

Ep. 6.7
647

ISSN 0136-3549

0320-3433

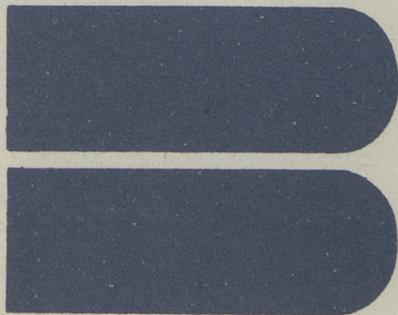
TALLINNA
POLÜTEHNILISE INSTITUUDI
TOIMETISED

647

ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО
ИНСТИТУТА

ТРИ
'87

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА
ПРОЕКТИРОВАНИЯ И
СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОДОРОГ И
ГОРОДСКИХ УЛИЦ



Ep. 6.7

647

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED

**ТРИ
'87**

ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

УДК 625(625:681)

● **ПОВЫШЕНИЕ
КАЧЕСТВА
ПРОЕКТИРОВАНИЯ
И
СТРОИТЕЛЬСТВА
АВТОДОРОГ
И
ГОРОДСКИХ
УЛИЦ**

**Автомобильные дороги. Автомобильный
транспорт ХУ1**

Таллин 1987

С о д е р ж а н и е

1. О. Вальгрэн. Безопасность движения в будущем - социальная и экономическая перспектива 3
2. В. Химанен. Проблемы безопасности движения в коммунах Финляндии..... 29
3. В.М. Сегеркранц. Динамика скоростных характеристик транспортного потока на автомобильных дорогах Эстонской ССР..... 38
4. Х.А. Мяги. Применение существующих программных пакетов для автоматизированного проектирования автодорожных жестких одежд и мостов..... 50
5. П.Л. Сурье. О выборе режимов уплотнения грунтов на стадии проектирования..... 61

ТАЛЛИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Труды ТПИ № 647
ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРОЕКТИРОВАНИЯ И
СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОДОРОГ И ГОРОДСКИХ
УЛИЦ

Автомобильные дороги. Автомобильный транспорт XVI

На русском языке

Отв. редактор А. Рандлепп

Техн. редактор В. Ранник

Сборник утвержден коллегией Трудов ТПИ 12.06.87

Подписано к печати 08.01.88

МВ-01606

Формат 80x90/16

Печ. л. 4,25 + 0,25 приложение

Уч.-изд. л. 3,8

Тираж 300

Зак. № 20

Цена 75 коп.

Таллинский политехнический институт,

200108, Таллин, Эхитаяте теэ, 5

Ротапринт ТПИ, 200006, Таллин, ул. Коскла, 2/9



БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ В БУДУЩЕМ - СОЦИАЛЬНАЯ
И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ПЕРСПЕКТИВА

Данная статья написана по материалам докладов профессора О. Вальгрэна на международном дорожном конгрессе (Вена, 1984) и лекций, прочитанных в Таллинском политехническом институте. В феврале 1987 года профессор О. Вальгрэн после многолетней деятельности в качестве инженера-производителя работ, преподавателя и научного сотрудника, руководителя дорожной научной лаборатории, вышел на пенсию. Профессор О. Вальгрэн неоднократно посещал строительный факультет Таллинского политехнического института. В качестве декана строительного факультета Хельсинкского технического университета он подписал с Финской стороны договор о сотрудничестве с ТПИ. Это сотрудничество состояло в совместных научных исследованиях между факультетами институтов и дорожно-транспортной лаборатории Государственного научно-технического исследовательского центра Финляндии. Им же была вручена в октябре 1986 г. памятная медаль Финского научно-технического исследовательского центра.

I. Введение

С ростом парка автомобилей количество дорожно-транспортных происшествий в Финляндии до 1972 года увеличивалось (рис. I). В связи с недостаточным уровнем статистики по ДТП того времени можно было только данные о количестве погибших считать достоверными.

В указанный год в дорожном движении в Финляндии погибло 1156 человек. Таким образом, нужно было серьезно принимать меры по предотвращению и уменьшению ДТП.

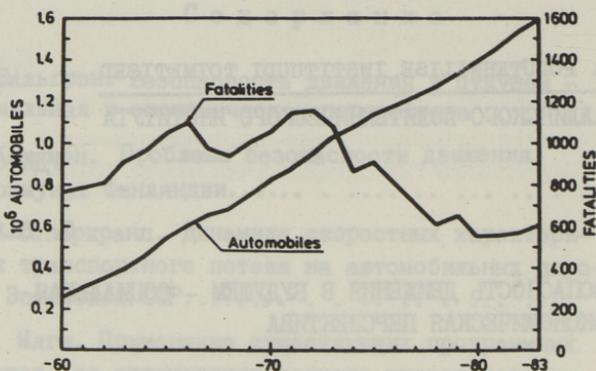


Рис. 1. Количество погибших в дорожном движении.

Изменилось также, отношение граждан к проблемам безопасности движения.

Начиная с 1973 года в Финляндии скорости движения ограничены. По всей стране действует система ограничения скоростей в зависимости от дорожных условий. Внедрялись и другие меры повышения безопасности движения – обязательное включение ближнего света, применение ремней безопасности, обязательное применение шин с шипами и зимним рисунком, ограничение скорости для молодых водителей, улучшение подготовки водителей и пропаганда безопасности движения. В первую очередь проводились мероприятия дорожным ведомством в целях улучшения среды движения.

Благодаря проведенным мероприятиям количество ДТП, а в первую очередь тяжесть последствий их уменьшилась в течение десяти последующих лет. За это время количество погибших в движении уменьшилось в два раза.

По данным исследований, проведенных рабочей группой по ограничению скоростей за 1973–1978 годы, предполагают, что уменьшение количества жертв **наполовину обусловлено** влиянием применяемой системы ограничения скорости, а другая половина – влиянием прочих мероприятий [1].

В начале 1980-х годов многим казалось, что достаточный уровень безопасности движения достигнут, который привел к замедлению прогресса, и в данный момент мы находимся на

разветвлении нескольких возможных путей развития. Если удовлетвориться сохранением существующего уровня безопасности движения, то количество ДТП пойдет на увеличение. Если достичь незначительного улучшения уровня безопасности движения, то количество ДТП не изменится. Уменьшение количества ДТП требует разрушения чувства достаточности уровня безопасности. Как этого достичь, никому пока неизвестно [2].

Проблемой является и то, что уменьшение частоты одного вида ДТП сопровождается увеличением частоты других видов ДТП. Поэтому и обращает на себя внимание теория канадского исследователя G. Wilde о постоянной величине риска в дорожном движении [3].

Общеизвестно, что риск ДТП на дорогах I-й категории меньше, чем на обычных автомобильных дорогах. С другой стороны, известно, что теория о постоянном риске действует и в дорожном деле.

Также могут быть под влиянием вышесказанного явления мероприятия по улучшению дорожных условий. Шведские исследователи [4] S. Edholm и P.O. Roosmark указали уже 15 лет назад на то, что улучшение геометрических параметров дороги не всегда приводит к уменьшению аварийности.

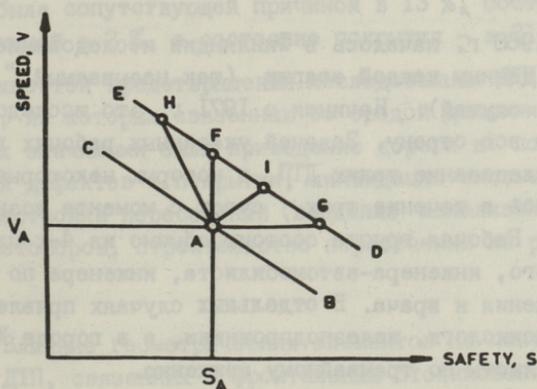


Рис. 2. Гипотетическое влияние скорости на безопасность движения.

На рис. 2 приведена гипотетическая прямая, которая иллюстрирует это явление. Предположим, что прямая BC является функцией индекса безопасности движения (S) от скорости

(V). После реконструкции дороги эту зависимость выражает прямая DE. Если водители сохраняют прежний уровень безопасности движения S_a , то улучшение условий движения сказывается только на росте скоростей (точка F). Если скорость после реконструкции не изменится, то улучшение условий движения вызовет уменьшение риска (точка G). Улучшение дорожных условий может быть использовано и компромиссно на некоторое повышение и скорости и безопасности движения (точка I). Однако водители могут использовать и так высокие скорости, что вызовет ухудшение состояния безопасности движения (точка H). Такие примеры имеются.

Вместе с улучшением дорожных условий необходимо следить и за поведением водителей, чтобы скорости движения не росли чрезмерно или не появлялись другие негативные явления, как увеличение количества обгонов при улучшении условий видимости и т.д.

2. Некоторые результаты проведенных в Финляндии научных исследований

2.1. Исследование отчетов рабочих групп по выявлению причин ДТП за 1971-74 гг. [5]

В 1968 г. началось в Финляндии исследование причин ДТП по данным каждой аварии (так называемый "case" - причина случай). Начиная с 1971 г. это исследование охватывает всю страну. Задачей указанных рабочих групп явилось исследование таких ДТП, в которых некоторые из жертв скончались в течение трех суток с момента возникновения аварии. Рабочая группа состоит обычно из 4-х членов: полицейского, инженера-автомобилиста, инженера по организации движения и врача. В отдельных случаях привлекаются к работе психологи, железнодорожники, а в городе Хельсинки - специалисты по трамвайному движению.

Отчеты данных рабочих групп гарантируют более основательную информацию о причинах ДТП и возможностях предотвращения аварий данного типа, чем официальные материалы.

Однако следует отметить и неполную репрезентативность данной информации, так как она охватывает только те из

ДТП в результате которых кто-либо погиб. Ввиду этого результаты исследований недооценивают значимость средств безопасности движения и подчеркивают значимость факторов, которые вызывают более тяжелые последствия.

Исследования рабочих групп по выявлению причин ДТП охватывают период 1971-74 гг., за который было 1430 ДТП со смертельным исходом и участием 5235 человек и 2224 автомобилей.

В 1430 исследованных ДТП было выявлено 1952 прямые причины аварий или 1,37 причин на каждое ДТП. Со средой движения связано 187 причин или 1/10 из всех причин. Из них связано с геометрией дороги 28 % причин, из которых наиболее важными являются: величина радиуса кривизны и неправильный поперечный уклон. С состоянием дороги связано 11 % причин, из которых значимыми были выбоины и трещины в покрытии. С состоянием покрытия - 44 % из причин, связанных со средой движения. Сопутствующих возникновению ДТП причин было всего 3026 или 2,12 причины на ДТП. Из них 1410 или 50 % причин имели отношение к среде движения. Из них наиболее важными были геометрия дороги - 34 % и здесь кривизна трассы и железнодорожные переезды. Недостаточная видимость была сопутствующей причиной в 13 %, состояние дороги - причиной в 2 %, а состояние покрытия - в 31 %.

Возможностей предотвращения исследованных ДТП было названо 1905, из которых связанных со средой движения было 342. Из них значимыми были приведение дороги в порядок (ликвидация дефектов в покрытии, ликвидация скользкости) - 41 % и перестройка пересечений (введение канализации, установка светофоров, строительство пересечений на разных уровнях).

2.2. Влияние геометрических элементов на частоту ДТП, связанных с фронтальным столкновением и обгонами [6]

На двухполосных автомобильных дорогах основной сети Финляндии за годы 1975-79 произошло в общем 1218 ДТП, заведенных полицией и связанных со столкновением встречных автомобилей или обгонами. Уровень ДТП, связанный с фронтальным столкновением в среднем 97 на 10^8 автомобиле-кило-

метров, считают зависимым от геометрии дороги: продольных уклонов, кривизны, доли обеспеченной видимости и ширины покрытия. Также имеет место зависимость между количеством ДТП, связанных с обгонами, в среднем 156 ДТП на 10^8 автомобиле-километров, и геометрией автомобильной дороги, хотя эта зависимость не так устойчива, как при фронтальных столкновениях. Вероятно водители учитывают геометрию дороги, пытаясь не совершать обгонов в трудных условиях. Увеличение продольных уклонов и кривизны трассы и уменьшение видимости влияют на увеличение количества фронтальных столкновений, особенно на дорогах, где среднесуточная интенсивность ниже 3000 автомобилей. Уменьшение ширины покрытия менее чем на 8 м увеличивает риск ДТП, связанных с фронтальными столкновениями и обгонами особенно на дорогах, где среднесуточная интенсивность движения больше 3000 автомобилей. Уширение проезжей части до 10 м уменьшает количество ДТП, связанных с обгонами особенно на относительно прямых дорогах (кривизна менее $20^{\circ}/\text{км}$). Больше уменьшаются фронтальные столкновения за счет уширения проезжей части на извилистых дорогах.

