

Ep. 6.7
701

ISSN 0136-3549

0320-3433

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOLI

TOIMETISED

**ТРУДЫ ТАЛЛИННСКОГО
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

**TRANSACTIONS OF TALLINN
TECHNICAL UNIVERSITY**

**АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ И
ТРАНСПОРТ ХУИИ**

TALLINN 1989

701

ALUSTATUD 1937

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOLI
TOIMETISED

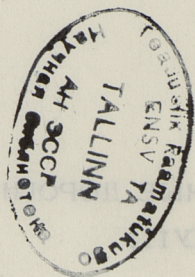
TRANSACTIONS OF TALLINN
TECHNICAL UNIVERSITY

ТРУДЫ ТАЛЛИННСКОГО
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

UDK 621; 625; 656; 711

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ И
ТРАНСПОРТ ХУIII

TALLINN 1989



ТАЛЛИНСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Труды ТТУ 701
АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ И ТРАНСПОРТ ХУ111

На русском языке

Ответственный редактор: И.Росте

Технический редактор: А. Андриевская

Сборник утвержден коллегией Трудов ТТУ 15.12.89

Подписано к печати 15.12.89

Формат 60x90/16

Печ. л. 3,75+0,25. Уч.-изд. л. 3,2

Тираж 300

Зак. № 231

Цена 70 коп.

Таллиннский технический университет

200108 Таллинн, Эхитаяте геэ, 5

Ротапринт ТТУ

200006 Таллинн, ул. Коскла, 2/9

© Таллиннский технический университет, 1989

А. Аавик, В. Сегеркранц

ОПТИМИЗАЦИЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ РЕМОНТНЫХ РАБОТ ДОРОЖНЫХ
ПОКРЫТИЙ В СИСТЕМЕ ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ
РЕМОНТА ГОРОДСКИХ УЛИЦ

С начала 1987 года в Эстонской ССР проводится практическая разработка системы оптимального планирования ремонта и содержания городских улиц и дорог (система **Pavement Management System - PMS**). В Трудах Таллиннского политехнического института [3] приведена общая характеристика системы, а также затрагиваются вопросы создания базы информации для системы **PMS**. Настоящая статья развивает дальше эту тему.

Для каждого объекта следует подобрать самый рациональный метод производства ремонтных работ. В современных условиях существует возможность выбирать между несколькими техническими решениями. Каждая технология ремонта имеет характерные технико-экономические показатели и сроки службы. Наиболее правильное решение можно принять, решая задачу оптимизации в отношении общего состояния данной сети, имеющихся материальных и денежных ресурсов. При решении задачи следует учитывать:

- 1) оптимальную возможность, когда финансовых ресурсов достаточно;
- 2) минимальную возможность, которую используют тогда, когда финансовых ресурсов недостаточно, чтобы реализовать оптимальную возможность.

На рисунке I изображено изменение состояния дороги после проведения технологического мероприятия, приведены максимальный, допустимый и минимальный уровни дефектов покрытия. Допустимый уровень дефектов - это наибольшее количество дефектов, при котором необходимо провести ремонт, или

оптимальный год, которым в данном случае является 1989 год (на рисунке с цифрой 2).

Уровень дефектов

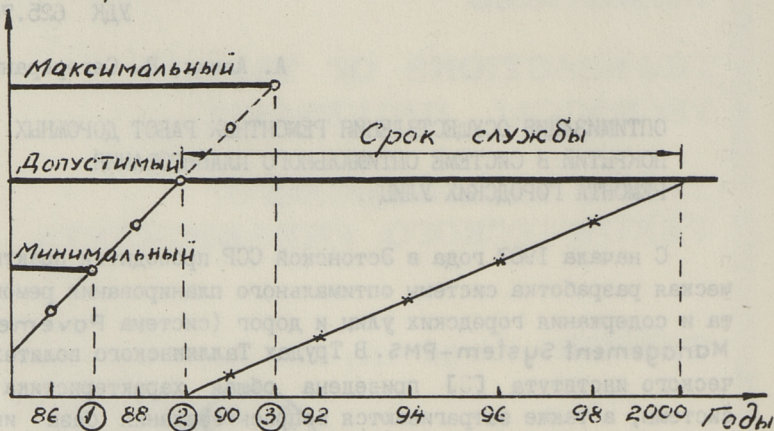


Рис. 1. Изменение состояния дорожного покрытия после проведения ремонтного мероприятия.

Максимальный уровень дефектов — момент, когда оттягивать ремонт уже невозможно (на рисунке с цифрой 3). Тем самым оберегают дорогу от слишком большого ухудшения состояния. Минимальный уровень дефектов — момент, раньше которого не надо проводить средний ремонт.

Максимальный уровень дефектов принимается в два раза больше, чем допустимый уровень, и минимальный уровень соответственно на 30 % меньше (1). Если принимать при среднем ремонте за максимальный уровень дефектов 40 % от площади перегона улицы (2), тогда допустимым (или оптимальным) уровнем дефектов будет 20 % и минимальным 16 % от площади перегона улицы. Уровни можно изменить соответственно нуждам.

Принципом действия линейной оптимизации является то, что при достаточности ресурсов для выполнения всех поставок рассрочивают осуществление мероприятия на оптимальный год, причем и осуществляемое мероприятие тоже должно быть оптимальным. Когда мероприятия на всех объектах невозможно осуществить из-за ограниченности финансовых ресурсов, программа ищет такие решения, при которых все поставки были бы осу-

ществлены как оптимальные, изменяется только срок мероприятия. Если в рассматриваемом периоде денежных ресурсов достаточно, но в каком-то году этого периода меньше или больше требуемого, то программа находит оптимальное решение. Рассрочивание ремонтных мероприятий производится с учетом получаемых доходов. С другой стороны, учитывают и стоимости ремонтных мероприятий. В этом случае можно сдвигать от оптимальной и такую поставку, откуда получаемые доходы несколько больше по сравнению с другими, а расходы явно больше. Иначе сказать, оптимизация учитывает и отношения доходов и расходов между разными объектами.

Конечным результатом линейной оптимизации является программа мероприятий, которая выбирает объекты, мероприятия и их рассрочку так, чтобы с помощью имеющихся ресурсов осуществить наилучшее решение.

В первом приближении нами были приведены в соответствие ремонтные мероприятия с дефектами покрытия (см. табл. I)

Т а б л и ц а I

Ремонтные мероприятия и соответствующие им дефекты покрытия

| Ремонтные мероприятия | Дефекты покрытия |
|--|--|
| Поверхностная обработка | Продольные трещины (1) |
| | Поперечные трещины (2) |
| | Сетка трещин (3) |
| | Износ покрытия (4) |
| | Заплаты и асфальтированные проколы (5) |
| Ремонт выбоин и пластических деформаций | Выбоины (6) |
| | Обламывание кромок (7) |
| | Колели (8) |
| | Волны (9) |
| Укладка нового слоя асфальтобетона (слоя износа) | Сетка трещин (3) |
| | Износ покрытия (4) |
| | Выбоины и обламывание кромок (6) |
| | Заплаты и асфальтированные проколы (5) |
| Подъем колодцев | Низкие колодцы (10) |

Исходные данные для определения объема ремонтных работ улиц города Пярну (пример)

| Улица | Начало и конец перегона. | Площадь перегона /x1000 м ² / | Возраст покрытия | Общий модуль упрости Е (МПа) | Интенсивность движения (авт.) в сутки | Всего дефектов $\frac{м^2}{1000 м^2}$ | Преобладающий вид дефектов | Кол-во коммунационных колодцев |
|--------------------|---------------------------------------|--|------------------|------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Хаапсалуское шоссе | р.Сауга-Пыллу Пыллу-гр.города | 10,03 4,675 | 7 14,5 | 537,2 413,1 | 778 778 | 14,6 33,34 | 4 1 | 1 1 |
| Таммсааре | Рижск. шоссе-Куузе | 12,75 | 11 | 541,1 | 213 | 508,12 | 4 | 3 |
| | Куузе-Ньюкогуде | 3,6 | 2,5 | 535,1 | 213 | 0,63 | 6 | 6 |
| Теэстугзе | Таллинское шоссе-Маш. завод Таммсааре | 6,97 12,3 | 8 13 | 479,9 512,2 | 916 916 | 4,62 26,46 | 4 4 | 0 0 |
| 9 мая | Таммсааре-Дом № 45 | 10,304 | 4 | 479,4 | 512 | 15,66 | 5 | 2 |
| | Дом № 45 - Рая | 9,52 | 6 | 453,6 | 512 | 28,23 | 5 | 5 |
| Папийндю | Мост-Рижск. шоссе | 22,8 | 10 | 426,6 | 3044 | 4,20 | 2 | 0 |
| | Рижское шоссе - 9 мая | 6 | 4 | 407,5 | 368 | 48,35 | 3 | 0 |

| I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--------------|------------------------|-------|----|-------|-----|-------|---|----|
| Айа | Тамсааре-Комсо-моли | 5,85 | 2 | 378,0 | 97 | 4,31 | 2 | 18 |
| | Комсомоли-Калеви | 2,925 | 12 | 358,4 | 104 | 247,3 | | 2 |
| | Калеви-Ленина | 1,875 | 4 | 491,5 | 118 | 33,6 | 4 | 0 |
| Револу-циони | Айа-Калеви | 1,24 | 2 | 288,0 | 657 | 400 | 4 | 0 |
| | Калеви-Рижское шоссе | 1,24 | 12 | 297,4 | 657 | 700 | 4 | 0 |
| | Рижское шоссе-Суур-Иые | 1,05 | 3 | 297,4 | 95 | 0 | 0 | 0 |

Примечание: цифры преобладающего вида дефектов соответствуют цифрам в скобках в табл. I

Для каждого наблюдаемого участка улицы определяется преобладающий вид дефектов, по которому устанавливается вид ремонта для данного перегона.

Из таблицы I видно, что при некоторых видах дефектов возможно не одно, а несколько ремонтных мероприятий. Выбор может быть определен экономическими расчетами, с учетом приведенных суммарных транспортных расходов и в т.ч. стоимости проведения того или иного ремонтного мероприятия.

Исходными данными для установления объема ремонта для каждого отдельного участка улицы являются:

- площадь покрытия на рассматриваемом перегоне;
- возраст покрытия;
- общий модуль упругости дорожной одежды;
- интенсивность движения, приведенная к расчетным нормируемым нагрузкам группы А;
- количество коммуникационных колодцев.

В качестве примера в таблице 2 приведены исходные данные для некоторых улиц города Пярун.

Рост дефектов определяется по формуле:

$$F = K(38,11 - 0,07 \cdot E + 0,003 \cdot N), \quad (I)$$

где F - количество дефектов за 1 год службы покрытия в м² на 1000 м² покрытия;

E - общий модуль упругости дорожной одежды, МПа;

N - интенсивность движения, приведенная к расчетным нормируемым нагрузкам группы А;

K - коэффициент, учитывающий возраст покрытия, значения которого приведены в таблице 3.

Т а б л и ц а 3
Значения коэффициента K с учетом возраста покрытия

| Возраст покрытия | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| K | 0,003 | 0,005 | 0,0065 | 0,0146 | 0,0245 | 0,0419 | 0,0705 | 0,1206 | 0,2024 | 0,3489 | 0,5615 | 1,0000 | 1,6701 | 2,8792 | 4,7966 | 8,2899 | 13,7776 | 23,6666 |

Эти коэффициенты найдены из модели изменения состояния асфальтобетонного покрытия в зависимости от времени эксплуатации.

Но надо отметить, что зависимость (I) с применяемыми коэффициентами является региональной, т.е. применима только в тех условиях, которые соответствуют накопленной на базе знаний информации (в данном случае для города Пярну). Для других условий необходимо составить свои модели.

Для каждого участка улицы прогнозируется рост дефектов за I год службы по зависимости (I) и если общая площадь дефектов превышает оптимальную границу допустимых дефектов, данный участок включается в план ремонтных мероприятий, а программа установит вид стоимости ремонта. В результате получается план ремонтных работ, а также вычисляется размер денежных затрат для поддержания уличной сети, входящей в данную базу знаний на нужном уровне обслуживания.

Имеются две возможности при составлении программы ремонтных работ:

1) составить при помощи ЭВМ без внешнего вмешательства план и бюджет ремонтных мероприятий, оперируя при этом средними ценами ремонтных работ и средними толщинами асфальтобетона при укладке слоя износа и заделке ям.

2) составить программы ремонтных работ и бюджета в режиме диалога с ЭВМ, тогда можно выбирать между несколькими материалами и толщинами слоя износа и заделки ям, от чего меняются и денежные расходы.

Таким образом могут быть составлены годовые и пятилетние планы ремонта городских улиц и дорог.

Л и т е р а т у р а

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

2. Г е л ь ф е р Г.А. Строительство и эксплуатация городских дорог. М.: Стройиздат, 1989. 271 с.

3. А а в и к А.Э., С е г е р к р а н ц В.М. База информации для системы оптимального планирования ремонта городских улиц и дорог (системы PMS) Эстонской ССР // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. 1988. № 670. С. 3-14.

A. Aavik, V. Segerkrantz

Teekatete remonditööde optimeerimine
linnatänavate remondi ja korrashoiu
optimaalse planeerimise süsteemis

Kokkuvõte

Käsitletakse linnateede ja -tänavate remondi ja korrashoiu optimaalse planeerimise süsteemi väljatöötamisega seotud küsimusi. Artikkel on järjeks 1988. aasta TPI Toimetistes ilmunud artiklile.

Olemasolevate rahaliste ja materiaalsete ressursside ning aja raames ning kasutades automatiseeritud süsteemi teekatete seisukorra kohta käiva informatsiooni hoidmiseks ja töötlemiseks määratakse optimaalne teede ja tänavate korrashoiu ja remondi strateegia.

Road Pavement Repair Work Optimization
in the System of Optimal Planning
of Town Streets' Repair

A b s t r a c t

The present paper is concerned about the problems of how to elaborate an optimal system in planning the repair of streets and roads.

