

Ep. 6.7

d

670

ISSN 0136-3549

0320-3433

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI

# TOIMETISED

ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

TRANSACTIONS OF TALLINN  
TECHNICAL UNIVERSITY

УСЛОВИЯ ДВИЖЕНИЯ  
ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ.  
ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА  
РЕМОНТА И СОДЕРЖАНИЯ ДОРОГ



TALLINN 1988



# 670

ALUSTATUD 1937

TALLINNA POLÜTEHNILISE  
INSTITUUDI TOIMETISED

ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

TRANSACTIONS OF TALLINN  
TECHNICAL UNIVERSITY

УДК 621;625;656;711

УСЛОВИЯ ДВИЖЕНИЯ  
ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ.  
ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА  
РЕМОНТА И СОДЕРЖАНИЯ ДОРОГ

Автомобильные дороги.  
Автомобильный транспорт XVII

670

1988

TALLINNA POLITEHNILISE  
INSTITUUDI TOIMETISED

TALLINNA POLITEHNILISE  
INSTITUUDI TOIMETISED

TRANSBATIONS OF TALLINN  
TECHNICAL UNIVERSITY

УДК 621.625.626.188 КД

ТАЛЛИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
Труды ТПИ № 670  
УСЛОВИЯ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ,  
ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА РЕМОНТА И  
СОДЕРЖАНИЯ ДОРОГ  
Автомобильные дороги. Автомобильный транспорт ХУ11  
На русском языке  
Ответственный редактор А. Рандлепп  
Технический редактор Е. Зорина  
Сборник утвержден коллегией Трудов ТПИ 28.04.88 г.  
Подписано к печати 16.12.88 г.  
МВ-05948  
Формат 60x90/16  
Печ. л. 4,25 + 0,25 приложение  
Уч.-изд. л. 3,51  
Тираж 300  
Заказ № 812  
Цена 70 коп.

Таллинский политехнический институт  
200108 Таллин, Эхитагате теэ, 5  
Ротапринт ТПИ  
20000€ Таллин, ул. Коскла, 2/9



TALLINN 1988

А.Э. Аавик, В.М. Сегеркранц

БАЗА ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ СИСТЕМЫ ОПТИМАЛЬНОГО  
ПЛАНИРОВАНИЯ РЕМОНТА ГОРОДСКИХ УЛИЦ И ДОРОГ  
(СИСТЕМЫ РМЭ) ЭСТОНСКОЙ ССР

Наряду с высокими темпами градостроительства и роста интенсивности движения на городских улицах повышаются требования к эффективности работы автомобильного транспорта, что ведет к росту тяжеловесных автомобилей, автобусов и троллейбусов в транспортном потоке. В связи с этим необходимо отметить, что увеличение нагрузок от дорожного движения, интенсивное применение противогололедных реагентов и фрикционных материалов ускоряют износ и разрушение дорожных покрытий, поэтому в городское дорожное хозяйство вкладываются значительные капиталовложения. Следует отметить, что с переходом экономического и социального развития страны, в том числе и городского хозяйства, от экстенсивного роста на интенсивное использование имеющихся основных фондов все большее значение в городах приобретают вопросы эффективности содержания и ремонта существующих улиц и дорог.

Однако существующий порядок планирования средств на ремонт и содержание городских дорог не учитывает полностью изменившихся условий работы городских дорожных сооружений. При планировании ремонтных работ городских улиц в СССР используется в основном метод Академии коммунального хозяйства им. К.Д. Панфилова [1]. Но установленные конкретные нормы межремонтных сроков являются не эффективными, так как учитывают динамику нескольких (интенсивность движения, коэффициент прочности дорожного покрытия, средний ежегодный износ покрытия) факторов, которые не могут в комплексе охарактеризовать надежность дорожного покрытия. Частично этот недостаток устраняют предложенные новые общесоюзные нормы межремонтных сроков для автомобильных дорог. При разработке

этих норм оптимальное решение было достигнуто по критерию минимума приведенных суммарных дорожных и автотранспортных затрат для каждой категории дорог типа дорожного покрытия. В зависимости от интенсивности движения, категории дороги и уровня надежности срок службы составляет II–I6 лет. Следует отметить, что хотя предложенные нормы межремонтных сроков учитывают больше факторов, чем ныне используются, они в практическом применении служат также общим руководством и не позволяют учитывать всех влияющих факторов. При этом может возникнуть ситуация, что, руководствуясь межремонтными сроками, для конкретного покрытия ремонт может быть запоздалым или преждевременным, причем в обоих случаях увеличиваются затраты по сравнению со своевременным ремонтом.

В настоящее время затраты на ремонт и содержание городских улиц и дорог Эстонской ССР составляют около 70 % затрат отрасли, т.е. в 2 раза превышают затраты на строительство.

За последние 10 лет площадь усовершенствованных дорожных покрытий возросла в 1,6 раза. За этот же период затраты на капитальный ремонт возросли тоже в 1,6 раза, а затраты на текущий ремонт и содержание в 2,15 раза. Нарастание объемов строительства осуществлялось более низкими темпами с большой амплитудой годовых колебаний.

Затраты по отрасли в целом за эти 10 лет возросли также в 1,6 раза, однако состояние уличной сети продолжает отставать от требований городского транспорта. Так по данным технических осмотров состояние покрытий городских дорог и улиц улучшается медленно (из неудовлетворительного состояния вводится в хорошее за один год в среднем 1 % из усовершенствованных покрытий городских улиц и дорог) (см. табл. I)

Т а б л и ц а I

Состояние усовершенствованных покрытий городских улиц и дорог в Эстонской ССР

Состояние	Ед. изм.	1975–1980 годы сред- нее	1981–1985 годы сред- нее	1986 г.
Хорошее	%	31	37	39
Удовлетворительное	%	47	46	48
Неудовлетвори- тельное	%	22	17	13

Общая ситуация улучшения состояния покрытий достигнута, по нашему мнению, за счет увеличения удельного веса среднего ремонта (возобновление слоя износа путем укладки нового слоя, методом "репавинга" и поверхностной обработки).

Вышеприведенный рост затрат на капитальный ремонт в 1,6 раза с учетом удорожания дорожных работ не позволяет добиться увеличения темпов роста физических объемов капитального ремонта.

Выбор объемов капитального ремонта и принимаемые решения по виду ремонта осуществляются в целом, однако без достаточного научного обоснования больше по интуиции и возможностям.

Мы не можем сегодня сказать, являются ли выбранные (выполненные) нами объемы ремонта и технологические решения обоснованными, а может быть и убыточными с учетом некоторой перспективы.

Решению проблемы усовершенствования планирования и содержания дорожных покрытий может помочь принципиально отличающаяся система, основанная на оценке и прогнозе состояния дорог. Программа работ должна быть разработана на основании решения задачи оптимизации. Такой системой является впервые выработанная в США система - Pavement Management System (PMS) [2], которая позволяет в рамках имеющихся материальных ресурсов и времени с применением автоматизированной системы хранения и обработки информации о состоянии дорожных покрытий составить стратегию обслуживания и ремонта дорог, обеспечивающую желаемый уровень транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог или городских улиц.

В известную структуру системы PMS необходимо ввести некоторые коррективы с учетом существующих в СССР условий (см. рис. 1). Основой системы является база знаний транспортных качеств улиц и дорог. Данную базу можно разделить на два раздела: раздел 1 - общие данные; раздел 2 - динамика состояния.

В разделе 1 накоплена следующая информация:

- название улицы, дороги;
- длина перегона;
- категория;

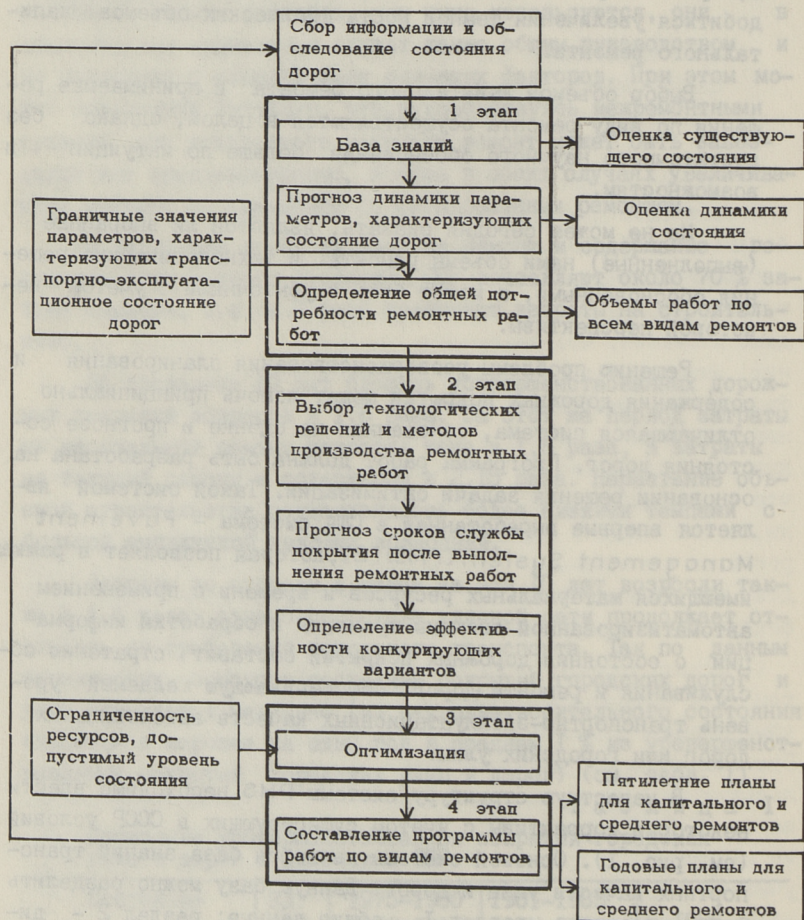


Рис. 1. Блок-схема разработки системы PMS.



- данные об интенсивности в начале и конце перегона;
- ширина покрытия и обочин (тротуаров);
- ограничения скорости;
- данные об аварийности;
- данные о годах строительства, капитальных и средних ремонтах;
- общий модуль упругости дорожной одежды на перегонах.

В разделе 2 имеется информация о состоянии покрытия на перегонах дорог:

- продольные неровности, посадки, вмятины;
- пластические деформации на колесах наката;
- износ и потеря материала покрытий;
- выбоины;
- продольные и поперечные трещины;
- сетка трещин;
- обламывание кромок;
- просадки колдочев.

Суммарное количество дефектов покрытия выражается в  $m^2$  на 1000  $m^2$  покрытия.

С начала 1987 года в Эстонской ССР проводится практическая разработка системы гибкого планирования ремонта и содержания городских улиц и дорог. В качестве объекта разработки и внедрения системы выбран один из городов Эстонской ССР (Пярну) с площадью усовершенствованных покрытий около 1,0 млн. кв. м. Для исследования выбраны 32 улицы данного города общей протяженностью около 54 км. За первый год работы в основном собрана база знаний.

Для создания необходимой информационной базы были использованы осмотры дорожных покрытий с определением площади дефектов и разрушений. В целях точного исследования динамики развития дефектов произведено и панорамное стереофотографирование. Обработку информации производили автоматическим комплексом, который при помощи графопостроителя выдавал крупномасштабный план улицы с нанесением контура дефектов и разрушений. Характеристики гибкости покрытий определялись при помощи прогибометра.

Для создания базы данных можно использовать объектно-ориентированную систему программирования Микроприз [3], разработанную Институтом кибернетики АН ЭССР. Данная система

позволяет легче описать задачу и дает возможность использовать интерактивный режим. Для решения конкретной задачи создания базы данных улиц города Пярну была использована версия Экспертприз. Пример оформления базы данных приводится в табл. 2 и 3.

По первостепенной статистической обработке собранных данных составлена упрочненная модель для прогнозирования состояния асфальтобетонных покрытий:

$$y = 0,118 \cdot \text{EXP}(0,528 \cdot X), \quad (I)$$

где  $y$  - количество дефектов в  $\text{м}^2$  на 1000  $\text{м}^2$  покрытия;  
 $X$  - возраст покрытия в годах.

Зависимость (I) иллюстрируется на рис. 2.

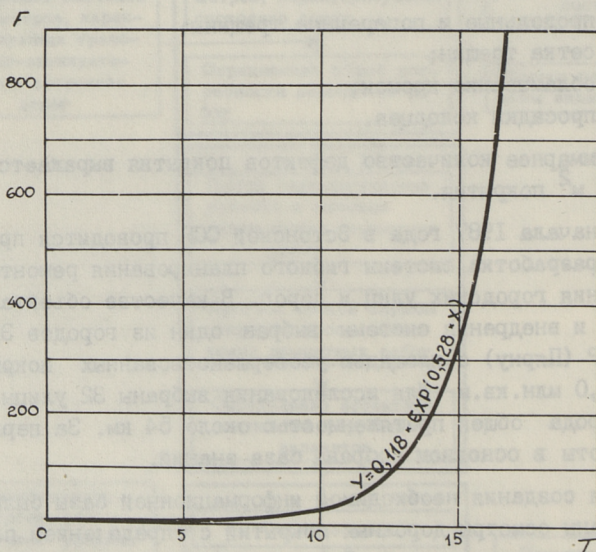


Рис. 2. Зависимость между разрушениями асфальтобетонных покрытий  $F$  и временем службы покрытия  $T$ .

