЦЧГ находится примерно 24 % из протяженности всех магистральных улиц общегородского и районного значения, а из общей сети улиц — примерно 10 %. На эти 10 % из сети падало в 1976 году примерно 32 % из всех и 26 % из учетных дорожно-транспортных происшествий города.

Если доля учетных ДТП в среднем по городу составляла. 19%, то в ЦЧГ этот показатель был 16%.

Уровень аварийности на магистральных улицах ЦЧТ гораздо больше, чем за пределами этого района (табл. 3). Хотя за пределами ЦЧТ уменьшается интенсивность движения на магистральных улицах, но не в такой мере, как аварийность.

Таблица 3 Уровень аварийности (число ДТП на I км) по отдельным улицам в 1976 году

Улица	На террито-	За преде-
ул. Эндла	I46	48
бульвар Суворова	100	-
ул. Кингисеппа и Комсомоли	89	-
Нарвское шоссе	72	IO
бульвар Эстонии	56	-
ул. Ломоносова	54	
Пярнуское шоссе	52	20
Палдиское моссе	38	20
Тартуское шоссе	34	13
В среднем по всей территории	18	5

Уровень аварийности в ОЦ составлял 21 ДТП/км, а если включить старый город, то — 27 ДТП/км. Приведенные показатели свидетельствуют о сильной концентрации ДТП в центре города.

Тяжесть ДТП в центре только немного меньше, чем их тяжесть в периферийных районах.

В последние годы авторы обследовали интенсивность движения на магистралях, входящих в ЦЧГ.

В Таллине имеется IO таких магистралей и суммарная интенсивность на них составляла в I976 году I30 тнс. физических автомобилей в сутки. Из общей интенсивности 29 % падает на улицу Эндла, доля которой из года в год увеличивается. Эта магистраль вместе с Палдиским поссе соединяет новые жилие районы Мустямяр и Вяйке-Бйсмяр (в I976 году суммарно примерно I30 тнс. жителей) с центром и через центр с районами восточной части города.

В связи с началом интенсивной застройки жилого района в Ласнамя» в 1978 году можно ожидать увеличения доли интенсивности на улицах, связивающих восточную часть города с центром. Этими улицами являются Нарвское шоссе, ул. Томпа и Тартуское шоссе. Доля интенсивности движения на трех названных улицах составляла 32 % и темп роста интенсивности на них уже сейчас значительно выше, чем в среднем на 10 направлениях, ведущих к центру.

Резерв пропускной способности на этих трех улицах в часы пик составляет суммарно примерно 20 %. На улице Энд-ла в часы пик в летние дни наблюдались заторы ввиду исчер-пывания пропускной способности транспортного узла Эндла-Сыпрузе-Тулика. После реконструкций этого узла Техника-Эндла интенсивность на улице Эндла может возрасти на 35-40 %.

Пропусквая способность на направлениях, связывающих центр города с восточной, а также с западной частью города, скоро исчерпается. Такое же положение имеет место на Пярнуском шоссе, где внадук через железные дороги уже в настоящее время ограничивает пропускную способность этой магистрали.

Наверно в первую очередь необходимо создать связь между восточной и западной частью города таким образом, чтобн она не пересекала центральную часть города. Такая трасса имеется, но функционирует неудовлетворительно из-за значетельных задержек на узле Парнуское шоссе — Ярвевана тез и Ленинградское шоссе — ул. Пав, а также на железнодорожном переезде на ул. Ярве.

Из года в год изменяется состав двежения на магист-

Таблица 4
Изменение состава движения в часн пик (I5-I8 ч.)
на магистрадях, входящих в ЦЧГ. %

Место	Годы	Грузо- вне ав- томоб.	Jerro- BHE AB- TOMOG.	Авто- бусы	Мото- цеклы	Всего
В среднем на 10	1973	33,8	48,6	I4,5	3,I	100,0
магистралях	I974	28,8	53,8	12,0	5,4	100,0
	I976	24,0	6I,I	II,4	3,5	100,0
В т.ч. на ул.Энд-	-197 3	28,8	53,I	16,0	2, I-	100,0
ла и Паллиском	1974	21,8	60,2	13,9	4,I	100,0
M0000	1976	17,7	64,2	I5, I	3,0	100,0
Нарвское шоссе,	1973	39,3	43,0	14,6	3,I	100,0
ул. Томпа и Тартуское шоссе	I974 I976	30,2	50,0 60,5	I3,6 I0,6	6,2	I00,0 I00,0

Такая же интенсивность движения легковых автомобилей, как на ул. Эндла, наблюдалась на входе в ЦЧГ I5 лет назад в Москве на улице Горького [6].

Очень бистро увеличивается доля легковых автомобилей на восточных направлениях города. Эти направления используют жители районов Пирита, где уровень автомобилизации превышает среднегородской больше, чем в два раза. В этом районе низкая плотность населения и не очень хорошее обслуживание общественным транспортом, за счет чего удобнее пользоваться собственными автомобилими. Этими направлениями пользуются и те жители города, которые имеют садовые участки в этом районе, а также посетители пляжа.

Интенсивность движения на магистралях, входящих в ЦЧГ, увеличивается быстрее, чем парк автомобилей. Темп роста интенсивности движения и парка автомобилей за период 1974—1976 гг. составляя соответственно I, 36 и I, 22.

В последние годы значительно увеличивается количество автотуристов. За этот же период количество автомобилей автотуристов на стоянках ОЦ увеличилось в 2,76 раза.

Почти таким же темпом, как рост интенсивности движения, происходит и рост количества паркирующих автомобилей в ЦЧТ.

Таблица 5

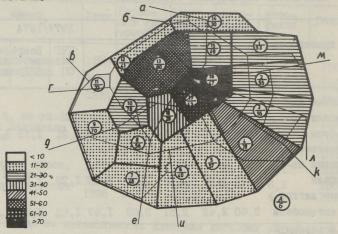
Данамика паркирования в ЦЧГ Таллина (соотношение количества паркирующих автомобилей)

		I	974-19	66	1977/1974			
Вид транспорта	OIT	on OH	Всего	рост авто- парка	OII	OH OE3 IIAI.	Всего на ЦЧГ	рост авто- парка
Грузовые ав-								
томобиле и								
автобусы	I,28	I,6I	I,43	I,47	I,03	I,2I	I,15	I,IO
Ведомственные								
легковые ав-								
томобили	I,65	I,85	I,73	I,85	I,39	I,22	I,33	I,18
Личние дегко-								
вые автомобили	2,60	2,42	2,51	2,48	I,67	I,85	I,80	I,46
Всего автомо-								
били	2,03	2,II	2,07	2,02	I,55	I,63	I,60	I,3I
Мотоциклы	I,03	0,97	0,99	1,21	I,08	0,76	0,88	0,84

Если за период 1966—1974 гг. количество наркирующих личных автомобилей увеличилось в ОЦ бистрее, чем в остальной зоне ЦЧГ, то в последние годы теми роста наркирующих в ЦЧГ уже больше. Это обосновывается наверио двумя основными причинами. Во-первых, общегородские функции всей ЦЧГ все время увеличиваются, и по территории выходят уже за предели ОЦ. Во-вторых, за счет запрешения въезда на некоторые улици старого города и запрещения стоянки на многих улицах.

многие стоянки в ОЦ уже переполнены и поэтому многие вланельны перестале пользоваться автомобелем при трудовых поездках. Надо отметить, что в городе за период 1977 гг. уведечелась подя автовдалельнев, которые детом ежедневно используют свой автомобиль для трудових поездок от 24 до 46 %. Парк личных автомобилей вырос за этот DECI B TON DASA.

По сих пор. пока концентрация автомобилей в ЦЧГ была незначетельная, паркирование обычно происходило на проезжей части удиц. По мере роста парка автомобидей и их конпентрации в ОП паркирующие на проезжей части автомобили становятся преченой заторов и дорожно-транспортных про-MCMCCTBMA.