Several issues are tackled in the course of selecting optimal technology and time for carrying out the repair of road pavement, trying to solve the optimization task, in connection with the general state of street network, having material and monetary resources.

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ В ПРИДОРОЖНЫХ
НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ

Для населенного пункта, расположенного в зоне автомобильной дороги, транспорт представляет собой большую или меньшую опасность. Какова степень этой опасности в действительности, какие факторы ей способствуют - эти и некоторые другие вопросы нашли разъяснение в данном материале. Даются и некоторые конкретные предложения по увеличению безопасности движения в населенных пунктах.

Для этого используются статистические данные по основным магистралям Эстонии, анализируются дорожно-транспортные происшествия (ДТП) и количество пострадавших в придорожных населенных пунктах в период с 1982 по 1987 гг., т.е. за шесть лет.

База данных состояла из 9 шоссежных дорог (титулы М II, М I2, А 201, А 202, А 203, А 204, А 206, А 207, А 208) вместе с 88 населенными пунктами, расположенными вдоль дорог. Не исследовались лишь города республиканского значения из-за специфических условий движения в них.

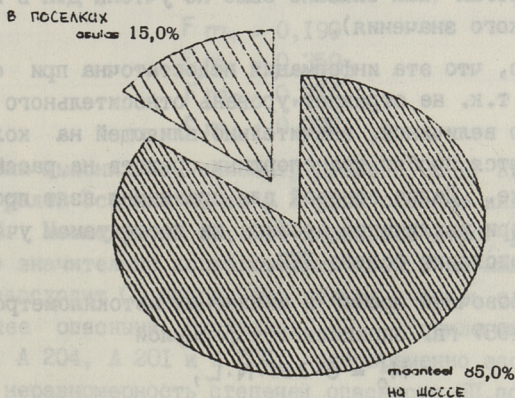
Учитывали только те ДТП в ПНП (ПНП - придорожный населенный пункт), которые были напрямую связаны с магистралью. В расчет брались ДТП (период 1981-1984 гг.), в результате которых у пострадавших наблюдались телесные повреждения (смерть), а материальный ущерб составлял более 150 руб.

Бесспорно, дополнительную информацию дадут и неучтенные НС (несчастный случай (ДТП)), но из-за недостаточной и неточной статистики этих случаев пришлось от них отказаться.

На рассмотренных шоссежных дорогах за период с 1982 по 1987 гг. произошло 1364 НС с 1591 пострадавшим, из них в ПП соответственно 205 и 247. Обзор НС и пострадавших дает приложенная диаграмма (рис. I).

a)

LÕ jaotus
Eesti peamagistraalidel 1982-1987



b)

LÕ ohvrite jaotus
Eesti peamagistraalidel 1982-1987

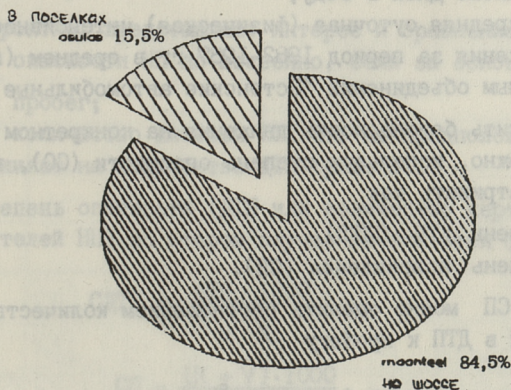


Рис. 1. а) Распределение ДТП на основных магистралях Эстонии за 1982-1987 гг.

б) Распределение пострадавших на основных магистралях Эстонии за 1982-1987 гг.

Как видно, ДТП и пострадавшие внутри границ НП составляют ~ 15 % от всех ДТП и пострадавших на главных магистральных дорогах (как сказано выше не учтены ДТП в городах республиканского значения).

Очевидно, что эта информация недостаточна при оценке проблем НП, т.к. не отражает уровень относительного риска. Очевидно, что величиной, значительно влияющей на количество ДТП, является пробег транспортных средств на рассматриваемом участке. Далее основой для сравнения взят пробег с учетом, что при увеличении пробега на исследуемом участке, вероятно, происходит больше ДТП.

Ориентировочный пробег в миллионах автокилометров в период 1962-1967 гг. определяется формулой

$$M_0^* = 6 \cdot 365 \cdot N \cdot L,$$

где M_0^* - пробег, в автокилометрах;

L - длина перегона, км;

6 - число исследуемых лет;

365 - число дней в году;

N - средняя суточная (физическая) интенсивность движения за период 1962-1967 гг. в среднем (по данным объединения "Эстонские автомобильные дороги).

Определить безопасность движения на конкретном перегоне дороги можно, используя степень опасности (СО), которую можно рассматривать как

1) степень ДТП (СДТП),

2) степень повреждения (СП).

СДТП и СП можно оценить соотношением количества ДТП и пострадавших в ДТП к пробегу

$$СДТП = \frac{ДТП}{M_0} = \frac{ДТП \cdot 10^6}{6 \cdot 365 \cdot N \cdot L} \quad (ДТП/10^6 \text{ автокм.})$$

$$СП = \frac{H+V}{M_0} = \frac{(H+V) \cdot 10^6}{6 \cdot 365 \cdot N \cdot L} \quad (\text{пострад.}/10^6 \text{ автокм.})$$

где H - погибшие;

V - пострадавшие.

Далее на выбранном шоссе сравнивается средняя степень опасности со степенью опасности НП соответствующих дорог.

Обозначив СДТП $F m_1$, СП $F m_2$, СДТП для НП $f m_1$ и СП для $f m_2$ и приведя средние результаты всей выборки, получим для магистралей Эстонии:

$$F m_1 = 0,190$$

$$f m_1 = 0,359$$

$$F m_2 = 0,216$$

$$f m_2 = 0,397$$

Как выяснилось, километр пробега в НП вдоль главных магистралей Эстонии почти в 2 раза опаснее километра шоссе вне НП. Несмотря на то, что в разрезе дорог результаты довольно значительно колеблются, на всех 9-ти магистралях СО НП превосходит СО шоссе, что нельзя считать случайностью. Наиболее опасными оказались НП, прилегающие к шоссе А 208, А 204, А 201 и А 206; одновременно заслуживает внимание неравномерность степеней опасности НП по сравнению со степенями опасности магистралей.

Результаты подсчетов для наглядности приводятся в диаграммах (рис. 2).

Вероятно, представляет интерес и сравнение средней степени опасности НП по-шосейно, если за основу возьмем:

1) пробег;

2) количество жителей НП, что по предположению существенно влияет на количество ДТП (рис. 3).

Степень опасности (ДТП или количество жертв в год на 1000 жителей НП) во втором случае вычисляется формулой

$$\text{СДТП} = \frac{\text{ДТП} \cdot 1000}{a \cdot X}$$

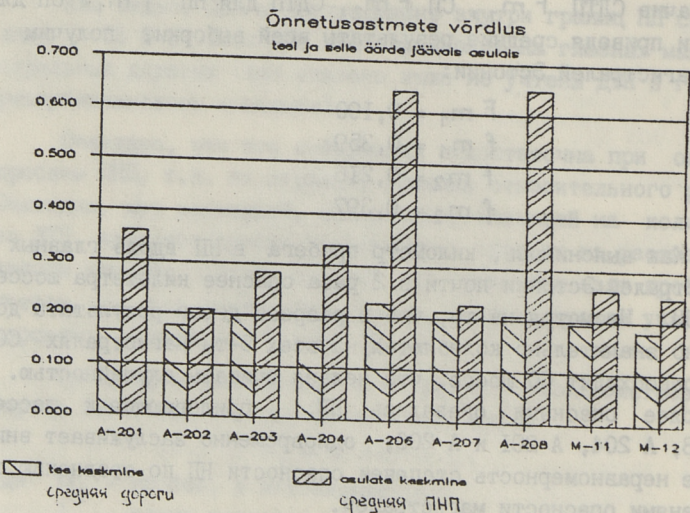
$$\text{СП} = \frac{(H + V) \cdot 1000}{a \cdot X},$$

где X - количество жителей НП;

a - количество лет в базе данных ДТП (в данном случае - 6)

Как видно по диаграмме, по пробегу опасные населенные пункты расположены на магистралях А 208, А 206, А 201 и А 204, на них следует обратить внимание прежде всего в части условий движения, параметров дороги и организации дви-

a)



6)

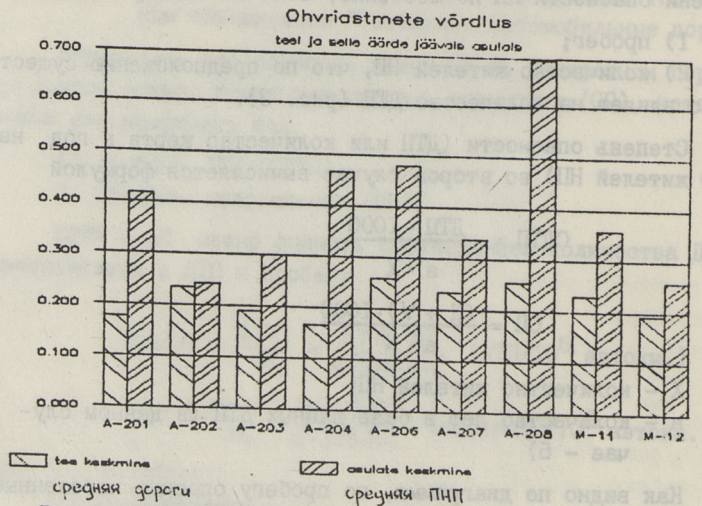
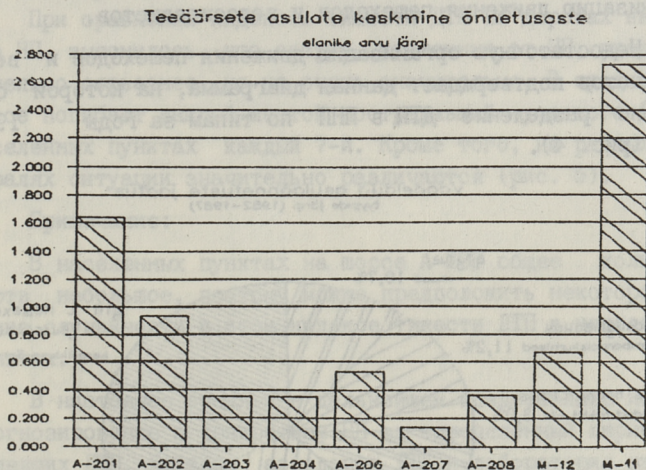


Рис. 2. Сравнение степеней опасности:
 а) Сравнение СДТП на дороге и придорожных населенных пунктах,
 б) Сравнение СП на дороге и придорожных населенных пунктах.

a)



b)

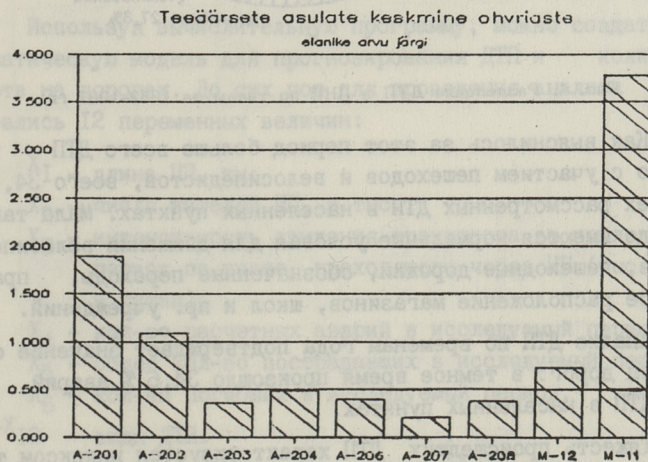


Рис. 3. Средня СО в ПНП по численности населения:
 а) Средняя СДТП в ПНП по численности населения,
 б) Средняя СП в ПНП по численности населения.

жения. НП шоссе М II, А 20I, А 202 и М I2 выше среднего опасны для жителей, поэтому следует обратить внимание на организацию движения пешеходов и велосипедистов.

Недостаточную организацию движения пешеходов и велосипедистов подтверждает данная диаграмма, на которой обозначено разделение ДТП в ПНП по типам за годы 1982-1987 (рис. 4).

Vaadeldud asulaõnnetuste jaotus
tüüpide järgi (1982-1987)

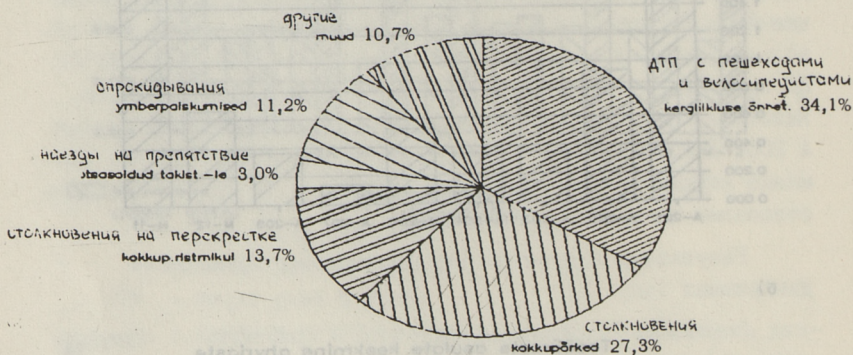


Рис. 4. Разделение ДТП в ПНП по типам за 1982-1987 гг.

Как выяснилось за этот период больше всего ДТП произошло с участием пешеходов и велосипедистов, всего 34,1 % из всех рассмотренных ДТП в населенных пунктах. Мало таких НП, где имеются нормальные условия для движения велосипедистов, пешеходные дорожки, обозначенные переходы, правильное расположение магазинов, школ и пр. учреждений.