Конечно, условия работы покрытия зависят и от таких факторов, как интенсивность движения, приведенная к расчетным нормируемым нагрузкам, и общий модуль упругости покрытия. Данная зависимость может быть выражена следующей формулой:

$$y = 38,11 - 0,007 \cdot X_1 + 0,003 \cdot X_2, \quad (2)$$

## Регистр общих параметров улицы (пример)

Улица	Начало переезона	Конеч переезона	Начало переезона, ПК	Конеч переезона, ПК	Длина переезона, м	Интенсивность движения (авт/сутки)		Ширина покрытия, м	Время строит. покрытия
						физ.	эквив. А-гр		
Хаапсалуское шоссе	р. Сауга Пылу граница города	Пылу	0+00	8+50	850	5648	7128	118	1981
			8+50	16+00	750	5648	7128	65	1973
Таммсааре	Рижск. шоссе Куузе	Куузе	0+00	17+00	1700	2246	2896	75	1977
			17+00	21+50	450	2246	2896	2x80	1985
Тээстузе	Таллин-ское шоссе	Маш. завод	0+00	8+50	850	4385	6077	82	1980
			8+50	23+50	1500	4385	6077	82	1975
9 Мая	Таммсааре Дом № 45	Дом № 45	0+00	9+20	920	7888	9039	112	1984
			9+20	17+709	850	7888	9039	112	1982
Папинийду	Мост Рижское шоссе	Рижское шоссе	0+00	15+00	1500	8357	13717	152	1978
			15+00	19+00	400	4646	5448	150	1984
Айа	Таммсааре Комсомолы Калевы	Комсомолы Калевы	0+00	6+50	650	1618	1900	90	1986
			6+50	9+75	325	-	-	90	1976
			9+75	11+00	-	-	-	150	-
Революццоони	Айа Калевы	Калевы	0+00	2+00	200	8461	10351	62	1986
			2+00	4+00	200	8461	10351	62	1976
			4+00	5+50	150	-	-	70	1985

## Регистр состояния улицы (пример)

Улицы	Начало перегона	Конец перегона	Год ос- мотра	Трещины		Ямы, м <sup>2</sup> 1000 м <sup>2</sup>	Отремон- тировано м <sup>2</sup> 1000 м <sup>2</sup>	Износ, потеря материала, м <sup>2</sup> 1000 м <sup>2</sup>	Всего дефек- тов, м <sup>2</sup> 1000 м <sup>2</sup>
				про- дольн.	попе- речн.				
Хаапсал- ское шоссе	Пылу Пылу	Пылу граница города	1987	0,9	1,5	0,23	0,4	0	3,03
			1987	25,64	1,44	0,41	2,67	1,03	31,29
Таммсааре	Рижск.ш. Куузе	Куузе Ньукюгуде	1987	59,57	0	0,25	0,06	289,81	349,69
			1987	0	0	0	0	0	0
Теестузе	Таллинск. шоссе	Маш.завод шоссе	1987	1,67	0	0,15	0	2,02	3,84
			1987	3,41	7,48	0,09	0,13	0,44	11,55
9 Мая	Таммсааре Дом № 45	Дом № 45 Гал	1987	0,29	0	0,1	9,61	0,17	10,17
			1987	0	1,16	0,16	11,24	6,3	18,86
Палиниду	Мост Рижск. шоссе	Рижск. шоссе	1987	0	3,29	0,02	0,7	0,19	4,2
			1987	0,33	0	0,18	1,17	0	1,68
Айа	Таммсааре Комсомоли Калеви	Комсомоли Калеви Ленина	1987	0	2,46	0,34	0,31	0	3,11
			1987	0	0	2,63	34,45	210,22	243,30
			1987	0	0	0,27	6,4	0	6,67
Революцiooni	Айа Калеви	Калеви Рижск. шоссе	1987	0	0	0	0	50	50
			1987	0	0	0	0	150	150
	Рижское шоссе	Суур-Ийе	1987	0	0	0	0	0	0

где  $y$  - количество дефектов за I год службы покрытия в  $m^2$  на  $1000 m^2$  покрытия;

$X_1$  - общий модуль упругости дорожной одежды,  $kg/cm^2$ ;

$X_2$  - интенсивность движения, приведенная к расчетным нормируемым нагрузкам группы А.

Зависимость (2) иллюстрируется на рис. 3.

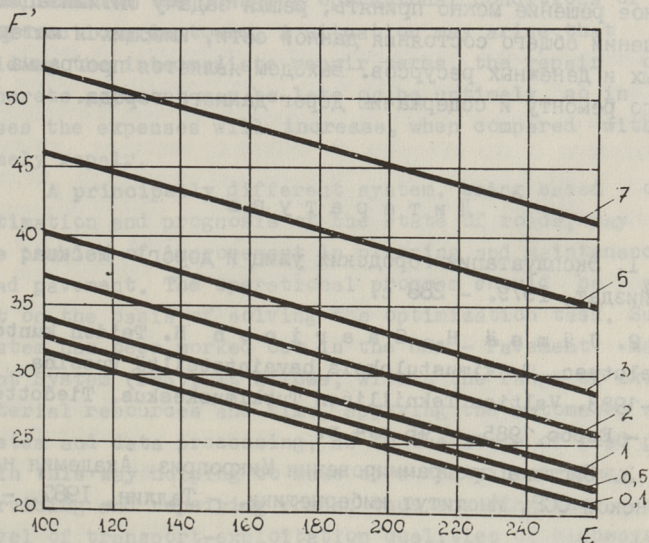


Рис. 3. Зависимость разрушений на асфальтобетонных покрытиях, появившихся за 1 год  $F'$  (разрушения за 1 год службы,  $m^2/1000 m^2$  покрытия) от общего модуля упругости дорожного покрытия  $E$  при интенсивности движения, приведенной к расчетным нормируемым нагрузкам группы А,  $N$  (цифры на кривых -  $N$ , тыс. норм. авт. в сутки).

Следует, однако, отметить, что данные модели являются региональными, т.е. они применимы в тех условиях, которые соответствуют накопленной на базе знаний информации.

Следующим этапом системы является уточнение или установление граничных значений параметрам, требующим, с точки зрения удобства, экономичности и безопасности движения, проведения тех или иных ремонтно-строительных работ.

Прогнозирование динамики этих параметров дает возможность определить объемы и очередность ремонтных работ.

Далее следует выбрать для каждого объекта рациональный метод производства ремонтных работ, который в современных условиях можно выбирать между несколькими техническими решениями. Каждая технология ремонта имеет характерные техникоэкономические показатели и сроки службы. Наиболее правильное решение можно принять, решая задачу оптимизации в отношении общего состояния данной сети, имеющихся материальных и денежных ресурсов. Выходом является программа работ по ремонту и содержанию дорог данного города.

### Л и т е р а т у р а

1. Эксплуатация городских улиц и дорог. - Москва: Стройиздат, 1979. - 288 с.

2. J ä m s ä Н., S a a r i n e n Н. Teiden kunto ja palvelutaso. Tutkimustuloksia havaintoteiltä vuosina 1979-1983. Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus. Tiedotteitä 429. - Espoo, 1985. - 46 p+4 p.

3. Система программирования Микроприз. Академия наук Эстонской ССР, Институт кибернетики. - Таллин, 1987. - 96 с.

An Optimal Planning System for the Repair  
of Urban Roads and Streets in the Estonian SSR

Abstract

The existing order for planning the means for the repair and maintenance of streets does not fully take into consideration the changing operational conditions of road constructions in towns. A situation may arise that while guiding the intermediate repair terms, the repair of a concrete pavement may be late or be untimely, so in both cases the expenses will increase, when compared with the timely repair.

A principally different system, being based on the estimation and prognosis of the state of roads, may solve the problem of improvement in planning and maintenance of road pavement. The operational program should be worked out on the basis of solving the optimization task. Such a system has been worked out in the USA - Pavement Management System (PMS). It allows, within the range of existing material resources and time, applying the automated storage system and data processing, as to the state of road pavement - in this way helping to make up a certain strategy in servicing and repairing roads, thus ensuring the needed level of transport-exploitation qualities of highways or streets.

The system is based on the knowledge concerning the qualities of streets and roads. The given base may be divided into two sections: 1) general data, 2) dynamics of the state.

The total amount of defects in the pavement is expressed in  $m^2$  for 1000  $m^2$  of pavement.

From the beginning of 1987 a flexible repair and maintenance planning system, concerning streets and roads in towns, has been worked out in practice in the Estonian SSR. One of the Estonian SSR's towns (Pärnu) has been selected as object for this kind of work and for introducing the system. In the course of the first research year

mostly data base has been collected.

On the basis of paramount statistical analysis of collected data a simplified model has been drawn up for predicting the state of asphalt-concrete paving.

The work carried out will be a basis for the further stages in working out the Pavement Management System for the Estonian SSR.

A. Aavik, V. Segerkrantz

Eesti NSV linnateede ja tänavate remondi  
ja korrashoiu optimaalse planeerimise  
süsteemi (süsteemi PMS) informatsioonibaas

Kokkuvõte

Artiklis käsitletakse linnateede ja tänavate remondi ja korrashoiu optimaalse planeerimise süsteemi väljatöötamisega seotud küsimusi. Süsteem võimaldab olemasolevate materjaalsete ressursside ja aja raames, kasutades automatiseeritud süsteemi teekatete seisukorra kohta käiva informatsiooni hoidmiseks ja töötlemiseks, määrata optimaalse teede ja tänavate korrashoiu ja remondi strateegia.

Artiklis on toodud antud süsteemi kirjeldus, samuti süsteemi aluseks olevasse informatsioonibaasi kuuluvate tänavate transpordi-ekspluatatsiooniliste näitajate loetelu.

Kogutud andmete esialgse statistilise töötamise tulemusena on loodud lihtsustatud mudel asfaltbetoonkatete seisukorra prognoosimiseks.



## О СТРОИТЕЛЬСТВЕ ШЕРОХОВАТЫХ ПОКРЫТИЙ

Одними из важнейших эксплуатационных характеристик дороги являются параметры ее проезжей части, так как текстурой поверхности покрытия определяются такие важные качества, как сцепление, звуковое давление от контакта шин с поверхностью покрытия, сопротивление качению колес автомобилей и другие. Все перечисленные качества зависят как от материала покрытия, так и от шероховатости ее поверхности. Особенно важную роль приобретает шероховатость в обеспечении проезжаемости при неблагоприятных погодно-климатических условиях. Поскольку Эстонская ССР по расположению относится к северо-западным районам СССР, где зима продолжительная, а лето короткое и влажное, то нас особенно интересует, как обеспечить движение автомобилей с высокими скоростями при соблюдении безопасности в таких затрудненных условиях.

Учитывая сказанное, в данной статье рассмотрены вопросы, связанные с влиянием шероховатости различных типов поверхности на условия движения автомобилей.

На основе литературных источников [1, 2, 3, 4 и др.] можно сформулировать основные выводы по состоянию рассматриваемого вопроса:

- увеличение шероховатости и коэффициента сцепления поверхности качения способствует росту скорости транспортного потока, уменьшению числа и снижению тяжести ДТП (рис. 1);
- неровности шероховатости разделяют на макро- и микрошероховатости.

Макрошероховатость оказывает различное влияние на сцепные свойства сухих и мокрых покрытий при различных условиях движения. Влияние микрошероховатостей однозначное: увеличение микрошероховатости вызывает увеличение коэффициента сцепления как на сухих, так и на мокрых покрытиях при всех скоростях движения (рис. 2):

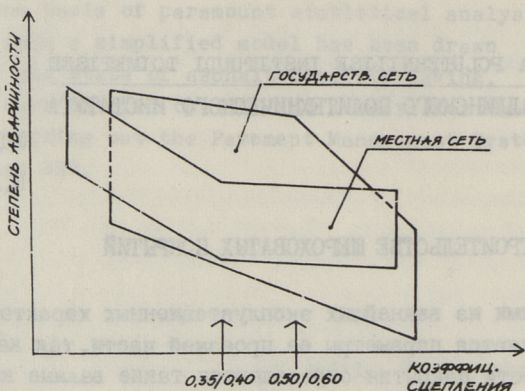


Рис. 1. Зависимость степени аварийности от сцепных свойств покрытия [2].

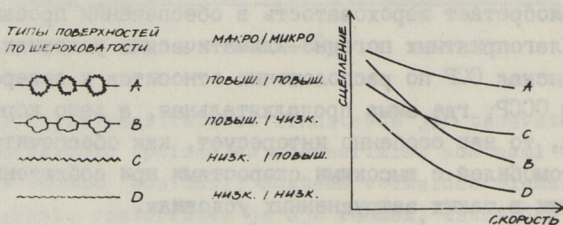


Рис. 2. Типы поверхностей дорожных покрытий и их сцепные свойства при различных скоростях движения для мокрых покрытий [2].

- неодинаковое влияние оказывает макро- и микрошероховатости на износ автомобильных шин: микрошероховатость влияет повышено, а макрошероховатость - нейтрально;

- скорость уменьшения макро- и микрошероховатости определяется интенсивностью движения автомобилей и составом транспортного потока;

- существуют и сезонные изменения сцепных свойств: наименьшие коэффициенты сцепления наблюдаются в наиболее теплые месяцы года, а наибольшие -- в холодный период (рис. 3);

- на заснеженных покрытиях макрошероховатость укорачивает продолжительность снежного наката и содействует ликвидации микрогололедной пленки;

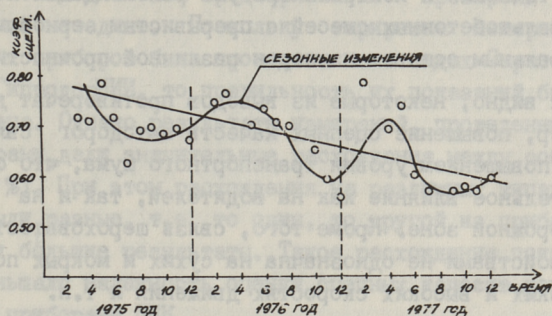


Рис. 3. Изменение снежных свойств погрития во времени [2].

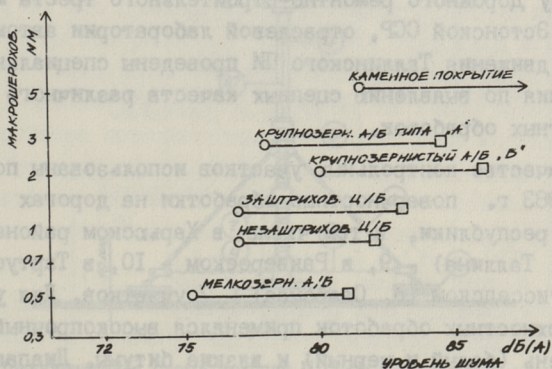


Рис. 4. Связь между уровнем транспортного шума и макрошероховатостью для пяти типов покрытия [2].

- повышение шероховатости покрытий приводит к увеличению уровня транспортного шума; минимум добавочного звукового давления наблюдается при макрошероховатости от 0,6 до 1,5 мм и максимум - при высоте неровностей более 3 мм (рис. 4);

- увеличение расхода топлива в результате повышения шероховатости покрытия незначительное сравнительно с выигрышем по уменьшению числа и снижению тяжести ДТП при передвижении по таким покрытиям;

- самые благоприятные результаты по созданию шероховатых покрытий получаются при строительстве поверхностных обработок и при методе втапливания щебня;

- уточнения и контроля требуют рекомендации по применению асфальтобетонных смесей с прерывистым зерновым составом и минеральным остовом из зерен различной прочности.