2.3. Выезды с дороги

Причины ДТП, вызванные выездами, исследовались на основании статистики 1971-75 годов. Таких ДТП было 17745, из которых 463 имели смертельный исход. Всего одна треть ДТП со смертельным исходом была вызвана выездами с дороги. Из них 60 % автомобилей имели опрокидывание, а 75 % - столкновение с предметами, расположенными на дорожной полосе. Половина автомобилей при выезде останавливалась в боковой канаве, однако 12 % останавливались на линии за 12 м от кромки дороги.

Риск ДТП, связанный с выездом с дороги, в Финляндии равняется 19 ДТП на 10^8 автомобиле-километров.

С точки зрения геометрии дороги имеются участки, где риск выезда больше. Таковыми участками являются горизонтальные кривые и спуски. Особенно опасен спуск при горизонтальной кривой. Уширение обочин уменьшает риск выезда с дороги на 10-20 % на 1 м уширения.

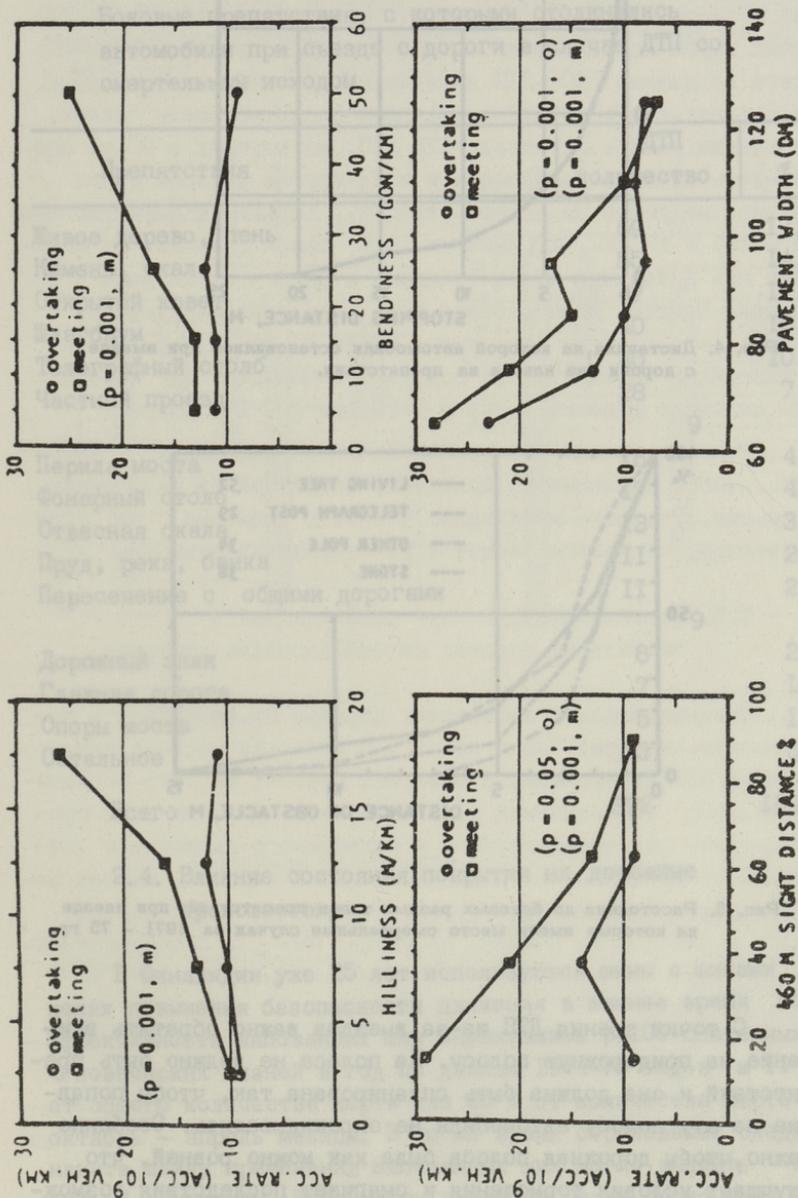


Рис. 3. Влияние расчленения продольного профиля (м/км), (а) кривизны трассы (о/км) (б), обеспечения видимости 480 м, % (в) и ширины покрытия (дециметры) (г).

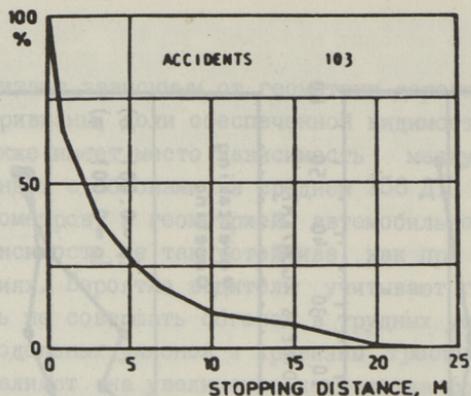


Рис. 4. Дистанция, на которой автомобили остановились при выезде с дороги без наезда на препятствия.

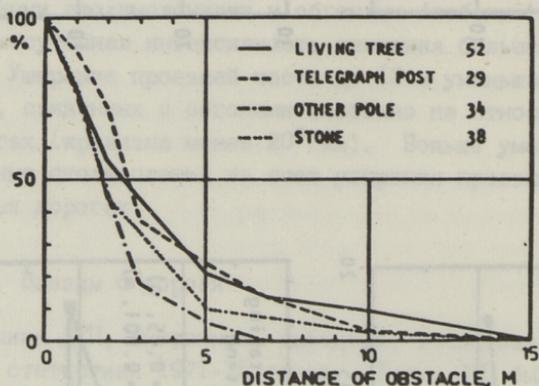


Рис. 5. Расстояния до боковых разных типов препятствий, при наезде на которые имели место смертельные случаи за 1971 - 75 гг.

С точки зрения ДТП из-за выездов важно обратить внимание на придорожную полосу. На полосе не должно быть препятствий и она должна быть спланирована так, чтобы попавшие на эту полосу автомобили не опрокидывались. Особенно важно, чтобы дорожная полоса была как можно ровней, что улучшает условия торможения и смягчает последствия возможных ДТП (рис. 4-5, табл. I).

Т а б л и ц а I

Боковые препятствия, с которыми столкнулись
автомобили при съезде с дороги в случае ДТП со
смертельным исходом

Препятствия	ДТП количество	%
Живое дерево, пень	69	17,6
Камень, скала	55	14,0
Открытый кювет	47	12,0
Шлагбаум	40	10,2
Телеграфный столб	40	10,2
Частный проезд	28	7,2
	9	
Перила моста	18	4,6
Фонарный столб	17	4,3
Отвесная скала	13	3,3
Пруд, река, банка	11	2,8
Пересечение с общими дорогами	11	2,8
	9	
Дорожный знак	8	2,0
Главная дорога	7	1,8
Опоры моста	5	1,3
Остальное	23	5,9
Всего	392	100,0

2.4. Влияние состояния покрытия на дорожные происшествия

В Финляндии уже 25 лет используются шины с шипами в целях повышения безопасности движения в зимнее время года. Эффективность шипованных шин оценивалась в 100 спасенных человеческих жизней в год по данным 1974-75 годов и 11 % от общего количества жертв или 25 % от количества жертв за октябрь - апрель месяцы. В то же время образование следов наката ввиду применения шипованных шин могло вызвать гибель 4-х человек. Колейность проезжей части образуется до 80 % из-за шипов и до 20 % из-за пластических деформаций.

Влияние колеиности на усовершенствованные типы покрытий исследовали на основании статистических материалов рабочих групп исследований последствий ДТП за годы 1975-81. Всего по данным 1406 ДТП закончились смертельным исходом. На дорогах, где усовершенствованное покрытие имело колеи, по следам наката случилось 128 ДТП, из которых в 20-ти оценивалось влияние колеиности и в 27 других влияние этого фактора не могли полностью отрицать. Влияние колеиности имело место в 47 ДТП, из которых 68 % были связаны с обгонами или встречным столкновением и 32 % - с выездами с дороги. Местом происшествия была магистральная дорога с мокрым, заснеженным покрытием. Из-за колеиности покрытий в Финляндии образуется за год до 300-400 ДТП, из которых 120 вызывают ранение людей и 5-10 или 1-2 % - смерть.

Ремонтируя покрытия с неровностями, необходимо обратить особое внимание на поведение водителей на улучшенном покрытии. Особенно необходимо обратить внимание на рост скоростей, что всегда ведет к увеличению аварийности.

2.5. Влияние объединенных велосипедных и пешеходных дорожек на безопасность движения

Влияние вело- и пешеходных дорожек на аварийность исследовали методом "до и после". В качестве массива данных служили 218 построенных в Северных странах за 1971-78 годы отдельных от основной дороги дорожек. Дорожки были предусмотрены для велосипедного и пешеходного движения и отделены от проезжей части разделительной полосой, ширина которой более 1 м. На исследуемых дорогах до строительства вело- и пешеходных дорожек произошло 789 ДТП с человеческими жертвами, из которых с автомобилями было связано 488, с велосипедами - 124 и с пешеходами - 155 несчастных случаев. После строительства дорожек соответствующие числа были: 454, 332, 48 и 63. После строительства пешеходных и велодорожек количество ДТП с человеческими жертвами уменьшилось в среднем на 14 %. Однако влияние этих дорожек разное в разных странах. Как и ожидалось, строительство пешеходных и велосипедных дорожек особенно повлияло на количество ДТП с указанными видами движения. На количество ДТП, в которых участником был только автомобиль и не было

участия пешеходов, велосипедистов и мопедистов, вышеуказанное мероприятие не повлияло. Количество ДТП с пешеходами и велосипедистами уменьшилось соответственно на 37 и 44 % (рис. 6-7, таблицы 2-3).

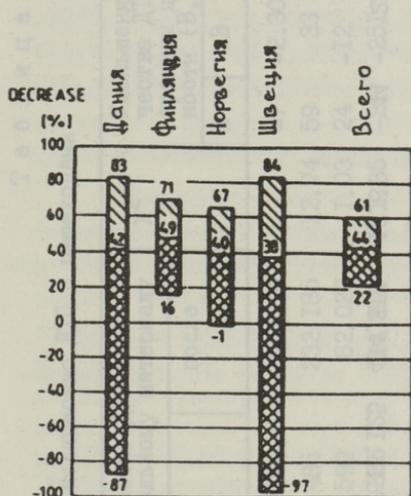


Рис. 6. Влияние пешеходных и велосипедных дорожек,

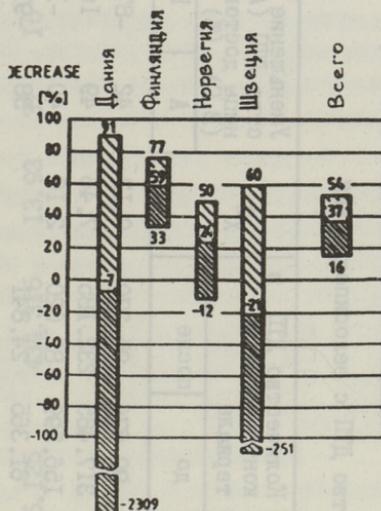


Рис. 7. Влияние пешеходных и велосипедных дорожек на ДТП с пешеходами.

2.6. Аварийная телефонная связь [10]

Совместными усилиями Управлением дорожного и гидротехнического строительства и Управлением почты и телеграфа проводился с 1974 г. эксперимент с аварийными телефонами, охвативший 117 телефонов, расположенных на 332 километрах дороги. Среднее расстояние между аппаратами было 5 км на дорогах с одной проезжей частью и 2 км между парами на двухполосных дорогах с разделительной полосой. Для информации были установлены указатели. Во время эксперимента в среднем каждым аппаратом пользовались один раз за 2-3 месяца, 30 % вызовов были связаны с ДТП или другими серьезными последствиями. Остальные вызовы были связаны с проб-

Т а б л и ц а 2

Влияние пешеходных и велосипедистов на количество ДТП с велосипедистами

	Количество пешеходных и велосипедистов		Количество ДТП		Количество ДТП в контрольном материале		χ^2	Уменьшение количества ДТП (А) и графичность достоверности (В,С) (%)		
			до	после	до	после		А	В	С
Дания	29	7	6	90.676	95.270	0.13	42	-87	83	
Финляндия	75	55	20	317.485	232.185	7.46	49	16	71	
Норвегия	95	51	18	156.599	82.020	2.10	40	-1	67	
Швеция	19	11	4	61.365	24.841		38	-97	84	
Всего	218	124	48	616.125	434.316	12.81	44	22	61	

Т а б л и ц а 3

Влияние пешеходных и велосипедных дорожек на количество ДТП с пешеходами

	Количество пешеходных и велосипедных дорожек		Количество ДТП		Количество ДТП по контрольному материалу		X ²	Уменьшение количества ДТП (А) и границы достоверности (В, С) (%)		
	до	после	до	после	до	после		А	В	С
Дания	29		1	2	90.676	95.270	-7	-2.309	91	
Финляндия	75		64	19	317.485	232.185	12.74	33	77	
Норвегия	95		82	35	156.599	82.020	1.03	-12	50	
Швеция	19		8	7	61.365	24.841	1.35	-21	60	
Всего	218		155	63	616.125	434.316	13.93	16	54	

лемами участников движения, которые нельзя считать серьезными. В среднем на 10^6 автомобиле-километров приходился один вызов.