Анализ ДТП по временам года подтверждает значение освещения дорог: в темное время произошло 34,6 % аварий от всех ДТП в населенных пунктах.

Тяжесть происшедших ДТП характеризуется индексом тяжести, который представляет собой общее соотношение погибших в ДТП к общему числу пострадавших

$$ИТ = \frac{Н}{Н + В},$$

где ИТ - индекс тяжести;

Н - погибшие;

У - раненые.

При сравнении индексов тяжести ДТП на дорогах внутри и вне НП, выяснилось, что аварии, удаленные от НП, предположительно серьезнее, но не очень значительно. В среднем на шоссе погибает каждый шестой пострадавший учетного ДТП, в населенных пунктах каждый 7-й. Кроме того, на разных магистралях ситуации значительно различаются (рис. 5).

Примечание:

В населенных пунктах на шоссе А 207 общее количество жертв небольшое, поэтому можно предположить некоторое значение случайности в этом индексе тяжести ДТП в населенных пунктах.

В настоящее время и в дальнейшем представляет интерес прогнозирование в конкретном НП за определенный период происшедших ДТП. Кафедра автодорог ТТУ и лаборатория научного исследования автодорог и движения уже некоторое время занимались решением этой проблемы в рамках хозяйственной работы № 423.

Используя вычислительную программу, можно создать математическую модель для прогнозирования ДТП и количества жертв на дорогах. До сих пор для проведения анализа использовались 12 переменных величин:

X_1 - длина НП, км;

X_2 - число жителей НП, в тыс.;

X_3 - интенсивность движения транспорта за исследуемый период по шоссе, проходящего через НП (тыс. автом. в сутки);

X_4 - кол-во расчетных аварий в исследуемый период;

X_5 - общее кол-во пострадавших в исследуемый период;

X_6 - кол-во погибших в исследуемый период,

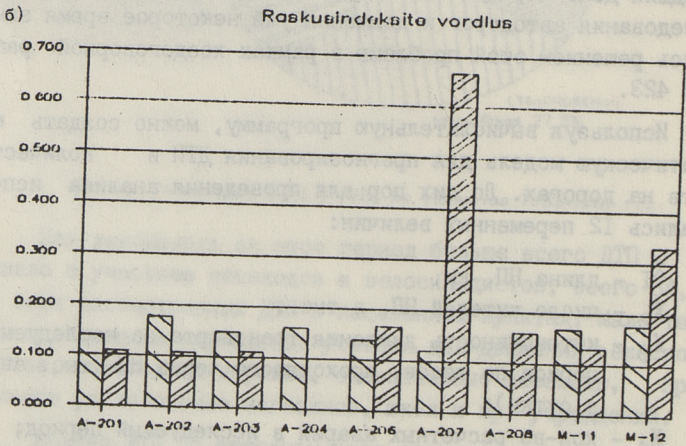
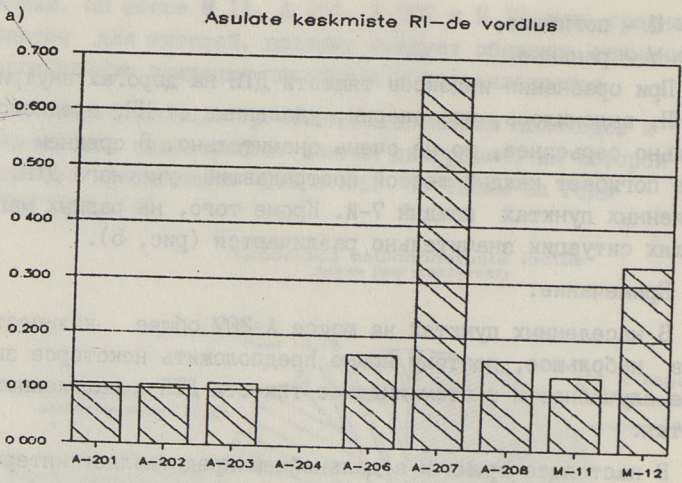
X_7 - X_{12} - виды ДТП.

Уравнения получились в виде

$$\left. \begin{array}{l} X_4 \\ X_5 \\ X_7 \end{array} \right\} = AX_1 + BX_2 + CX_3 + D,$$

где А, В, С - множители корреляционной модели;

Д - свободный член.



maantee keskmine
 средняя шоссе

asulate keskmine
 средняя ПНП

Рис. 5. Средний индекс тяжести:
 а) Сравнение средней индексов тяжести в НП,
 б) Сравнение индексов тяжести.

При поиске модели, классифицировали НП в группы по разным приметам, т.к. на ДТП оказывают влияние многочисленные факторы. При этом использовали ранее составленную информационную базу, которая содержит данные о 88 НП и о шоссе, которые через них проходят.

Ограниченный объем статьи не позволяет представить все типы моделей. Отмечая, что модели были составлены с учетом многих признаков (тип НП, величина интенсивности движения на шоссе, месторасположение НП, организация движения, параметры дорог и т.п.), приводим для примера модели, имеющие наибольшие детерминационные показатели:

1. НП с очень редкой застройкой:

$$X_4 = 2,704 X_1 + 1,5123 X_3 - 5,0385; R^2 = 0,5950.$$

2. НП городского типа

$$X_4 = 2,2977 X_1 + 0,9126 X_2 + 2,4738 X_3 - 6,3756; R^2 = 0,6314.$$

3. Интенсивность движения до 1000 авт. в сутки

$$X_4 = 1,9776 X_1 - 2,7544 X_2 + 3,5395 X_3 - 4,1337; R^2 = 0,8249.$$

4. Интенсивность движения от 3000 до 4000 авт. в сутки

$$X_4 = 3,7719 X_1 - 2,8816 X_2 + 2,6398 X_3 - 10,712; R^2 = 0,7387.$$

5. При наличии освещения в ПНП

$$X_7 = 1,4546 X_1 - 0,2376 X_2 - 1,6515; R^2 = 0,7650.$$

6. Дорога с очень маленькими горизонтальными радиусами в ПНП

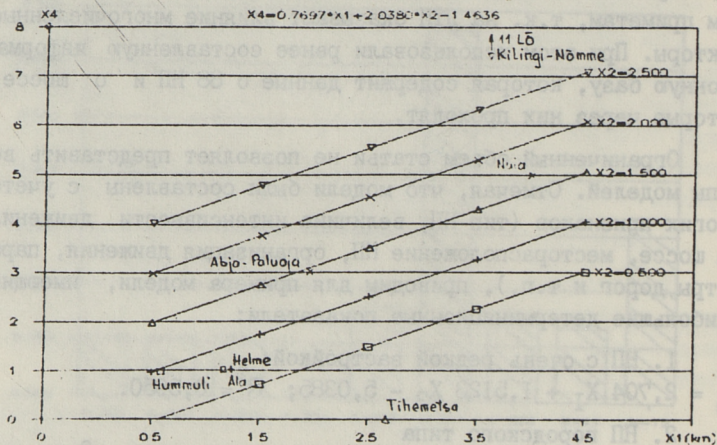
$$X_5 = 5,6935 X_1 - 5,9258 X_2 + 0,4374 X_3 - 2,9306; R^2 = 0,8145.$$

Как пример графического изображения рассмотрим 2 модели прогноза ДТП в НП на шоссе А 208 и М II (рис. 6). Именно эти модели выбраны в связи с тем, что они включают только три переменных величины. Детерминационный показатель этих уравнений соответственно 0,6332 и 0,6056.

При сравнении найденных моделей и оценке показателя можно сделать несколько выводов и выяснить факторы, влияющие на безопасность движения в селениях. Некоторые результаты:

1. Как и предполагали, явились опасными НП городского типа и с большим количеством жителей. Некоторым из них следовало бы построить объездные дороги.

a) Maantee A 208 asulate LO prognoos



б) Maantee M 11 asulate LO prognoos

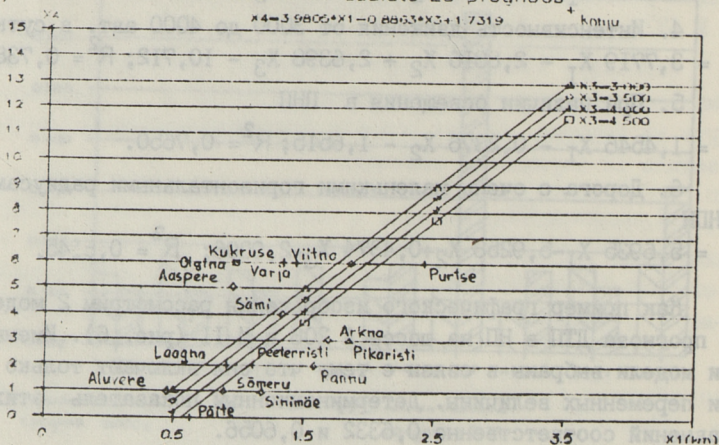


Рис. 6. Прогноз ДТП в населенных пунктах:

- а) ПНП шоссе А 208,
б) ПНП шоссе М 11.

2. В населенных пунктах с очень редким расположением застройки незаслуженно мало обращается внимания на организацию движения, из-за чего происходит много ДТП.

3. Вероятность ДТП растет (хотя не равномерно) с увеличением интенсивности движения.

4. Особенно опасную ситуацию создает шоссе, проходящее через окраину ПНП.

5. В ПНП необходимы стоянки для автомобилей.

6. Большой перекресток в НП увеличивает частоту ДТП.

7. Ограниченная видимость (малые горизонтальные радиусы) часто является причиной ДТП.

8. Безопасность пешеходам и велосипедистам обеспечивают локальные ограничения скорости и тротуары.

Кроме приведенных выводов найденные модели представляют возможность прогнозировать количество ДТП в конкретном поселении. Для этого необходимо получить данные о динамике количества жителей в НП и изменении интенсивности движения в рассматриваемом периоде.

Предсказать количество ДТП и пострадавших в НП за двадцатилетний период можно исходя из шестилетней базы данных по формуле

$$\frac{X_4}{X_5} = \sum_1^{20} (A X_1 + B X_{2i} + C X_3 + D) / 6.$$

Соответствующее уравнение можно использовать, например, при технико-экономическом обосновании объезда и для расчета предстоящих ДТП и потерь от них.

В дальнейшем следует расширить и дополнить базу данных в части ДТП, количества жителей НП и интенсивности движения, а также в соответствии с изменением обстановки откорректировать распределение по признакам. С удлинением исследуемого периода значение случайностей уменьшается и увеличивается достоверность полученных уравнений.

Следующие исследования должны охватить и менее значимые магистрали (магистрали республиканского значения), их придорожные НП, что существенно расширило бы базу данных и дало бы дополнительный материал для сравнения. Так-

же следует отметить, что в данный момент получены модели только линейного вида, который не всегда может гарантировать лучший результат. Поэтому рекомендуется исследовать и другие, например, экспонентные виды функции.

Очень редко встречаются дороги, на которых безопасность движения постоянна на всем протяжении. При этом доказано, что для определения частоты ДТП на 1 млн. автокм. пробега на разных участках дороги можно использовать закон распределения Пуассона.

В Финляндии для оценки безопасности движения дорог используют метод, который предполагает частоту происхождения ДТП по закону распределения Пуассона. Этот же метод можно распространять и на ПНП. Кроме интенсивности движения количество ДТП и пострадавших в НП зависит от количества жителей НП.

Очевидно, конкретное шоссе с его параметрами и условиями дороги влияет на безопасность ПНП. Исходя из этого рассматривалась безопасность ПНП по каждой дороге отдельно и определены степени ДТП и пострадавших в каждом НП в зависимости от

- 1) пробега в данном НП,
- 2) количества жителей НП.

Для этого использовали формулы:

$$\text{степень ДТП } f m_1 = \frac{\text{ДТП}}{M_0}$$

$$\text{степень пострадавших } f m_2 = \frac{(H+V)}{M_0}$$

где $H+V$ - пострадавшие;

M - относительное число.

Если рассмотрим $f m_1$ и $f m_2$ в зависимости от количества жителей в НП, тогда

$$M_0 = \frac{X \cdot a}{1000}$$

где X - количество жителей НП;

a - количество исследуемых лет.

Если рассмотрим $f m_1$ и $f m_2$ в зависимости от интенсивности движения в ПНП, тогда

$$M_0 = \frac{a \cdot 365 \cdot N \cdot L}{10^6}$$

где N - интенсивность движения;
 L - длина шоссе в пределах НП.

Здесь M_0 обозначает проезд в млн. автокм.

Дополнительно определяют границы изменения степеней ДТП и степеней пострадавших для каждого ПНП отдельно:

$$\begin{aligned} \text{верхний предел } f_{m_y} &= f_{m_k} \pm k \sqrt{\frac{f_{m_k}}{M_0} \pm \frac{1}{M_0}}, \\ \text{нижний предел } f_{m_a} & \end{aligned}$$

где f_{m_k} - средняя величина степени ДТП (или СП) выбора;

M_0 - относительное число;

K - квантиль вероятности (гарантий), величина которого зависит от избранной вероятности. В данном случае использовано 95 и 90 % вероятности.

(Как пример на рис. 7 представлены результаты расчета М II.)

Результаты подсчета дали возможность поставить в ряд более опасные НП на главных магистралях

М II I. Конью 2-4 Олгина, Сями, Вийтна 5, Маарду

М II 2 I. Конове

А 201. I. Каукси 2-3 Тяривере, Калма

А 202. I. Куйвайые 2. Мяо

А 203. I. Роосна-Аллику 2 Кихме

А 204. I. Аркна

А 206. I. Ууэмыйза

А 708. I. Килинги-Нымме.

Для применения методов по улучшению условий движения на главных магистралях Эстонии следует детально рассмотреть данные НП в той же очередности.

Если раньше НП были распределены в группы по дорогам, с учетом влияния условий движения на шоссе, то далее НП группировали по частоте расположения застройки:

1) очень редко расположенная застройка;

2) редко расположенная застройка;

3) часто расположенная застройка;

4) НП городского типа.