Как видно, некоторые из выводов противоречат друг другу. Например, повышение сцепных качеств автодорог связано с заметным повышением уровня транспортного шума, что оказывает отрицательное влияние как на водителей, так и на население в придорожной зоне. Кроме того, связь шероховатости со сцепными свойствами не однозначна на сухих и мокрых покрытиях, при низких и высоких скоростях движения и т.п.

В практике дорожного строительства в Эстонской ССР основным методом создания шероховатой поверхности покрытий является строительство поверхностных обработок. В этой связи по заказу Дорожного ремонтно-строительного треста Минавтошосдора Эстонской ССР, отраслевой лаборатории автомобильных дорог и движения Таллинского ПИ проведены специальные исследования по выявлению сцепных качеств различного типа поверхностных обработок.

В качестве контрольных участков использованы построенные в 1983 г. поверхностные обработки на дорогах четырех районов республики, в том числе в Харьском районе (окружность г. Таллина) - 9, в Раквереском - 10, в Тартуском - 9 и в Кингиссепском (о. Сааремаа) - 7 участков. Для устройства поверхностных обработок применялся высокопрочный гранитный щебень (белый и черный) и вязкие битумы. Диапазон изменения размера зерен щебня колеблется в пределах 10 мм (гравийный  $\phi$  10-20 мм, гранитный  $\phi$  5-15 мм).

Коэффициент сцепления шин с покрытием измерялся портативным прибором ППК-2 (рис. 5), изготовленным Саратовским филиалом ГипродорНИИ. При этом за минимально допустимый коэффициент сцепления мокрого покрытия принимался: при затруднительных условиях движения 0,40 и при легких условиях 0,35 м. В целях получения достоверных показаний прибора ППК-2 на всех контрольных точках проводилось по пять повторных измерений.

Поскольку в нашей республике имеется два образца ППК-2, то совместно со специалистами из Центральной дорожно-строительной лаборатории Минавтошосдора ЭССР проводились их испытания. Работоспособность обоих приборов и правиль-

ность их показаний были предварительно проверены по установленной методике. Поскольку тарировка измерительных шкал обоих приборов была проведена на стендах Саратовского филиала ГипродорНИИ, то правильность их показаний была гарантирована. Однако результаты измерений, проведенных этими приборами, дали значительные расхождения между собой (от 24 до 49 %). При этом расхождения на различных типах покрытий были разные, т.е. то один, то другой из приборов показывал большие результаты. Такое расхождение показаний явно уменьшало надежность оценки сцепных качеств дорожных покрытий приборами ППК.

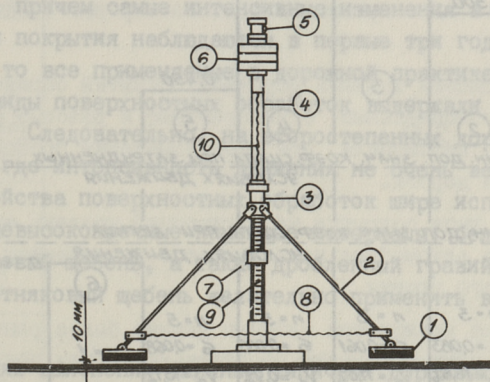


Рис. 5. Принципиальная схема прибора ППК-2:

- 1 - имитаторы; 2 - толкающие тяги; 3 - подвижная муфта;
- 4 - опорная штанга; 5 - сбрасывающее устройство; 6 - подвижной груз;
- 7 - регистрирующая шайба; 8 - стигмивающие пружины;
- 9 - шкала; 10 - центральная пружина .

На вышеуказанных 35 контрольных участках в 1985 и 1986 годах измерялись продольные коэффициенты сцепления. Для этого ППК-2 были установлены на увлажненном дорожном покрытии в середине одной из колея передвижения колес автомобилей, т.е. в тех местах, где следы износа поверхности покрытия были наиболее заметны. Наименьшие значения коэффициентов сцепления, чего и следовало ожидать, наблюдались в наиболее теплые месяцы года, в мае-июне. По нашим данным в летнее время сцепные свойства уменьшаются в среднем на 20 %, что хорошо

коррелируется результатами измерений других исследователей [1, 2]. Обработанные данные летнего цикла измерений 1986 года представлены на рис. 6, откуда видно, что удивительно высокими сцепными показателями выделяются поверхностные обработки с применением черного известнякового щебня и двухслойная обработка белым известняковым щебнем.

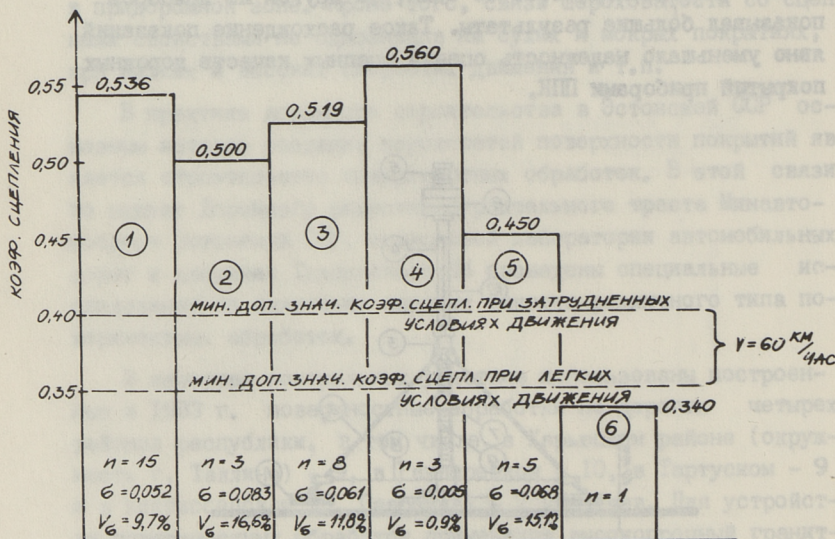


Рис. 6. Средние коэффициенты сцепления для шести типов поверхностей обработки после трехлетней эксплуатации:  
 1 - гранитный щебень; 2 - черный гранитный щебень; 3 - двухслойный известняковый щебень; 4 - черный известняковый щебень; 5 - дробленый гравий; 6 - однослойный известняковый щебень;  
 n - число контрольных участков.

Результаты на рис. 6 не следует конечно, толковать таким образом, что эксплуатационные свойства двух вышеназванных типов обработки не уступают обработке высокопрочным гранитным щебнем. Дополнительно необходимо учитывать, что гранитный щебень в основном применяется на дорогах высших технических категорий, где повышенная интенсивность движения автомобилей вызывает более быстрое уменьшение макро- и микро-

шероховатости, а следовательно, и понижение сцепных свойств покрытий. Также заметно, что несмотря на трехлетний срок службы, что по литературным источникам [1] вызывает снижение коэффициента сцепления на 30-55 %, почти на всех пробных участках сцепные свойства значительно превышают нормативные минимально допустимые пределы. Так при скорости 60 км/ч, что по техническим параметрам соответствует показаниям ППК-2, минимально допустимые значения коэффициентов сцепления на мокром покрытии при легких и затрудненных условиях движения составляют соответственно 0,35 и 0,40 [5]. Поскольку скорость износа поверхности покрытия со временем затухает, причем самые интенсивные изменения в текстуре поверхности покрытия наблюдаются в первые три года эксплуатации [1], то все применяемые в дорожной практике нашей республики виды поверхностных обработок выдержали испытание временем. Следовательно, на второстепенных дорогах республики, где интенсивность движения не очень велика, можно для устройства поверхностных обработок шире использовать местные невысокопрочные каменные материалы: белый и черный известняковый щебень, а также дробленый гравий. Причем белый известняковый щебень желательно применять в двухслойном виде.

В целях выяснения влияния типичных дорожных покрытий в республике на величину звукового давления параллельно с определением сцепных показателей измерялись уровни транспортного шума.

Для этих целей использовался снабженный микропроцессором интегрирующий измеритель шума типа 7078 фирмы Вяртсила (Финляндия). Измеритель имеет цифровой дисплей, который гарантирует точность отчетов. Памятное устройство позволяет регистрировать максимальные  $L_{max}$  и эквивалентные  $L_{eq}$  за период измерения уровня шума. При помощи нажатия кнопки определенные  $L_{max}$  и  $L_{eq}$  появляются на дисплее. Благодаря этим данным измеритель шума типа 7078 позволяет автоматизировать обработку данных измерения и выгодно отличается от применяемых наиболее часто измерителей шума. Кроме того, измеритель уровня шума фирмы Вяртсила дает возможность определять дозы шума  $L_{dх}$ , что очень удобно для оценки шумовой энергии кратковременно действующих шумов, как например, проезд автомобиля.

При выборе источника шума учитывается, что шум, зависящий от типа покрытия, заметнее, если шумовой фон от двигателя, глушителя и кузова автомобиля будет низким. Из этих соображений в качестве источника шума применяли автомобиль "Волга" (ГАЗ-24). Скорость движения при всех испытаниях была строго 70 км/ч. Измерения проводились на расстоянии 7,5 м от оси движущихся автомобилей на высоте 1,2 м от поверхности проезжей части прямолинейного горизонтального участка дороги, в окрестностях которого в радиусе 50 м отсутствовали застройки и другие ограждающие звук препятствия. Измерения проводились в сухое время года. При ветре со скоростью более 1 м/с применяли противозветровую защиту микрофона.

Для выяснения влияния дорожных покрытий определяли одновременно максимальные, эквивалентные и разовые уровни шума проезжего автомобиля. При этом измерения проводились с обеих сторон дороги.

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

В таблице приводятся сводные данные более ранних [6] и проведенных нами измерений по отдельным типам покрытия. На основе приведенных результатов можно сделать следующие выводы:

- дорожные покрытия разных типов заметно отличаются по уровню шума в кабине автомобиля и внешней среде;
- абсолютная разница в уровне внешнего и внутреннего шума лучшего и худшего по акустическим свойствам типа покрытия составляет 11,5 дБ (А), что является значительным отличием;
- в местах, где представляют повышенные требования к уровню шума (населенные пункты, скоростные автомобильные дороги и т.п.) тип и материал дорожных покрытий следует выбирать и по их шумовым качествам;
- для изучения шумового фона на скоростных дорогах желательно производить дополнительные измерения при максимально допустимых скоростях движения автомобилей.



Т а б л и ц а

Характеристика поверхности покрытия	Средний коэффициент сцепления	К-во контрольных участков	Эквивалентный уровень шума внутри кабины в дБ(А)	Уровни шума в дБ(А) на расстоянии 7,5 м от оси движения автомобиля	
				эквивалентные	максимальные
Мелкозернистый асфальтобетон типа В без поверхностной обработки	0,220	3	68,4	63,6	69,6
Поверхностная обработка гранитным щебнем	0,544	19	74,0	70,5	76,5
Поверхностная обработка черным гранитным щебнем	0,500	3	-	71,6	77,2
Поверхностная обработка белым известняковым щебнем в два слоя	0,523	9	-	69,4	74,3
Поверхностная обработка черным известняковым щебнем	0,560	3	-	68,1	74,7
Поверхностная обработка гравийным щебнем	0,450	4	-	71,7	78,6
Щебеночное покрытие, обработанное по способу притирки	0,700	1	79,9	76,3	82,3
Гравийное покрытие	0,490	1	77,9	71,6	77,6

Как следует из вышесказанного, существуют серьезные проблемы, связанные со строительством шероховатых покрытий на скоростных дорогах. Для снижения шумового фона на этих дорогах необходимо либо заменить поверхностную обработку методом втапливания щебня или использовать для поверхностной обработки щебень с диапазоном размера фракций зерен 2-3 мм [2], вместо применяемого в нашей республике 5-10 мм.

Кроме того, существуют и рекомендации [1, 2] по применению многощебнистых асфальтобетонных смесей типа А и Б, а также смесей с прерывистым зерновым составом и из зерен различной прочности для строительства качественных и малошумных шероховатых покрытий. В целях проверки этих рекомендаций летом 1987 года построены 5 опытных участков длиной 500-600 м на окружной дороге г. Таллина. Поскольку на этих участках контрольные измерения находятся еще в начальной стадии, то выводы делать рановато, но можно отметить, что в начальной стадии эксплуатации коэффициенты сцепления на контрольных участках (смесей с прерывистым зерновым составом и из неравнопрочных зерен) в два раза превышают соответствующие величины относительно традиционных, построенных из мелкозернистых смесей типа В.

Можно сформулировать и направления дальнейших исследований:

- комплексно исследовать динамику изменения сцепных свойств и звукового фона различных типов покрытий с момента сдачи их в эксплуатацию;
- исследовать зависимости удельного расхода топлива автомобиля от шероховатости поверхности покрытия.

#### Л и т е р а т у р а

1. Н е м ч и н о в М.В. Проектирование и строительство дорожных покрытий с шероховатой поверхностью. - М.: МАДИ, 1982. - 144 с.

2. L u c a s J. Caractéristiques de surface des chaussées. Etat actuel des travaux en France // Bulletin de liaison des Labo. P. et Ch. Nov. - déc. 1980. - N 110. - P. 35-44.

3. Работа автомобильной шины / Под ред. В.И. Кнороза. - М.: Транспорт, 1976. - 238 с.

4. П о с п е л о в П.И. Влияние дорожных условий на уровень транспортного шума // Труды МАДИ. - 1974. - Вып. 72. - С. 99-115.

5. Технические указания по устройству дорожных покрытий с шероховатой поверхностью. ВСН 38-77. - М.: Транспорт, 1978. - 56 с.

6. А д а м с о н А.Ф., В а й м е л ь А.Д., С е г е р -  
к р а н ц В.М. Уровень шума в зависимости от типа дорожных  
покрытий // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. - 1986. - № 616.  
С. 49-54.

P. Sürje

### Construction of Rough Road Pavement

#### Abstract

The effect of surface roughness of different types of road pavement on their gripping properties and transportation noise has been investigated. The suitability, concerning road metal made of local and not very hard stone, has been specified. At the end of the paper propositions as to the construction of rough pavement in the Estonian SSR have been presented. Major directions for further research have been formulated as well.