Фиг. 2. Линейная плотность паркирования (автомоб./км) А - порядковый номер подрайона Б - доля паркирующих у тротуара Улицы, входящие в ЦЧГ: бул. Пыхья е - Пярнуское шоссе ул. Кясперти и - ул. Веэренни - ул. Роху

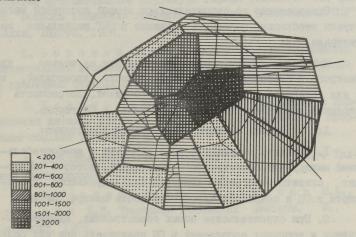
г - Палдиское шоссе л - ул. Лубья д - ул. Эндла м - Нарвское шоссе .

к - Тартуское шоссе

Возникает необходимость сооружения внеудичных автостоянок. По данным обследования паркирования в ЦЧГ Таллина ез всех наркирующих 45,5 % использовале внеуличные стоянки. В 18-ти подрайонах ЦЧТ этот ноказатель колебался в значительных пределах — от 20 до 70 % (фиг. 2).

На 40 % протяженносте магистральных улиц общегородского значения на территории ЦЧГ стоянка запрещена. На магистральных улицах районного значения в той же зоне этот показатель составлял 20 %.

Очень большая доля паркирующих автомобилей вдоль тротуара наблюдалась в старом городе (фиг. 2, подрайон I3). В этом районе, а также в соседних подрайонах I6 и I7 линейная плотность наркирования (авт./км) на проезжей части значительная.



Фиг. 3. Суммарная плотность паркирования (автомоб. /кв.км).

По плотности всех паркирующих автомобилей (авт./км², фиг. 3), выделяются опять подрайоны 16 и 17.

Доля паркирующих автомобилей в ОЦ за период 1966 — 1977 гг. составляла 6,3—8,9 % из всего парка легковых автомобилей города, причем доля легковых автомобилей среди паркирующих все время увеличивается (с 45,6 % в 1966 г. до 69,6 % в 1977 году).

Виволн

Для решения транспортных проблем ЦЧТ надо внедрить сестему разгрузке ЦЧТ и сестему стоянок.

Для разгрузке ОЦ Таллина от транзетного движения необкодимо внедреть систему координерованного движения на марируте ул. Эндла — Комсомоли — Кингисенна, построить Береговую магистраль и вторую кольцевую магистраль.

Для разгрузки ЦЧТ Таллина необходимо в первую очередь соединить Таммсааре тез с Ярвевана тез и реконструировать транспортные узлы Ярвевана тез — Ленинградское моссе и Ярвевана тез — Пярнуское моссе.

Одновременно со строительством второй кольцевой магистрали необходимо расширить входящие в ЦЧТ радмальные магистрали.

В городах должны создаваться условия не только для быстрого и безопасного движения, хранения автомобилей, но и для остановки и паркирования автомобилей. Потребность в стоянках возрастает по мере приближения к ОЦ города.

Для улучшения системы паркирования необходимо:

- I. Улучшить соединение ОЦ с удобными и комфортабельными маршрутами общественного транспорта, которое позволит снизить темп роста движения индивидуального транспорта в ОЦ и сохранить жизнеспособность центра города.
- 2. При строительстве новых общественных, административных и торговых сооружений в ОЦ предвидеть при них большие стоянки, чем потребуется нормами, чтобы покрыть дефицит в стоянках, который образовался в результате недооценки проблемы паркирования в предыдущие годы.
- 3. В пределах старого города расширить зону, в которую въезд личных легковых автомобилей был бы запрещен с одновременным сооружением новых стоянок вокруг ОЦ.
 - 4. Ограничить время стоянки в ОЦ до 1-2 часа путем:
 - а) дорожных знаков,
 - б) применения платных стоянок,
 - в) применения картонных дисков-часов или паркингметров.

- 5. При реконструкции магистральных улиц с регулируемым движением в пределах ОЦ и прилегающих к нему районов предусматривать по возможности полосы паркирования.
- 6. Внедрить систему "Park and ride" в первую очередь при проведении эпизодических спортивных и народных
 праздников, а потом расширить эту систему и на остальные
 поездки. Для этого надо предвидеть строительство крупных
 стоянок на конечных остановках скоростного транспорта.

Литература

- І. Хярмсон П. Некоторые вопросы дальнейшего развития функциональной структуры города Таллина.— Сб. статей "Вопросы экономики градостроительства в Эстонской ССР". Таллин, Валгус, 1966.
- 2. Боровик Е.Н. Принципы и системы размещения автомобильных стоянок в больших городах. ГОСИНТИ. Обзоры по проблемам больших городов. № 4-76.
- 3. Белинский А.В. Динамика расселения и подвижности жителей больного города. ГОСИНТИ. Обзоры по проблемам больших городов № 4—77.
- 4. Народное хозяйство Эстонской ССР в 1976 году. Таллин, Ээсти раамат, 1977.
- 5. Кудрявцев О.К., Федутинов Ю.А., Чуверин И.И. Транспорт городских центров. М., Транспорт, 1978.
- 6. С и г а е в А.В. Автотранспорт и планировка городов. М., изд-во литературы по строительству. 1972.
- 7. Пиклак И.О. Проблемы автомобилизации городов (на примере Таллина). Сб. Транспортные проблемы современного градостроительства. Киев, 1975.

Verkehrsprobleme im Zentrum Tallinns

Zusammenfassung

Das Hauptproblem des Verkehrs im Zentrum Tallinns ist die sehr hohe Konzentration des Verkehrsablaufs, die von der sprunghaften Zunahme der Personenkraftwagen, der Stadtstruktur und dem Stadtplan abhängig ist.

In diesem Zusammenhang wächst mit jedem Jahr im Zentrum die Anzahl der Verkehrsunfälle und vergrössert sich der Bedarf an Parkplätzen.

Auf Grund der Verkehrshebungen sind Vorschläge für die Entlastung des Zentrums von dem Durchgangsverkehr und einige Lösungmöglichkeiten des Parkproblems ausgearbeitet.

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED

ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

УДК 625.7:691.31 С.А. Нургес

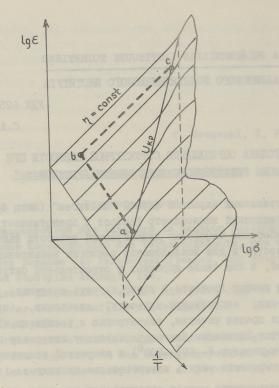
МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТРУКТУРНОЙ ВЯЗКОСТИ ПРИ ПОМОЩИ РОТАЦИОННОГО ВИСКОЗИМЕТРА РЕОТЕСТ 2

Выпускаемый народной фирмой "Мединген" (Зитц Фрейталь ГДР) ротационный вискозиметр Реотест 2 представляет из себя прибор для измерения динамической вязкости нъвтоновских жидкостей и для исследования реологии неньютоновских вязкостей, в том числе дорожных и строительных битумов.

При помощи Реотеста 2 можно изучать следующие аномалии течения: структурную вязкость, дилатацию, пластичность или предел течения, тиксотропию и реопексию. Все это оказывается возможным благодаря широкому интервалу выбираемых температур ($-60^{\circ}...300^{\circ}$) и скоростей испытания, а также возможности менять измерительные цилиндры.

Но применение метода ограничивает то, что подготовительные работы и само измерение могут длиться довольно долго. Несложный расчет показывает, что если стабилизация очередной измерительной температуры займет в среднем 20 мин., а температура изменяется интервалом 5° в возможных пределах термостатирования дистиллированной водой от 5°до 95°, вся процедура измерения температур длится около 6,5 часов.

Время определения показаний на шкале измерительного прибора, как показывает опыт, зависит от скорости вращения цилиндра — ротора, так как стабилизация скорости вращения длится в течение IO—I5 оборотов ротора. Реотест 2 имеет 24 степени в коробке передач. Следовательно, на измерение напряжения деформации при всех возможных скоростях требуется не менее 20 минут. Если испытания проводятся в двух направлениях изменения температуры и скоростей, общий расход времени увеличивается в 4 раза. Всего на один полный цикл измерений требуется 26—28 часов.



Фиг. 1. Геометрическое изображение динамической вязкости дорожных битумов как функции двух переменных.