Аналогично вышеуказанному оценивали опасность по закону распределения Пуассона. Выяснилось, что сравнение классифицированных НП с целью определения наиболее опасных дало в основной части те же результаты, что и сравнение с делением по магистралям.

Добавились только:

М II : Варья, Пуртсе, Кукрuse

A 20I: Лохусуу

которые тоже следует добавить в число опасных НП.

Ленинград-Таллинн

перисд 1982-1984

M-11 Leningrad-Tallinn

vaatlusaastad 1982-1984

| k=1,960 | | ЧИСЛЕННОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ | | СДТП | ОТНОСИТ. ЧИСЛО | верхняя граница | нижняя граница | опасность |
|------------|------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Нас. пункт | ДТП | Elanike arv (I) | Õnnetused-aste (faal) | | | | | |
| Asula nimi | Asula nimed (LD) | Asula nimed (LD) | Asula nimed (LD) | Asula nimed (LD) | Asula nimed (LD) | Asula nimed (LD) | Asula nimed (LD) | Asula nimed (LD) |
| Maardu | 1 | 95 | 1.754388 | 0.570000 | 8.773317 | 0.000000 | | |
| Viitna | 6 | 101 | 7.700990 | 0.606000 | 8.53745 | 0.000000 | ohulik | |
| Aspere | 5 | 301 | 2.768547 | 1.806000 | 5.672092 | 0.000000 | | |
| Arkna | 3 | 238 | 2.100840 | 1.428000 | 6.139885 | 0.000000 | | |
| Aluvere | 1 | 13 | 7.259259 | 0.108000 | 21.842766 | 0.000000 | | |
| Soõre | 1 | 1129 | 0.147623 | 6.774000 | 4.121549 | 2.434473 | ohutu | |
| Saõe | 4 | 77 | 6.652609 | 0.462000 | 9.658466 | 0.000000 | | |
| Pikaristi | 3 | 57 | 8.771750 | 0.342000 | 11.191662 | 0.000000 | | |
| Rannu | 2 | 257 | 1.277017 | 1.542000 | 5.986019 | 0.784194 | | |
| Purtse | 6 | 320 | 3.125000 | 1.920000 | 5.587564 | 0.000000 | | |
| Varja | 6 | 153 | 6.329114 | 0.948000 | 7.116485 | 0.000000 | | |
| Kukruse | 6 | 155 | 6.329114 | 0.948000 | 7.116485 | 0.000000 | | |
| Konju | 16 | 112 | 23.805524 | 0.672000 | 8.168118 | 0.000000 | ohulik | |
| Päite | 0 | 18 | 0.600000 | 0.108000 | 21.842766 | 0.000000 | | |
| Sinimäe | 1 | 472 | 0.353107 | 2.832000 | 5.607167 | 2.025505 | ohutu | |
| Loagna | 2 | 95 | 3.508772 | 0.570000 | 8.773317 | 0.000000 | | |
| Peeteristi | 2 | 56 | 5.952351 | 0.336000 | 11.272482 | 0.000000 | | |
| Oigana | 6 | 675 | 1.485564 | 4.038000 | 4.526673 | 0.996188 | | |
| Summad | 71 | 4335 | 2.725715 | | | | | |

Рис. 7. Результаты расчета М 11.

Вероятно, полезно знать и относительную опасность типов НП. Для этого рассматривали среднюю степень опасности классифицированных НП и сравнивали их между собой. Так как по ходу исследования пришли к заключению, что НП, оставшиеся вне границ изменения распределения Пуассона, в определенных случаях могут значительно влиять на средний показатель опасности, то провели сравнение на базе всех НП и на базе, с которой были элиминированы т.н. экстремные НП.

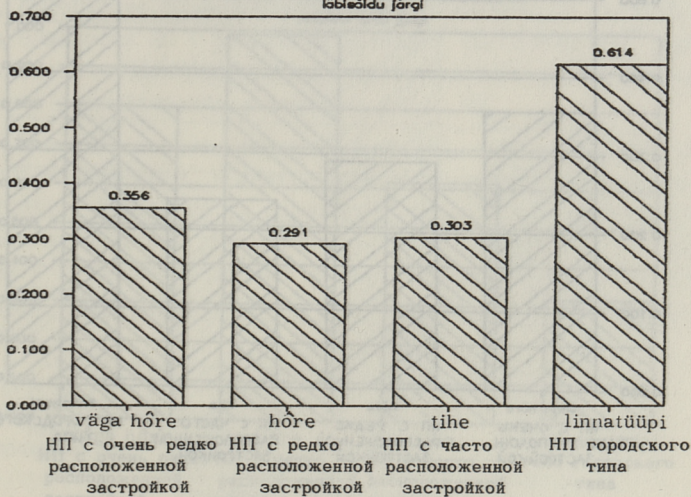
Средние показатели опасности изображены в диаграммах (рис. 8-II).

Анализ результатов показал, что, исходя из пробега, опасность представляют НП городского типа, большого внимания требуют и очень малые НП. По количеству жителей НП

a)

Asulate keskmine õnnetusaste

lõikeõeldu järgi



б)

Asulate keskmine ohvriaste

lõikeõeldu järgi

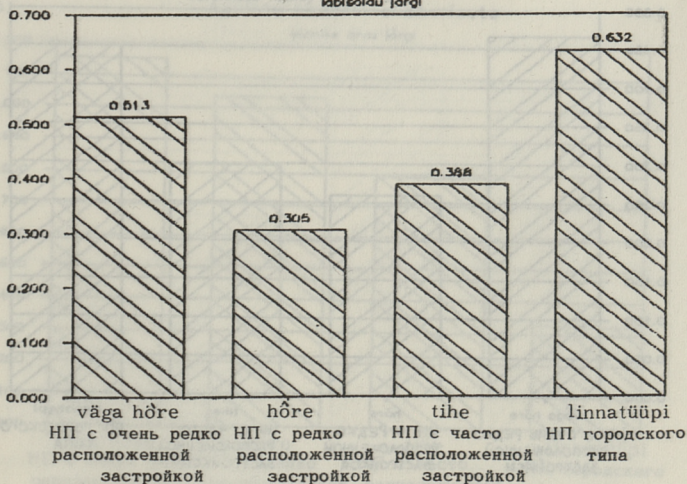
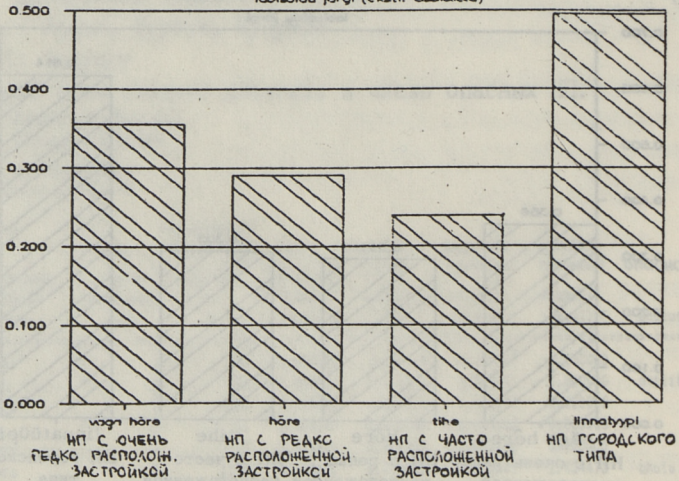


Рис. 8. Средние СО в классифицированных ПНП по пробегу:
 а) СДТП,
 б) СП.

a)

Asulate keskmine õnnetusaste

lõikeõidu järgi (ekstr. asulateta)



b)

Asulate keskmine ohvriaste

lõikeõidu järgi (ekstr. asulateta)

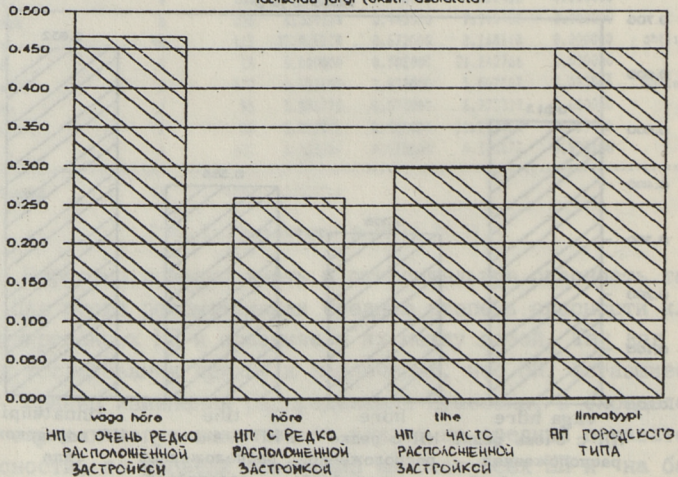


Рис. 9. Средние СО в классифицированных ПНП по пробегу без экстремных НП:

- a) СДТП,
- б) СП.

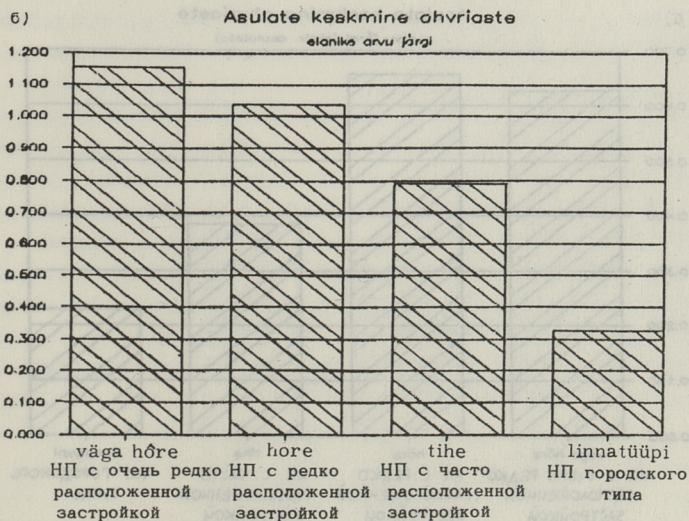
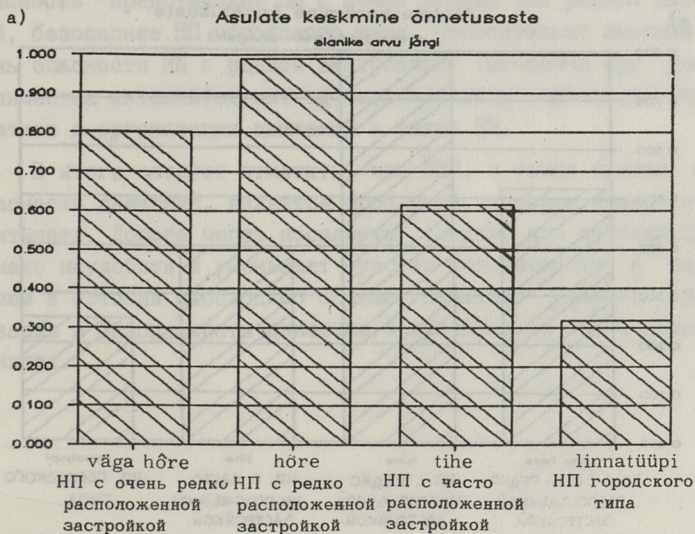


Рис. 10. Средние СО в классифицированных ПНП по численности населения:

- a) СДТП,
б) СП.

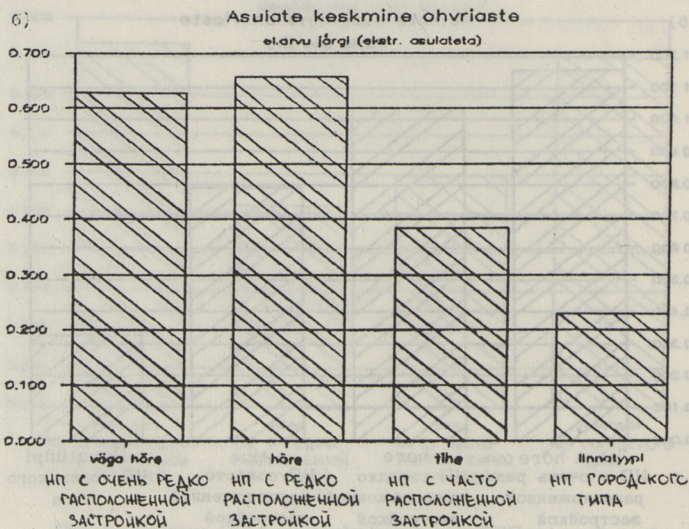
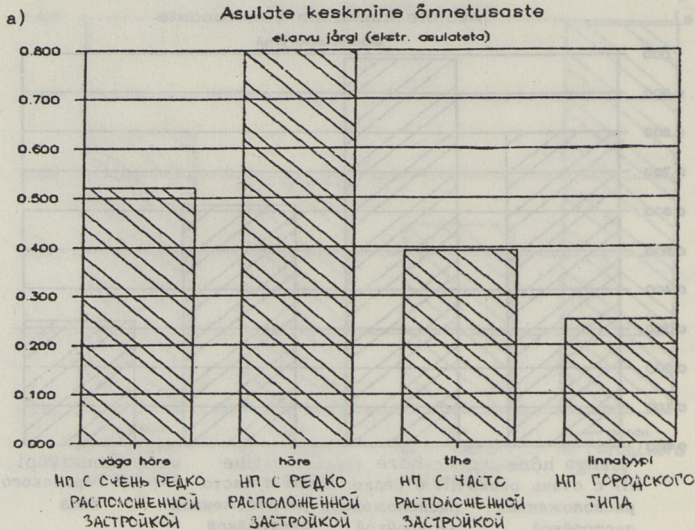


Рис. 11. Средние СО в классифицированных ПНП без экстремных НП:
а) СДТП,
б) СП.