P. Sürje

### Karedate teekatete ehitamisest

#### Kokkuvõte

Käesoleva töö autorid on uurinud erinevat tüüpi teekatete pealispinna kareduse mõju nende haardelistele omadustele ja transpordimürale. On täpsustatud kohalikest mittetugevatest kivimaterjalidest valmistatavate killustike sobivust pindamistöõdeks. Artikli lõpus on esitatud soovitused karedate katete ehitamiseks Eesti NSV tingimustes ning formuleeritud edasiste uuringute põhisuunad.

Р.Р. Силлат, А.А. Гаврилов  
Н.Л. Платонов

### ВЫБОР ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА ВЫПУСКА У ДВУХТАКТНОГО КАРБЮРАТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Условия работы двигателя на грузовом мотороллере требуют повышенных значений крутящего момента  $M_{кр}$  в диапазоне более низких частот вращения коленчатого вала. Одним из способов его повышения является выбор соответствующих фаз газораспределения. С этой целью исследовалась зависимость показателей двигателя от продолжительности процесса выпуска на различных скоростных режимах.

Исследование выполнялось аналитически с использованием методики и программы расчета рабочего процесса двухтактного с кривошипно-камерной продувкой мотоциклетного двигателя, разработанной на кафедре "Автомобили" Таллинского политехнического института [1].

Объектом исследования являлся двигатель Т200А Тульского машиностроительного завода, имеющий следующие основные показатели:

диаметр цилиндра, мм	66
хсд поршня, мм	62
номинальная мощность, кВт	12,5
частота вращения на номинальном режиме, $\text{мин}^{-1}$	5540
удельный эффективный расход топлива, г/(кВт·ч)	407

Методика включала исследования влияния продолжительности процесса выпуска на показатели двигателя при скоростных режимах от 2000 до 6000  $\text{мин}^{-1}$ . Высота выпускных окон и соответствующие им продолжительности выпуска, принятые при исследовании, приведены в нижеследующей таблице

Т а б л и ц а

Высота выпускного скна, мм	20	22	24	26	28	30
Продолжительность выпуска, град. пкв	149	156	164	171	178	185

Расчеты выполнялись на ЭВМ ЕС-1040. Затраты времени составляли примерно 5 минут на один вариант.

Анализ полученных результатов показал, что изменение параметров газа по тракту мотоциклетного двухтактного двигателя с кривошипно-камерной продувкой имеет ярко выраженный колебательный характер, оказывающий существенное влияние на значения результирующих параметров. Очевидно, поэтому не удастся проследить однозначную зависимость показателей двигателя и, в частности, коэффициента наполнения  $\eta_v$  от частоты вращения коленчатого вала, хотя практически на каждом скоростном режиме  $\eta_v$  имеет максимум. При частотах вращения от 2000 до 4500 мин<sup>-1</sup> (рис. 1) кривые изменения коэффициента наполнения  $\eta_v$  и других показателей двигателя имеют плавный характер без резких изменений, а при  $n = 5000 - 5500$  мин<sup>-1</sup> наблюдается достаточно резкое изменение ряда показателей, начиная с продолжительности выпуска в 164° пкв.

Графики зависимости показателей двигателя от частоты вращения коленчатого вала (рис. 2) при различных значениях продолжительности процесса выпуска имеют достаточно выраженный колебательный характер, начиная с  $\varphi_{\text{вып}} = 164^\circ$ .

Определить рациональное значение фазы выпуска, обеспечивающей лучшее протекание характеристики крутящего момента по графикам зависимости показателей двигателя от продолжительности выпуска  $\varphi_{\text{вып}}$  при постоянной частоте вращения и от скоростного режима при данной продолжительности выпуска, достаточно сложно.

Значительно большую практическую ценность имеют двухпараметровые характеристики зависимости коэффициента наполнения и среднего индикаторного давления  $\bar{p}_i = p_i/p_c$  от продолжительности процесса выпуска и частоты вращения вала двигателя (рис. 3 а и 3,б).

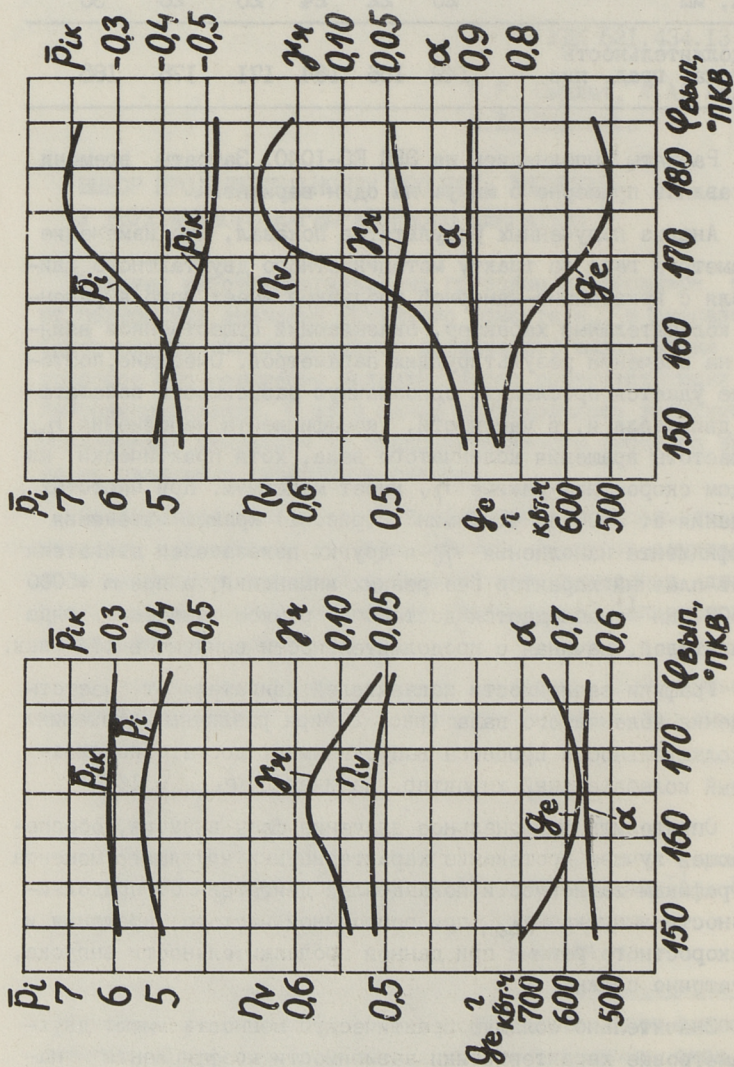


Рис. 1. Влияние продолжительности выпуска на показатели двигателя Т200А:  
 а -  $n = 2500 \text{ мин}^{-1}$ ; б -  $n = 5000 \text{ мин}^{-1}$ .

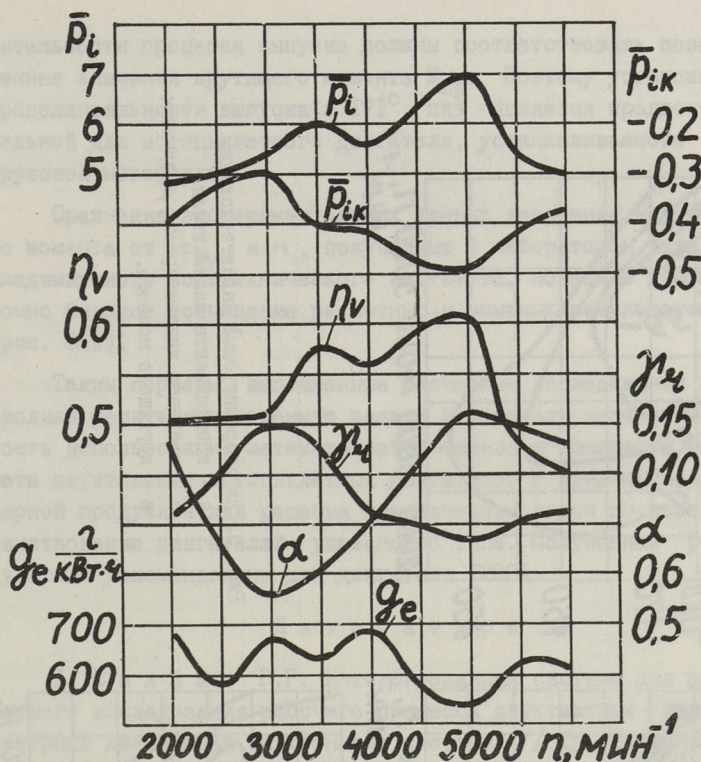


Рис. 2. Зависимость показателей двигателя Т200А от частоты вращения при продолжительности выпуска  $\varphi_{\text{вып}} = 171^\circ$  пкв.

Области равных значений указанных показателей имеют примерно одинаковый характер как по площади, так и по конфигурации. Повышенные значения коэффициента  $\eta$  полнения и среднего индикаторного давления соответствуют более раннему началу выпуска и частотам вращения коленчатого вала достаточно близким к номинальному режиму. При снижении  $\eta$  и  $\varphi_{\text{вып}}$  соответствующие зоны смещаются влево и вниз. График зависимости среднего индикаторного давления от  $\varphi_{\text{вып}}$  и  $n$  показывает, что наибольший диапазон частот вращения коленчатого вала от 2000 до 5500  $\text{min}^{-1}$ , в котором  $\bar{p}_i$  имеет значение больше 5, соответствует значениям продолжительности процесса выпуска 164–171 $^\circ$  пкв. На этом же участке  $\eta_v$  имеет значения от 0,525 до 0,600. Указанным значениям продол-

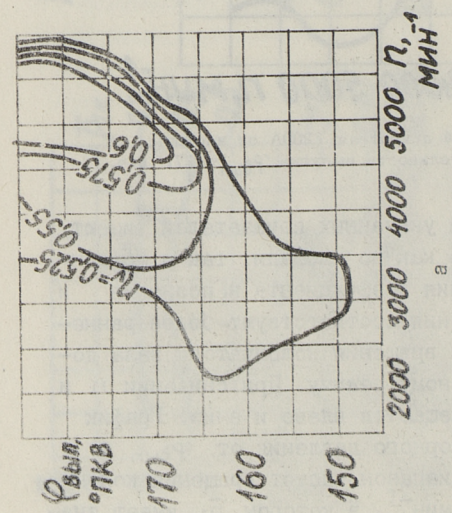
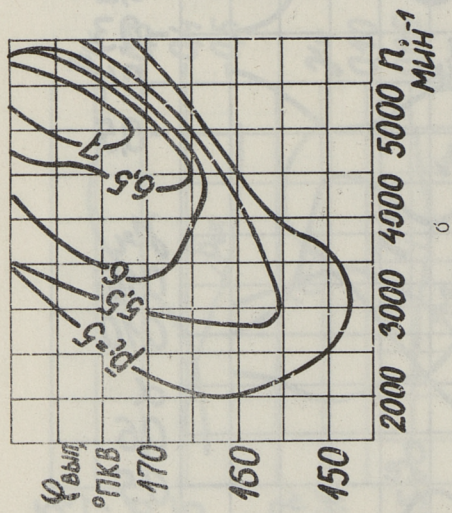
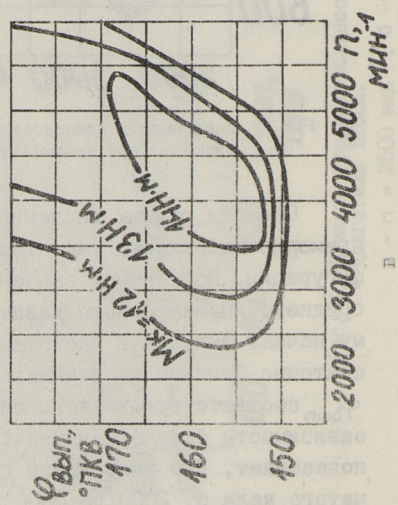


Рис. 3. Двухпараметровые характеристики:  
 а - коэффициента наполнителя;  
 б - среднего индикаторного давления;  
 в - крутящего момента.





жительности процесса выпуска должны соответствовать повышенные значения крутящего момента  $M_{кр}$ . Поэтому установка продолжительности выпуска в  $171^{\circ}$  пкз является предпочтительной для мотоциклетного двигателя, устанавливаемого на грузовой мотороллер.

Сравнение экспериментальных данных изменения крутящего момента от  $\varphi_{вып}$  и  $n$ , полученных в лаборатории кафедры Владимирского политехнического института, показало достаточно близкое совпадение расчетных и опытных результатов (рис. 3, в).

Таким образом, выполненные расчетные исследования позволили решить поставленную задачу и показали целесообразность использования математической модели и программы расчета двухтактных мотоциклетных двигателей с кривошипно-камерной продувкой для решения практических задач по совершенствованию двигателей указанного типа. Полученные результаты рекомендованы для двигателя Т200А.

#### Л и т е р а т у р а

И. С и л л а т Р.Р. Интегрированная система для расчетного исследования рабочего процесса двухтактных карбюраторных двигателей внутреннего сгорания // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. -1985.-№ 597. - С. 77-85.

R. Sillat, A. Gavrilov, N. Platonov

#### Exhaust Timing Characteristics of a Two-Stroke Cycle SI Engines

#### Abstract

This report uses a one-dimensional nonlinear gas dynamic program TCSIE developed and documented by authors earlier.

The relations between engine torque characteristics and speed by varying through wide limits the timing of the exhaust ports have been analysed.

R. Sillat, A. Gavrilov, N. Platonov

Kahetaktilise karburaatormootori väljalaskeprotsessi  
kestuse valimine

Kokkuvõte

Kahetaktiliste karburaatormootorite kiiruskarakteristiku parandamise üheks radikaalsemaks võimaluseks on muutuivate gaasivahetusfaaside kasutamine. Viimastel aastatel on hakatud uurima teiste faaside muutmise kõrval ka väljalaskefaasi muutmise võimalusi.

Vladimiri Polütehnilise Instituudi mootorikateedri, Tuula Masinatehase ja Tallinna Polütehnilise Instituudi autokateedri koostöös uuriti võimalusi parandada kahetaktiliste mootorite karakteristikute konanevustegureid väljalaskefaasi muutmise teel. Analüüsis kasutati TPI autokateedri väljatöötatud matemaatilist mudelit.

Analüüsi teostamisel võeti arvesse sõltuvust pöörlemisagedusest erinevate väljalaskefaaside korral. Tulemused on esitatud kaheparameetriliste universaalsete karakteristikutena, mis võimaldavad vastavalt eeldatavale tööpiirkonnale valida vajalikud väljalaskefaasi reguleerimiskarakteristikud.