Окр – линия критической удельной мощности деформации, при которой начинает разрушаться вторичная структура битума.

Разумеется, возникает необходимость сокращения времени определения важнейших показателей исследуемого вещества при помощи сознательного планирования эксперимента. Предыдущими исследованиями [I], [2] установлены математические закономерности изменения вязкости дорожных битумов. Последний показатель можно рассматривать как функцию двух независимых друг от друга параметров — температуры и скорости деформирования. Упомянутая функция представляет собой в прямоугольных координатах очень сложную поверхность, при пересечении которой с поверхностью функции разрушающей структуру удельной мощности деформирования образуется слож-

ная кривая линия и определение численных величин констант этой кривой очень трудоемкое.

Если представить функцию динамической вязкости в системе нелинейных шкал на осях прямоугольной координатной системы соответственно $\lg \varepsilon$, $\lg \sigma$, $\frac{1}{T}$,

где 8 - относительная скорость деформации;

о - напряжение деформации;

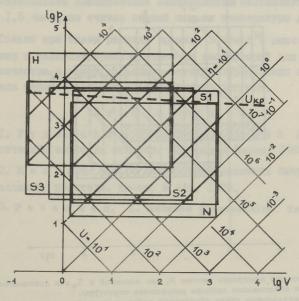
Т - температура по абсолютной шкале Кельвина,

то поверхность функции несколько упрощается. В этом случае интересующие нас зависимести находятся в виде

$$lg \eta = d_0 + a_4 T^{-1}$$

$$lg U = b_0 + b_4 lg \eta$$

(фиг. I). Область вязкости неразрушенной структуры ниже линии критической удельной мощности $U_{\rm кр}$ является наклонной плоскость $\log \sigma - \frac{1}{T}$ 45°, а сама линия $U_{\rm kp}$ оказывается прямой и вея задача определения интересующих нас двух функций, а именне: зависи-

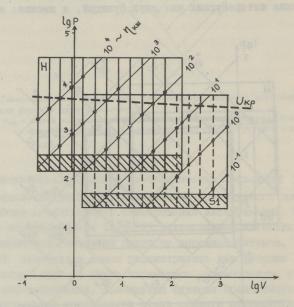


Фиг. 2. Пределы изменения различных систем коаксиальных цилиндров вискозиметра.

мости динамической вязкости неразрушенной структуры от изменения температуры и зависимести разрушающей мощности деформации от динамической вязкости, сокращается на эпределение численных значений некоторых трех точек d, b и C.

Вопрос о самой рациональной схеме действия решен следующим образом.

На фит. 2 показани предели исходных параметров у отдельных систем измерения (цилиндров). Видимо для нефтяных битумов самой подходящей системой является H, которая в некоторых случаях может бить дополнена системой S_4 . Предельная неразрушающая мощность деформирования в достаточной мере охвачена в пределах динамических вязкостей от 10^4 до 10^4 пуаз, что примерно охвативает температури от 100^0 до температури размягчения по методу "кольцо и шар". Этот промежуток температур не требует изменения термостатирующей хидкости, другими словами, межет бить применена дистиллированная вода.



Фиг. 3. Пределы измерения систем Н, как основной и S_4 , как дополнительной для охватывания предела разрушения структуры. Вертикальные линии обозначают набор скоростей сдвига вискозиметра.

Необходимое минимальное число испитаний показано на фиг. З. В случае применения системы Н необходимо провести измерения при температурах 95, 80° и при температуре размягчения Т_{кш}. Верхний температурный уровень удвоен по причине отсутствия предварительных данных о температуре вязкости 10² пуаз. Никняя заштрихованная часть на поле возможных параметров Н означает область относительно малой точности прибора и для применения не рекомендуется. Отдельные возможные результаты отмечены точками и всего их будет примерно 20. Изменение температуры целесообразно превести в сторону поняжения, так как это, во-первых, ведет к уменьшению разрушающей мощности и не требует дополнительного времени для восстановления структуры, во-вторых, займет меньше времени для регулирования температуры при помещи потока окладительной воды.

Направление изменения скоростей также вноирается в сторону постепенного перехода от менее разрушенной на облее разрушенную структуру, то есть, от меньшей к обльшей.

Общий требуемый расход времени для одной марки битума при сознательном планировании эксперимента составляет примерно I,5 часа, не считая первый подъем температуры до 95°.

Только при таком расхеде времени Реотест 2 может бить применен в условиях произведственных лабераторий для контроля качества в замен косвенных методов определения и для контроля термочувствительности дерожных битумов.

Литература ...

- I. Руденская И.М., Руденский А.В. Реологические свейства битумев. М., Высшая школа, 1967.
- 2. Меспак В.К. Оструктурной вязкости битумов.— Тр. Таллинск. политехн. ин-та, № 446, 1978.
- 3. Petersen, I. Katsete planeerimine. Tallinn, 1966.

A Method of Determining Structural Viscosity in Rotary Viscometer 'Rheotest 2'

Summary

This paper presents a method of measuring the viscosity of non-destructed structure and the maximum non-destructing limit of specific deformative power for road-making bitumina.

As fixed by author, the area of speed and temperature variations of 'Rheotest 2' does not allow to determine the viscosity of destructed structure for road bitumina on temperatures lower than 100 °C.

By consciously planning the experiments 1t is possible to decrease the mean determining time from 26...28 h down to 1 h 30 m.

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED

ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛЕТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

УДК 624. 138, 2

П.Л. Сюрье

О КРИТИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ НА ГРУНТ ПРИ УПЛОТНЕНИИ КАТКАМИ СТАТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Рациональное и эффективное использование уплотняющих машин требует контроля за процессом уплотнения. Одним из важнейших параметров, с точки зрения технологии и органивации уплотняющих работ при строительстве дорог, является контактное давление на поверхности контакта рабочего органа катка с уплотняемым материалом. Эти давления не должны превышать определенного предела, и вместе с тем не должны быть и низкими, так как в противном случае снижается эффект уплотнения — т.е. требуемая плотность в конце уплотнения вообще не достигается или достигается заметным увеличением числа проходов катка по одному следу.

Н.Я. Хархута считает, что лучший эффект при уплотнении грунтов получается при соблюдении условий. [1]

$$\sigma_{\mathsf{M}} = (0,9 \dots 1,0) \, \sigma_{\mathsf{p}} \, . \tag{I}$$

Посредством опытов вдавливания жесткого круглого штампа в уплотняемый материал Н.Я. Хархутой установлены пределы прочности грунтов применительно к различным методам уплотнения [I].

Наряду с экспериментальным способом многие исследователи предлагают расчетные формулы для этих целей. Основные из них приведены в таблице 2 [2].

Сопоставление расчетных данных по указанным формулам (см. табл. 2), а также с данными Н.Я. Хархута (см. табл. I)

х у кулачковых и решетчатых каткор контактные давления в 1,5-2,0 раза могут превышать σ_p [II].

показывает, что изучаемый вопрос решен противоречиво (рас-кождения до 10 раз) и требует дальнейшего изучения.

Таблица
Пределы прочности грунтов оптимальной влажности
при уплотнении пневмоколесными катками [1]

Грунт	Пределы прочности грунтов ор кгс/см ² , при плотностях			
MERCETORICE REIL TREET	0,95 δ _{mdx}	I,00 δ max		
Малосвязный (песчаный, супесчаный пылеватый)	3 - 4	3,9 - 5,2		
Средней связности (суглинистый)	4 - 6	6,4 - 9,6		
Высокой связности (тяжелосуглинистый)	6 - 8	9,6 - I2,8		
Весьма связной (глинистый)	8 - 10	12,8 - 16,0		

где б тах - стандартная плотность грунта.