опасность представляют НП с очень редкой или редкой застройкой, безопаснее НП городского типа. Относительно высокий уровень опасности НП с редкой застройкой (особенно при учете количества жителей) служит доказательством серьезных недостатков в организации движения в таких НП.

В итоге следует отметить, что ПНП, с точки зрения безопасности движения, является проблемой, которую нельзя не учитывать. Дорога через поселение создает для жителей ПНП немало неудобств и уменьшает чувство безопасности, в связи с чем в Эстонии необходимо больше внимания уделять организации и безопасности движения в придорожных населенных пунктах.

Teeäärsete asulate liiklusohutuse hindamine

K o k k u v õ t e

Käesolevas artiklis käsitletakse liiklusohutuse probleeme Eesti teeäärsetes asulates. Põhitähelepanu on pööratud olukorrale hinnangu andmisele ja üldiste seaduspärasuste väljaselgitamisele. Kasutatud on 6 aasta pikkuse perioodi arvestuslike liiklusõnnetuste andmeid üheksal Eesti peamagistraalil.

Uurimistulemused näitavad, et mitmed Eesti teeäärsed asulad nõuavad liiklusohutuse seisukohast senisest suuremat tähelepanu. Asulate keskmine õnnetusaste ületab maantee õnnetusastme peaaegu kahekordselt.

Meetmete kavandamisel tuleb esimeses järjekorras uurimise alla võtta ohtlikud asulad, kus liiklusohutuse tõstmisest saavutatav efekt on suurem. Ohtlike asulate väljaselgitamiseks saab kasutada Poissoni jaotusel põhinevat meetodit.

Arvutiprogrammi abil on leitud "ohtlikud" asulad, aga samuti ka matemaatilised mudelid liiklusõnnetuste ja nende ohvrite arvu prognoosimiseks konkreetsetes asulates.

Liiklustingimused paljudel Eesti peamagistraalidel ja ka nende läheduses paiknevates asulates ei vasta tänapäeva nõuetele. Märkimisväärne osa asulasisestest õnnetustest toimub jalakäijate ja jalgratturitega. Lahendamata on ka valgustuse, autode parkimise jms. seotud küsimused.

Edaspidi tuleks vastavat uurimistööd laiendatud andmebaasi alusel jätkata.

The evaluation of traffic safety in roadside settlements

A b s t r a c t

This article is concerned with the problems of traffic safety in Estonian roadside settlements. The purpose was to give an evaluation of the situation and to find the general regularities.

The results of research show that several Estonian roadside settlements demand greater attention from the point of traffic safety. In case of equal transit a settlement kilometre causes twice as many traffic accidents as a road kilometre outside settlements.

To improve traffic safety in roadside settlements, we must first of all inspect the most dangerous ones, which give us a bigger effect. To find out the high risk settlements the Poisson distribution method can be used.

Constructing the go-round road to small towns and settlements with dense housing where it would substantially decrease the danger of road accidents is suggested. To predict the number of traffic accidents empirical formulas were found.

In most roadside settlements in Estonia traffic conditions do not meet the contemporary requirement. The traffic organization and the level of light traffic safety must be improved also in small settlements with thin housing, where the constructing of the go-round road is not economically motivated. More than 1/3 of traffic accidents inside settlements involve pedestrians and cyclists.

To become better acquainted with the problem of settlements research in this field is to be continued. The suggestion is to investigate the settlements on the roads of republican importance and to extend the observation period.

СКОРОСТЬ ПЕШЕХОДНЫХ ПОТОКОВ В ТОРГОВО-ДЕЛОВОМ
ЦЕНТРЕ

Для проектирования пешеходных путей сообщения и оценки условий движения необходимо знать характеристики пешеходных потоков. Наряду с плотностью основной характеристикой является скорость движения. Закономерности изменения скорости пешеходных потоков изучены многими исследователями в разных странах. Однако полученные данные и рекомендуемые значения скоростей различаются в больших пределах. Большинство из натуральных наблюдений проведены в центрах крупнейших городов, в частности, около пунктов массового скопления людей, где вопрос о создании оптимальных условий движения решать труднее.

Процесс передвижения людей по пешеходным путям зависит во многом от характера застройки на прилегающей территории. Для выяснения скоростей движения пешеходных потоков на главной улице торгово-делового центра г. Таллинна проведена воздушная киносъемка пешеходов. Улица Виру находится в исторически сложившейся части и связывает между собой старый средневековый и новый торговые центры. Благодаря этому на улице Виру рядом с местным хаотичным движением посетителей магазинов двигаются и транзитные пешеходные потоки. Днем с 11 до 19 часов на этой улице средняя интенсивность превышает величину 6000 чел/час. В настоящее время там запрещено движение автотранспорта.

По киноленте определялось количество кадров, в течение которых пешеход находился на наблюдаемом участке улицы. Чтобы определить скорость с точностью до 95 %, участок должен иметь длину не менее 2,5 метров при скорости съемки 16 кадров в секунду. При обработке кинолент данные были сгруппированы в зависимости от плотности потока, направления дви-

жения, пола и возраста. Состав потока был следующим: женщины - 49 %, мужчины - 43 %, престарелые люди - 3 %, дети - 5 %.

Для обработки накопленных данных составлены BASIC-программы для ЭВМ. На выечатке получены скорости движения для всех пешеходов, также среднее значение (\bar{v}) и стандартное отклонение (σ) скоростей как для отдельных пешеходных групп, так и для всего потока. Также проделана сортировочная работа для скоростей через 0,05 м/с.

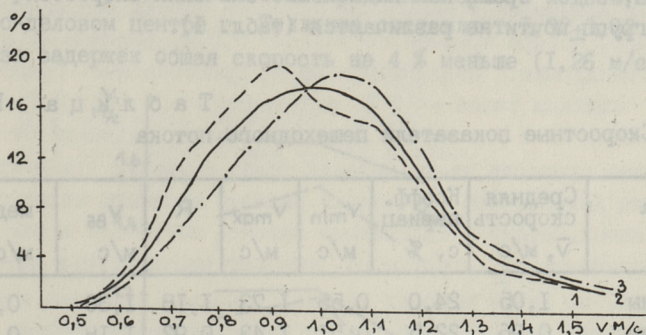


Рис. 1. Кривая распределения скоростей:

1 - женщины, 2 - весь поток, 3 - мужчины.

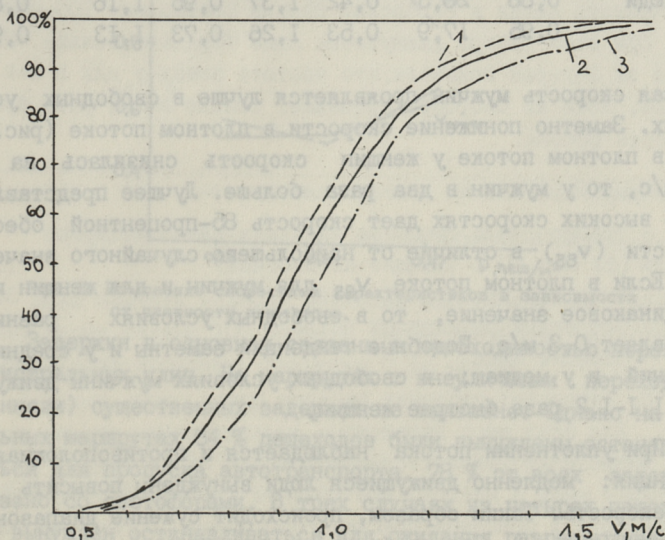


Рис. 2. Кумулятивная кривая скоростей.

Скорость отдельных пешеходов находится в пределах от 0,4 до 2,3 м/с. Так как экстремальные значения встречаются очень редко, то они исключены. Подавляющее количество пешеходов движется со скоростью 0,6–1,3 м/с (рис. 1). Средние значения находятся в пределах от 0,88 до 1,05 м/с. Диапазон распределения скоростей характеризуют вариацию $R = V_{\max} - V_{\min}$ и коэффициент вариации $s = 100 \cdot \sigma / \bar{V}$. Как правило, вариация в группе мужчин значительно заметнее, чем в группе женщин. Это обусловлено более высокими скоростями у мужчин, в то время как наименьшие значения скоростей для всех групп почти не различаются (табл. 1).

Т а б л и ц а 1
Скоростные показатели пешеходного потока

| Группа | Средняя скорость \bar{V} , м/с | Коэфф. вариаци. с, % | V_{\min} м/с | V_{\max} м/с | R | V_{85} м/с | медиан м/с |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|------|-----------------|---------------|
| Мужчины | 1,05 | 24,0 | 0,55 | 1,73 | 1,18 | 1,30 | 0,99 |
| Женщины | 0,96 | 22,5 | 0,51 | 1,43 | 0,92 | 1,18 | 0,93 |
| Престарелые люди | 0,88 | 28,5 | 0,42 | 1,37 | 0,95 | 1,16 | 0,85 |
| Дети | 0,95 | 17,9 | 0,53 | 1,26 | 0,73 | 1,13 | 0,95 |

Большая скорость мужчин проявляется лучше в свободных условиях. Заметно понижение скорости в плотном потоке (рис. 3). Если в плотном потоке у женщин скорость снизилась на 0,7 м/с, то у мужчин в два раза больше. Лучшее представление о высоких скоростях дает скорость 85-процентной обеспеченности (V_{85}) в отличие от наибольшего случайного значения. Если в плотном потоке V_{85} для мужчин и для женщин имеет одинаковое значение, то в свободных условиях разница составляет 0,3 м/с. Подобные тенденции заметны и у средних значений и у медиан; в свободных условиях мужчины движутся в 1,1–1,2 раза быстрее женщин.

При уплотнении потока наблюдается и противоположная тенденция: медленно движущиеся люди вынуждены повысить свою скорость. Таким образом, происходит сужение диапазона вариации (рис. 3). Это особенно характерно для престарелых

людей и детей, чьи скорости в плотном потоке выше, чем в свободных условиях.

Движение транзитных пешеходных потоков изучено на семи маршрутах длиной в 500–800 метров. Все маршруты связывают центр старого города с остановками общественного транспорта. Методом колебания в потоке определены общая скорость потока, количество и продолжительность задержек, эффективная скорость ходьбы и количество всех препятствий движению пешехода. Так как результаты измерений, произведенных в противоположных направлениях, совпадают, то в дальнейшем они рассматривались вместе. Средняя скорость ходьбы в торгово-деловом центре г. Таллинна составляет $1,32 \pm 0,02$ м/с. Из-за задержек общая скорость на 4 % меньше (1,26 м/с).

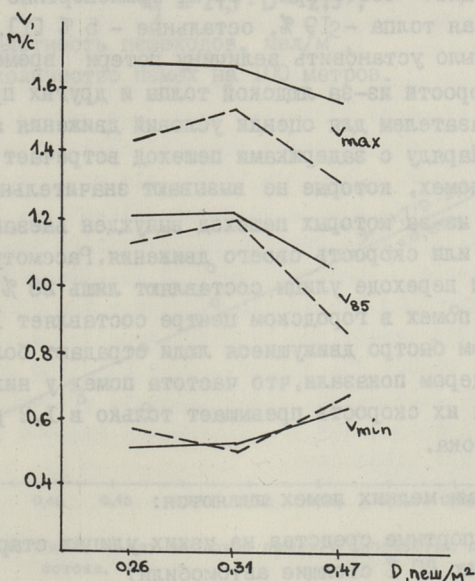


Рис. 3. Изменение скоростных характеристик в зависимости от плотности пешеходов.

Задержки в основном связаны с необходимостью перехода магистральных улиц. На маршрутах с внеуличными переходами (тоннели) существенных задержек не выявлено. Однако на остальных маршрутах 84 % пешеходов были вынуждены останавливаться для пропуска автотранспорта. 78 % от всех задержек связано со светофорами. В трех случаях из четырех пешеход был вынужден останавливаться для ожидания разрешающего сиг-

нала светофора. Средняя длина задержки у светофора составляет 22 с (max 57 с). Таким образом, только на одном переходе общая потеря времени за один час "пик" составляет 28 часов. Это свидетельствует о необходимости проектирования зеленых волн и для пешеходов.

На нерегулируемых переходах типа "зебра" у пешеходов меньше задержек: 56 % пешеходов останавливались. Их средняя продолжительность задержки составляла 8 с (max 15 с). Таким образом, от общей потери времени на этих маршрутах 91 % приходилось на регулируемые и 8 % на нерегулируемые переходы. Для сравнения в Хельсинки скорость потока составляет 1,42 м/с, потери времени составляют 9,5 %, причины их в час "пик" следующие: светофоры - 38 %, транспортные средства - 38 %, людская толпа - 19 %, остальные - 5 % [1]. В Таллинне невозможно было установить величину потери времени от замедления скорости из-за людской толпы и других препятствий. Хорошим показателем для оценки условий движения является частота помех. Наряду с задержками пешеход встречает и ряд других мелких помех, которые не вызывают значительной потери времени, но из-за которых пешеход вынужден внезапно изменить направление или скорость своего движения. Рассмотренные выше задержки при переходе улицы составляют лишь 28 % от всех помех. Частота помех в городском центре составляет 100-200 метров. При этом быстро движущиеся люди страдают больше. Следования за лидером показали, что частота помех у них в 2-4 раза больше, хотя их скорость превышает только в 1,2 раза среднюю скорость потока.

Причинами мелких помех являются:

| | |
|---|------|
| - транспортные средства на узких улицах старого города (из них 60 % стоящие автомобили) | 12 % |
| - попутный пешеходный поток | 39 % |
| - встречный пешеходный поток | 32 % |
| - стоящие люди | 18 % |

На отдельных участках частота помех очень высока: 20-30 м. Для этих мест характерны недостаточная ширина тротуара и размещение уличных торговых точек на тротуаре. Помехи возникают чаще в местах, где плавное движение потока прерывается. Это в основном участки пешеходных путей до и после переходов и в местах пересечения потоков. Для улуч-

шения условий движения там аналогично транспортным пересечениям необходимо предусматривать расширение тротуаров.