Стойки для телефонов располагались на уширении 1 м. от края обочины. Все-таки было несколько наездов на аппараты во время эксперимента. Однако эти стойки не увеличили тяжести ДТП, так как конструкция их была податливой и они разрушались при наезде.

Во время эксперимента проводился технико-экономический анализ исхода из следующего:

- из ДТП с человеческими жертвами 70 % было объявлено по системе экстренной связи на дорогах, где такая связь имела;

- если бы пострадавшим оказали медицинскую помощь сразу после аварий, то количество погибших могло бы уменьшиться на 16 %;

- использование телефонов аварийной связи ускорило оказание помощи в каждом 5-м случае, объявленном по этой связи.

В качестве вывода можно отметить, что установкой телефонов аварийной связи можно количество погибших на таких дорогах уменьшить на 2 %. Кроме того, ускорением оказания медицинской помощи возможно облегчить положение 5 % раненых.

Расчеты показывают, что установкой еще на 5000 км дороги телефонов аварийной связи эффект от мероприятия был бы кратным 2,5 по сравнению с расходами на это мероприятие. Кроме уменьшения количества жертв и смягчения последствий от сооружения аварийной связи был бы получен и дополнительный эффект, который, однако, трудно выразить в деньгах. Сооружение указанной связи на 5000 км дороги спасло бы жизнь 3-5 человекам в год.

3. Анализ эффективности мероприятия

3.1. Потери от ДТП

Для определения потерь в происшедшем ДТП в международной практике нет общепринятой методики. В разных странах эти потери определяются по-разному. Трудной проблемой является выведение эквивалента человеческих жертв. Трудно также определить ценность невыработанного продукта жертвой и это может даже привести к негуманным результатам по отношению к людям пенсионного возраста.

В Финляндии, как и в остальных северных странах, при определении величины потерь за счет ДТП используется принцип готовности общества нести расходы ГИП. Данный метод расчета стремится учесть уменьшение благосостояния общества, вызванное последствиями ДТП, включающих материальные утраты и человеческие утраты. Увеличивая капитальные вложения для повышения безопасности движения, стремятся уменьшить экономические потери за счет ДТП, уменьшить риск ДТП и тем самым повысить благосостояние общества. Затраты общества на предотвращение ДТП выражаются в прямых экономических потерях. Затраты от ДТП образуются от следующих двух видов затрат:

I. Экономические затраты:

- утрата продукта, которую выработала бы жертва;
- затраты на больничное обслуживание;
- затраты, связанные с юридическими мероприятиями;
- ущерб транспортным средствам;
- ущерб, нанесенный окружающей среде;

II. Человеческие потери

- потери из-за смерти человека в ДТП приравняются к затратам общества на поддержку полного инвалида в медицинском учреждении,
- потери от постоянной инвалидности равняются 20 % затрат от полной инвалидности,
- потери от временной инвалидности равняются 2,5 % затрат от полной инвалидности.

Затраты ДТП на дорогах общего пользования представлены в табл. 4-5. Денежный эквивалент потери одной человеческой жизни равняется 2,7 миллионам ФМК. Затраты общества в Финляндии на ДТП оцениваются в 1,6-2,6 миллиардов ФМК в год или 1 % национального продукта.

Т а б л и ц а 4

Затраты по видам ДТП на дорогах общего пользования в 1984

	(ФМК)		
	экономический ущерб	моральный ущерб	всего
Смерть	1.180.000	1.520.000	2.700.000
Постоянное повреждение	630.000	310.000	940.000
Временное повреждение	22.000	7.000	29.000
Повреждение в среднем	58.000	17.000	75.000
Ущерб транспортного средства в ДТП со смертельным исходом или повреждением	6.000	0	6.000

Т а б л и ц а 5

Затраты по видам ДТП на дорогах общего пользования в 1984 г.

	(ФМК)
Смерть	3.100.000
Повреждение ДТП со смертельным исходом или повреждением	118.000
ДТП с материальным ущербом	475.000
Одно ДТП в среднем	16.000
	173.000

Из упомянутых мероприятий по повышению безопасности движения ограничения скоростей имели наибольшую эффективность. За 1973-76 годы увеличились дополнительные расходы на поддержание ограничения скоростей за счет дополнительных дорожных знаков, дополнительного надзора за движением и увеличения затрат времени до 70 миллионов ФМК. Однако экономию за счет уменьшения количества погибших оценивали в 300 миллионов ФМК.

Применение шипованных шин считалось дорогостоящим мероприятием, так как ввиду этого повысились эксплуатационные расходы на ремонт покрытия и автомобилей и снизились затраты времени на зимнее содержание дорог. Затраты общества на это составляют 250 миллионов ФМК в год. Экономия за счет уменьшения количества погибших составляет 100 миллионов в год.

Применение аварийной телефонной связи оказалось также эффективным. Затраты на содержание этой связи на 5000 километрах составляет 2,3 миллионов ФМК в год. Внедрение мероприятия уменьшило бы количество погибших на 3-5 человек. Спасение человеческой жизни сэкономило бы в рассмотренных трех примерах соответственно 0,2, 0,5 и 0,6 миллионов ФМК. Приведа указанные цифры на уровень цен 1984 года необходимо умножить их на коэффициент 2,5-3,0. Однако приведенные результаты расчетов не действуют ввиду изменения условий. Разработка новых типов покрытий и изменение действующих правил использования шипованных шин значительно уменьшили износ покрытий. С другой стороны, уменьшилось влияние применения шипованных шин на количество погибших из-за общего уменьшения количества жертв в движении наполовину.

Ниже анализируется влияние ряда мероприятий, повышающих безопасность движения и связанных с конструктивными элементами дороги.

3.2. Сравнение эффективности мероприятий, повышающих безопасность движения

Управление дорог и гидротехнического строительства произвело для составления программы на 1986-2000 годы оценку влияния на безопасность движения разных дорожных капиталовложений.

Считается, что уровень зимнего содержания более влияет на безопасность движения, чем другие эксплуатационные мероприятия. Оценку влияния разных мероприятий на безопасность движения на дорогах общего пользования производят на основании данных по ДТП с человеческими жертвами, зарегистрированных полицией в 1979-81 годы, на основании данных

роста интенсивности движения и коэффициентов влияния анализируемого мероприятия.

Экономия за счет уменьшения аварийности (за 20 лет) Q равняется

$$Q = a \times b \times 20 \times \frac{O_4}{3},$$

где a — коэффициент роста объема движения в автомобиле-километрах

- магистральных дорог государственного значения	1,41
- местных дорог	1,32
- магистральных дорог районного значения	1,23
- подъездных дорог ;	1,12

b — коэффициенты влияния проводимых мероприятий (табл. 6);

O_4 = количество ДТП за 1979–81 годы.

Считается, что распределение ДТП по их видам на анализируемых перегонах дорог соответствует средним показателям дорог общего пользования. В анализе учитываются только те ДТП, которые произошли на дорогах общего пользования. Поэтому, влияние объездных дорог на населенные пункты значительно больше, если брать во внимание влияние их на уличную сеть.

С точки зрения безопасности движения наибольший эффект (уменьшение количества жертв по отношению к средствам, затраченным на проведение мероприятий) на магистральных дорогах имели следующие мероприятия: улучшение условий движения на пересечениях на одном уровне, освещение дорог, улучшение технического оснащения железнодорожных переездов, строительство пешеходных дорожек и организация их движения, организация движения в придорожных населенных пунктах и строительство дополнительных полос для совершения обгонов. На других дорогах (кроме магистральных) наибольший эффект имеют такие мероприятия, как: строительство полос для совершения обгонов, освещение дорог, улучшение пересечений на одном уровне, улучшение пересечений и съездов с ведомственных и частных дорог, уширение дорог с твердыми типами покрытий и организация пешеходного движения.

Т а б л и ц а 6

Эффективность разных видов капиталовложений
на уменьшение количества ДТП

Автомобильная дорога 2-полосная	0,3
4-полосная	0,1
6-полосная	0,1
Переезд, городской	0,2
Переезд, загородный	0,2
Улучшение трассировки дорог с покрытием	0,1
Усиление и расширение асфальтного покрытия	0,1
Усиление асфальтного покрытия	0,05
Расширение асфальтного покрытия	0,1
Улучшение трассировки дорог с черным покрытием	0,1
Улучшение трассировки и расширение дорог с черным покрытием	0,1
Асфальтирование дорог с черным покрытием	0,0
Расширение дорог с черным покрытием	0,1
Улучшение трассировки и асфальтирование дорог с черным покрытием	0,1
Усиление и расширение дорог с черным покрытием	0,0
Усиление и асфальтирование дорог с черным покрытием гравийных дорог	0,1
Улучшение трассировки гравийных дорог	0,3
Пересечение дорог	0,2
Усовершенствование пересечений	0,7
Усовершенствование переездов через железные дороги	0,3
Полоса для обгона	0,1
Эксплуатация частных дорог	0,1
Освещение дорог	0,05
	0,1
Эксплуатация пешеходных и велодорожек	0,2
Эксплуатация дорог в тесно населенных пунктах	0,1

При высокой интенсивности движения количество ДТП может быть большим, поэтому такие дорогие мероприятия, как строительство пересечений на разных уровнях - может быть эффективным. Наибольшее влияние на повышение безопасности дви-

жения имеет строительство пешеходных дорожек и организация их движения (на магистральных дорогах 33 % от общего количества и на дорогах других категорий соответственно 56 %). На магистральных дорогах можно значительно уменьшить количество ДТП за счет строительства автострад и дорог для автомобильного движения (дороги I и II категории по нормам СССР) до 20 % от общего количества ДТП, строительства пересечений на разных уровнях (с уменьшением до 10 %) и улучшения оснащения переездов (на 8 % уменьшения).

В среднем вырисовывается такой факт, что вложение одного миллиона ФМК на главных дорогах уменьшит на магистральных дорогах 0,7, а на других дорогах 0,3 ДТП с человеческими жертвами в год, если за расчетный период принимается 20 лет. Планируемыми капиталовложениями уменьшат количество ДТП с человеческими жертвами на магистральных дорогах до 15 %, а на других дорогах около 10 %.

Выводы

Проведенные в Финляндии исследования показывают, что основными причинами ДТП со смертельными исходами были: человеческий фактор - 80 %, автомобиль - 11 %, среда движения - 9 %. Причины, которые содействовали образованию ДТП распределились по отмеченным трем группам в следующем порядке: 44, 9 и 47 %. Из этого явствует, что на улучшение среды движения стоит обратить внимание. Также утверждают, что проведенные исследования по безопасности движения недооценивают значения среды движения. Высказана мысль о том, что изменение среды движения является единственным способом уменьшения количества ДТП, так как воспитание участников движения не может дать значительного эффекта. Большое количество ДТП имеет место из-за того, что одну проезжую часть используют автомобили и беззащитные участники движения - пешеходы и велосипедисты, следствием чего должно быть разделение дороги на разные виды движения, пересечение на разных уровнях автомобильного и железнодорожного движения и в будущем переход на полностью автоматизированное управление движением. Однако, строительство полностью безопасной дорожной сети и транспортных систем является дорогим и поэтому придется идти на компромисс между денежными затратами и безопасностью движения.