Таблица 2

Формулы для определения контактных давлений и расчетные данные по ним

					The second
MAN III	Формула	Грунт оп- тимально- го соста- ва С = = 0,60	грунтах грунт укрепл. связу-	песок мелко- зернис- тнй С=0,10 φ=30	сугли- нок С=0,45 Ф= 29
1.	$\sigma_{K} = \frac{2c\cos\phi}{1-\sin\phi}$	2,0	3,4	0,9	I,5
2.	$\sigma_{\kappa} = \frac{\pi c}{1 - (\frac{\pi}{2} - \varphi) t q \varphi}$	4,0	6,7	2,0	3,5
3.	$\sigma_{\kappa} = 5 \text{ ctg}^2 (45^\circ + \phi/2)$	8,0	13,0	4,0	6,8
4.	$\sigma_{\kappa} = 0.87 \text{cN}'_{c} + 0.6 \text{grN}' \text{g}$	20,3	33,0	6,5	I5,0

Примечание: Величины угла внутреннего трения ф и сцепления с выбраны по [3].

В настоящей работе на основе решений механики грунтов сделана попытка внести ясность в данный вопрос, поскольку специальные исследования свидетельствуют о возможности распространения законов деформирования грунта под плоским штампом на деформирование под катающимся колесом [4].

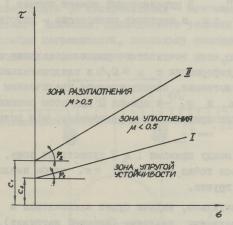
Известно, что устойчивость грунта связана непосредственно с его сопротивляемостью сдвигу. Причем, в основу определения сопротивляемости сдвигу положен закон Кулона

$$\tau = c + \sigma t g \varphi$$
, (2)

где т, т - касательная и нормальная составляющие напряжения, действующего по площади скольжения;

с - сцепление;

ф - угол внутреннего трения.



Фиг. 1. График характерных зон при уплотнении.

Параметр с, который многие исследователи называют и параметром линейности, может быть больше нуля даже в сыпучих грунтах, где нет истинного сцепления между зернами.

Таким образом, принимая в основу прямолинейную зависимость Кулона (2), можно показать, что устойчивость грунта в данной точке зависит от величины нормальных о и касательных с напряжений, или от положения точки с абсциссой о и ординатой с по отношению к определенным характерным линиям I и II (фиг. I). Если символическая точка то расположена ниже прямой I, которую в первом приближении можно назвать пределом упругой деформации, то грунт имеет упругую устойчивость и уплотнения не происходит. Прямая I остается неподвижной и следовательно, положение точки то не меняется — положение стабильное.

Если символическая точка напряжений то находится между прямыми I и II, силовое воздействие на грунт вызывает остаточную деформацию коэффициентом $\mu < 0.5$, т.е. имеет место уплотнение. При этом жесткость структурных связей преодоляется и грунт будет уплотняться за счет уменьшения пористости. В этом случае уплотнение сопровождается увеличением параметров C_1 и C_2 , ϕ_1 и ϕ_2 , определяющих прямые I и II. В определенный момент прямая I пройдет через точку $\tau \sigma$ и наступит равновесие — уплотнение кончается.

Наконец, если точка $\tau\sigma$ расположена выше прямой Π , происходит деформация с $\mu > 0,5$ и следовательно, имеет место разуплотнение, сопровождаемое увеличением объема. Параметры c_2 и ϕ_2 и прямая Π при этом понижается. Такое положение приводит не к равновесию, а к полному разриву.

Итак, между прямыми I и II существует зона, где должна на находиться точка напряжений $\tau \sigma$, чтобы имело место уплотнение грунта.

Следовательно, задача будет заключаться в определении такой величины давления (внешней нагрузки), при которой зоны сдвига только зарождаются, т.е. начальной критической нагрузки.

Возникает вопрос, какой величиной контактного давления при изучении данного вопроса целесообразно руководствоваться, так как в настоящее время исследователи оперируют двумя понятиями по отношению контактного давления — средним и максимальным его значением.

Надо отметить, что определение максимальных контактных давлений связано с определенными трудностями — одна и та же шина при различных нагрузках и давлениях воздуха в ней может иметь несколько форм эпир контактного давления. Кроме того, подобрать расчетную скему, которая учла бы все изменение форм и величин контактных давлений в рабочем диапазоне нагрузок шин, при современной математической аппаратуре практически невозможно. На основе сказанного в данной работе за основу взято среднее контактное давление как наиболее применимое в практических целях.

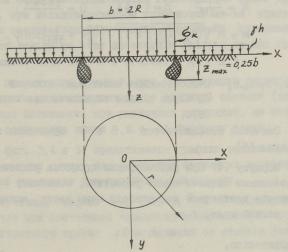
Следовательно,

$$\sigma_{\kappa} = \text{Haup}_{\kappa p}$$
, (3)

где от - среднее контактное давление шины с уплотняемым материалом;

ноч р_{кр} - начальная критическая нагрузка на грунт в данных условиях загружения.

Даже несоблюдение на некоторых небольших участках контактной поверхности (в экстремальных — максимальных теч-ках контактного давления) приведенного условия не повлечет за собой особых погрешнестей, поскольку основная масса грунта находится в фазе уплотнения.



фиг. 2. Расчетная схема [5].

Для решения поставленной задачи относительно пневмоколесных катков целесообразно рассматривать расчетную схему с равновеликой круговой площадью нагружения (фиг. 2), поскольку по результатам статических менытаний ими известно, что соотношение между большой и малой осями эллипса контактной поверхности шин катка с уплотняемым материалом обично находится в пределах I,0...I,5.

Решение аналогичной задачи для круглых фундаментов, с допущением развития пластических зон до глубины, равной одной четверти диаметра погруженной поверхности, приведено К.Е. Егоровым и О.Д. Шировой [5].

$$R^{H} = (Ab + Bh) \chi + Dc, \qquad (4)$$

где R" - нормативное давление;

A,B,D - безразмерные коэффициенты, зависящие от значения угла внутреннего трения;

среднее значение объемного веса грунтов;

диаметр круглого фундамента;

h - глубина его заложения.

T67.

Коэффициенты A, B и D вычисляются по формулам [5]

$$\begin{split} A &= \frac{\sin \phi}{2M} \; ; \quad B = 1 + 4A \; ; \quad D = \frac{2\cos \phi}{M} \; ; \\ M &= R^2 \sqrt{(S_2 - \frac{S_4}{2Rt})^2 + S_5^2} - (\frac{2S_4}{R} + \frac{S_4}{2Rt}) \sin \phi \; , \\ t &= X/R \; ; \end{split}$$

где

 S_1, S_2, S_4, S_5 — несобственные интегралы, которые выражении через полные эллиптические интегралы

Значения коэффициентов A, B и D приведены в табличном виле [5].

Формулу (4) при рассмотрении процесса уплотнения пневмоколесными катками можно упростить, поскольку глубину заложения контактной поверхности шины катка можно принять равной нулю, т.е.

h = 0.

Следовательно,

$$R^{H} = Ab y + Dc . (5)$$

Как показывают расчеты, из-за незначительных поперечных размеров контактной поверхности шины, в формуле (5) первый член, который в основном учитывает глубину развития пластических зон, теряет практическую ценность. Следова-

тельно, для пневмоколесных катков

$$\mu \alpha \Psi p_{KP} \approx R^{H}$$
. (6)

Отсюда

$$\sigma_{K} = DC = \frac{2c\cos\phi}{R^{2}\sqrt{(S_{2} - \frac{S_{4}}{2Rt})^{2} + S_{5}^{2}} - (\frac{2S_{4}}{R} + \frac{S_{4}}{2Rt})\sin\phi}.$$
 (7)

Для расчета контактных давлений σ_{κ} по формуле (7)необходимо иметь данные о величинах угла внутреннего трения ϕ и сцепления С. Последние могут бить определены только опытным цутем.

С этей целью были проведены специальные лабораторные исследования на приборах предварительного уплотнения и сдвига системы Маслова-Лурье.

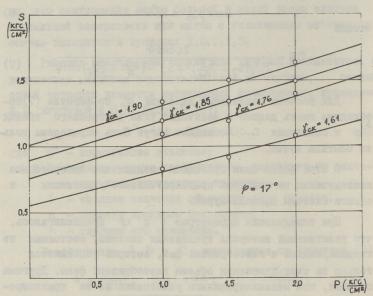
При определении параметров С и ϕ предполагалось, что уплотняемый материал трехфазная система, состоящая из твердой, жидкой и газообразной фаз, который уплотняется только за счет изменения объема газообразной фазн. Другими словами, при механизированном уплотнении из—за кратковременности воздействия уплотняющих механизмов материал уплотняется только за счет витеснения воздуха из—под грунта, т.е. отжатие воды получить нельзя.