Была исследована связь между плотностью потока, определенной по часовой интенсивности, и частотой помех на отдельных участках сети пешеходных путей. При колебании в потоке со средней скоростью частота помех не зависела от плотности пешеходов. Это объясняется психологической особенностью пешеходов, которые регулируют свое передвижение так, чтобы обеспечить себе свободное пространство движения. Для быстро движущихся, количество помех возрастает при уплотнении потока (рис. 4). Регрессионным анализом получено следующее уравнение:

$$y = 21,7 \cdot D - 2,3 ,$$

где D - плотность пешеходов, чел/м²,
 y - количество помех на 100 метров.

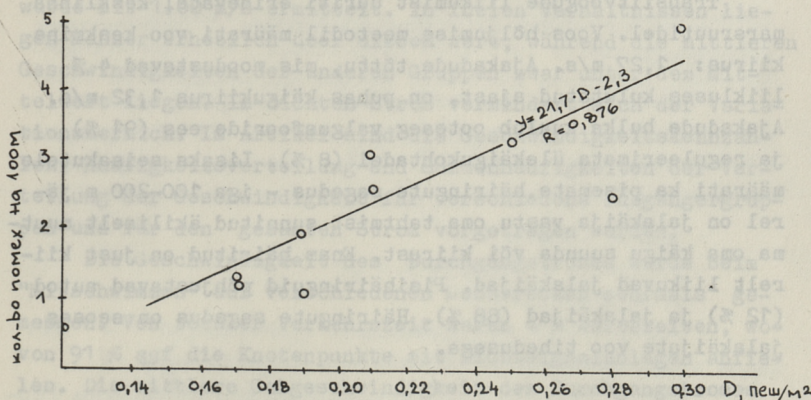


Рис. 4. Связь между частотой помех и плотностью пешеходного потока.

Если считать условия движения свободными при частоте помех через каждые 100 метров, тогда плотность на тротуаре не должна превышать значения 0,16 чел/м².

Л и т е р а т у р а

1. Helsingin kantakaupungin jalankulkututkimus. Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto, 1971.

Jalakäijate liikumiskiirus kaubanduskeskuses

Kokkuvõte

Artikkel põhineb Tallinna keskuses läbiviidud mõõtmistel. Põhilise kaubandustänavana Viru t. ühes ristlõikes määrati kinovõtete abil jalakäijate liikumiskiirused. Kiirusi vaadeldi sõltuvalt voo tihedusest, suunast, jalakäijate soost ja vanusest. Enamik jalakäijaid liigub kiirusega 0,7-1,3 m/s, keskmised kiirused on vahemikus 0,88-1,05 m/s. Vabades tingimustes liiguvad mehed 10-20 % kiiremini kui naised. Tihedas voos toimub kiiruste ühtlustumine, aheneb variatsioonilatus. Artiklis on esitatud voo kiirust iseloomustavad näitajad ja kiiruste jaotuskõverad.

Transiitvoogude liikumist uuriti erinevatel kesklinna marsruutidel. Voos hõljumise meetodil määrati voo keskmine kiirus: 1,27 m/s. Ajakadude tõttu, mis moodustavad 4 % liikluses kulutatud ajast, on puhas käigukiirus 1,32 m/s. Ajakadude hulka kuulub ooteaeg valgusfooride ees (91 %) ja reguleerimata ülekäigukohtadel (8 %). Lisaks seisakutele määrati ka pisemate häiringute sagedus - iga 100-200 m järel on jalakäija vastu oma tahtmist sunnitud äkiliselt muutama oma käigu suunda või kiirust. Enam häiritud on just kiirelt liikuvad jalakäijad. Pisihäiringuid põhjustavad autod (12 %) ja jalakäijad (88 %). Häiringute sagedus on seoses jalakäijate voo tihedusega.

Geschwindigkeit der Fußgänger im Handelszentrum

Zusammenfassung

Dieser Artikel gründet sich auf den Resultaten der Beobachtung des Fußgängerstromes im Handelszentrum Tallinn. Mit Hilfe von Filmaufnahmen wurden die Geschwindigkeiten aller Fußgänger auf einer der wichtigsten Handelsstraßen gemessen. Der Fußgängerstrom auf dieser Straße besteht aus dem Einkaufsverkehr und aus dem Durchgangsverkehr. Die Geschwindigkeitswerte wurden in Abhängigkeit von der Fußgängerdichte, vom Geschlecht und vom Alter des Fußgängers betrachtet.

Die durchschnittliche Gehgeschwindigkeit aller Gruppen wurde mit 1.00 m/s ermittelt. In freien Verhältnissen liegen Männer erheblich über diesem Wert, während die mittleren Geschwindigkeiten der anderen Gruppen zwar unter dem Mittelwert liegen. Im dichten Strom vermindert sich der Variationsbereich. Im Artikel sind die Geschwindigkeitskennzahlen, Häufigkeitsverteilung und Summenhäufigkeiten der Verteilung der Geschwindigkeit für verschiedene Fußgängergruppen und für den gesamten Strom vorgetragen worden.

Die Geschwindigkeit des Durchgangstromes wurde beim "Mitschwimmen" auf verschiedenen Meßstrecken mehrmals gemessen. Von totaler Verkehrszeit waren 4 % Wartezeiten, wovon 91 % auf die Knotenpunkte mit Lichtsignalanlagen anfielen. Die mittlere Gehgeschwindigkeit des Durchgangstromes ist 1.32 m/s.

Als wichtiges Kriterium für die Bewertung der Verkehrsverhältnisse gilt die Störungshäufigkeit. Die kleinen Behinderungen werden von Fahrzeugen (12 %) und von anderen Fußgängern (88 %) verursacht. Im Handelszentrum wird die Bewegung des Fußgängers alle 20 - 200 m gestört. Im Artikel wird der Zusammenhang zwischen Störungshäufigkeit und Fußgängerdichte vorgetragen.

А.Р. Силлат

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ВАЗ ПЕРВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Газораспределительный механизм во многом определяет скоростные и экономические характеристики двигателя. Особенно это выражается в крайне тяжелых условиях эксплуатации — например на автогонках.

Работа над двигателем велась в двух направлениях:

— анализ механизма газораспределения существующих двигателей;

— синтез новых деталей механизма газораспределения.

Для проведения анализа составлена система BASIC-программ для персонального компьютера ДВК-3. Основная программа системы NUKAN вычисляет следующие показатели (рис. 1):

- подъем клапана h ;
- ускорение клапана j ;
- угол давления χ ;
- передаточное отношение i ;
- гидродинамически эффективная скорость v_h ;
- аналог удельного давления P_q , (выведен из формулы Герца);
- аналог нагрузочного коэффициента Φ_q , (выведен по аналогии с нагрузочным коэффициентом подшипника скольжения),
- аналог угол-сечения W_q .

С помощью программы NUKAN можно анализировать работу механизмов с рычагами, рабочая поверхность которых выпуклая (с радиусом $R1$) (рис. 2). Алгоритм не предоставляет возможности анализировать работу рычага с вогнутой рабочей поверхностью. Анализ таких механизмов проведен графически (модель IO:1).

Расчет вышеприведенных показателей основан на использовании метода эквидистантного кулачка (рис. 3). Этот метод рассматривался Л. Корчемным [1] и в статье А. Макала, Л. Ситника [2]. Для нахождения законов движения клапана и рычага, а также характеристик механизма осуществляется ряд операций:

- переходят с плоского толкателя на роликовый толкатель;
- вычисляют законы движения роликового толкателя с профиля реального кулачка (рис. 3);
- находят законы движения остроконечного рычага, конец которого движется по эквидистантному профилю (рис. 3);
- осуществляется переход с остроконечного рычага на реальный рычаг;
- выводят законы движения клапана (h, j) и вычисляют геометрические показатели χ и i ;
- с помощью геометрии и законов движения вычисляется гидродинамически эффективная скорость. Остальные показатели, необходимые для оценки состояния механизма, получают:

$$P_a = \frac{j \cdot i \cdot k}{\rho_e},$$

$$\Phi_a = \frac{P_a \cdot R_0}{V_h},$$

$$W_a = \int h d\varphi,$$

- где i - передаточное отношение;
- k - коэффициент, при высоких оборотах $k = 1$, при малых оборотах $k = 1,5$;
- ρ_e - эквивалентный радиус в контактной точке;
- R_0 - радиус затылка кулачка, мм;
- φ - угол поворота распределительного вала, дег.

В процессе анализа исследовалось влияние на показатели работы следующих параметров (рис. 2):

- радиусы рычага R_1, R_2 ;
- высоты рабочей поверхности K_1, L_1 ;
- расположение оси распределительного вала относительно рычага в координатах Декарта N_1, N_2 ;
- длина стержня клапана Y_1 ;
- регулировочный зазор Q .

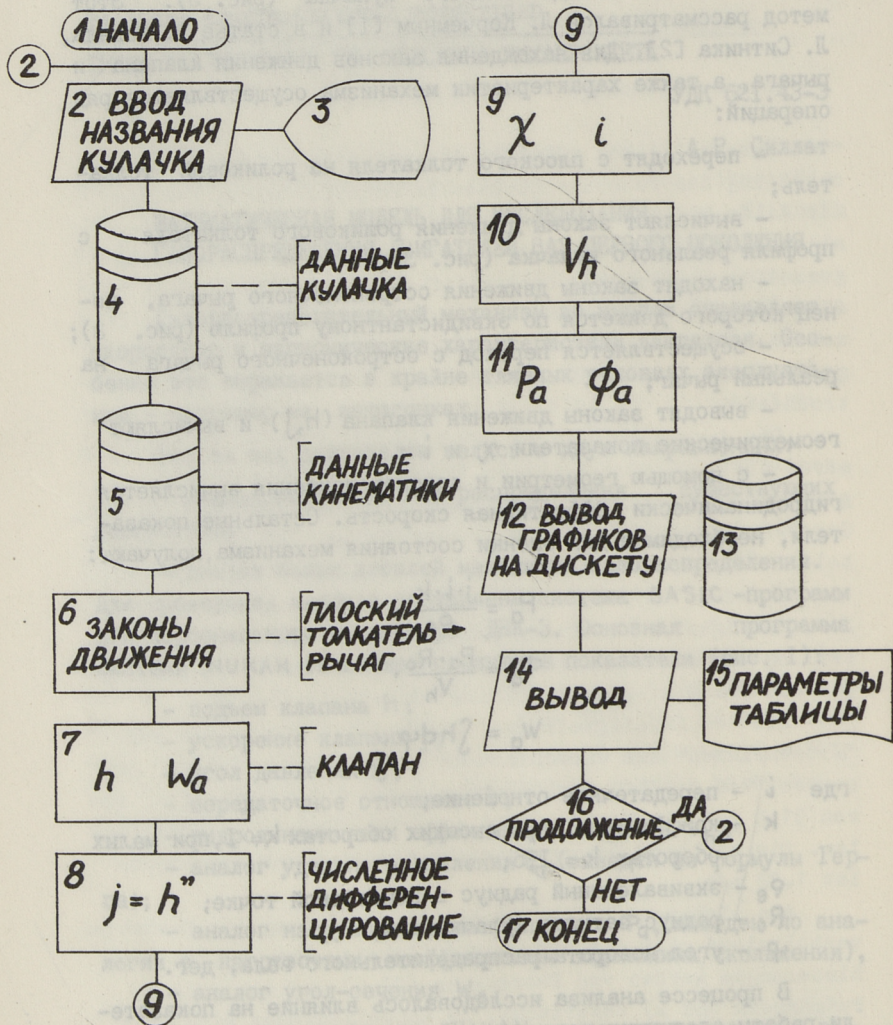


Рис. 1. Алгоритм программы анализа.

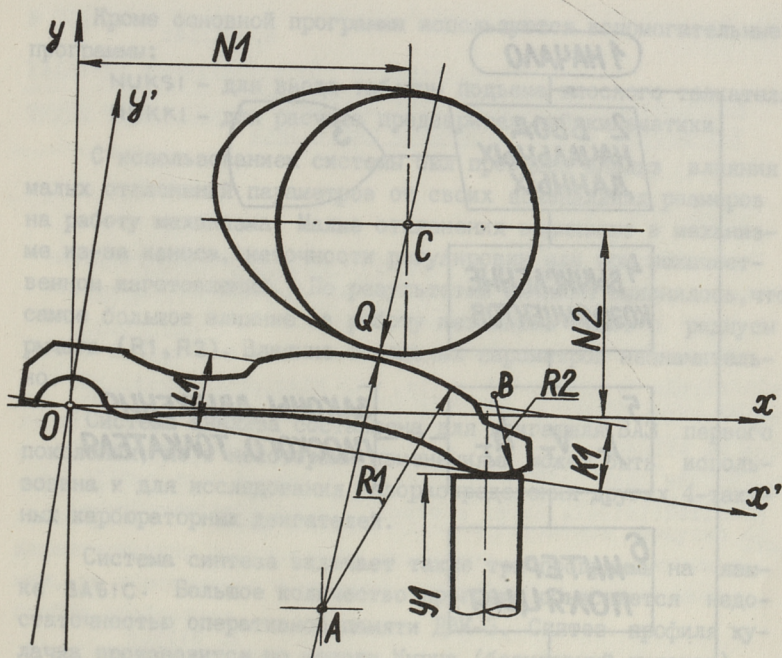


Рис. 2. Принципиальная схема клапанного механизма.