Влияние мероприятий по повышению безопасности движения на главных магистральных дорогах

Мероприятие	Уменьшение количества ДТП со смертельным исходом или повреждением (20 лет)		Кап. вложения милл. ФМК	%	Эффективность мероприятий милл. ФМК
	количество	%			
I	2	3	4	5	6
Усовершенствование пересечений	602	7,7	199	1,6	3,03
Освещение дорог	153	2,0	54	0,4	2,83
Усовершенствование пересечений с железными дорогами	20	0,3	8	0,1	2,50
Обустройство пешеходного и велосипедного движения	2,622	33,4	1,083	8,9	2,42
Усовершенствование дорог в плотно заселенных загородных районах	87	1,1	42	0,3	2,07
Полосы для обгона	219	2,8	144	1,2	1,52
Уширение асфальтобетонного покрытия	431	5,5	310	2,6	1,39
Усовершенствование частных дорог	177	2,3	133	1,1	1,33
Оборудование пересечений	819	10,4	1,062	8,8	0,77
Объезды загородные, усиление и уширение асфальтных покрытий	192	2,4	278	2,3	0,69
Усиление и уширение асфальтных покрытий	136	1,7	239	2,0	0,57

I	2	3	4	5	6
Оборудование автомагистралей (2-полосных)	1,557	19,8	3,658	30,2	0,43
Усиление асфальтных покрытий	53	0,7	131	1,1	0,40
Оборудование местных дорог	13	0,2	36	0,3	0,36
Уширение дорог с черным покрытием					
Остальное	729	9,3	4,648	38,3	0,16
Всего	7,846	100	12,125	100	0,65

Влияние мероприятий по повышению безопасности движения на второстепенных дорогах

Мероприятие	Уменьшение количества ДТП со смертельным исходом или повреждением за 20 лет		Кап. вложения млн. ФМК	%	Эффективность мероприятия млн. ФМК
	количество	%			
Полоса для обгона	11	0,2	3	0,0	3,67
Освещение дорог	41	0,9	14	0,1	2,83
Оборудование пересечений	292	6,2	131	0,8	2,23
Оборудование частных дорог	130	2,7	68	0,4	1,91
Уширение асфальтных покрытий	60	1,3	33	0,2	1,82
Оборудование пешеходных и велосипедных дорог	2,633	55,7	1,681	9,7	1,57
Обустройство дорог в плотно заселенных загородных районах	342	7,2	439	2,5	0,78
Устройство автомагистралей	116	2,5	195	1,2	0,59
Усиление и уширение асфальтных покрытий	124	2,6	215	1,2	0,59
Усиление асфальтных покрытий	69	1,5	266	1,5	0,26
Уширение дорог с черным покрытием	39	0,8	152	0,9	0,26
Улучшение дорожных покрытий	188	4,0	746	4,3	0,26
Улучшение и уширение дорог с черным покрытием	82	1,7	548	3,2	0,15
Улучшение состояния пересечений с железными дорогами	11	0,2	74	0,4	0,15
Усиление и уширение дорог	7	0,1	48	0,3	0,15
Остальное	583	12,3	12,750	73,4	0,05
Всего	4,728	100	17,363	100	0,27

С другой стороны ДТП причиняют обществу значительный ущерб. Величина материального ущерба и расходы больниц на лечение жертв ДТП могут быть точно определены. Однако определение материальных затрат из-за потери людей вследствие ДТП является политическим вопросом.

Несмотря на то, что человеческие страдания из-за тяжелого ДТП, гибели или получения полной инвалидности не учитывают, обществу стоило бы уделять больше внимания на безопасность движения. Достоверность, правдивость требует новых знаний, которые получают только интенсификацией соответствующих исследований.

Т а б л и ц а 9

Затраты на предотвращение 1-го погибшего мероприятия на вид обустройства дороги	МИЛЛ. ФМК
Перестройку пересечений	4,2
Освещение дорог	4,5
Железнодорожные переезды	5,1
Тротуары / велодорожки	5,3
Устройство дорог в плотно заселенных загородных районах	6,1
Полосы для обгона	8,4
Главные дороги, в среднем	20,0
Расчетный уровень 2,7 миллионов ФМК	

Л и т е р а т у р а

1. Betänkande av kommissionen för utredning av 1973-76 års hastighetsbegränsningar. Helsinki, 1978.

2. S y v ä n e n, M. Liikennekäyttätymisen tutkimus ja liikenneturvallisuustyö. 21.5.1984.

3. W i l d e, G.J. The Theory of Risk Homeostasis: Implication for Safety and Health, Risk Analysis. Vol. 2 No 4, 1982.

4. E d h o l m, S., R o o s m a r k, P.O. Vägens trafiksäkerhet. Meddelande 95, Statens väginstitut, Stockholm, 1969.

5. K a l l b e r g, V.-P. Tutkimus liikennevahinkojen tutkijalautakuntien raporttoimista liikennevahinkoista vuosina 1971-74, Tiedonanto 37. Tie- ja liikennelaboratorio, Espoo, 1987.

6. K a l l b e r g, V.-P. The effects of road geometry on meeting and overtaking accidents // Rechnical Research Centre of Finland, Research Notes 158, Espoo, 1982.

7. E h r o l a, E. Running off the road. A study of car encroachment accidents and road conditions in Finland in 1971-75. University of Oulu. Oulu, 1981.

8. K a l l b e r g, V.-P., B e i l i n s o n, L. Accidents on rutted pavements // Technical Research Centre of Finland. Research Notes 193. Espoo, 1983.

9. K a l l b e r g, V.-P., S a l u s j ä r v i, M. Trafiksäkerhetseffekten av gang- och cyelvägar // Technical Research Centre of Finland. Research Reports 58, Espoo, 1982.

10. Yleisten teiden hätäpuhelimet. Posti- ja lennätinhallitus. Tie- ja vesirakennushallitus. TVH 741982. Helsinki, 1979.

11. Ajokustannukset 1984. Tie- ja vesirakennushallitus. Talousesasto, tutkimustoimisto B/1984. Helsinki, 1984.

12. THYKS 1986-2000: n tarveselvitys ja liikenneturvalisuus. TVH/ Liikennetoimisto. Muistio 24.5.1984.

O. Wahlgren

Road Safety in Future - Social and
Economic Impact

Abstract

With the growth of vehicle population, the number of road accidents continued to increase in Finland until 1972. The tolerance limit of society had been reached, and the reaction began. Since 1973 no free speed has existed in Finland. Other measures of traffic safety have also been applied, such as obligatory use of headlights, safety belts, use of winter and studded tyres at winter time. The result of such activity led to the decrease of accidents. At the beginning of the 1980's the positive trend changed and alternative developments are possible. Some examples of Finnish studies are described. The studies are: A study of road accidents reported by the Road Accident Investigation Teams in 1971 - 74; The effect of the geometry of road on overtaking and meeting accidents; Running off the road accidents; The effect of the condition of road surfacing on road accidents; The effect of combined foot-paths and bicycle paths on traffic safety; Emergency telephones, costs of accidents (Economic observations).

ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ В КОММУНАХ ФИНЛЯНДИИ

Введение

Данное представление базируется на исследовании, которое выполнялось в дорожно-транспортной лаборатории Государственного научно-технического исследовательского центра Финляндии по заказу Управления дорог и гидротехнического строительства и дополнительных исследований.

В начале исследования были сформированы модели, которыми определялись уровни безопасности в Финских коммунах. Часть исследований выявили причины безопасности, присущие разным коммунам. Данные о ДТП, используемые в исследованиях, получены в результате статистики страховых агентств. В исследовании содержалась также рекогносцировка общих дорог на основании дорожного и аварийного регистров. В данной статье последнее не упомянуто.

Коэффициент, характеризующий безопасность движения в коммуне

Общий вид математической зависимости, характеризующий ДТП одной коммуны:

$$x_9 = A + a_1 x_{19} + a_2 x_{14}, \quad (I)$$

где x_9 — количество ДТП в коммуне за 1979–1981 гг;

x_{19} — пробег автотранспортных средств на улицах коммуны;

x_{14} — общий пробег автотранспортных средств на дорогах общего пользования коммуны.

В формуле (I) a_1 обозначает риск опасности на улицах и a_2 — на дорогах общего пользования.

Так как пробег автотранспортных средств на улицах неизвестен, приходится эту величину вычислить с помощью использования других величин. После группировки и изменения полученных вариантов выявились следующие 3 типа моделей:

- для городов с численностью населения свыше 10 тыс. человек

$$x_9 = 0,0750 x_5 + 0,0414 x_1 - 39,7 \quad (2)$$

$$R = 0,995$$

достоверность $x_5 = 99,9$

$$x_1 = 99,9$$

где x_1 - численность населения в коммуне

x_5 - количество рабочих мест в отрасли обслуживания в коммуне,

- для городов меньше 10 тыс. человек и коммун свыше 5 тыс. человек:

$$x_9 = 0,139 x_5 + 0,00870 x_1 + 0,0302 x_{14} - 28,6 \quad (3)$$

$$R = 0,902$$

достоверность $x_5 = 99,9$

$$x_1 = 98,6$$

$$x_{14} = 99,6$$

- для коммун с населением меньше 5 тыс. человек:

$$x_9 = 0,0580 x_5 + 0,0104 x_1 + 0,0460 x_{14} - 0,7 \quad (4)$$

$$R = 0,878$$

достоверность $x_5 = 99,9$

$$x_1 = 99,9$$

$$x_{14} = 99,9$$

Данные зависимости дадут количество ДТП по коммунам на базе среднего уровня безопасности движения в стране. Средний уровень калиброван отдельно для каждой из трех зависимостей. Уровень калибровки больших и средних городов одинаков, но имеется разница между городами и коммунами. Чтобы количество ДТП, получаемых по зависимости для городов, было сравнимо с ДТП в коммунах, необходимо его умножить на 1,52. Это можно объяснить тем, что при одинаковой интенсивности движения в городах происходит ДТП на 50 % больше, чем в коммунах. Здесь следует учитывать и тяжесть последствий ДТП. Притом доля погибших из всех пострадавших в городах составляет 14 %, а в остальных коммунах - 21 %. Отсюда вытекает, что уровень тяжести ДТП в коммунах на 50 % выше. Этим же компенсируется разница в количестве ДТП, иначе говоря - в городах и коммунах относительно интенсивности пробега автотранспорта в среднем находит место равное количество ДТП (в результате чего пострадали люди).

Относительный коэффициент опасности движения в коммуне получен в результате деления количества ДТП на количество ДТП, полученных из зависимостей (2)-(4). Если уровень безопасности движения в коммуне соответствует среднему в стране, то результат близок к I. Если коммуна более опасна, то коэффициент выше I, если безопасна - меньше I. Среди городов и коммун имеются явные различия в безопасности движения. В более безопасных коэффициент колеблется в пределах 0,5 и в более опасных около 1,5. То есть, в более безопасных коммунах находит место около половины ДТП, по сравнению со средним, а в опасных, количество ДТП превышает на 50 % средний уровень в стране.

В дальнейших исследованиях использовали результаты зависимостей, контролируемые с помощью статистики по продаже горючего. Контроль показал, что зависимости весьма правильно распределили коммуны в разные подгруппы безопасности. Для нескольких более безопасных коммун результаты оказались слишком положительными и соответственно опасность более опасных коммун была преувеличена.

Т а б л и ц а I

Города, выбранные для детального анализа

Город	Коэффициент опасности		Количество населения
	Все ДТП	ДТП с поврежд. людей	
Äänekoski	0,56	0,89	11 141
Nurmes	0,63	0,98	11 562
Nokia	0,71	1,11	23 569
Kotka	0,68	0,68	61 048
Tornio	0,97	0,69	20 934
Jämsä	0,96	1,37	12 468
Lappeenranta	0,98	0,91	53 421
Kokkola	0,93	0,66	33 602
Vaasa	1,23	0,97	53 738
Rovaniemi	1,35	0,77	29 690
Lohja	1,45	1,66	14 147
Hanko	1,86	1,33	12 083

На основании статистики по продаже горючего были введены поправки в коэффициенты безопасности таких коммун, которые были выбраны для детального анализа. В приведенный список была отобрана группа городов и коммун (таблицы Iи 2),

о которых собирались данные о землепользовании, дорожном движении и ДТП.

Причины,делящие коммуны по безопасности движения

Опасность городского движения в сущности не зависит от численности населения (рис. 1). Вместо того разброс числа признака уменьшается при росте количества населения. Данное явление не рассматривается для коммун (рис. 2).

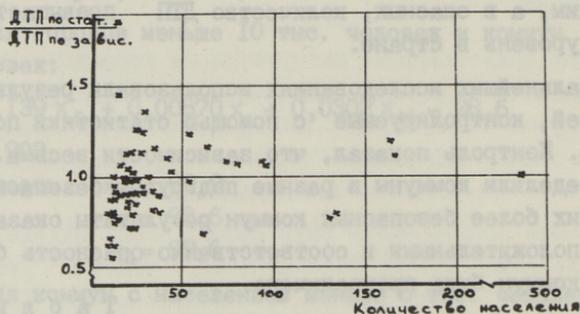


Рис. 1. Зависимость коэффициента опасности движения, города от количества населения.

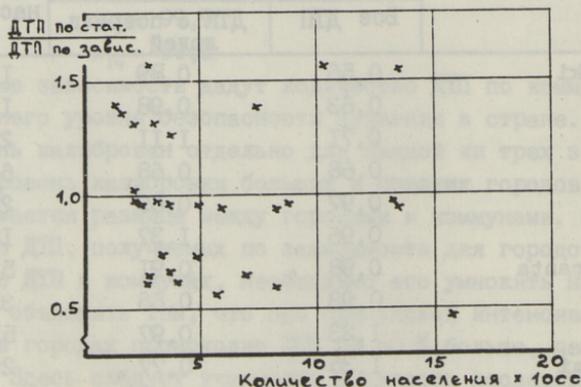


Рис. 2. Зависимость коэффициента опасности движения коммуны от количества населения (коммуны, выбранные для детального анализа).