On toodud ka võrdluskatsete tulemused, mis kinnitavad modelleerimiste tulemusi.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ В ГОРОДЕ ТАЛЛИНЕ

В данной статье использованы материалы ряда исследований, которые были проведены в Таллине с 1976 по 1987 годы.

Город занимает обширную территорию — 182 км<sup>2</sup>, в том числе центральная часть города (ЦЧГ) в пределах, так называемого железнодорожного кольца, площадь которого равна приблизительно 5,5 км<sup>2</sup>. На этой территории проживает 18 % населения и размещается 40 % рабочих мест всего города. 25 лет назад эти же показатели составляли соответственно 30 и 40 % [1].

За 25 лет доля численности населения уменьшилась, но абсолютное количество уменьшилось незначительно. Количество рабочих мест увеличивалось в ЦЧГ соответственно росту города.

53 % трудового населения ЦЧГ работает в этом же районе, но они занимают только 25 % всех рабочих мест района. В результате этого необходимо каждое утро привозить в ЦЧГ в 3,7 раза больше людей, чем отвозить.

В общегородском центре (ОЦ), площадь которого примерно 2 км<sup>2</sup>, эта разница еще заметнее. В этом районе размещается 22 % рабочих мест города, но жители ОЦ занимают только примерно 10 % всех рабочих мест района. Разница прибытия и отбытия составляет 4,7 раза.

В течение 20 лет были проведены исследования интенсивности движения на магистралях, входящих в ЦЧГ. В Таллине имеется 10 таких магистралей и суммарная интенсивность на них составляла в 1987 году 14,5 тыс. физических автомобилей в час "пик" (или 19,6 приведенных единиц). За последние 10 лет средний прирост интенсивности движения в час

"пик" на этом кордонном кругу составлял 3,5 %. Но прирост интенсивности движения легковых автомобилей составлял 6 % в год.

Факт, что 75 % суммарной интенсивности выпадает на 4 магистрали, свидетельствует о слишком высокой концентрации транспортных потоков.

В таблице I приведены распределения транспортных потоков по главным направлениям на кордонном кругу. Восточное направление обслуживается тремя магистралями, западное четырьмя магистралями, направление в сторону Копли обслуживается двумя магистралями, и на кордонном кругу имеется еще одна магистраль, которая обслуживает очень небольшую и редконаселенную территорию в южной части города. Это направление одновременно обслуживает и восточное и западное направления. Такое распределение, конечно, не строгое, а условное (см. рисунок).

В зоне восточного направления в 1986 году размещалось 15 % рабочих мест города и проживало 21 % населения (по данным исследований, проведенных в институте экономики АН ЭССР [21]). Эта зона города в данное время является самой динамичной, так как ведется застройка самого большого жилого района города. В зоне западного направления проживало 50 % населения и размещалось 32 % рабочих мест города. В направлении Копли эти же показатели соответственно составляли II и I3 %.

В разные периоды дня темпы роста интенсивности движения были разными. Например, можно сказать, что в течение более длительного периода (сутки, вечерний час "пик") интенсивность движения увеличивается быстрее, чем в час "пик". Так же интенсивность движения в приведенных единицах увеличивается быстрее, чем в физических единицах. Это обусловлено постепенным увеличением доли л.а. в транспортном потоке. Например, в вечерний час "пик" их доля составляла в 1973 году 48,5 %; в 1976 году - 61,1 %; в 1986 году - 74,4 %. Практически весь рост интенсивности движения обуславливается ростом интенсивности движения л.а. Интенсивность роста других транспортных средств (грузовых автомобилей и автобусов) увеличилась за период с 1973 по 1987 гг. только на 5 %.

Изменение интенсивности движения в приведенных единицах на основных направлениях во время вечернего часа пик (16-17 ч)

Направление	В центр			Из центра			На обоих направлениях						
	1976		1987		1976		1987						
	всего	на по- лосу *	всего	на по- лосу *	всего	на по- лосу *	при- рост	при- рост					
Восток	1990	498	3541	708	1,77	2330	777	3678	736	1,58	4320	7219	1,67
В том числе													
Нарвское шоссе	815	815	1613	807	1,98	941	941	1710	851	1,82	1756	3323	1,89
Запад	3462	577	4900	613	1,42	3883	777	5037	630	1,30	7345	9937	1,35
В том числе													
ул. Эндля	1690	845	2366	789	1,40	1990	995	2667	889	1,34	3680	5033	1,37
допли	662	331	845	423	1,28	719	360	839	420	1,17	1381	1684	1,22
Прочие	277	277	418	418	1,51	241	241	382	382	1,59	518	800	1,54
Всего	6391	492	9704	607	1,52	7173	652	9936	621	1,39	13564	19640	1,45

\* В среднем на одну полосу.

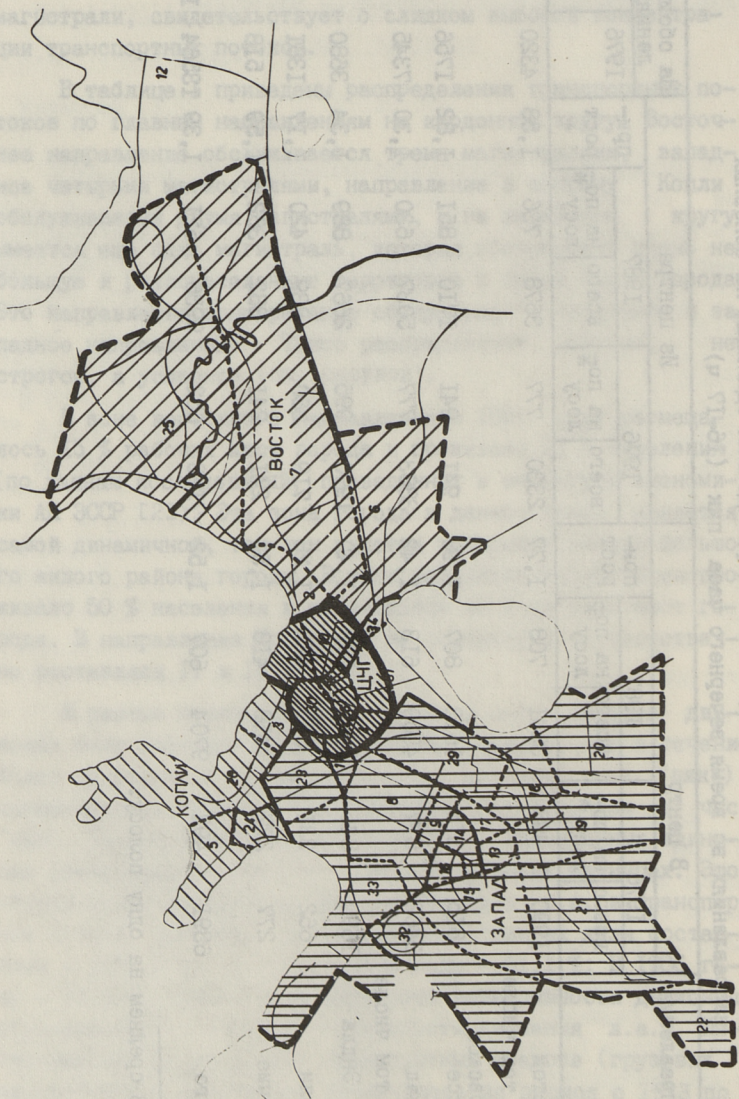


Рис. 1. Схема города.

Интенсивность движения на восточном направлении увеличивается быстрее, чем на западном. В течение периода 1976-1987 гг. в этой зоне количество жителей увеличилось на 80 000 человек. На основе роста численности населения можно было ожидать более быстрого роста интенсивности движения, но необходимо отметить, что уже в 70-х годах были транспортные потоки, довольно интенсивные на этом направлении за счет расположения садовых участков и пляжей в этом районе. На мощные потоки также значительно влиял высокий уровень автомобилизации района Пирита и Меривяля [3].

В 1976 году на кордонном кругу количество полос движения в направлении из центра было больше, чем в центр. Это явилось причиной очень тяжелых условий при движении из центра в вечерний час "пик." На сегодняшний день общая ситуация несколько улучшилась, так как на обоих направлениях построено несколько дополнительных полос движения и их количество одинаково. В результате этого по сравнению с 1976 годом сегодня на некоторых магистралях интенсивность на одну полосу движения также стала меньше (Нарвское шоссе, ул. Эндла) [4]. Значительно ухудшилось положение на Нарвском шоссе на отрезке, находящемся ближе к центру кордонного круга.

За последние 10 лет интенсивность движения в направлении к центру увеличивается быстрее, чем из центра. Причиной этого является рост интенсивности движения л.а., а точнее увеличение их транзита через центр города, что обусловлено динамическими процессами расселения города.

Изменение интенсивности движения л.а. на кордонном кругу приведено в таблице 2. За период 1973-1987 гг. интенсивность увеличилась в 3,25 раза, а парк л.а. в 3,17 раза. В общем рассматриваемый период можно разделить на три этапа. Первый этап - с 1973 по 1978 гг., когда интенсивность движения л.а. увеличивалась быстрее, чем соответственный парк. Второй этап - с 1978 по 1984 гг., когда рост интенсивности движения отставал от роста парка. Третий этап - с 1984 по 1987 гг., когда интенсивность движения опять увеличивалась быстрее, чем соответствующий парк.

В Таллине внедрена система "Фискарс" для координированного управления работой светофоров. При этой системе

Т а б л и ц а 2

Изменение интенсивности движения легковых автомобилей на основных направлениях во время вечернего часа пик (16-17 ч)

Направление	В центр				Из центра				Неравномерность			
	1976		1987		1976		1987		при-рост	1976	1987	
	кол-во	%	кол-во	%	кол-во	%	кол-во	%				
Восток	970	33,1	2057	35,4	2,12	1035	31,3	2187	36,9	2,11	1,07	1,06
В т.ч. Нарвское шоссе	401	13,7	893	15,4	2,23	467	14,1	1105	18,6	2,37	1,16	1,24
Запад	1606	54,7	2957	51,0	1,84	1922	58,2	2988	50,4	1,55	1,20	1,01
В т.ч. ул. Эндла	838	28,6	1448	24,9	1,73	1108	33,5	1696	28,6	1,53	1,32	1,17
Копли	275	9,4	559	9,6	2,03	274	8,3	533	9,0	1,95	0,99	0,95
Прочие	83	2,8	232	4,0	2,80	72	2,2	221	3,7	3,07	0,87	0,95
Всего	2935	100,0	5806	100,0	1,98	3303	100,0	5929	100,0	1,80	1,13	1,02



на некоторых перекрестках в дорожные одежды установлены индуктивные датчики. Это обстоятельство позволяет систематически вести учет интенсивности движения. Для обследования роста интенсивности движения и для определения неравномерности движения разработана методика сбора данных. Ниже представленные выводы являются результатами анализа данных за период 1983-1987 гг. Неравномерность можно характеризовать на следующих уровнях:

1. Неравномерность интенсивности движения по направлению. Этот уровень был уже охарактеризован на основе данных, приведенных в таблице 2.

2. Неравномерность в течение суток по отдельным направлениям движения. Особый интерес представляют рабочие дни. Здесь можно по характеру распределения определить три категории:

- имеется утренний и вечерний "пик";
- имеется только вечерний "пик";
- ясно выраженного "пика" не имеется, в течение целого дня (с 7 до 18 часов) интенсивность движения остается почти на том же уровне.

В рабочие дни утренний час "пик" обычно располагается с 7 до 9 часов, а вечерний с 16 до 18 часов.

3. Неравномерность движения в течение недели. В большинстве случаев максимальные потоки образуются по пятницам. Если принять пятницу равной 100 %, то остальные дни колеблются в следующих пределах:

понедельник	87-94 %, в среднем 91 %,
вторник	91-99 %, в среднем 96 %,
среда	90-100 %, в среднем 95 %,
четверг	91-98 %, в среднем 96 %,
суббота	55-85 % (при 65-процентной вероятности в пределах 70-75 %), в среднем 72 %,
воскресенье	40-70 % (при 85-процентной вероятности в пределах 55-65 %), в среднем 59 %.

4. Неравномерность движения по месяцам. Наиболее вероятное максимальное движение (суточное, а также в часы "пик") образуется в октябре. Это является результатом "трудовых" передвижений. Если потоки на магистрали образуются на основе многоцелевых поездок, то максимальная интенсивность мо-

жет иметь место и в других месяцах. При наличии рекреативных поездок, максимальные потоки образуются в июле или августе. При этом играют роль и погодные условия.

Т а б л и ц а 3  
Средние коэффициенты месяца в % от максимальной

Месяцы	$N_{ТН}=100$	$N_{ТК}=100$	$N_R=100$	$N_K=100$
I	73	77	78	75
II	69	75	74	74
III	75	79	79	78
IV	85	90	90	90
V	92	95	95	94
VI	91	96	95	95
VII	82	91	89	94
VIII	90	92	90	90
IX	97	100	99	99
X	100	100	100	100
XI	93	93	93	92
XII	80	95	86	85

$N_{ТН}$  — средняя интенсивность часа "пик" в трудовые дни;

$N_{ТК}$  — среднесуточная интенсивность в трудовые дни;

$N_R$  — среднесуточная интенсивность по пятницам;

$N_K$  — среднесуточная интенсивность во все дни недели.

В таблице 3 приведены коэффициенты по месяцам. В разные годы минимальная интенсивность движения наблюдалась в январе и феврале месяце и составляла в зависимости от конкретных мест в городе от 60 до 80 % интенсивности октября.

Причиной сезонных различий является отказ использования личных автомобилей в зимний период. Например, обследования, проведенные в жилых районах Вяйке-Цйсмяе и Ласнамяе показали, что в феврале использование личных автомобилей для передвижения к месту работы составляет 55-56 % от уровня октября. 20 лет назад сезонные различия были более значительными. В то время "пик" использования наблюдался в июле, интенсивность октября и февраля соответственно составляла 86 и 33 %. Из этого можно сделать вывод, что доля автовладельцев, пользующихся личными автомобилями круглый год, увеличилась.

В заключение можно сказать, что на многих улицах интенсивность движения на одну полосу движения достигла такого уровня, который можно реализовать только регулируваемыми перекрестками, работающими в предельном режиме. Если проекты совершенствования уличной сети, которые позволяют рассредоточить транспортные потоки, не реализуются, то будут иметь место длительные заторы утром и вечером в часы "пик".