Из предыдущего следует, что при изучении данного вопроса грунти надо исследовать по закрытой системе (недренированное испытание) при различных давлениях, но без изменения содержания влаги — т.е. по быстрому срезу.

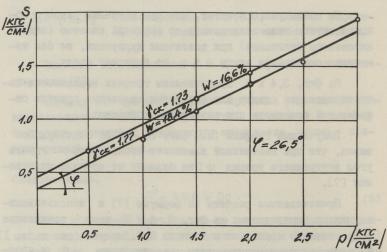
На фег. 3,4 и 5 представлены графики зависимости сопротивляемости сдвигу для различных связанных грунтов оптимальной влажности при различных плотностях.

Подученные графики (см. фиг. 3, 4 и 5) подтверждают вывед, что при постоянной влажности конкретного грунта угол внутреннего трения φ не зависит от степени уплотнения [7].

Произведенные расчеты по формуле (7) с использованием данных, приведенных на фиг. 3, 4 и 5, дали пониженные результаты по сравнению с данными Н.Я. Хархуты (см. табл. I). Но учитывая соотношение между максимальным $\sigma_{\rm M}$ и средним $\sigma_{\rm K}$ константным давлением [I]



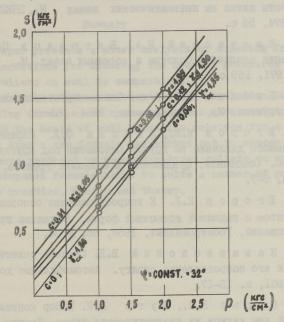
Фиг. 3. График зависимости сопротивляемости сдвигу для суглинка (число пластичности $W_n=10,4$) при оптимальной влажности ($W_n=13\%$).



Фиг. 4. График зависимости сопротивляемости сдвигу для пылеватого суглинка ($W_n=9,4$) при оптимальной влажности ($W_0=17\%$).

$$\sigma_{\mathsf{M}} = \frac{3}{2} \, \sigma_{\mathsf{K}} \,, \tag{8}$$

т.е. увеличив полученные по формуле (7) расчетные величины в I,5 раза, можно констатировать хорошую сходимость с данными Н.Я. Хархуты. Следовательно, условие (I), предложенное Н.Я. Хархутой, и (3) можно считать равноценными.



Фиг. 5. График зависимости сопротивляемости сдвигу для супеси ($W_n=2,0$) при оптимальной влажности ($W_0=11$ %).

Следовательно, сделанные допущения, принятая расчетная схема и правдивость формулы (7) не должны вызывать сомнений, и тем самым формула (7) может быть рекомендована для практических целей в замен ранее предложенной формулы Симона-Пузыревского [8].

Сделанные аналитические выводы проверялись во время лабораторно-стендовых исследований.

Литература

- I. Хархута Н.Я., Васильев Ю.М. Прочность, устойчивость и уплотнение грунтов земляного полотна автомобильных дорог. М., Транспорт, 1975. 283 с.
- 2. Путк А.И., Антипов Л.А. Выбор режимов работы катка на пневматических шинах . М., ЦНИИТЭстроймат. 1974. 59 с.
- 3. Калужский Я.А., Батраков С.Т. Уплотнение земляного полотна и дорожных одежд. М., Транопорт, 1971. 159 с.
- 4. Бабков В.Ф. и др. Основы грунтоведения и меканики грунтов. М., Высшая школа, 1964. 365 с.
- 5. Егоров К.Е., Шилова О.Д. Определение нормативного давления на грунты основания под круглым фундаменты и механика грунтов, № 2, 1968, с. 6-7.
- 6. Егоров К.Е. К вопросу расчета основания под фундаментом с подошвой кольцевой формы. Механика грунтов. НИИ оснований, Госстройиздат, 1958, сб. № 34.
- 7. Казар новский В.Д. Степень уплотнения грунта и его сопротивление сдвигу. Автомобильные дороги, № 12, 1961, с. 15-17.
- 8. Сюрье П.Л., Путк А.И. Выбор контактных давлений для катков на пневматических шинах. Тезисы до-кладов Ш Республиканской научно-технической конференции по автомобильным дорогам и геодезии. Таллин, 1976, с. 40—42.

On Critical Loads on Soil Produced by Statical Rollers

Summary

The paper presents a short analysis of existing formulas and recommendations for choosing the bearing pressures produced by rollers on soil in compaction.

On the basis of the conformation the conclusion is drawn that existing formulas and recommendations give conflicting results. On the basis of soil mechanics solution for a circular loaded area a new formula was worked out to choose bearing pressures produced by pneumatic-tyred rollers on soil.

The proposed formula helps to solve a number of problems arising in practice, design and theory.

epring Les D Z y T a H.S., B s c d z a s a M.S. Doorstore, your viscore a youngement of private accommon notionas automother man appropriate of Appropriate of White and Co.

The property of the control of the c

о. В г о р о в К. К вопром рисчето основным под бущнымитом с выдожей кольнами форма. Маккене груптов. НИ основник, боретриниката, 1958, ст. И 34.

7. H a a k p a o a o a a B B. L. Crement yumorheans rupura a ore cuspormaneans commun. Astronodicance gopern, a 12, 1961, c. 29-17.

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED

ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

УДК 624.131.43

D. A. Jybruyk

ИЗМЕНЕНИЕ ЭФФЕКТА УПЛОТНЕНИЯ ПО ГЛУБИНЕ СЛОЯ ГРУНТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ КАТКА

Современное строительство городских улиц, автомобильных дорог и т.п. немыслимо без высокопроизводительных уплотияниях машин. В настоящее время значительно ресширился парк таких машин (катки на пневмошинах) и они находят применение повсеместно, где необходимо высокопроизводительное и высококачественное уплотиение дорожно-строительных материалов. Рабочая скорость катков на пневматических шинах в настоящее время теоретически обоснование может достигать 25...30 км/ч [2]. Ввиду этого значительный интерес представляет вопрос зависимости эффекта уплотиения от скорости движения катков на пневматических шинах на эффект уплотиения по глубине уплотияемого слоя.

С целью выявления зависимости влияния скорости движения катка на иневматических шинах на илотность уплотняемого грунта по его глубине нами были проведены экспериментальные исследования при помощи лабораторного стенда [I], оборудованного пятью ведущими пневмоколесами с шинами 3,5х5,0.0пыты проводились с давлениями в шинах 3,5 и 2,5 кгс/см² при нагрузках 62 и II5 кг на колесо.

Испитуемый грунт был пылеватый суглинок "полигона МА-ДИ" с нарушенной структурой. Объемный вес скелета грунта $\chi_{\rm CK} = 1.77$ гс/см 3 , оптимальная влажность $W_{\rm OHT}$ 18,5 %. Характеристики испитуемого грунта приведены в таблице I.

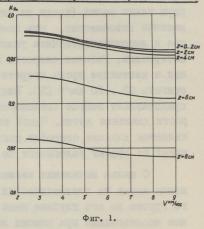
Всего в процессе экспериментального исследования нами было проведено 47 серий опытов с пятью и одним ведущими колесами, каждый опыт повторялся от 3 до 5 раз. В процессе каждого опыта тележка лабораторного стенда делала IO до I2 проходов, с переменной (увеличивающейся) или постоянной скоростью по проходам, от 2.5 до I2 $\mathrm{Rm/q}$.

Таблица Результати лабораторного анализа пилеватого суглинка "полигона МАДИ"

Суммарный гранулометрический состав, %				Пласт	%	
гравий	песок	пыль	глина	верхний предел	нижний предел	число пластично— сти
0,2	27,2	58,7	13,9	29,6	20,2	9,4

Испитуемый грунт был при влажности $W = (0,955 \dots I,055)$ W_{OIIT} , начальный объемный вес грунта составлял I,07...I,0I2 кг/см³, а глубина рыхлого слоя грунта составляла I6...20 см.