На основании детального анализа можно было определить, что более опасные города имели сосредоточенную структуру.

Т а б л и ц а 2

Коммуны, выбранные для детального анализа

Коммуна	Коэффициент опасности		Количество
	Все ДТП	ДТП с поврежд. людей	
Äetsä	0,56	0,65	5 680
Kontiolahti	0,60	0,84	8 285
Vesanto	0,66	1,07	3 643
Vöyri	0,61	0,40	4 007
Kruunupyö	0,64	0,78	6 961
Uurainen	0,61	0,67	2 732
Lohjan mlk	0,46	0,33	15 725
Luopioinen	0,64	0,82	2 804
Rautalampi	0,73	1,22	4 822
Vuolijoki	0,73	0,87	3 378
Orimattila	0,97	1,08	13 200
Kiikala	0,97	0,92	2 241
Längelmäki	0,96	1,47	2 409
Karttula	0,97	1,34	3 131
Mustasaari	0,94	1,06	13 401
Paimio	0,94	0,77	8 239
Jokioinen	0,95	0,95	4 925
Ilomantsi	0,95	0,67	8 774
Vimpeli	0,96	0,72	3 675
Vaala	0,94	1,13	4 920
Myrskylä	1,57	2,07	2 089
Kaarina	1,55	1,16	13 442
Pomarkku	1,31	1,89	3 001
Renko	1,31	1,48	2 152
Varpaisjärvi	1,26	1,20	3 725
Jalasjärvi	1,56	1,56	10 293
Suomusjärvi	1,39	2,15	1 375
Tuulos	1,36	2,30	1 597
Nurmo	1,38	1,37	7 426
Kiitelysvaara	1,20	1,64	2 197

В них имеется широкий, плотный центр. Более безопасные города могут быть или сельского типа или иметь структуру, распределенную на части.

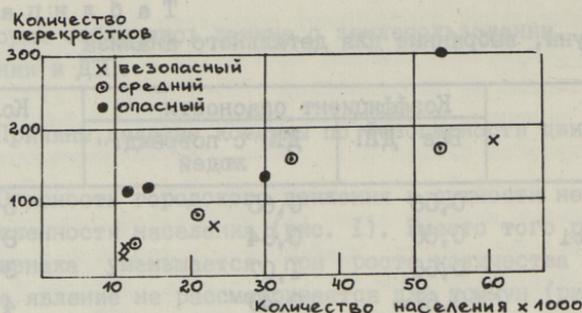


Рис. 3. Количество перекрестков в городах, выбранных для детального анализа.

Характерная черта для более опасных городов — это нерасчлененная квадратическая уличная сеть с большим количеством х-образных перекрестков, обыкновенно без более тщательной организации движения (рис. 3).

Для городов характерен некоторый базовый уровень в безопасности движения, зависящий от землепользования. Этот уровень улучшается или ухудшается построением улично-дорожной сети. Возможно улучшение существующего положения с помощью организации движения.

Безопасность дорожного движения в коммунах, а также в городах зависит и от внутренних факторов коммуны и от отношения их к сети дорог общего пользования.

Городской тип землепользования повышает опасность дорожного движения. Городская среда, разделенная на несколько частей более безопасна, чем один большой городской центр. Уровень "урбанизации" может быть определен с помощью коэффициента урбанизации (рис. 4).

Форма и уровень внутрикоммуны улично-дорожной сети влияют на безопасность и в городах. Опасность коммуны повышается в результате развертывания города вблизи автомобильных дорог. Существование дорог высших категорий (автомагистралей) на территории коммуны само собой не повышает опасности коммуны, но если автомагистрали проходят через населенные пункты коммуны, повышается и опасность.

Безопасность движения в коммунах может быть определена по следующей схеме:

- 1) с помощью зависимости (3) или (4) подсчитывается коэффициент безопасности движения коммуны;
- 2) по количеству населения и уровню урбанизации определяется опасность коммуны (рис. 4);
- 3) определяют уровень развития улично-дорожной сети коммуны;
- 4) определяют тип среды коммуны (сельский или городской, распределенный или комплексный центр);
- 5) определяют отношение землепользования к дорогам общего пользования (населенные пункты вблизи или вдали от автодорог, магистрали проходят через населенные пункты);
- 6) сводка.

В итоге возможно определить отношение безопасности движения данной коммуны в сравнении с остальными и выяснить, сколько оно зависит от землепользования коммуны и от ее отношения к автодорогам общего пользования и самой дорожной сети коммуны.

V. Himanen

Traffic Safety Development in
Finnish Municipalities

Abstract

The causes of the differences noticed between the municipalities in traffic safety are studied. Particularly land-use and traffic schemes are considered.

The urban structure of cities that have better traffic safety is more like countryside than that of the more dangerous cities. The dangerous cities are very centralized. They have a large, tightly built centre compared with the size of the city, and an unorganized street net, which includes plenty of four-way junctions. They have also devoted less resources for traffic safety plans and schemes than the safe cities. From the basis of the study made on other than urban municipalities it can be stated that it is typical of the safe municipalities that they have a good traffic net and a built up structure divided into several separate parts. It is typical again of the dangerous municipalities that the built-up areas are built along highways and in several cases highways also split the centre of the municipality. The urban character of the municipality also increases traffic accidents.

ДИНАМИКА СКОРОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ ЭСТОНСКОЙ ССР

Скоростные характеристики транспортного потока во многом определяют экономичность и безопасность движения. Режим движения транспортного потока имеет следующие основные скоростные характеристики для всего потока и для основных групп автомобилей: средние скорости, скорости 85 и 15% обеспечения, разброс скоростей – стандартное отклонение, теоретическая потребность в обгонах. Из этого вытекает задача прогнозирования скоростных характеристик при оценке качества проектных решений и состояния существующих дорог. Если скоростные характеристики транспортного потока не соответствуют дорожным условиям, то резко ухудшаются показатели экономичности и безопасности движения.

По данным А.П. Васильева [1], О. Вальгрэна и М. Салусярви [2, 3], а также по результатам работ, проведенных в Эстонской ССР [4] установлено, что метеорологические условия и состояние покрытия в значительной мере влияют на характеристики транспортного потока и показатели аварийности. Именно плохое качество проектных решений и эксплуатации дороги может значительным образом выявляться в осенне-зимний период. Поэтому, исследование скоростных характеристик транспортного потока дает информацию для решения теоретических и практических задач, связанных с проектированием и эксплуатацией автомобильных дорог.

Для исследования характеристик транспортного потока избран метод мгновенных скоростей в специально выбранных местах. Такая методика исследования скоростных характеристик транспортного потока, общие принципы которой опубликованы ранее [5], соответствует международной практике и дает возможность сравнивать результаты. В рамках исследова-

Средние скорости (V, км/ч)

№	Место измерения, перегон автомобильной дороги	Кате- гория доро- ги	По месяцам											
			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1.	Таллин - Пярну, км 16,5	I	62,6	71,3	71,8	70,4	73,1	72,9	74,0	71,8	74,0	70,7	69,2	71,2
2.	Таллин - Раннамыйза - Клоога км 22,6	IV	62,9	-	70,1	70,8	65,0	-	68,1	67,3	66,5	66,5	63,4	60,4
3	Таллин - Нарва, км 29,2	II	67,9	64,4	68,1	69,4	71,3	73,7	72,9	69,8	65,8	69,8	68,6	68,1
4.	Таллин - Тарту, км 16	III	68,2	69,8	69,3	70,5	70,4	74,4	70,1	71,8	72,6	72,9	70,6	70,7
5.	Таллин - Тарту, км 172	III	65,0	71,9	74,5	73,3	73,5	-	75,2	76,1	77,1	78,3	71,0	72,3
6.	Тарту - Валга, км 146,2	III	68,2	74,4	71,3	73,4	73,7	-	73,1	75,0	73,0	71,6	70,1	73,6
7.	Тарту - Ряпина, км 6,8	III	64,9	70,4	67,3	70,2	69,7	-	-	72,0	72,7	69,8	65,1	68,9
8.	Ўгева - Тарту, км 166,4	III	66,8	66,3	72,0	65,0	-	-	68,7	72,7	66,8	69,7	63,2	65,3
9.	Харутез - Хаапсалу, км 5,1	III	64,2	66,4	74,6	67,1	70,6	-	69,5	72,6	70,5	75,1	70,4	67,2

Т а б л и ц а 2

Стандартные отклонения скоростей (σ км/ч)

№	Место измерения, перегон автомобильной дороги	Кате- гория доро- ги	По месяцам											
			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1.	Таллин - Пярну, км 16,5	I	8,5	10,9	11,5	10,0	12,3	9,9	9,8	10,3	11,4	10,8	9,8	11,1
2.	Таллин - Раннамыйза - Клоога км 22,6	IV	12,0	-	10,9	8,3	8,5	-	9,6	10,9	9,5	11,6	12,3	10,2
3.	Таллин - Нарва, км 29,2	II	9,7	9,7	11,1	10,4	10,7	11,1	11,0	9,7	10,7	11,0	10,8	9,4
4.	Таллин - Тарту, км 16	III	9,5	9,7	10,4	12,3	10,6	11,5	11,6	10,9	10,8	9,6	11,6	11,3
5.	Таллин - Тарту, км 172	III	10,5	12,7	11,4	13,3	11,3	-	11,8	11,8	12,1	12,6	9,7	11,4
6.	Тарту - Валга, км 146,2	III	9,9	11,9	12,7	10,8	11,4	-	11,4	12,3	12,1	12,7	10,2	10,6
7.	Тарту - Ряпина, км 6,8	III	10,0	10,5	15,9	10,8	13,1	-	-	12,2	11,2	10,9	9,1	11,9
8.	Йыгева - Тарту, км 166,4	III	9,0	13,6	12,1	12,0	-	-	10,1	10,4	10,7	12,1	9,2	10,1
9.	Харутеэ - Хаапсалу км 5,1	III	8,5	9,8	10,3	9,6	11,7	-	10,4	11,2	11,6	10,9	11,4	11,5

ния, проведенного в Эстонской ССР, мгновенные скорости, погодноклиматические и дорожные условия регистрировались ежемесячно на выбранных профилях с 1974 по 1978 год, в 1981 г. и с 1984 по 1985 г. Количество профилей, где измерялись скорости, менялось с 10 до 30. Полученные массивы данных позволили выявить динамику основных скоростных характеристик транспортного потока для дорог I; II; III и IV технической категории. Для дорог II и III категории составлен общий массив данных. В табл. 1 и 2 представлены в качестве результатов выполненного исследования средние скорости и стандартные отклонения скоростей для всего транспортного потока. Конечно система измерений, обработки и анализа данных, которая опубликована ранее [5] позволила выявить все необходимые характеристики транспортного потока.

Факторы, формирующие скоростные характеристики транспортного потока, имеют сезонное колебание, поэтому колеблется и характеристики потока. Данные о пределах колебаний приводятся в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Пределы колебаний характеристик транспортного потока (км/час)

Характеристика транспортного потока	Категории дорог		
	I	II-III	IV
Средние скорости всего потока	62,6-74,0	66,9-74,0	62,9-68,1
Средние скорости легковых автомобилей	67,4-79,7	72,1-82,5	62,9-72,8
Средние скорости грузовых автомобилей	58,9-65,3	62,2-65,8	

Хотя средние скорости транспортного потока за весь период измерения на дорогах I, II и III категории колебались в одинаковых пределах, чаще они были большими на дорогах I категории. Из этого явствует, что и при существующих лимитах на дорогах I категории можно реализовать большие средние скорости транспортного потока, что имеет важное народнохозяйственное значение. На дорогах IV категории ввиду малой часовой интенсивности движения не всегда

удавалось рассчитать скоростные характеристики для отдельных групп автомобилей (табл. 2).

Из факторов, влияющих на скоростные характеристики транспортного потока, самое большое влияние имело состояние покрытия. На рис. 1 и 2 иллюстрируется зависимость средней скорости и стандартного отклонения от состояния покрытия. Как видно, в сложных условиях уменьшаются скорости и их разброс. Однако уменьшаются и различия между скоростями транспортного потока на дорогах разных категорий. Скоростные характеристики транспортного потока зависят и от его структуры. Чем больше доля легковых автомобилей, тем больше, естественно, средняя скорость транспортного потока. На рис. 3 иллюстрируется эта зависимость для дорог II и III категории. При росте доли легковых автомобилей можно прогнозировать рост средних скоростей потоков на наших дорогах.

Во время исследования характеристик транспортного потока имели место следующие часовые интенсивности движения:

на дорогах I категории	320 - 500 автомобилей
на дорогах II и III категории	100 - 220 автомобилей
на дорогах IV категории	10 - 100 автомобилей.

В указанных пределах нет ясного влияния интенсивности движения на скоростные характеристики транспортного потока. Большие интенсивности движения имеют место в летнее время, когда более благоприятные дорожные условия позволяют развивать большие скорости. Влияние интенсивности на скоростной режим появится при более высоких ее значениях.