Необходимость обследования неравномерности движения на нескольких уровнях возникла в связи с имитационным моделированием городского движения при модели "Трамод".

#### Л и т е р а т у р а

1. Х я р м с о н П. Некоторые вопросы дальнейшего развития функциональной структуры города Таллина: Сб. статей "Вопросы экономики градостроительства в Эстонской ССР" - Таллин: Валгус, 1966.

2. V i l l e m i, M. ENSV TA Majanduse Instituudi teaduslik aruanne "Tallinna ühistranspordi marsruutskeemi ratsionaliseerimine". Tallinn, 1987.

3. М е т с в а h i, Т., П и h л а к, I. Autostumistaseme t3usutendentse // Tehnika ja Tootmine . 1986.  
Nr. 10 - lk. 30-32.

4. М е т с в а х и Т.Х., П и х л а к И.О. Проблемы движения в общегородском центре города Таллина // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. - 1979. - № 470. - С. 45-56.

T. Metsvahi

## Research of Traffic Flow in Tallinn

### Abstract

When, years ago, traffic flow research in towns was, for the most part, carried out only in connection with gathering initial data for the formation of general plans, then already in the 70ies traffic flow research became more systematic.

The present article is based on the research carried out between 1976 and 1987. Traffic intensity on the main roads leading to the centre of Tallinn has increased 1.45 times during the period, and among this, car traffic intensity 1.9 times.

The factors exercising on traffic intensity growth have been analysed in the paper. Characteristic indices referring to uneven traffic distribution have been described, and also the factors influencing this process. The unevenness of traffic distribution has been characterized as follows:

- traffic flow distribution as to driving directions,
- traffic flow distribution within twenty-four hours,
- traffic flow distribution within weekdays,
- traffic flow distribution within months.

The necessity for such a systematic research emerged in connection with searching solutions for traffic problems of Tallinn with the aid of an imitation model "TRAMOD".

T. Metsvahi

## Tallinna liiklusvoogude uurimine

### Kokkuvõte

Kui aastaid tagasi uuriti liiklusvooge linnades peamiselt ainult selleks, et generaalplaanide koostamiseks lähtematerjali koguda, siis juba 70-ndatel aastatel muutusid liiklusuuringud märksa süsteempärasemaks. Käesolevas artiklis on kasutatud peamiselt 1976.-1987. a. uurimiste materjale.

Tallinna kesklinna sisenevate magistraalide liiklusintensiivsus on sel perioodil kasvanud 1,45 korda, sealhulgas sõiduautode liiklusintensiivsus 1,9 korda.

Artiklis on analüüsitud liiklusintensiivsuse kasvu mõjutavaid tegureid. Välja on toodud liikluse ebaühtlast jagunemist iseloomustavad näitajad ja selle protsessi mõjurid. Liikluse jagunemise ebaühtlust on iseloomustatud järgmistel tasanditel:

- liiklusvoogude jagunemine sõidusuundade vahel,
- liiklusvoogude jagunemine ööpäeva lõikes,
- liiklusvoogude jagunemine nädalapäevade lõikes,
- liiklusvoogude jagunemine kuude lõikes.

Vajadus selliste süsteempärase uurimiste järele tekis seoses lahenduste otsimisega Tallinna liiklusprobleemidele imitatsioonimudeli "TRAMOD" abil.

### ПЕШЕХОДНОЕ ДВИЖЕНИЕ В ТОРГОВО-ДЕЛОВОМ ЦЕНТРЕ г. ТАЛЛИНА

Основной целью организации пешеходного движения в современных городах является создание оптимальных условий для пешеходного движения. Под оптимальностью условий движения понимается возможность свободно выбирать пешеходом направление и скорость своего движения на безопасных пешеходных путях сообщения. В связи с этим возникает необходимость в информации, определяющей основные характеристики пешеходных потоков.

Пешеходное движение является случайным процессом, характер прохождения которого в различных условиях предсказать трудно. Однако пешеходное движение в крупных городах имеет свои особенности.

В рабочие дни пешеходное движение оживляется утром с 7 и утихает после 20 часов. Ночное движение составляет 10,5–14,5 % от дневного (с 6 до 20 часов) [1]. Суточное изменение пешеходных потоков зависит от характера застройки на тротуаре обслуживаемой территории, а также от характера и от рабочего режима учреждений, которые являются объектами тяготения пешеходов. На тротуарах в промышленных зонах наблюдается интенсивное движение пешеходных потоков во время утреннего и вечернего часа "пик", которое связано с началом и окончанием рабочих смен. В городском центре и на торговых улицах интенсивность быстро растет и в течение всего дня наблюдается высокий уровень пешеходного движения. При этом заметны обеденный и вечерний часы "пик".

Для выяснения закономерностей изменения пешеходных потоков по времени на одной из главных улиц (ул. Виру) в торгово-деловом центре г. Таллина проведено исследование пе-

Т а б л и ц а I

Пешеходные потоки на ул. Вигу в сторону Ратушной площади, к центру (пеш/час)

Время	П	ВТ	СР	Ч	П	С	В	Средн. в будние дни	
								КОЛ-ВО	%
7 - 8	470	400	340	370	270	80	60	370	1,10
8 - 9	930	950	1050	860	1020	390	120	960	2,87
9 - 10	1290	1290	1260	1380	1480	1150	420	1340	4,00
10-11	2160	1770	2150	2210	2250	1250	520	2110	6,30
11-12	3050	3130	3230	3280	3210	2270	1040	3180	9,50
12-13	3260	3340	3650	3580	3570	2890	1310	3480	10,39
13-14	3580	3540	3760	3800	4140	3210	1680	3760	11,23
14-15	3220	3080	2980	2590	2990	3520	1880	2970	8,87
15-16	3350	3370	3420	3230	3260	3740	1440	3330	9,94
16-17	3490	3460	3330	3470	3480	2780	930	3450	10,30
17-18	3770	3590	3680	3670	3370	2240	880	3620	10,81
18-19	2570	2640	2680	2580	2600	1590	1010	2610	7,79
19-20	1660	1630	1440	1520	1670	1220	500	1580	4,72
20-21	830	650	670	690	830	880	300	730	2,18
7-14	14740	14420	15440	15480	15940	11240	15140	15200	45,39
14-21	18890	18420	18200	17750	18200	15970	6940	18290	54,61
7-21	33630	32840	33640	33230	34140	27210	12080	33490	100,00

## Т а б л и ц а 2

Пешеходные потоки на ул. Виру в сторону Центральной площади: от центра (пеш/час)

Время	П	ВТ	СР	Ч	П	С	В	Средн. в будние дни	
								к-во	%
7 - 8	260	250	260	330	240	80	20	270	0,81
8 - 9	560	490	590	510	800	420	120	590	1,78
9 - 10	1070	1030	1160	1490	1320	1000	280	1210	3,65
10-11	1810	1780	2020	1720	2030	2180	310	1870	5,64
11-12	2660	2580	2900	2340	2310	2600	900	2560	7,73
12-13	3150	3290	3830	2800	2840	3750	1220	3180	9,60
13-14	3480	3580	3580	2980	3660	4210	1550	3460	10,44
14-15	2920	3240	2960	3220	3180	3200	1520	3100	9,36
15-16	3100	2770	3480	3120	3140	3370	1260	3120	9,42
16-17	3940	3650	3960	3890	3850	3300	1250	3860	11,65
17-18	3990	4150	4050	3900	3870	2710	1060	3990	12,04
18-19	3370	2960	3340	3250	2980	1570	930	3180	9,60
19-20	1970	1740	1980	1840	1660	1100	740	1840	5,55
20-21	960	820	960	900	850	800	500	900	2,72
7-14	12990	13000	14340	12170	13200	14240	4400	13140	39,65
14-21	20250	19330	20750	20120	19530	16050	7260	19990	60,35
7-21	33240	32330	35090	32290	32730	30290	11660	33130	100,00



## Пешеходные потоки на ул. Виру (сентябрь 1986 г.)

Время	П	ВТ	СТ	Ч	П	С	В	Средн. в будние дни.		к <sub>0</sub>		
								кол-во	%	С	В	
7-8	730	650	600	700	510	160	80	640	0,96	+0,58	+0,50	+0,77
8-9	1490	1440	1640	1370	1820	810	240	1550	2,33	+0,62	-0,52	-0,50
9-10	2360	2320	2420	2870	2800	2150	700	2550	3,83	+0,52	+0,54	+0,60
10-11	3970	3550	4170	3930	4280	3430	820	3980	5,97	+0,53	-0,64	+0,62
11-12	5710	5710	6130	5620	5520	4870	1940	5740	8,61	+0,55	-0,53	+0,54
12-13	6410	6630	7480	6380	6410	6640	2530	6660	10,00	+0,52	-0,56	+0,52
13-14	7060	7120	7340	6780	7800	7420	3230	7220	10,84	+0,52	-0,52	+0,52
14-15	6140	6320	5940	5810	6170	6720	3400	6070	9,11	-0,51	+0,52	+0,55
15-16	6450	6140	6900	6350	6400	7110	2700	6450	9,68	+0,52	+0,53	+0,53
16-17	7430	7110	7290	7360	7330	6080	2180	7210	10,97	-0,53	-0,54	-0,57
17-18	7760	7740	7730	7570	7240	4950	1940	7610	11,42	-0,52	-0,55	-0,55
18-19	5940	5600	6020	5830	5580	3160	1940	5790	8,69	-0,55	+0,50	+0,52
19-20	3630	3370	3420	3360	3330	2320	1240	3420	5,13	-0,54	+0,53	-0,60
20-21	1790	1470	1650	1590	1680	1680	800	1630	2,45	-0,55	+0,52	-0,62
7-14	27730	27420	29780	27650	29140	25480	9540	28340	42,54	+0,54	-0,56	10,54
14-21	39140	37750	38950	37870	37730	32020	14200	38260	57,46	-0,52	-0,50	-0,51
7-21	66870	65170	68730	65520	66870	57500	23740	66620	100,00	+0,50	-0,53	+0,51

пешеходного движения. Улицу Виру связывает исторически сложившийся старый центр с новым торговым центром, а также с массовыми источниками пешеходных потоков: с остановками общественного транспорта. Данные учета пешеходов в течение 14 часов (с 7 до 21) приведены в таблицах 1, 2, 3.

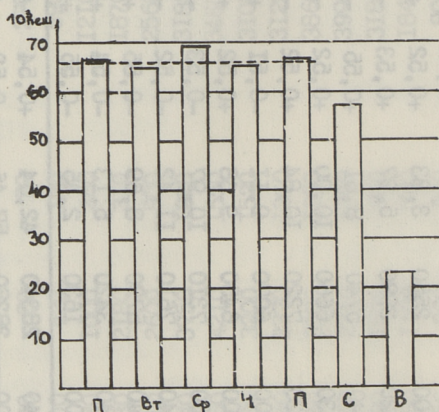


Рис. 1. Пешеходные потоки на ул. Виру (с 7<sup>00</sup> до 21<sup>00</sup>)

Общий поток в отдельные рабочие дни изменяется в пределах 5 % и составляет в среднем 66 600 пешеходов. Наибольший дневной поток наблюдается в среду (рис. 1). Субботний и воскресный потоки составляют соответственно 86,3 и 35,6 % (при открытых магазинах 45 %) от среднесуточного. Для сравнения в таблице 4 приведены результаты исследования пешеходного движения в г. Хельсинки [1] и распределение посетителей по данным Таллинского универмага.

Для оценки распределения потоков по направлениям использовали показатель односторонности  $k_0$ , который равен отношению большей величины потока из встречных направлений к общей величине потока. Для путей в торговых районах величина односторонности по времени характеризуется относительной стабильностью и низким абсолютным значением:

практически движение двустороннее,  $k_0 = 0,50-0,62$  при среднем значении  $0,503$ . В таблицах 3 и 5 значения  $k_0$  даны со знаком "+" при большей интенсивности в сторону центра и со знаком "-" при большей интенсивности в противоположную сторону.

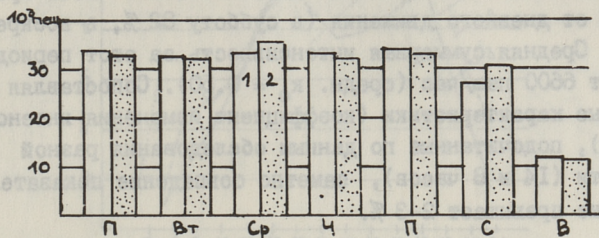


Рис. 2. Распределение пешеходных потоков по дням недели и по направлениям:  
1 - к центру; 2 - от центра.

Как правило, до 14 часов и с 15 до 16 часов превалирует поток в сторону Ратушной площади (к центру), среднее значение односторонности  $k_0 = +0,54$ , а после обеда в обратную сторону (от центра):  $k_0 = -0,52$ . Самые высокие значения односторонности имеют место утром до открытия торговых предприятий и в воскресенье. Только в субботу, в течение всего дня, превалирует поток от центра, который на 11 % больше встречного потока. В остальные дни разность между встречными потоками не превышает 5 процентов.

Т а б л и ц а 4

Коэффициенты изменения интенсивности пешеходного потока относительно среднего в будние дни

	П	ВТ	СР	Ч	П	С	В
Таллин	1,00	0,98	1,03	0,98	1,00	0,86	0,36
В том числе							
к центру	1,00	0,98	1,00	0,99	1,02	0,81	0,36
от центра	1,00	0,98	1,06	0,98	0,99	0,91	0,35
Хельсинки	0,90	1,09	0,97	0,99	1,05	0,75	0,38
Посещаемость универмага	0,93	1,01	1,02	1,02	1,02		

Утром количество пешеходов быстро возрастает и достигает к II часам (к центру) или к 12 часам (от центра) высокого уровня: более 3000 пеш/час. Интенсивность понижается соответственно после 18 и 19 часов. За эти 6 часов проходит 71-72 % от дневного движения (в субботу 82 %, в воскресенье 84 %). Средняя суммарная интенсивность за этот период составляет 6600 пеш/час (средн.  $k_0 = 0,50$ ). Сопоставляя относительные характеристики (коэффициент изменения интенсивности,  $k_0$ ), подсчитанные по данным обследования разной длительности (14 и 8 часов), заметно совпадение показателей - ошибка не превышает 2-3 %.