Плотность грунта определялась предварительно оттарированным плотномером ударником и режущими кольцами после каждого прохода на поверхности грунта и по глубине, через каждые 2 см.

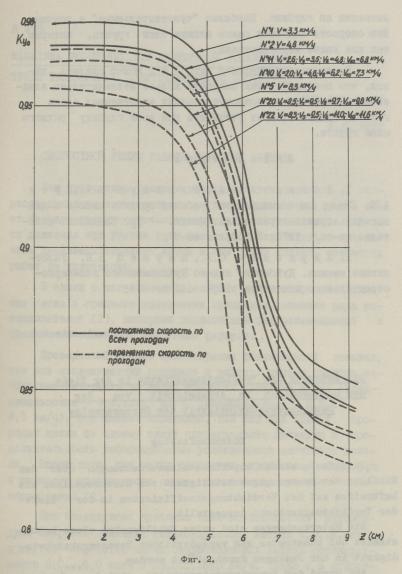


T

На фиг. І представлены зависимости относительного коэффициента уплотнения по глубине z (см), при постоянной скорости движения колеса 3,50х5,0 после десяти проходов по одному следу.

Как видно из графиков фиг. I, наибольшее влияние на плотность слоев грунта для колеса 3,50х5,0 оказывают скорости до 6...7 км/ч. Такая средняя скорость обеспечивает воздействие уплотняющего органа на единицу длины уплотняемой поверхности в течение 0,3...0,5 с, за все проходы.

На фиг. 2 приведены графики зависимостей относительного коэффициента уплотнения по глубине z (см) при посто-



янных и переменных скоростях движения V (км/ч) колеса по проходам.

Как видим из графиков фиг. 2, поступательная скорость колеса незначительно влияет на изменение коэффициента уп-

лотнения по глубине. Наиболее "чувствительниме" к повышению скорости являются самые нижние слои грунта, которые так или иначе недоуплотнены.

На основании графиков фиг. I и 2 можно сделать вывод, что поступательная скорость колеса незначительно влияет на однородность плотности верхних уплотненных слоев грунта, однако следует учитывать при этом глубину рыхлого слоя грунта.

Литература

- I. Антипов Л.А., Лувищук Ю.А., Путк А.И. Стенд для исследования рабочих органов катков и движителей дорожно-строительных машин. — Тр. Таллинск. политехн. ин-та, 1973, № 351, с. 89—97.
- 2. Жиркович С.В., Наумец Н.И. Уплотнякщие машины. Куйоншев, изд-во Куйоншевского инженерностроительного института, 1962. 443 с.

J. Luwischtschuk

Die Änderung des Verdichtungseffekts in der Tiefe der Bodenschicht in Abhängigkeit von der Bewegungsgeschwindigkeit der Strassenwalze

Zusammenfassung

Im Aufsatz werden Experimentaluntersuchungen über den Einfluss der Bewegungsgeschwindigkeit von Strassenwalzen mit Luftreifen auf den Verdichtungskoeffizienten in der Tiefe der Verdichtungsschicht dargestellt.

Die Untersuchungen sind unter Zuhilfenahme eines Laborstandes bei konstanter und veränderlicher Bewegungsgeschwindigkeit in den Passagen durchgeführt worden.

Auf Grund der Experimentalergebnisse wird der Schluss gezogen, dass die Geschwindigkeit der Vorwärtsbewegung des Rades einen Einfluss auf die Dichte nur der unteren nicht gänzlich abgedichteten Bodenschichten hat.

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED TPYJIH TAJJUHCKOTO HOJUTEXHUYECKOTO UHCTUTYTA

УДК 625.7.084

А.И. Путк

СКОРОСТНОЙ РЕЖИМ РАБОТЫ ДОРОЖНЫХ КАТКОВ

Под скоростным режимом работы следует понимать скорость движения катка в процессе уплотнения. Этот вопрос имеет бельшое практическое значение, так как повышение скорос ти движения при укатке дает возможность значительно увели чить производительность катка и тем самым снизить стоимость работ по уплотнению.

В связи с актуальностью вопроса выбор скорости движения катка в процессе уплотнения привлекал внимание ряда исследователей [I], которыми разработаны ряд рекомендаций и предложены некоторые расчетные формулы.

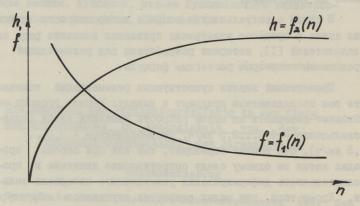
Проведенный анализ существующих рекомендаций показал, что все исследователи приходят к выводу: первые проходы необходимо совершать на малой скорости движения катка (гладковальцовые — 0,8...2,5 км/ч, пневмоколесные — 2,0...
4,5 км/ч). Это вполне оправдано, так как при первых проходах катка по одному следу сопротивление движению и продолжительность деформирования уплотняемого материала велики. Кроме того, при малых скоростях улучшается структура
и ровность уплотняемого слоя; уменьшается явление волнообразования [2].

При последующих проходах одни исследователи рекомендуют скорость движения гладковальцовых катков 4,0..6,4км/ч, а другие — 8,0...10 км/ч; пневмоколесных катков соответст венно 5,0...6,0 км/ч и 10,0...16,0 км/ч. Также и в отноше нии последних проходов: одни рекомендуют совершать их на малой скорости, а другие — на высоких скоростях.

Следует отметить, что и предложенные формулы по своей структуре весьма разнообразны и дают в расчетах больше расхождений между собой. Кроме того, общим недостатком всех известных формул является то, что они позволяют определить скорость только в пределах одного прохода катка, а не по отдельным проходам по одному следу.

Таким образом, в настоящее время нет еще единого мнения по выбору скорости движения катков в процессе уплотнения и не удалось получить удобной формулы для практических расчетов.

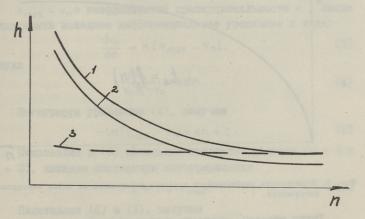
Анализ конструктивных особенностей и процесса работы катков в различных условиях эксплуатации, а также закономерностей наконления остаточной деформации в процессе нагружения дорожно-строительных материалов постоянной циклической нагрузкой [3], позволил выявить следующие предпосники к формулировке основного правила о выборе скоростного режима работы катков.



Фиг. 1. График зависимости между осадкой h, коэффициентом сопротивления перекатыванию f и числом проходов n (из работы [4]).

I. В настоящее время стали выпускать катки с гидростатической трансмиссией с бесступенчатым изменением скорости укатки в зависимости от сопротивлений перекатыванию, возникамших при работе катка. Поскольку это сопротивление с кажным проходом по одному следу уменьшается (фиг. I), то соответственно повышается и скорость движения катка по проходам.

2. При проходе катка по одному следу как остаточная. так и общая деформация уплетняемого материала будут с каждым проходом уменьшаться (фиг. 2) и наступит момент, когла остаточная деформация будет равна нудю и общая пеформация состоит целиком из упругих деформаций. Ввиду того, величина деформации, при прочих равных условиях, исключительно от времени действия нагрузки. необходимое время деформирования материала будет, как показали опыты [3], с каждым проходом уменьшаться по закону точной деформации. Кроме того, закономерность накопления остаточной деформации h и вместе с тем коэффициента уплотнения от числа повторностей нагружения (проходов) имеет вид, как это показано на фиг. I [3]. Следовательно, суммарное время to необходимое для протекания всей деформации, имеет аналогичный характер и может быть представлено графиком, приведенным на фиг. 3.



Фиг. 2. Изменение общей (кривая 1), остаточной (кривая 2) и упругой (кривая 3) деформаций при повторных циклических нагрузках (по опытам [3]).