Исследования скоростных характеристик на дорогах Эстонской ССР начиная с 1975 года позволили выявить динамику этих характеристик. По сравнению с серединой 70-х годов значительно изменились динамические свойства автомобилей, выросла доля легковых автомобилей в транспортном потоке. Более молодым стал и водительский состав. Улучшились и дорожные условия, в т.ч. качество зимнего содержания дорог. В таблице 4 приводятся данные о динамике основных скоростных характеристик.

Из анализируемых материалов явствует, что за рассматриваемый период средняя скорость транспортного потока (по измеренным мгновенным скоростям) увеличилась на 1,9 км/час, в т.ч. у легковых автомобилей на 3,5 км/час и у грузовых ав-

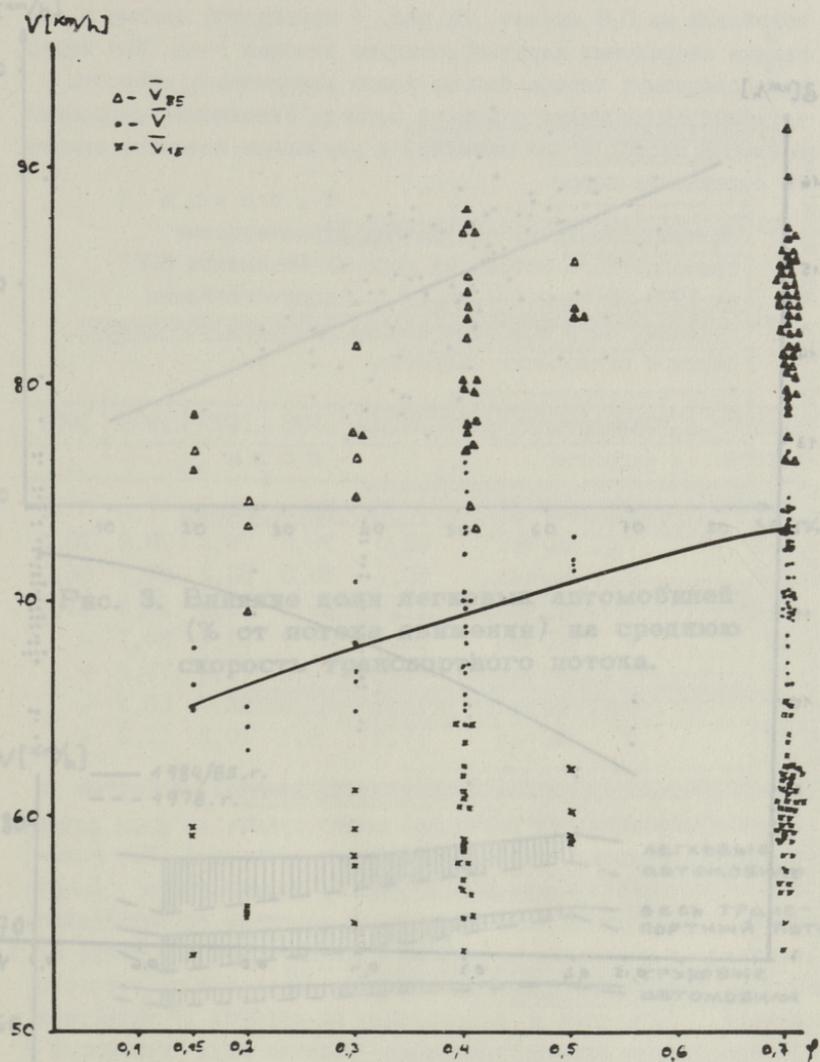


Рис. 1. Влияние состояния покрытия на средние скорости транспортного потока на дорогах II - III категории (ϕ - оценка коэффициента сцепления во время измерения скоростей).

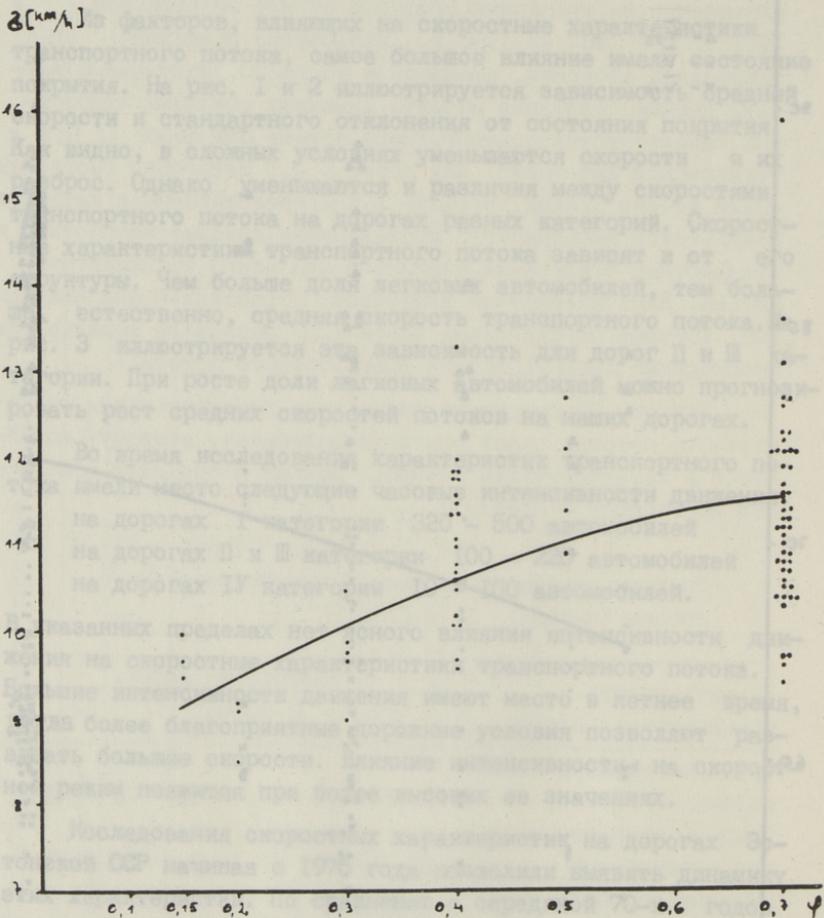


Рис. 2. Влияние состояния покрытия на разброс скоростей (стандартное отклонение на дорогах II - III категории).

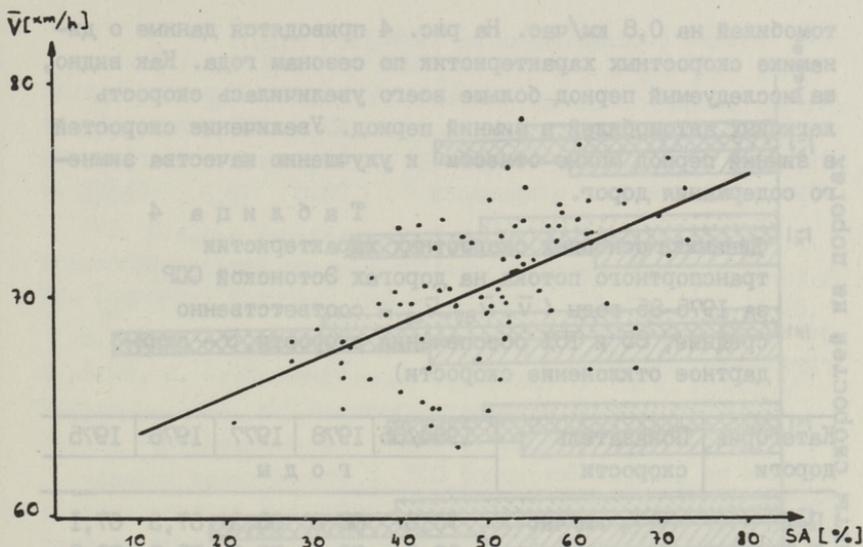


Рис. 3. Влияние доли легковых автомобилей (% от потока движения) на среднюю скорость транспортного потока.

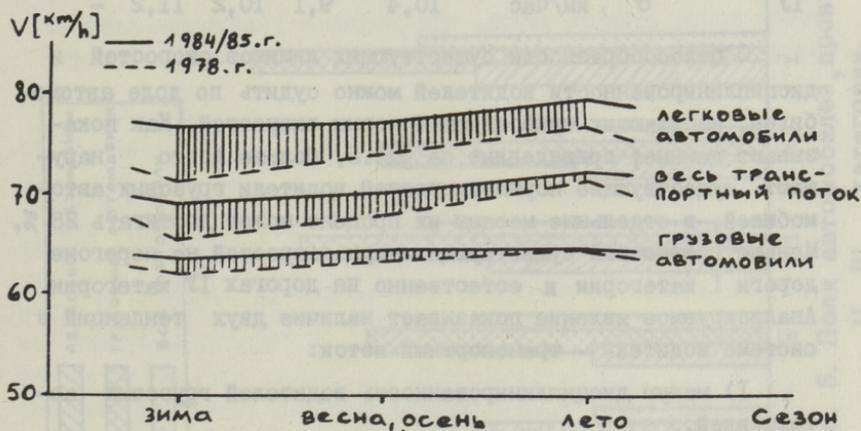


Рис. 4. Динамика сезонного изменения скоростей транспортного потока за 1978 - 1985 годы.

томобилей на 0,8 км/час. На рис. 4 приводятся данные о динамике скоростных характеристик по сезонам года. Как видно, за исследуемый период больше всего увеличилась скорость легковых автомобилей в зимний период. Увеличение скоростей в зимний период можно отнести к улучшению качества зимнего содержания дорог.

Т а б л и ц а 4

Динамика основных скоростных характеристик транспортного потока на дорогах Эстонской ССР за 1975-85 годы (\bar{v} , \bar{v}_{85} , \bar{v}_{15} - соответственно средние, 85 и 15% обеспечения скорости, σ - стандартное отклонение скорости)

Категория дороги	Показатель скорости	1984/85	1978	1977	1976	1975
		Г о д ы				
П-Ш	\bar{v} , км/час	70,6	68,6	68,3	67,3	67,1
П-Ш	\bar{v}_{85} , км/час	82,0	79,5	79,2	78,8	78,8
П-Ш	\bar{v}_{15} , км/час	60,1	58,5	58,2	57,1	56,7
П-Ш	σ , км/час	11,0	10,2	10,4	10,9	10,4
IУ	\bar{v} , км/час	66,1	67,7	63,4	64,1	-
IУ	\bar{v}_{85} , км/час	76,7	74,3	74,0	75,2	-
IУ	\bar{v}_{15} , км/час	54,5	53,9	54,0	53,3	-
IУ	σ , км/час	10,4	9,1	10,2	11,2	-

О целесообразности существующих лимитов скоростей и дисциплинированности водителей можно судить по доле автомобилей, нарушающих существующие нормы скоростей. Как показывают данные, приведенные на рис.5, больше всего нарушают существующие нормы скоростей водители грузовых автомобилей, в отдельные месяцы их процент может достигать 28%. Меньше превышений существующих норм скоростей на перегоне дороги I категории и естественно на дорогах IУ категории. Анализируемое явление показывает наличие двух тенденций в системе водители - транспортный поток:

1) малую дисциплинированность водителей грузовых автомобилей,

2) противоречие между динамическими свойствами современных автомобилей и нормами скоростей.