Т а б л и ц а 5

Односторонность движения,  $k_0$  \*

	П	ВТ	СР	Ч	П	С	В	Средн. в буд- ние дни
Об- щий	+0,503	+0,504	-0,510	+0,507	+0,510	-0,527	+0,509	+0,503
7- -14	+0,532	+0,526	+0,518	+0,560	+0,547	-0,559	+0,539	+0,536
14- -21	-0,517	-0,512	-0,533	-0,531	-0,518	-0,501	-0,511	-0,522

\* + большая интенсивность к центру;  
- большая интенсивность от центра.

На рис. 3 показано дневное распределение пешеходных потоков в Таллине, Хельсинки и Ленинграде. Кривые распределения точно совпадают с 10 до 13 часов. Общий поток за это время во всех городах составляет 25 % от дневного. На всех кривых заметны часы "пик". Их два: обеденный и вечерний. Однако по времени они смещены. Это свидетельствует о том, что для выяснения закономерностей пешеходного движения необходимо провести обследования в конкретных условиях. Всем кривым характерно некоторое понижение (на 20-30 %) интенсивности с 14 до 16 часов. Наибольшее количество пешеходов зарегистрировано с 17 до 18 часов, в среднем 7610 человек, что составило 11,4 % от дневного движения. Особенно четко вечерний "пик" выражен при направлении от центра: 3990 пешеходов или 12 % (табл. 6).

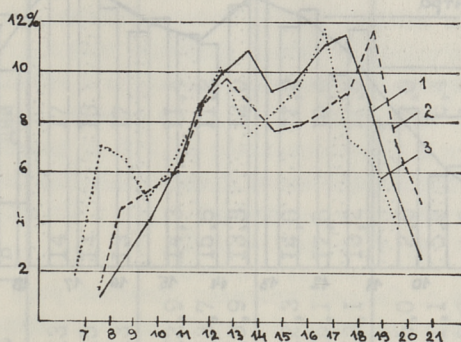


Рис. 3. Суточное распределение пешеходных потоков в будние дни:

1 - Таллинн; 2 - по Романову [2]; 3 - Хельсинки (с 6<sup>00</sup> до 20<sup>00</sup>) [1].

Только на 4 % меньше значения потоков на час раньше. Обеденный "пик" с 13 до 14 часов. Величина потоков в это время на 15 % меньше вечерних часов "пик". Для направления в сторону центра основным является обеденный "пик", который на 4 % (в пятницу на 19 %) больше вечернего.

В субботу и в воскресенье характер кривых распределения часовых интенсивностей другой (рис. 4). Здесь величина пешеходных потоков постоянно увеличивается до пикового значения, после чего снова уменьшается. Час "пик" для разных потоков с 13 до 15 часов. Интересен тот факт, что в субботу во время работы магазинов часовые интенсивности мало отличаются от интенсивностей в будние дни. В субботу была зарегистрирована самая большая часовая интенсивность: 4210 пешеходов в одном направлении. Однако после закрытия магазинов интенсивность быстро уменьшается. Благодаря множеству культурно-бытовых объектов в старом городе (театры, кино-театры, рестораны, кафе и пр.) пешеходное движение поздно вечером после 20 часов имеет довольно стабильный характер.

Знание закономерностей изменения пешеходного движения позволяет выработать оптимальную схему учета пешеходов. Как правило, проектировщики интересуются предельные значения потоков. Однако час "пик" в разных направлениях и в

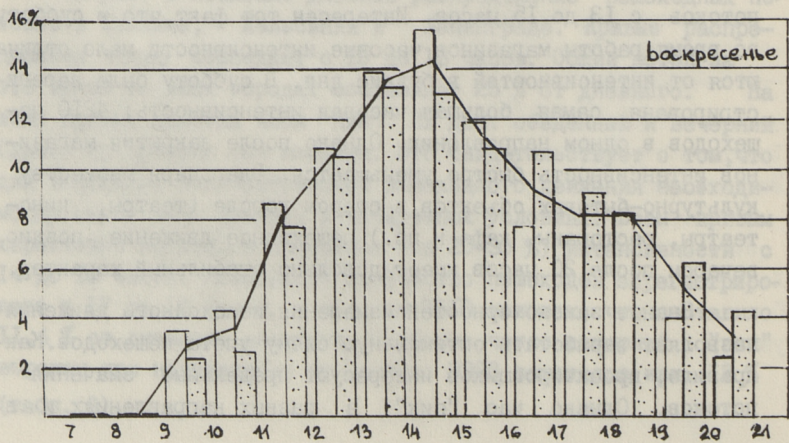
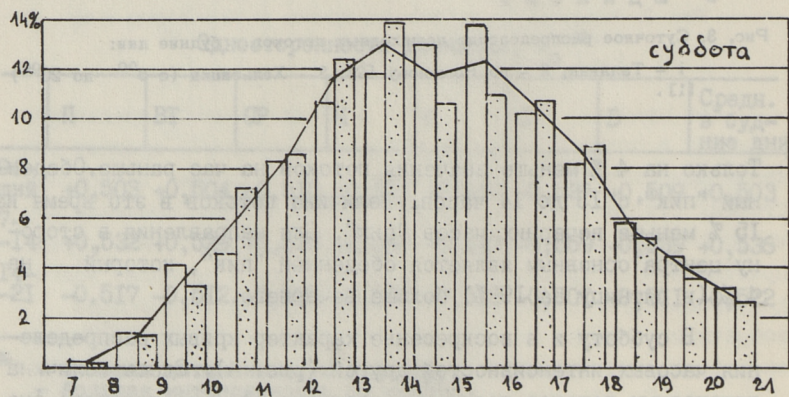
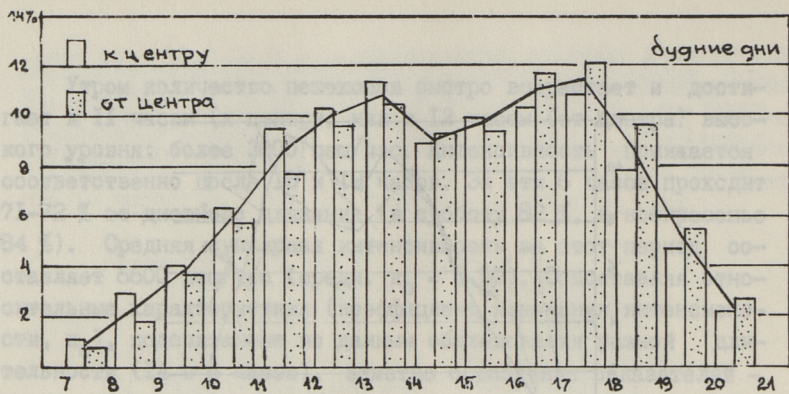


Рис. 4. Суточное распределение пешеходных потоков.

Таблица 6

## Данные о часах "пик"

	П	ВТ	СР	Ч	П	С	В	Средн. в будние дни
Начало часов "пик"	17	17	17	17	13	13	14	17
к центру	17	17	13	13	13	15	14	13
от центра	17	17	17	17	17	13	13	17
Доля интенсивности в час "пик", %	11,6	11,9	11,2	11,6	11,7	12,9	14,3	11,4
к центру	11,2	10,9	11,2	11,4	12,1	13,7	15,6	11,2
от центра	12,0	12,8	11,5	12,1	11,6	13,9	13,3	12,0
Доля средней интенсивности (16-18), %*	11,4	11,5	10,9	11,4	10,9	12,3	14,0	11,2
к центру	10,8	10,7	10,4	10,7	10,0	15,1	17,5	10,6
от центра	11,0	12,1	11,4	12,1	11,8	13,1	13,2	11,3
Ошибки между среднечасовой и пиковой интенсивностями, %	2,2	4,2	2,9	1,4	7,1	5,0	2,6	2,0
к центру	3,8	1,8	7,3	6,4	20,9	11,1	5,6	6,4
от центра	0,6	6,4	1,1	0,1	0,2	5,8	1,0	1,6

\* В субботу и в воскресенье с 13 до 15 часов.

разные дни недели наблюдается в разное время. Поэтому получается разброс данных. Ошибка может превышать 10 %. Чтобы избежать случайных ошибок и разброса данных, целесообразно провести обследование движения пешеходов в течение двух часов вечернего часа "пик" (с 16 до 18 часов). Средняя интенсивность в эти 2 часа составляет 11,2 % от дневного потока и отличается от пиковой часовой интенсивности на 2 % (при направлении к центру в дни часами "пик" в 13 часов ошибка составляет 6-7 %, в пятницу - 20 %).

В центре г. Таллина проведен обширный учет пешеходов с 16 до 18 часов и составлена картограмма средних интенсивностей вечернего часа "пик". Для получения суточных интенсивностей надо полученные значения умножить на 10.

#### Л и т е р а т у р а

1. Helsingin kantakaupungin jalankulkututkimus. Helsingin kaupungin kaupunkisuunnitteluvirasto. - Helsinki, 1971.
2. Романов А.Г. Дорожное движение в городах: закономерности и тенденции. - М.: Транспорт, 1984.



Fußgängerverkehr im HandelszentrumTallinn

## Zusammenfassung

Dieser Artikel befaßt sich mit den Problemen der Veränderung der Belastung des Fußgängerstromes. Die Beobachtungen wurden innerhalb einer Woche von 7 bis 21 Uhr auf der wichtigsten Handelstraße des Stadtzentrums durchgeführt. Im Artikel sind die Resultate dieser Beobachtungen dargestellt.

Während 8 Stunden von 11 bis 19 Uhr ist die mittlere Belastung 3300 Fußgänger pro Stunde in einer Richtung, die Höchstwerte übersteigen 4000. Die Spitzenwerte kommen um 17 und um 13 Uhr vor. Die Höchstbelastung beträgt 11-12 % des Tagesverkehrs.

In dieser Arbeit werden die Kennzahlen der Ungleichmäßigkeit wie die Belastungsverteilung während einer Woche und einem Tag untersucht. Auch die Verteilung des Fußgängerstromes zwischen den Bewegungsrichtungen wird betrachtet. Vormittags sind die Ströme zum Zentrum etwas größer als die Ströme aus dem Zentrum (die Richtungskennzahl  $k_0 = 0.54$ ) und nachmittags ist es umgekehrt ( $k_0 = 0.52$ ).

Derartige Angaben über Fußgängerverkehr in Tallinn sind erstmalig gesammelt worden, denn bisher fehlte jegliche Information darüber.

Jalakäijate liiklus Tallinna kaubanduskeskuses

## Kokkuvõte

Artikkel põhineb Tallinna vanalinna ühel põhilisemal kaubandustänaval - Viru tänaval - läbiviidud jalakäijate loenduse materjalidel. Kõrvuti äriotstarbeilise liikumisega peab Viru tänav rahuldama ka läbikäiguliikumise vajadusi: ta ühendab vana kaubanduskeskust uuega ning ühistranspordi peatuste kaudu ka linna teiste rajoonidega. Ligikaudu 30% vanalinna läbivast jalakäijate liiklusest langeb Viru tänavale. Loendus toimus 1986. a. septembris kõikidel nädalapäevadel kella 7-21. Et sellist uurimust Tallinnas varem läbiviidud ei ole, puudusid seni andmed jalakäijavoogude suuruste ja nende muutumise seaduspärasuste kohta.

Artiklis esitatakse korrastatud loendusandmed tunniintensiivsuste kujul. Keskmise intensiivsus kella 11 ja 19 vahel on 3300 jalakäijat tunnis ühes suunas, suurim intensiivsus on üle 4000. Välja on toodud ka liikumise ebaühtlust iseloomustavad näitajad, nagu jagunemine nädala ja ööpäeva jooksul, samuti käigusuundade vahel. Välja on selgitatud tipp tund ning selle osatähtsus.

О НАЧАЛАХ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ВЕРТИКАЛЬНОГО  
ПЛАНИРОВАНИЯ

Уже многие годы используются программы, отражающие те или иные приемы проектирования генплана строительного участка на ЭВМ. Однако они являются малоэффективными. Все соответствует давно известному тезису, что программа, имитирующая алгоритм ручной обработки данных задачи, не может быть эффективна для пользователя. Для обеспечения выгоды программы необходим новый математический подход к проблеме.

Алгоритм проектирования генплана состоит из четырех основных частей: математическая модель местности, математическая модель проектируемого рельефа строительного участка, математическая модель нулевого цикла здания, алгоритм расчета объемов работ. В настоящем изложении заслуживает внимания вторая часть.

В составе математической модели проектируемого рельефа тремя основными подзадачами являются обеспечение необходимых уклонов для стока воды, детерминирование проектных высот и минимизирование объемов работ.

При традиционном (ручном) проектировании уклоны частных площадей выбираются постоянные - все площади разделяются на плоскостные области. По линиям соприкосновения двух соседних плоскостных областей образуются прямые линии излома. Класс линии излома состоит из подклассов водоразделов и линии стока (рис. 1).

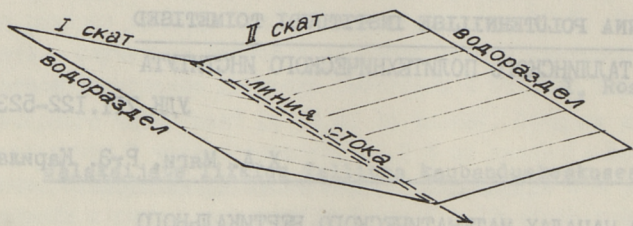


Рис. 1. Плоскостные области проектируемого рельефа при ручном исполнении.

Пространственные плоскостные области традиционного проектирования в традиционном строительстве превращаются в кривые поверхности (ввиду свойств землеройных, асфальтукладочных и др. машин). Следовало бы обсудить приемлемость получаемого рельефа с точки зрения гидравлики стока воды. На водоразделах уклоны уменьшаются против проектных уклонов и водоотход затрудняется. В средних частях стока уклоны увеличиваются, а у подножья уменьшаются. На водоразделе слой воды мал и затруднение водоотвода не может причинить значительных неудобств. Утолщение слоя стока воды в сторону подножья прямо связано с увеличением скорости течения воды. Во многих случаях практики криволинейные скаты и линия стока обеспечивают необходимую устойчивость к размытию покрытий площадей и лотков.

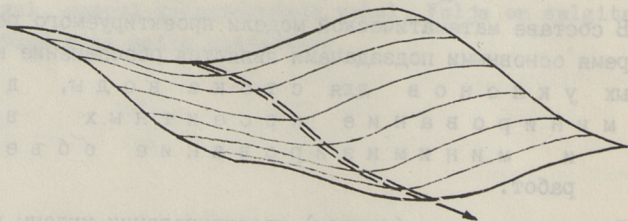


Рис. 2. Кривые поверхности возведенного рельефа в традиционном случае. Фактическое обмягчение переломов способствует более удобному передвижению транспортных средств по рельефу.