ЭКВИДИСТАНЦИЯ

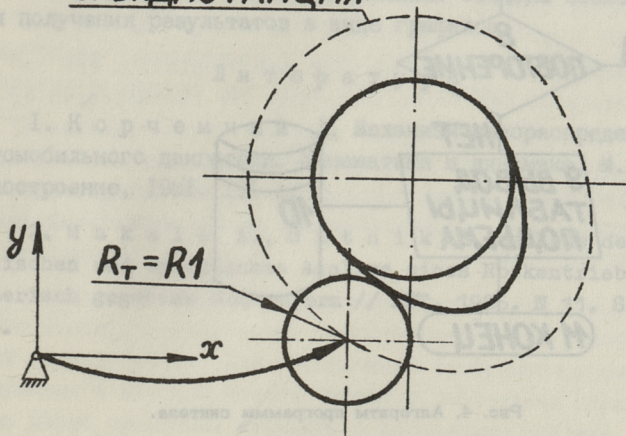


Рис. 3. Схема эквидистантного кулачка с роликовым толкателем и остроконечным рычагом.

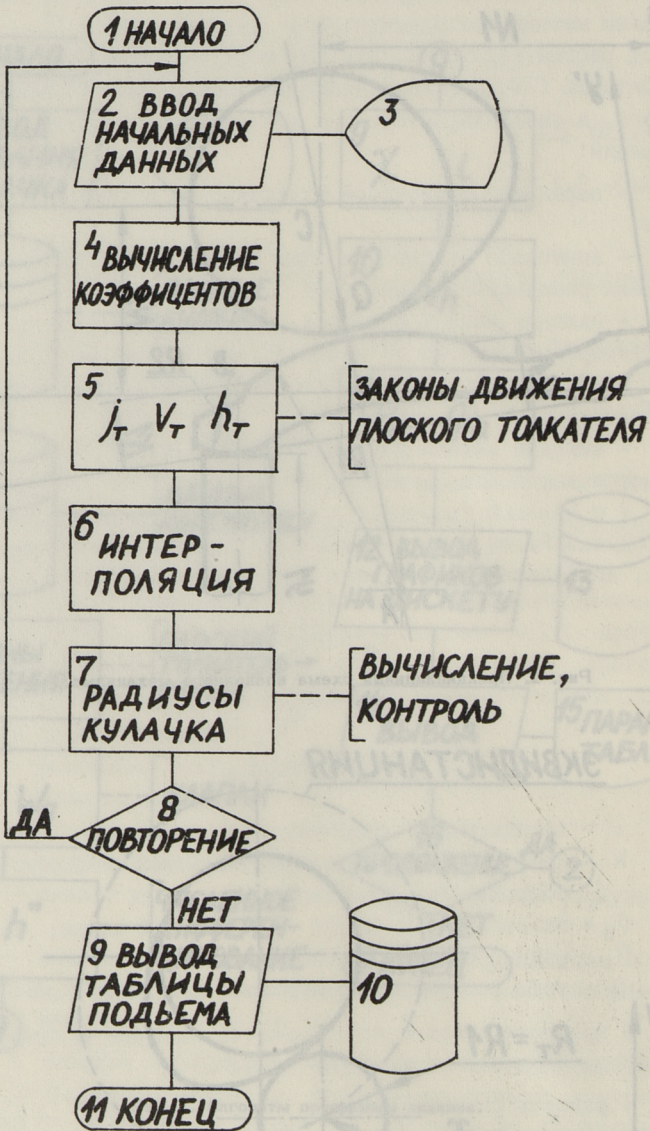


Рис. 4. Алгоритм программы синтеза.

Кроме основной программы используются вспомогательные программы:

NUKSI - для ввода таблицы подъема плоского толкателя,

NUKKI - для расчета предварительной кинематики.

С использованием системы был проведен анализ влияния малых отклонений параметров от своих номинальных размеров на работу механизма. Малые отклонения возникают в механизме из-за износа, неточности регулировки или при некачественном изготовлении. По результатам анализа выяснилось, что самое большое влияние на работу механизма имеют радиусы рычага (R_1, R_2). Влияние остальных параметров незначительно.

Система анализа составлена для двигателя ВАЗ первого поколения, но с некоторыми изменениями может быть использована и для исследования газораспределения других 4-тактных карбюраторных двигателей.

Система синтеза включает также три программы на языке BASIC. Большое количество программ объясняется недостаточностью оперативной памяти ДВК-3. Синтез профиля кулачка производится по методу Курца (безударный кулачок). Программа NYSYN рассчитывает законы движения плоского толкателя по профилю синтезированного кулачка. Анализировать работу механизма для оптимизации геометрии можно с помощью вышеописанной системы анализа. Создана возможность для получения результатов в виде графиков.

Л и т е р а т у р а

1. К о р ч е м н ы й Л. Механизм газораспределения автомобильного двигателя. Кинематика и динамика. М.: Машиностроение, 1981. 191 с.

2. М а к а л а А., S i t n i k L. Methode der kinematischen und dynamischen Analyse eines Nockenriebes für numerisch gegebene Nockenform // KFT. 1986. N 11. S. 331-335.

Matemaatiline mudel esimese põlvkonna
VAZ-mootorite gaasivahetuse uurimiseks

Kokkuvõte

Artiklis tutvustatakse arvutile DVK-3 loodud programm-süsteeme, mille abil uuritakse esimese põlvkonna VAZ-mootorite (2101 kuni 2107) gaasivahetusmehhanismi tööd.

Põhiline osa kirjutisest on pühendatud mehhanismi tööd analüüsivale programmsüsteemile, mis klapimehhanismi töö põhinäitajate - klapi tõesu ja kiirenduse kõrval arvutab välja ka mitmed mehhanismi seisukorda illustreerivad näitajad. Teises osas on toodud lühikene ülevaade jaotusvõlli nuki profileerimiseks Kurzi meetodil loodud programmsüsteemist.

A. Sillat

Mathematisches Modell der Ventilsteuerung
von Lada-Motoren

Zusammenfassung

Im Beitrag werden Prinzipien der Simulation des Betriebsverhaltens von Ventilsteuerung der Lada-Motoren erster Generation dargestellt.

Es werden zwei BASIC-Programmsysteme für den Rechner DVK3 vorgestellt. Erstes System ist für die Analyse des Betriebsverhaltens, zweites für die Synthese des ruckarmen Nockenprofils bestimmt.

УПРОЩЕННЫЙ МЕТОД РАСЧЕТНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ГЛУШИТЕЛЯ ВЫПУСКА ДВУХТАКТНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Двухтактные двигатели внутреннего сгорания (ДВС) являются из-за особенностей их газообмена интенсивными источниками шума. Суммарный уровень шума двухтактных двигателей в большой степени определяется качеством глушения их выпуска. Учитывая сильное влияние глушителя выпуска на характеристики двухтактного двигателя и сферу их применения, на конструкцию и размеры глушителей, предъявляются особые требования.

По принципу действия глушители можно разделить на две группы - реактивные и активные. Реактивные глушители работают по принципу отражения звуковой энергии набегающих волн обратно к источнику, активные - поглощением звуковых волн в элементах глушителя, в основном в пористом материале. Чаще для ДВС применяют глушители реактивного типа, которые более технологичны и долговечны. Они хорошо работают на низких и средних частотах (50...4000 Hz).

Реактивные глушители шума обычно представляют собой систему расширительных и резонаторных камер, соединенных с помощью труб и отверстий. Для увеличения шумоглушения реактивных глушителей в них широко используют перфорированные элементы.

Элементы с прямоточным потоком газов (рис. 1а) обладают малым гидравлическим сопротивлением, но работают в узкой полосе частот. Для обеспечения требуемого уровня шумоглушения в широкой полосе частот в реактивных глушителях очень часто применяют элементы с радиальным потоком (рис. 1б). Характеристики перфорированных элементов сильно влия-

ют на показатели глушителя и требуют поэтому тщательного изучения.

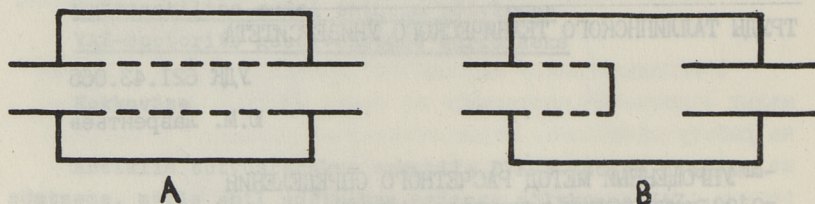


Рис. 1. Перфорированные элементы глушителя.

А - с радиальным потоком, В - с прямоотчным потоком.

Теоретическое исследование характеристик глушителей выпуска как правило базируется на решении системы дифференциальных уравнений движения и состояния выпуска газов в глушителе. Система дифференциальных уравнений, описывающая нестационарное, одномерное, адиабатное течение сжимаемого газа в канале без трения, имеет вид:

уравнение движения (Эйлера):

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \rho \frac{\partial u}{\partial x} + u \frac{\partial \rho}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

уравнение неразрывности:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = 0 \quad (2)$$

Обычно эти уравнения решаются аналитически в частотной зависимости и в результате получаются для элементов глушителя матрицы, характеризующие их степень глушения в зависимости от частоты звука. Степень глушения всего глушителя получается умножением матриц его элементов [1, 2].

Такие методы расчета, несмотря на сравнительную простоту пользования, имеют ряд недостатков. Несмотря на достаточно точное определение акустических показателей элементов в литературе нет примеров удачного решения проблемы для целого глушителя. Нет также возможности учитывать обратное влияние глушителя на работу двигателя.

Более точно моделируются процессы в глушителе при решении основных дифференциальных уравнений во временной зависимости. Данные исследований помогут получить:

1. Возможность моделирования глушителя вместе с двигателем, позволяющую учитывать тесную взаимосвязь их газодинамических процессов и обратное влияние глушителя на работу двигателя [3].

2. Возможность учесть взаимовлияние газодинамических процессов разной частоты в глушителе [4].

3. Возможность учесть сложные резонансные колебания между камерами глушителя, существенно влияющие на газодинамические и акустические характеристики глушителя.

Предлагаемый в данной работе метод теоретического анализа газодинамических и акустических характеристик глушителя выпуска двухтактного ДВС базируется на рассмотрении одномерного течения газов через элементы глушителя.

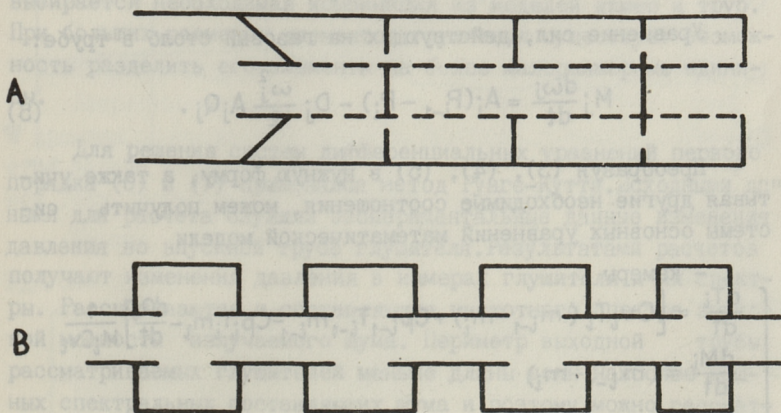


Рис. 2. Эквивалентная расчетная схема глушителя:
А - схема глушителя, В - эквивалентная схема.

Не учитываются высокочастотные поперечные колебания в камерах и трубах глушителя. При относительно малых размерах рассматриваемых глушителей эти колебания возникают на частотах, вклад которых в общий уровень шума незначителен. Для составления алгоритма моделирования глушителя он заменяется эквивалентной схемой. Для глушителя мотоциклетного двигателя, например, она представлена на рис. 2.

Главным ограничивающим фактором при решении основных дифференциальных уравнений во временной зависимости - про-

должительность времени для счета. С целью экономии времени счета, а также обеспечения возможности моделирования нескольких вариантов конструкций глушителей применяется сравнительно простой алгоритм. В камерах глушителя учитывается только сжимаемость газа, без рассмотрения поперечных и продольных колебаний. В трубах учитывается только инерция газового столба. Такие допущения оправданы, если учесть малые размеры рассматриваемых глушителей и их элементов.

Закон сохранения энергии для камеры:

$$dT_i M_i C_{vi} = [C_{vi} T_i (m_{i-1} - m_i) + C_{pi-1} m_{i-1} - C_{pi} T_i m_i] dt - dQ_i \quad (3)$$

Закон сохранения массы для камеры:

$$dM_i = (m_{i-1} - m_i) dt \quad (4)$$

Уравнение сил, действующих на газовый столб в трубе:

$$M_j \frac{d\omega_j}{dt} = A_j (P_{i-1} - P_i) - D_j \frac{\omega_j^2}{2} A_j Q_j \quad (5)$$

Преобразуя (3), (4), (5) в нужную форму, а также учитывая другие необходимые соотношения, можем получить системы основных уравнений математической модели

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{- камеры} \\ \frac{dT_i}{dt} = [C_{vi} T_i (m_{i-1} - m_i) + C_{pi-1} T_{i-1} m_{i-1} - C_{pi} T_i m_i - \frac{dQ_i}{dt}] \frac{1}{M_i C_{vi}} \\ \frac{dM_i}{dt} = (m_{i-1} - m_i) \\ V_i = \text{const} \end{array} \right. \quad (6)$$

$$P_i = \frac{M_i R T_i}{V_i}$$

$$\rho_i = \frac{M_i}{V_i}$$

- трубы

$$\left\{ \begin{array}{l} m_j = \mu_{jk} K_{jk} A_j \sqrt{2\rho_j |P_j - P_{j+1}| - \Delta P_{jk}} \\ \Delta P_{jk} = \frac{d\omega_j}{dt} \frac{M}{A_j} + D_j \rho_i \frac{\omega_j^2}{2} \end{array} \right. \quad (7)$$

$$\left\{ \begin{aligned} \omega_j &= \frac{m_j}{\rho_j A_j} \\ \rho_j &= \frac{\rho_i \rho_i}{\rho_i + \rho_i \xi \frac{\omega_i^2}{2}} \end{aligned} \right.$$

Теплопередача $\frac{dQ_i}{dt}$ через стены глушителей определяется формулами для стационарного течения. Коэффициенты теплопередачи определяются экспериментально или по данным аналогичных исследований.