Для сравнения приведем данные о скоростном режиме транспортного потока в соседних странах, Финляндии и Швеции [6, 7]:

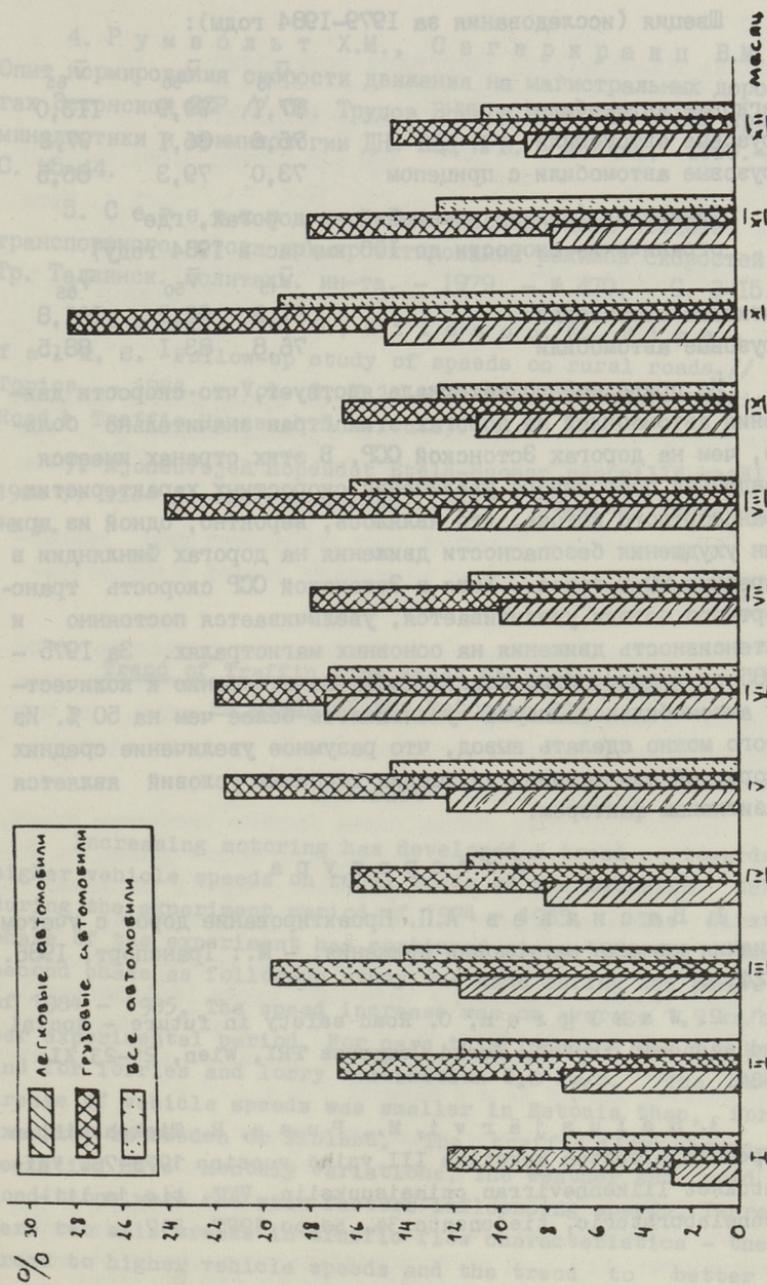


Рис. 5. Доля автомобилей, превышающих лимиты скоростей на дорогах
II...III категории.

Швеция (исследования за 1979-1984 годы):

	\bar{V}_{15}	\bar{V}_{50}	\bar{V}_{85}
легковые автомобили	87,1	99,9	113,0
грузовые автомобили	76,6	86,1	97,2
грузовые автомобили с прицепом	73,0	79,3	86,5

Финляндия (данные измерений на дорогах, где ограничение скорости до 100 км/час в 1984 году)

	\bar{V}_{15}	\bar{V}_{50}	\bar{V}_{85}
легковые автомобили	81,5	92,2	101,8
грузовые автомобили	76,8	83,1	88,5

Из приведенного материала явствует, что скорости движения автомобилей на дорогах этих стран значительно больше, чем на дорогах Эстонской ССР. В этих странах имеется тенденция постоянного увеличения скоростных характеристик транспортного потока, что являлось, вероятно, одной из причин ухудшения безопасности движения на дорогах Финляндии в середине 80-х годов. Хотя в Эстонской ССР скорость транспортного потока увеличивается, увеличивается постоянно и интенсивность движения на основных магистралях. За 1975 - 1985 гг. количество пострадавших по отношению к количеству автомобильного парка уменьшилось более чем на 50 %. Из этого можно сделать вывод, что разумное увеличение средних скоростей при условии улучшения дорожных условий является позитивным фактором.

Л и т е р а т у р а

1. В а с и л ь е в А.П. Проектирование дорог с учетом влияния климата на условия движения. - М.: Транспорт, 1986. - 248 с.

2. W a h l g r e n, O. Road safety in future - social and economic impact. World Congress PRI, Wien, 21-23.XI 1984.

3. S a l u s j ä r v i, M., P u s a, R. Tiekohtaisten nopeusrajoitusten kokeilun III vaihe vuosina 1975-76. Vaitokset liikennevirran ominaisuuksiin. VTT, tie ja liikennelaboratorio, tiedonanto 34. Espoo 1977. 217 s.

4. Румвольт Х.М., Сегеркранц В.М. Опыт нормирования скорости движения на магистральных дорогах Эстонской ССР // Сб. Трудов ВНИИБД МВД СССР и НИИ криминалистики и криминологии ДНМ ВВД НРБ. - Москва, 1980. - С. 35-44.

5. Сегеркранц В.М. Исследование свойств транспортного потока при проектировании режимов скоростей // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. - 1979. - № 470. - С. 3-15.

6. K o l s g r u d, B., N i l s s o n, G., R i g e - f a l k, S. Follow-up study of speeds on rural roads.// Topics. - 1984. - Vol. 3, N 1. - P. 3-6. (National Swedish Road & Traffic Research Institute).

7. Ajoneuvojen nopeudet Etelä-Suomen pääteillä kesällä 1984 // Tie- ja vesirakennushallitus. - Helsinki 1984. - 18 s.

V. Segerkrantz

Trend of Traffic Flow Speed Characteristics
on Roads of the Estonian SSR

Abstract

Increasing motoring has developed a trend towards higher vehicle speeds on rural roads of the Estonian SSR during the experiment period of 1974 - 1985. The first phase of the experiment has continued since 1978 and the second phase as follow-up study was made during the period of 1984 - 1985. The speed increase was on average 1.9 km/h per experimental period. For cars this increase was 3.5 km/h and for lorries and lorry combination 0.8 km/h. The increase of vehicle speeds was smaller in Estonia than, for example, in Sweden or Finland. The traffic flow characteristics have monthly variations. The weather and road conditions were the main factors influencing speeds. There were two main trends in traffic flow characteristics - the trend to higher vehicle speeds and the trend to better traffic safety.

ПРИМЕНЕНИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПРОГРАММНЫХ ПАКЕТОВ ДЛЯ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОДОРОЖНЫХ
ЖЕСТКИХ ОДЕЖД И МОСТОВ

Планом XII пятилетки предусмотрен существенный прогресс в автоматизированном строительном проектировании. В том числе такой же прогресс предусмотрен в дорожном и мостовом проектировании.

У нас накоплен 7-летний опыт применения двух универсальных пакетов вычисления внутренних усилий в строительных конструкциях: LIRA и МКЕ-20.

Расчетные алгоритмы обоих пакетов базируются на методе конечных элементов. Пакеты имеют различную степень развитости, различный ввод и различный вывод; однако, у них и много общего. Поэтому мы в дальнейшем не будем отмечать, на котором пакете какие результаты достигнуты.

Пакеты позволяют решать более сложные расчетные схемы, чем это считалось возможным в докомпьютерское время. Во всех случаях является целесообразным учесть в расчетных схемах содействие широкой области частей сооружения.

Например, в одном случае вычисления усилий в жесткой дорожной одежде соединены в расчетную схему I4 межшовных плитяных участков (рис. 1а, 1б, 2а). В случае бесшовной жесткой дорожной одежды (рис. 2б) в расчетную схему включен участок длиной 42 м и шириной 7,5 м.

В случае вычисления усилий балочного железобетонного моста взамен косвенного учета поперечной установки подвижной нагрузки у свободно опертых статически определимых балках применены расчетные схемы, состоящие из балочной клетки (рис. 3а) или из балочной клетки с плитой по этой клетке (рис. 3б).

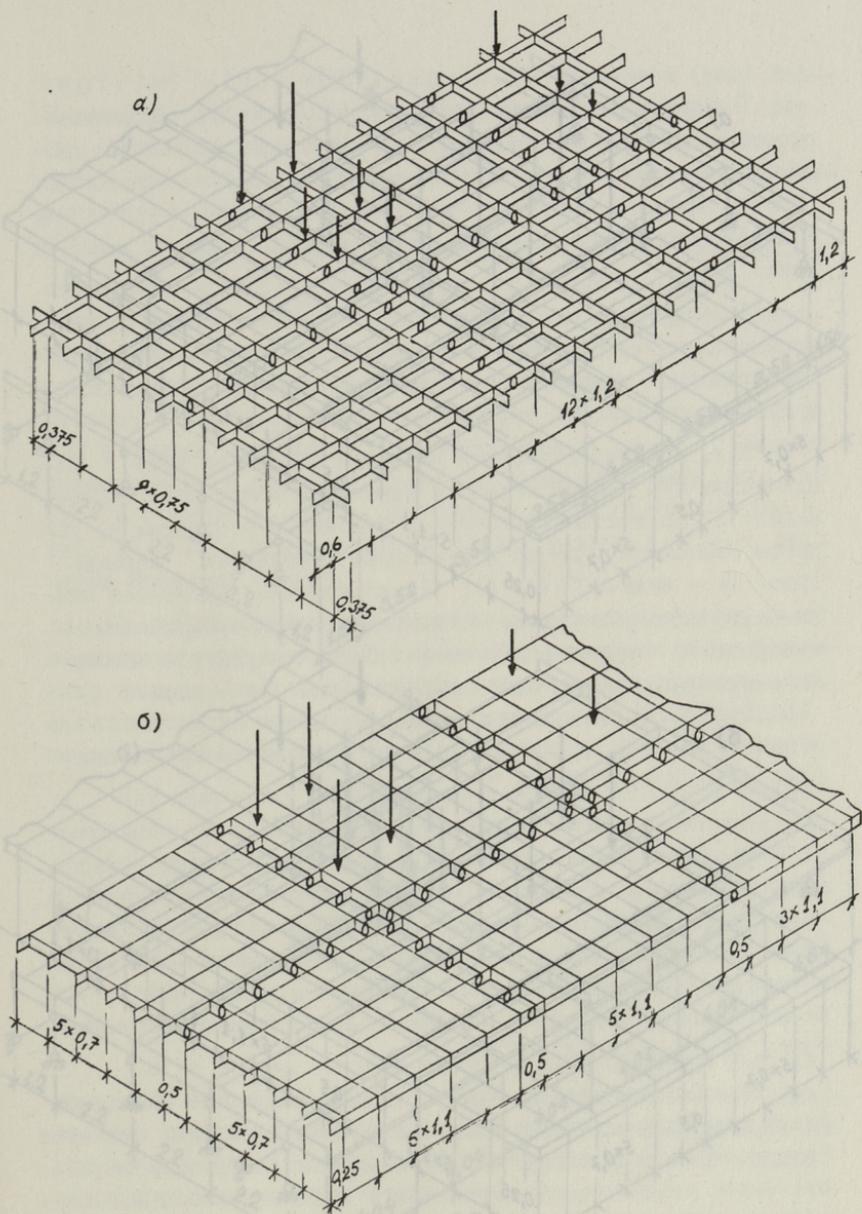


Рис. 1. Жесткая дорожная одежда с шарнирами по линиям межплитных швов: а) конечные элементы балочной клетки на упругом основании - ТЕЕТА1, б) конечные плитные элементы на упругом основании, по швам балочные элементы - ТЕЕПЛ1.

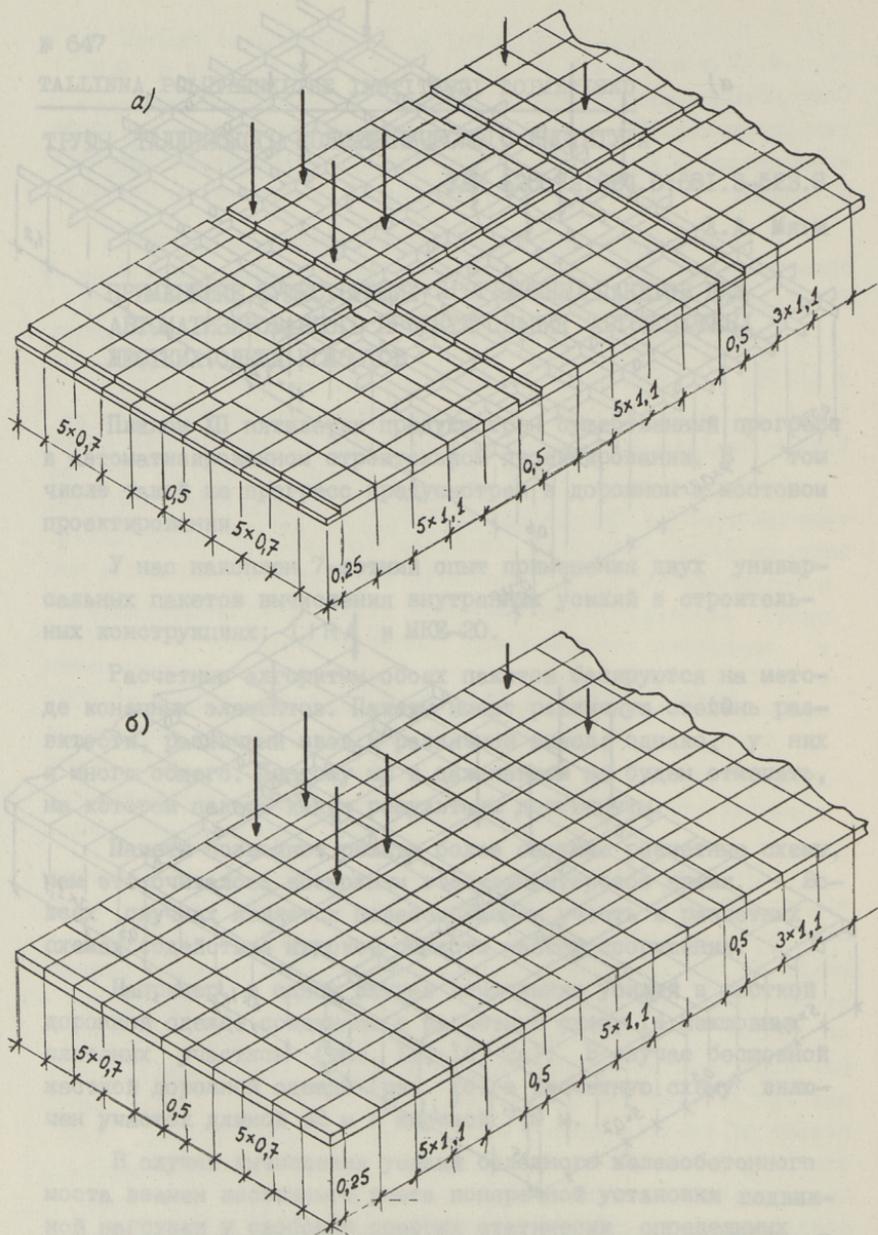


Рис. 2. Бесшарирные расчетные схемы жесткой дорожной одежды с конечными плитными элементами на упругом основании:
 а) по швам тонкие элементы -ТЕЕРЛ2, б) бесшовная плита -ТЕЕРЛ3.