Суммарное время, в общем случае, имеет вид

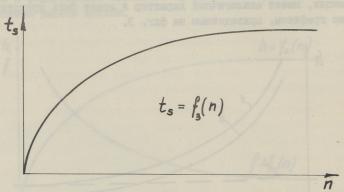
$$t_s = \sum_{i=1}^n t_i , \qquad (I)$$

где t_i — необходимое время воздействия рабочего органа катка на уплотняемий материал за один проход.

$$t_{i} = \frac{0}{V_{i}}, \qquad (2)$$

где V_i и d_i — соответственно поступательная скорость и длина площади контакта рабочего органа кат-ка с уплотняемым материалом при i —м про-холе катка.

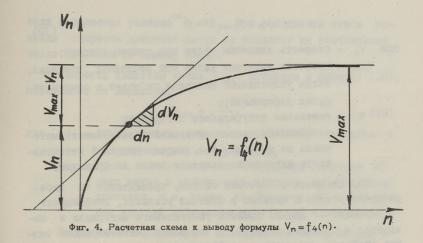
По вышеизложенному нетрудно убедиться, что характер кривой скорости движения катка по отдельным преходам имеет аналогичный характер с кривой зависимести $t_S = f_3(n)$, приведенной на фиг. 3, т.е. имеет характер "з е р к а л ь — н о г о о т р а ж е н и я" кривых зависимости коэффициента сопротивления качению (фиг. I) и изменения остаточной деформации (фиг. 2) от числа проходов катка по одному следу.



Фиг. 3. Зависимость необходимого времени деформации от числа повторностей нагружения.

Таким образом, сущность рационального скоростного режима укатки состоит в том, что с к о р о с т ь д в и — ж е н и я к а т к а с к а ж д ы м п р о х о д о м д о л ж н а п о с т е п е н н о у в е л и ч и в а т ь— с я и достигать при последних проходах своего максимального значения.

Исходя из вышеприведенного можно составить расчетную схему (фиг. 4) для вывода формулы определения скорости движения катка в зависимости от числа проходов по одному следу.



Принимая dv_n/dn (фиг. 4) пропорциональной разности $v_{max} - v_n c$ коэффициентом пропорциональности k, можно представить исходное дифференциальное уравнение в виде:

$$\frac{dv_n}{dn} = K (V_{max} - V_n), \qquad (3)$$

откуда

$$\frac{dv_n}{v_{max}-v_n} = \kappa dn. \tag{4}$$

Интегрируя уравнение (4), получим

$$-\ln\left(v_{\text{mdx}} - v_{\text{n}}\right) = \kappa n + c. \tag{5}$$

Подставляя в (5) начальные граничные условия (n=0 и $v_n=0$), находим постоянную интегрирования

$$C = -\ln V_{\text{mdx}}.$$
 (6)

Подставляя (6) в (5), получим

$$-\ln(V_{\text{max}} - V_{\text{n}}) = \kappa n - \ln V_{\text{max}}. \tag{7}$$

Совершая необходимые преобразования этого выражения, имеем

$$\ln\left(\frac{V_{\text{max}} - V_{\text{n}}}{V_{\text{max}}}\right) = -\kappa n, \qquad (8)$$

откуда

$$\frac{V_{\text{max}} - V_{\text{n}}}{V_{\text{max}}} = e^{-\kappa n} \tag{9}$$

После преобразования (9) решение уравнения (3) в окончательном виде будет

$$V_n = V_{max} (4 - e^{-KR})$$
 (10)

где Vn - скорость движения катка при данном проходе;

V_{mdx} — скорость движения катка при последних проходах, когда уплотняемый материал работает в стадии упругих деформаций;

е - основание натурального логарифма;

к - керффициент, характеризующий уплотняеместь материала ве времени, т.е. характеризующий интенсивнесть нарастания скорости катка по прохедам.

Как пеказали результати опитов, проведенние на дабораторном стенде и катками в полевих условиях, коэффициент к зависит от вязких свойств уплотняемого материала и находится в пределах 0, I...0,6. Чем более резко выражени вязкие свойства, тем меньше коэффициент к.

Кроме того, сопоставление экспериментальных данных с расчетными показало, что формула (IO) дает удовлетворительные для практических расчетов результать, если соблюдены следующие условия:

$$\sigma_{M} = \sigma_{q}; \quad H_{\varphi} = H_{0} \quad \mathbf{M} \quad t_{n} \leq t_{B}, \quad (II)$$

где σ_{M} — максимальное контактное давление на площади контакта рабочего органа с уплотняемым материалом;

о предел уплотнения (несущая способность) уплотняемого материала в конце процесса укатки;

Нф - фактическая толщина уплотняемого слоя;

Но - оптимальная толщина уплетняемого слоя;

tn - время, необходимое для погружения рабочего органа катка в уплотняемый материал;

t_в — время воздействия рабочего органа на уплотняемый матермал.

Из формулы (IO) видно, что скорость движения катка в процессе уплотнения и необходимое число проходов по одному следу находятся в определенной взаимосвязи друг с другом. Как правило, увеличение скорости движения катка в процессе уплотнения вызывает увеличение необходимого числа проходов по одному следу [2].

Однако, как показали результаты проведенных автором исследований, это увеличение соблюдается лишь в том случае, если нарушается условие $t_n \le t_{\rm B}$. При соблюдении этого условия скорость движения катка не повлияет на необходимое число проходов по одному следу.

Скересть движения катка \vee_{max} . входящую в формулу (IO), определяют из выражения

$$V_{\text{max}} = \frac{d}{t_{n_{\text{M}}}} . \tag{12}$$

где Q — длина площади контакта рабочего органа катка с твердей опорной поверхностью;

tny — время, необходимее для погружения рабочего органа катка в уплотняемый материал при последних проходах, т.е. время, необходимее для протекания упругой деформации уплотняемого материала.

Проведенные лабораторные исследования на трехитамповом приборе [3] показали, что для различных материалов t_{n_q} нахедится в пределах 0,03...0,08 с.

Время $t_{n_{\bf q}}$ межет быть эпределено также расчетным пу-

Для установления продолжительности погружения рабочего органа катка в уплотняемый материал и в частном случае времени протекания упругой деформации уплотненного материала составлено [I] дифференциальное уравнение

$$m \frac{d^2h}{dt_{n_y}^2} - \sigma_M + r(h) = 0$$
, (I3)

где h — глубина погружения рабочего органа (упругая деформация материала);

 сепретивление уплотняемого материала деформированию;

т - удельная масса удельней нагрузки;

$$m = \frac{\sigma_M}{q} \, . \tag{14}$$

где с - ускорение удельной силы тяжести.

Подставив значение т в уравнение (ІЗ), получим

$$\frac{d^2h}{dt_{n_q}^2} + \frac{g}{\sigma_M} r(h) - g = 0.$$
 (15)

Для решения этого уравнения необходимо знать закон сопротивления уплотняемого материала вдавливанию r(h). В этом случае наиболее нелесообразно использовать широко распространенную формулу Шульна—Летошнева [5]

$$r = ch^{\mu}$$
 (I6)

При песледних преходах катка, когда уплетняемый материал работает в упругой стадии $\mu = 1$, зависимость (16)HOMMET BAIL

r = ch.(I7)

где с - объемный коэффициент вдавливания.

После подстановки (17) в (15) дифференциальное уравнение принимает вид $\frac{d^2h}{dt_{ng}^2} + \frac{gch}{\sigma_M} - g = 0$.

(I8)

Решение этого уравнения путем двуккратного интегрирования позволило получить следующую формулу для определения времени претекания упругой деформации уплотненного материала

 $t_{n_q} = \sqrt{\frac{2\sigma_M}{cq}} \left[\arcsin\left(\frac{ch}{2\sigma_m} - 1\right) + \frac{\pi}{2} \right].$ (I9)

Сравнение расчетных данных по формуле (19) с экспериментальными [3] показало в большинстве случаев удевлетворительную сходиместь результатов, что дает основание рекемендевать формулу (19) для практического использования при расчете скерести движения катков по формуле (10).