Предлагаем умышленно предусматривать при проектировании обмягчение верхов и подножья скатов, а не оставлять это на случайное образование в процессе строительных работ (как отклонения выполненных работ от проекта).

Математическая аппаратура проектирования кривых поверхностей должна:

В о - п е р в ы х, обеспечить описание перекрещивающихся складок в двух направлениях, из которых одно направление соответствует скатам, а другое - линиям стока.

В о - в т о р ы х, исходная информация определения волн рельефа в обоих направлениях должна быть по объему минимальная - желательны лишь высоты местных экстремумов по двум перпендикулярным характеризующим профилям.

В т р е т ь и х, должна существовать возможность включать в проектную поверхность дополнительные местные отклонения от общей волнистости в виде бугров или выбоин.

Математических аппаратур такого рода, по всей вероятности, существует несколько. Мы предлагаем одну из них: использование гиперболических тангенсов для описания образующих профилей проектируемого рельефа в обоих направлениях. Названная аппаратура уже находила некоторую разработку для проектирования автодорожных продольных профилей [1, 2, 3].

На планируемом участке выбирается местная координатная система, например, следующая:  $\xi$  по направлению водостока,  $\eta$  по направлению склона скатов. Высоты проектируемого рельефа определяются по формуле:

$$\zeta(\xi, \eta) = \zeta_0 + \sum_{i=1}^m a_i [1 + \text{th} b_i (\xi - c_i)] + \sum_{j=1}^n d_j [1 + \text{th} e_j (\eta - f_j)], \quad (I)$$

Каждый член ряда (I) - асимптотическая функция, представитель которой изображен на рис. 3.

Параметр  $b_i$  (соответственно  $e_j$ ) характеризует наклон графика в месте  $\xi = c_i$  (соответственно  $\eta = f_j$ ).

Функция (I) во всей области определения дифференцируема по  $\xi$  и  $\eta$  неограниченной кратностью. Это значит, что в каждой точке проектируемого рельефа определена крутизна поверхности. Для сокращения участков профилей с малыми уклонами желательно соединить соседние члены ряда так, чтобы совпадали места с экстремальными кривизнами. С этой целью изучим экстремумы второй производной:

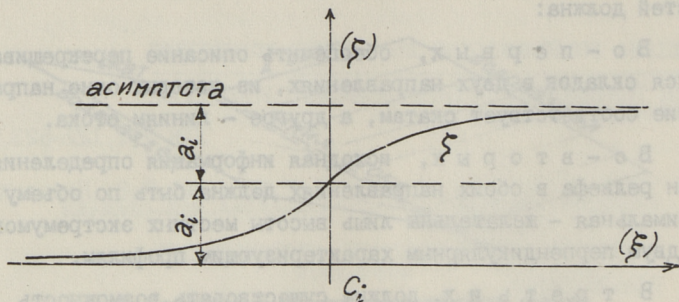


Рис. 3. График функции гиперболического тангенса. Параметры:  $2a_i$  - разность высот двух асимптот,  $c_i$  - абсцисса центра.

$$\left. \frac{\partial^3 \xi}{\partial \xi^3} \right|_{\xi_e} = 0, \quad (2)$$

$$a_i b_i^3 [1 - \text{th}^2 b_i (\xi - c_i)] [1 - 3 \text{th}^2 b_i (\xi - c_i)] = 0.$$

Первое решение  $\xi_{e1} = b_i^{-1} \text{arth} 1 + c_i$  соответствует местам бесконечного приближения функции к своим асимптотам и поэтому не заслуживает внимания. Второе решение

$$\xi_{e2} = b_i \text{arth} 3^{-0,5} + c_i \quad (3)$$

дает в частном случае  $b_i = 1$  и  $c_i = 0$  значение  $\xi_{e2} = \pm 0,6583$ . В этих местах и следует присоединить соседние члены кривой профиля.

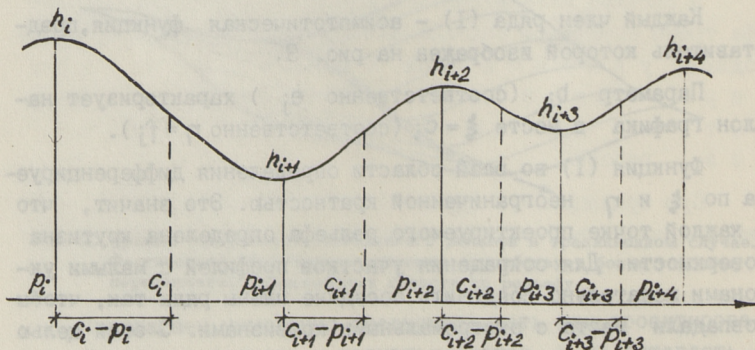


Рис. 4. Чередование экстремумов функции высот профиля и параметры членов ряда.

Согласно рис. 4  $c_i$  всегда выбирается в середине между  $p_i$  и  $p_{i+1}$  т.е.  $c_i = 0,5(p_{i+1} + p_i)$ . Пользуясь тривиальным выражением  $b_i(c_i - p_i) = \xi_{e_2}$ , получим  $b_i = 1,3166(p_{i+1} + p_i)^{-1}$ .

Аналогично параметрам  $b_i$  и  $c_i$  в профиле вдоль оси  $\xi$  определяются параметры  $e_j$  и  $f_j$  в профиле вдоль оси  $\eta$ . Параметры же  $a_i$ ,  $d_j$  и исходная высота  $\zeta_0$  определяются одновременно по двум профилям, пользуясь заданными высотами водораздельных и полошвенных точек в этих профилях (рис. 5).

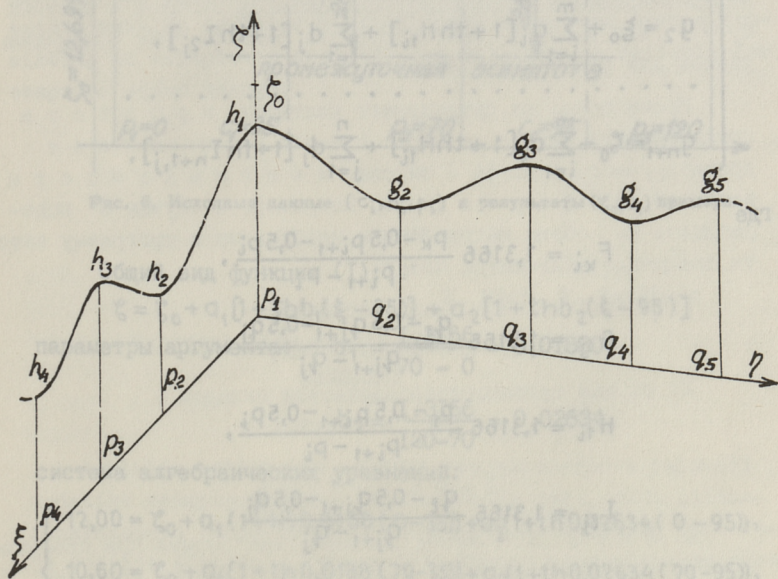


Рис. 5. Две направляющие профиля проектируемого рельефа.

После замены параметров  $b_i, c_i, e_j$  и  $f_j$  на их известные значения функция (I) приобретает следующий вид:

$$\zeta(\xi, \eta) = \zeta_0 + \sum_{i=1}^m a_i \left[ 1 + \operatorname{th} 1,3166 \frac{\xi - 0,5 p_{i+1} - 0,5 p_i}{p_{i+1} - p_i} \right] + \sum_{j=1}^n d_j \left[ 1 + \operatorname{th} 1,3166 \frac{\eta - 0,5 q_{j+1} - q_j}{q_{j+1} - q_j} \right].$$

Для определения параметров  $\zeta_0, a_1, \dots, a_m, d_1, \dots, d_n$  решим  $1 + n + m$  линейных алгебраических уравнений, исходя из  $1 + n + m$  значений заданных высот на профилях (рис. 5):





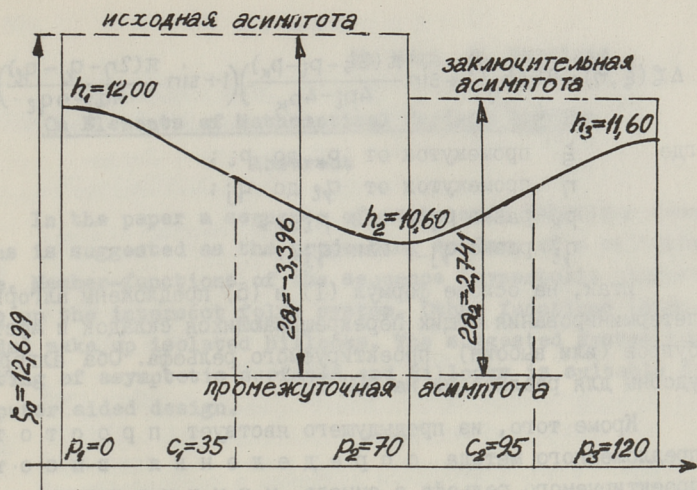


Рис. 6. Исходные данные  $(c_i, h_i, p_i)$  и результаты  $(z_0, a_i)$  примера.

Общий вид функции (I):

$$z = z_0 + a_1 [1 + th b_1 (\xi - 35)] + a_2 [1 + th b_2 (\xi - 95)]$$

параметры аргумента:  $b_1 = \frac{1.3166}{70 - 0} = 0,0188,$

$$b_2 = \frac{1.3166}{120 - 70} = 0,02634,$$

система алгебраических уравнений:

$$\begin{cases} 12,00 = z_0 + a_1 (1 + th 0,0188 (0 - 35)) + a_2 (1 + th 0,02634 (0 - 95)), \\ 10,60 = z_0 + a_1 (1 + th 0,0188 (70 - 35)) + a_2 (1 + th 0,02634 (70 - 95)), \\ 11,60 = z_0 + a_1 (1 + th 0,0188 (120 - 35)) + a_2 (1 + th 0,02634 (120 - 95)) \end{cases}$$

и ее решение:

$$z_0 = 12,699, \quad a_1 = -1,698, \quad a_2 = 1,371.$$

Следует отметить, что экстремальные уклоны на первом и втором участках соответственно  $-0,026$  и  $0,025$  сильно отличаются от уклонов хорд тех же самых участков ( $-0,020$  и  $0,020$ ).

Включение в первоначальную проектную поверхность дополнительных местных отклонений от общей волнистости осуществляется в виде синусоидального купола:

$$\Delta z(\xi, \eta) = 0,5 \Delta h_{ij} \left( 1 + \sin \frac{\pi(2\xi - p_i - p_k)}{4p_i - 4p_k} \right) \left( 1 + \sin \frac{\pi(2\eta - q_j - q_l)}{4q_j - 4q_l} \right), (5)$$

где  $\xi$  промежуток от  $p_k$  до  $p_i$ ;  
 $\eta$  промежуток от  $q_l$  до  $q_j$ ;  
 $p_k$  равно  $p_{i-1}$  или  $p_{i+1}$ ;  
 $q_l$  равно  $q_{j-1}$  или  $q_{j+1}$ .

Итак, на основе формул (1) и (5) предложены алгоритмы детерминирования общих перекрещивающихся складок и местных бугров (или выбоин) проектируемого рельефа. Оба алгоритма удобны для реализации на ЭВМ [3].

Кроме того, из предыдущего явствует простота предложенного метода определения высот проектируемого рельефа в смысле минимальности вводимой информации. Например, в случае 6 водоразделов по обоим направлениям необходимо в программу ввести следующие количества чисел:

1) случай традиционного алгоритма -

$$3 \cdot (4 + 18 \cdot 2 + 9 \cdot 9) = 363;$$

2) случай тангенсгиперболических складок -

$$3 \cdot (11 + 10) = 63.$$

#### Л и т е р а т у р а

1. М я г и Х.А. Метод эмпирических формул при проектировании трассы и проектной линии на ЭВМ: Тезисы докладов III респ. науч.-техн. конф. по автомобильным дорогам и геодезии / ТПИ. - Таллин, 1976. - С. 17-18.

2. М я г и Х.А., Л е в и н М.И., Т е э т с о А.О. Тангенсгиперболическое трассирование автомобильной дороги на ЭВМ // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. - 1977. - № 430. - С. 33-37.

3. М я г и Х.А. Система программ на языке ФОРТРАН для вариантного проектирования автомобильных дорог на ЭВМ // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. - 1980. - № 486. - С. 15-26.

H. Mägi, R. Karilaid

On Elements of Mathematical Upright Lay-Out

Abstract

In the paper a sequence of asymptotic behaviour functions is suggested as the projecting surface of a building site. Member-functions of the sequence (hyperbolic tangents) make up the intersect folds system. Other functions (sinusoids) make up isolated hillocks. The suggested system consisting of asymptotic surfaces and hillocks is suitable for computer aided design.

H. Mägi, R. Karilaid

Metemaatilise vertikaalplaneerimise  
alustest

Kokkuvõte

Artiklis esitatakse maatüki projekteeritava reljeefi mudeliks asümptootiliste funktsioonide jada. Jada liikme-funktsioonid (hüperboolsed tangensid) moodustavad ristuvate voltide süsteemi. Isoleeritud kühmud moodustatakse sinusoidide abil. Ettepanud asümptootiliste pindade ja kühmude kogum on väga käepärane tehisreljeefi automatiseeritud projekteerimisel (raalimisel).

## С о д е р ж а н и е

1. А.Э. Аавик, В.М. Сегеркранц. База информации для системы оптимального планирования ремонта городских улиц и дорог (системы RMS) Эстонской ССР..... 3
2. П.Д. Сурье. О строительстве шероховатых покрытий..... 15
3. Р.Р. Силлат, А.А. Гаврилов, Н.Л. Платонов. Выбор продолжительности процесса выпуска у двухтактного карбюраторного двигателя..... 26
4. Т.Х. Метсвахи. Исследование транспортных потоков в городе Таллине..... 33
5. И.А. Росте. Пешеходное движение в торговом центре г. Таллина..... 44
6. Х.А. Мяги, Р.Э. Карилайд. О началах математического вертикального планирования..... 57









Цена 70 коп.

EESTI AKADEEMILINE RAAMATUKOGU



1 0200 00082431 2