Выбор параметров модели трубы (D, ξ) зависит от направления течения газа в трубе, что определяется соотношением давлений в камерах глушителя, во впускной трубе глушителя и в атмосфере.

В зависимости от конструкций конкретного глушителя выбирается необходимая комбинация из моделей камер и труб. При больших размерах элементов глушителя существует возможность разделить его элементы на более малоразмерные единицы.

Для решения систем дифференциальных уравнений первого порядка (6) и (7) применялся метод Рунге-Кутты. Исходными данными для расчета служили экспериментальные данные изменения давления во впускной трубе глушителя. Результатами расчетов получают изменения давления в камерах глушителя и их спектры. Рассчитываются и составляющие частотного спектра звуковой мощности излучаемого шума. Периметр выходной трубы рассматриваемых глушителей меньше длины волн наиболее мощных спектральных составляющих шума и поэтому можно рассматривать этот источник шума как монополярный излучатель. Уровень мощности шума определяется по формуле:

$$P_m = \frac{\rho \omega_m^2}{8\pi c} Q_m^2 \quad (8)$$

Представленная математическая модель глушителя реализована на языке MS-FORTRAN для профессиональных персональных компьютеров.

На рис. 3 представлены некоторые результаты моделирования глушителя мотороллера "Муравей-2м", представленного на рис. 2а.

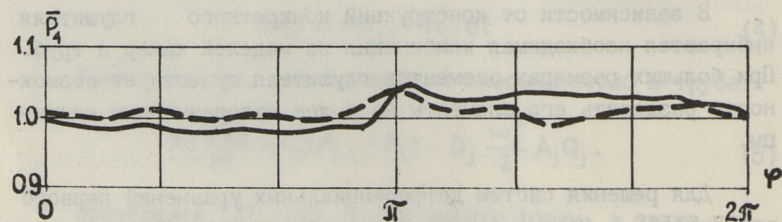
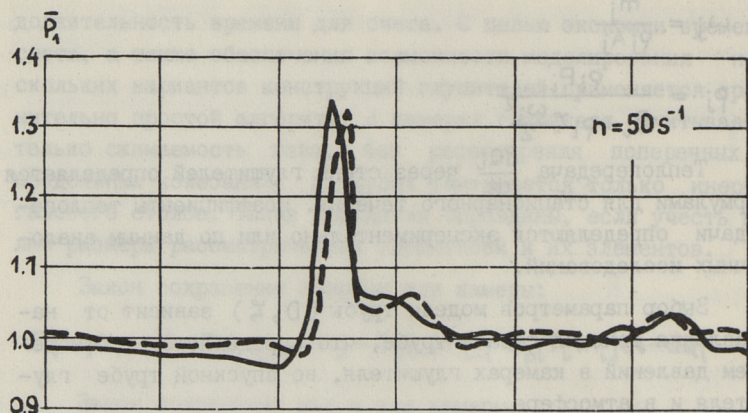


Рис. 3. Давление в камерах глушителя:
 — эксперимент, - - - расчет.

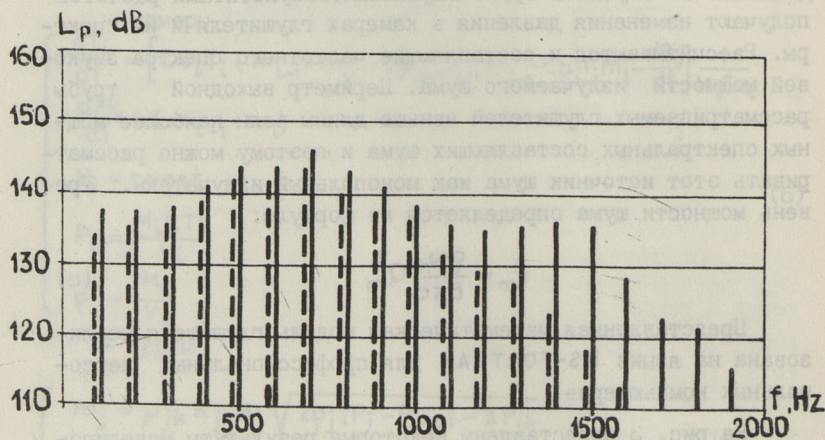


Рис. 4. Спектры давления в камере глушителя:
 — эксперимент, - - - расчет.

На рис. 3 видно, что форма кривых совпадает с удовлетворительной точностью. Сдвиги в фазе объясняются сложностью определения характеристик перфорации, а также недостаточным делением камер.

Л и т е р а т у р а

1. A l f r e d s o n R.J., D a v i e s P.O.A.L. Performance of exhaust silencer components // J. Sound and Vibration. 1975. Vol. 15, N 2. P. 175-196.
2. M u n j a l M.L. Velocity ratio-cum-transfer matrix method for the evaluation of muffler with mean flow // J. Sound and Vibration. 1975. Vol. 39. P. 105-119.
3. M u t y a l a B.R.C., S o e d e l W. A mathematical model of Helmholtz resonator gas oscillation discharges of two-stroke cycle engines // J. Sound and Vibration. 1976. Vol. 44, N 4. P. 479-491.
4. C h a n g I.-J., C u m m i n g s A. High amplitude sound propagation at low frequencies in a flow duct lined with resonators: a time domain solution // Trans. Asme J. Vib., Acoust., Stress and Rel. Des. 1988. Vol. 110. N 4. P. 545-551.

Символы:

- A - площадь поперечного сечения трубы,
- D - коэффициент сопротивления трубы,
- Cp - удельная изобарная теплоемкость,
- Cv - удельная изохорная теплоемкость,
- K - коэффициент перфорации трубы,
- M - масса газа,
- P - давление газа,
- ΔP - потеря давления газа при входе в трубу,
- Q - тепловая энергия,
- T - температура,
- t - время,
- u - скорость частиц газа в волне давления,
- V - объем камеры,
- ρ - плотность газа,

ζ - коэффициент местного сопротивления,

ω - скорость газа

Индексы:

i - камера,

j - труба,

k - конец трубы.

J. Lavrentjev

Lihtsustatud meetod kahetaktilise mootori
väljalaskesummuti karakteristikute määramiseks

Kokkuvõtte

Artiklis on käsitletud lihtsat arvutuslikku meetodit kahetaktiliste sise põlemismootorite väljalaskesummutite karakteristikute määramiseks. Meetod baseerub gaaside ühe- mõõtmelise voolamise analüüsil väljalaskesummutis.

Põhiliste diferentsiaalvõrrandite lahendamine sõltu- vuses ajast võimaldab arvesse võtta summuti erinevate ele- mentide omavahelist mõju. Summuti modelleerimisel koos moo- toriga arvestatakse ka mootori ja summuti vastastikust mõju.

Gaaside mittestatsionaarsed voolamist kirjeldavad di- ferentsiaalvõrrandid lahendatakse Runge-Kutta meetodite abil. Arvutuste tulemusena saadakse gaasi olekuparameetrid ja rõhu muutus ajas summuti kambrites. Tehakse samuti kamb- rite rõhu muutumise spektraalanalüüs.

Ekspperimentaalsete andmete ja arvutustulemuste võrd- lus näitab, et seda meetodit on võimalik kasutada summutite analüüsil.

Prediction of Characteristics of Small
Two-Stroke Engines Exhaust Silencers

Abstract

The paper describes a simple computational method for the analysis of reflective exhaust silencers for two-stroke internal combustion engines. The method is based on the one-dimensional gas dynamics analysis of the unsteady flow in the silencer and uses the lumped parameter simulation. The lumped parameter representation greatly simplifies the calculations and allows simulation of silencers of various design.

By performing calculations in the time domain the interaction between the silencer elements is taken into account. If the silencer is simulated in combination with the engine, it allows the effect on the engine performance to be considered with changes in the latter.

The differential equations describing the unsteady flow are solved using a Runge-Kutta method. The calculation gives the variation with time of the thermodynamic properties and the pressure of the gas in the chambers of the silencer. The spectral analysis of pressure-time histories is also made.

Using an actual two-stroke motorcycle engine, experimental pressure-time histories and calculated pressure spectrograms were obtained. Good agreement between the calculations and experiments at low frequencies can be noted.

С о д е р ж а н и е

| | | |
|----|--|----|
| 1. | А.Э. Аавик, В.М. Сегеркранц. Оптимизация осуществления ремонтных работ дорожных покрытий в системе оптимального планирования ремонта городских улиц..... | 3 |
| 2. | С.Э. Пертенс, В.М. Сегеркранц. Оценка безопасности движения в придорожных населенных пунктах... | 12 |
| 3. | И.А. Росте. Скорость пешеходных потоков в торгово-деловом центре..... | 34 |
| 4. | А.Р. Силлат. Математическая модель для исследования газораспределения двигателей ВАЗ первого поколения..... | 42 |
| 5. | Ю.М. Лаврентьев. Упрощенный метод расчетного определения характеристик глушителя выпуска двухтактного двигателя..... | 49 |

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ И ТРАНСПОРТ

УДК 625.76

Оптимизация осуществления ремонтных работ дорожных покрытий в системе оптимального планирования ремонта городских улиц. Аавик А., Сегеркранц В. - Труды Таллиннского технического университета. 1989. № 701, с. 3-11.

В статье рассматриваются проблемы выработки системы оптимального планирования ремонта городских улиц и дорог.

Затрагиваются вопросы выбора оптимальной технологии и времени осуществления ремонта дорожных покрытий. Решается задача оптимизации с учетом общего состояния уличной сети, имеющихся материальных и денежных ресурсов.

Таблиц - 3, рисунков - 1, библиографических наименований - 3.

УДК 656.13.08

Оценка безопасности движения в придорожных населенных пунктах Пертенс С., Сегеркранц В. - Труды Таллиннского технического университета. 1989. № 701, с. 12-33.

Данная статья рассматривает проблемы безопасности движения в придорожных населенных пунктах ЭССР. Цель статьи - дать оценку обстановке и найти общие закономерности. Для этого использованы данные об учетных ДТП на 9 главных магистральных Эстонии в течение 6 лет.

Результаты исследований показывают, что многие НП Эстонии требуют повышенного внимания с точки зрения дорожной

безопасности. В случае равного пробега на участке шоссе в пределах НП вдвое больше ДТП, чем на участке вне НП.

Для улучшения дорожной безопасности в придорожных НП в первую очередь следует исследовать самые опасные. Для выяснения их можно использовать метод, базирующийся на законе распределения Пуассона.

При помощи вычислительной программы выявлены "опасные" НП, а также математические модели для прогнозирования количества ДТП и пострадавших в конкретных НП.

В большинстве НП Эстонии условия движения не соответствуют современным требованиям. Не решены проблемы пешеходов и велосипедистов, освещения дорог.

В дальнейшем рекомендуется при помощи расширенной базы данных продолжать подобные исследования.

Рисунков - II.

УДК 656.1.14

Скорость пешеходных потоков в торгово-деловом центре. Росте И.А. - Труды Таллиннского технического университета. 1989. № 701, с. 34-41.

Статья основывается на данных измерений скоростей пешеходов в центре г. Таллинна. В одном сечении главной торговой улицы Виру киносъемкой определены скорости для всех пешеходов. Данные рассматривались в зависимости от плотности и от направления потока, от пола и от возраста пешеходов. Подавляющее большинство людей движется со скоростью 0,7-1,3 м/с, средние значения для всего потока находятся в пределах от 0,88 до 1,05 м/с. В свободных условиях мужчины движутся в 1,2 раза быстрее женщин. При уплотнении потока происходит сужение диапазона вариаций скоростей. В статье приведены общие скоростные показатели и кривые распределения скоростей.

Движение транзитных потоков изучено на семи маршрутах длиной в 500-800 метров. Колебанием в потоке определена скорость движения: 1,32 м/с. Потери времени составляют 4 %.

Причинами их являются светофоры (91 %) и нерегулируемые переходы (8 %). Кроме задержек определена частота мелких помех: через каждые 100-200 метров пешеход вынужден внезапно изменять скорость или направление своего движения. Причинами помех являются транспортные средства - 12 % и пешеходы - 88 %. Частота помех связана с плотностью пешеходного потока.

Таблиц - 1, рисунков - 4, библиографических наименований - 1.

УДК 621.43-3

Математическая модель для исследования газораспределения двигателей ВАЗ первого поколения. Силлат А.Р. - Труды Таллиннского технического университета. 1989. № 701, с 42-48.

Статья знакомит читателя с программными системами, которые составлены на персональном компьютере ДВК-3. С помощью систем производится исследование газораспределения двигателей ВАЗ первого поколения (2101-2107).

Основой является система анализа работы газораспределительного механизма, которая рядом с основными показателями клапанного механизма (подъем и ускорение клапана) вычисляет и показатели, характеризующие состояние механизма. Вторая программная система производит профилирование кулачка распределительного вала по методу безударного кулачка.

Рисунков - 4, библиографических наименований - 2.

УДК 621.43.065

Упрощенный метод расчетного определения характеристик глушителя выпуска двухтактного двигателя. Лаврентьев Ю.М. - Труды Таллиннского технического университета. 1989. № 701. с. 49-57.

В работе предлагается простой метод моделирования глушителей выпуска малоразмерных двухтактных двигателей. Основными элементами таких глушителей часто являются пер-

Форированные элементы и точность определения их характеристик определяет результаты моделирования всего глушителя.

Математическая модель базируется на решении дифференциальных уравнений состояния и движения выпускных газов в глушителе. Уравнения решаются методом Рунге-Кутты. Для повышения точности имеется возможность сегментации элементов глушителя.

Состояние газа в камерах и трубах считается квазистационарным. Такое допущение намного упрощает расчеты и сокращает требуемое время счета на ЭВМ. Простота модели позволяет также легко переформировать его для моделирования глушителей с разной конструкцией.

Сравнение с экспериментальными данными показало удовлетворительную точность математической модели.

Рисунков - 4, библиографических наименований - 4.

Hind 70 kop.