Литература

- І. Путк А.И., Антипев Л.А. Выбер режимев работы катков на пневматических шинах. М., ЦНИИТЭстроймаш, 1974. 57 c.
- 2. Хархута Н.Я. Машины для уплотнения грунтов. Л., Машиностроение, 1973. 176 с.
- 3. Путк А.И. Обоснование выбора некоторых параметров и режимов работы самоходных катков на пневматических шинах при уплотнении асфальтобетона. Писсертация на соискание ученой степени канд. техн. наук. М., 1967. 182 с.
- 4. Пиковский Я.М. и др. Дорожные машины и оборудование. М., Машгиз, 1960. 604 с.
- 5. Лувищук Ю.А., Путк А.И. О применяемости формул для расчета сопротивления грунтов вдавливанию. Тр. Таллинск. политехн. ин-та, 1973, № 351, с. 99-108.

On Speed Conditions in the Working Process of Read Rollers

Summary

This article gives an analysis of the contemporary situation and the general regulations of speed conditions in rolling.

Formulae for calculating the speed of a single pass and for determining the spreading time of elastic deformation in the material to be compacted are given.

The decrease uperater ages, herra yearstead sizepace decrease a superationage prof. seasonsopen (16)

THE CONTRACTOR OF THE PROPERTY OF THE PROPERTY

dia principalità dell'accessore della principalità della compania della compania

al appropriate attached and pathology and antalments of an

Оримение регосими вания из доржум (20) о восотравинтальное (3) починам в сельняются обущев усепатемрических винценость рекультатор, что дает осветсяюще учинениямием бермум (30) для правического кольтильными при рассиму старыми развитие актим по формум (10).

I. II were and a description of the I.A. Broom processes and the second second

Z. I a r r 7 r a M.S. Mennes nin yunormonic rpyuroz. L. Minimuseparene, 1973. 176 p.

3, II ; * 8 8, N. Occidental secope agreement nepasection a beautic process concretent entries as communication when press of processors separated from Ecocopyright as they also press company engal read, may, M., 2007, 182 of

d. No. of No. of the A. A. St. of Mr. Magnetic restrict to asserting parameter, No. 1980, A. O. C.

A A T A R T T ALL. I T T R A.M. C sponsoreason of drivers are acceptanced to the companies of the companies

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED

ТРУПЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

УДК 625.7.084

А.И. Путк

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТА УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВ ОТ ВЕДОМЫХ И ВЕДУЩИХ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ КОЛЕС

В практике дорожного строительства широкое распространение получили пневмоколесные катки, из которых прицепные выпускаются только с ведомыми колесами, а самоходные — в основном с одной ведущей осью. Известны также самоходные катки со всеми ведущими колесами. Такие катки выпускаются фирмами Шейд, Хамм, Веллер (ФРГ) и другими фирмами зарубежных стран.

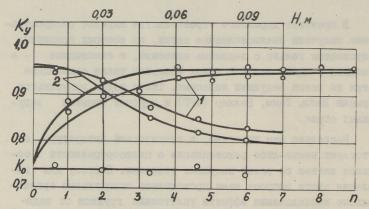
Насколько нам известно, в технической литературе отсутствуют какие-либо рекомендации о целесообразности создания катков со всеми ведущими колесами. Поэтому для выявления этого вопроса нами проводились специальные сравнительные исследования эффекта уплотнения грунтов от ведомых и ведущих пневматических колес.

Исследования проводились в дабораторных условиях на специальном стенде [I] с одинаковыми контактными параметрами колес. Во всех опытах нагрузка на контактную площадь и давление воздуха в шинах были постоянными. Толщина рыхлого слоя грунта с начальным коэффициентом уплотнения $K_0 = 0.72...0.74$ и уложенного на уплотненное основание, находилась в пределах 0,10...0,II м. Влажность уплотняемого грунта (суглинок) была близкой оптимальному значению.

Необходимое число проходов стенда устанавливалось на основе пробных опытов и находилось в пределах 8...9, а скорость движения 0,8 км/ч.

При проведении опытов пробы на влажность и для определения объемной массы скелета грунта брались по методу режущих колец после каждого прохода стенда как на повержности уплотняемого участка, так и по глубине.

В результате обработки опытных данных были получены ряд интересурших нас зависимостей. В качестве примера на фиг. І приведены зависимости коэффициента уплотнения от числа проходов стенда по одному следу и зависимости распределения коэффициента уплотнения по глубине уплотняемого слоя. Точки, приведенные на графиках, представляют среднюю арифметическую девяти измерений при трехкратном повторении опытов.



Фиг. 1. Зависимости коэффициента уплотнения грунта K_y от числа проходов n и глубины уплотняемого слоя H: 1 - ведомые колеса; 2 - ведущие колеса.

Сравнение результатов, приведенных на фиг. I, показывает, что число проходов по одному следу при ведущих колесах на 2...3 прохода меньше, чем с ведомыми колесами, так как коэффициент уплотнения $K_y = 0.95$ достигается за 6...7 проходов, а при ведущем режиме работы колес за 4...5 прохода стенда по одному следу. Такое различие в результатах объясняется тем, что при качении ведомого колеса происходит некоторый сдвиг уплотняемого материала в сторону движения колеса, что в свою очередь, вызывает увеличение числа проходов по одному следу.

С другой стороны, при прочих равных условиях, коэффициент уплотнения по глубине с ведомыми колесами убывает менее интенсивно, чем с ведущими (фиг. I). Причем разность в глубине проработки между ведомыми и ведущими колесами при одинаковом коэффициенте уплотнения возрастает с глубиной. Это объясняется тем, что характер эпор контактных давлений при ведущем режиме, вследствие действия окружной силы, отличается от характера эпор при ведомом режиме работы колеса.

Как показали исследования [2], при ведущем режиме работы шины появляется небольшой максимум в середине эпоры, а абсолютное значение максимальных контактных давлений несколько меньше, чем у ведомых колес. Поскольку ведущий режим приводит к более равномерному распределению давлений по площади контакта шины с уплотняемым материалом [3], то это обстоятельство и является причиной для некоторого уменьшения глубины проработки при ведущем режиме работы колеса.

Для выявления вопроса, какому же из рассмотренных режимов работы пневматических колес следует отдать предпочтение, межет служить показатель — глубина преработки грунта Н на один проход колес по одному следу n , т.е. отношение Н/n.

Результаты расчета H/n в метрах, с учетом данных фиг. I, приведены в таблице I.

Таблица І.

Коэффициент уплотнения на расчетной глубине	0,94	0,90	0,85	0,83
Ведомый режим, при n = 7	0,003	0,006	0,010	0,013
Ведущий режим, при n = 4	0,005	0,008	0,012	0,015

Как видно (табл. I), уплотнение грунта с ведущими колесами намного эффективнее, чем с ведомыми.

Учитывая приведенные результаты исследований и другие преимущества ведущих колес, как меньшие энергетические затраты движение и др., можно сделать вывод, что целесообразно создать самоходные пневмоколесные катки со всеми ведущими колесами. При этем, некоторое услежнение трансмиссии компенсируется за счет произведительности и другими преимуществами, присущими каткам со всеми ведущими колесами [4].

Литература

- І. Антипов Л.А., Лувищук Ю.А., Путк А.И. Стенд для исследования рабочих органов катков и движителей дорожно-строительных машин. -Тр. Таллинск. политехн. ин-та, 1973, № 351.
- 2. С м о л е н ц е в а В.А. Исследование влияния основных параметров рабочих срганов катков пневматических шин на эффективность процесса уплотнения дорожно-строительных материалов. Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук. М., 1974.
- 3. Хархута Н.Я. Машины для уплотнения грунтов. Л., Машиностроение, 1973.
- 4. Коретин С.Ю., Антипов Л.А., Путк А.И. Самоходные катки на пневматических шинах. М., ЦНИИТЭстроймаш, 1968.

A. Putk

A Comparative Analysis of the Compaction

Effect of Driving and Driven Pneumatic Wheels
in Compacting Soils

Summary

The article gives the results of the comparative analysis of the compaction effect attained from the driving and driven pneumatic wheels.

As the investigations showed, the most expedient rollers to be created would be self-propelled rollers on pneumatic wheels, every wheel being tractive.





Цена 72 коп.