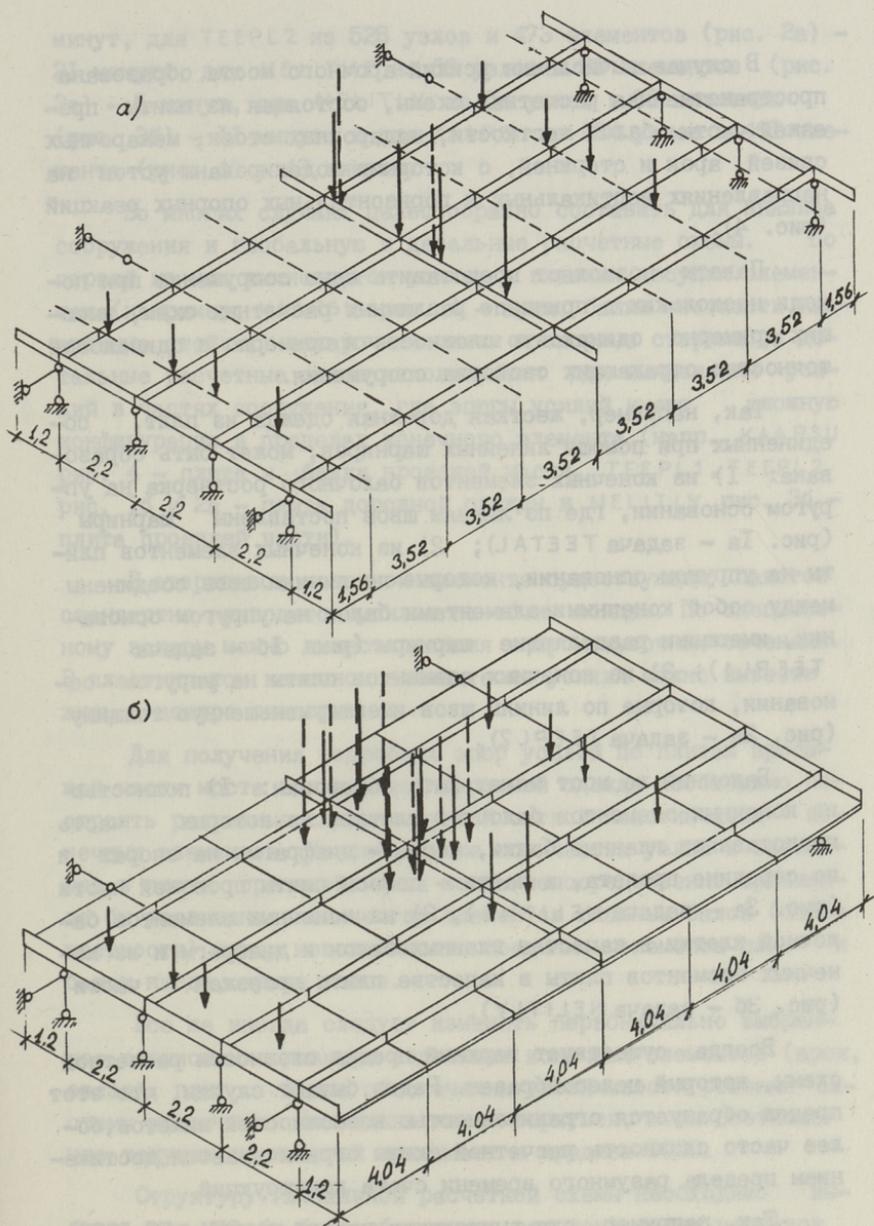


Рис. 3. Расчетные схемы балочного моста: а) полосы плиты (---) - конечные элементы балки -NELITME, б) плита проезжей части - конечные плитные элементы -NELITLY.

В случае вычисления усилий арок моста образована пространственная расчетная схема, состоящая из плиты проезжей части, балок жесткости, надарочных стоек, межарочных связей, арок и стержней, с которыми моделированы устои на направлениях вертикальных и горизонтальных опорных реакций (рис. 4).

Пакеты позволяют представить одно сооружение при помощи нескольких в принципе различных расчетных схем, имеющих примерно одинаковую сложность и примерно с одинаковой точностью отражающих свойства сооружения.

Так, например, жесткая дорожная одежда из плит, соединенных при помощи линейных шарниров, может быть образована: 1) из конечных элементов балочного ростверка на упругом основании, где по линиям швов поставлены шарниры (рис. 1а - задача TEETAL); 2) из конечных элементов плиты на упругом основании, которые по линиям швов соединены между собой конечными элементами балок на упругом основании, имеющими разделяющие шарниры (рис. 1б - задача TEERPL1); 3) из конечных элементов плиты на упругом основании, которые по линиям швов имеют уменьшенную толщину (рис. 2а - задача TEERPL2).

Балочный же мост может быть образован: 1) полностью из конечных элементов балочной клетки, из которых часть представляют главные балки, часть - диафрагмы на опорах и по середине пролета, а часть - полосы плиты проезжей части (рис. 3а - задача NELITME), 2) из конечных элементов балочной клетки в качестве главных балок и диафрагм и из конечных элементов плиты в качестве плиты проезжей части (рис. 3б - задача NELITLY).

Всегда существует верхний предел сложности расчетной схемы, который целесообразен. Редко бывают случаи, что этот предел образуется ограниченностью возможностей пакетов, более часто сложность расчетной схемы ограничивается достижением предела разумного времени счета конструкций.

Так, например, для вычисления усилий на ЭВМ ЕС-1022 для задачи TEETAL из 559 узлов и 864 элементов (рис. 1а) расход машинного времени был 24 минуты, для TEERPL1 из 650 узлов и 610 элементов (рис. 1б) расход времени был 25

минут, для TEEPL2 из 528 узлов и 473 элементов (рис. 2а) - 21 минута, для NELITME из 66 узлов и 89 элементов (рис. 3а) - 5 минут, для NELITLY из 54 узлов и 81 элемента (рис. 3б) - 11 минут и для KAARSU из 234 узлов и 461 элемента (рис. 4) - 43 минуты.

Во многих случаях целесообразно составить для анализа сооружения и глобальную и детальные расчетные схемы. По первой из них вычисляются усилия в главных несущих элементах (например, KAARSU рис. 4 - арки, балки жесткости, надарочные стойки, межарочные связи и опорные стержни), а детальные расчетные схемы используются для вычисления усилий в частях сооружения, где эпюры усилий имеют сложную конфигурацию в пределах конечного элемента (напр., KAARSU рис. 4 - плита и балки проезжей части, TEEPL1, TEEPL2 рис. 1б и 2а - плита дорожной одежды и NELITLY рис. 3б - плита проезжей части).

В стержневом конечном элементе существующих пакетов стандартно выводятся усилия по обоим концам. По специальному заказу можно вывести усилия в промежуточных сечениях. В пластинчатом конечном элементе же усилия можно вывести лишь в центре тяжести.

Для получения подробных эпюр усилий по плитам проезжей части моста или жесткой дорожной одежды необходимо построить расчетные схемы с густой сеткой пластинчатых конечных элементов. Увеличение же количества узлов и элементов в плите проезжей части моста непосредственно причинило бы увеличение количества элементов главных балок (балок жесткости) ввиду невозможности соединить элементы плит и балок нигде, кроме узлов.

Все же иногда следует изменить первоначально выбранное соотношение размера отдельных конечных элементов (арок, связей, плит ...) для обеспечения устойчивости решения системы уравнения. Последняя может теряться, если соотношение текущих жесткостей превышает в среднем 5000.

Структуру глобальной расчетной схемы необходимо выбрать так, чтобы было обеспечено наложение всех нагрузок без изменения их параметров или, если изменение параметров нагрузок неизбежно, то ввести влияние таких изменений в ничтожность.

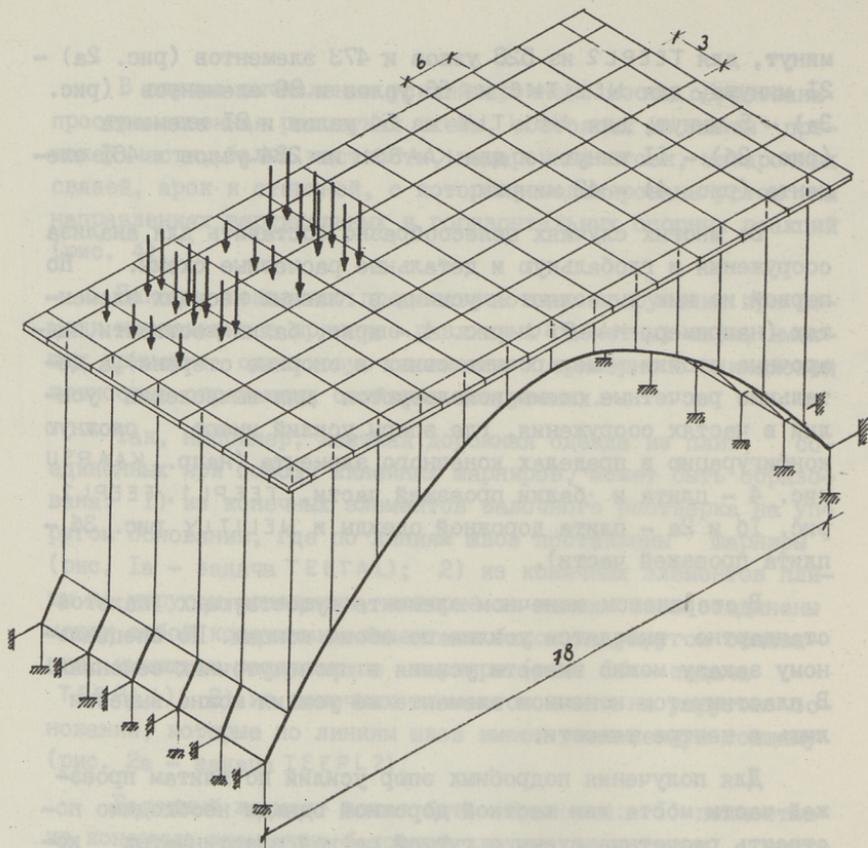


Рис. 4. Расчетная схема арочного моста - KAARSU.

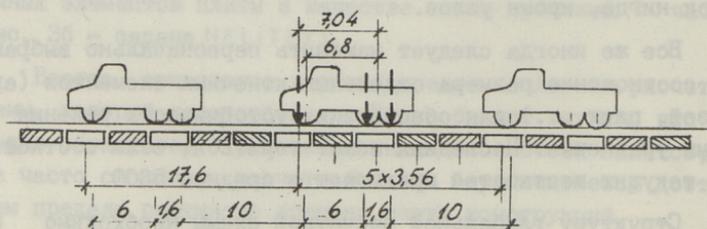


Рис. 5. Деталь распределения силы (---) между соседними балками в задаче TETAL.

Например, в задаче ТЕЕТАС центр следа заднего колеса N-30 установлен от боковой кромки проезжей части на расстоянии 0,375 м (на крайнюю балку клетки). Второе колесо задней оси в этом случае попадает на расстояния 0,4 и 0,35 м от двух соседних балок клетки (рис. 5). Нагрузку этого колеса следует распределить между соседними балками по закону рычага. В задачах ТЕЕPL1, ТЕЕPL2 и ТЕЕPL3 такой проблемы нет — центр следа колеса соприкасается с плитой в любом месте.

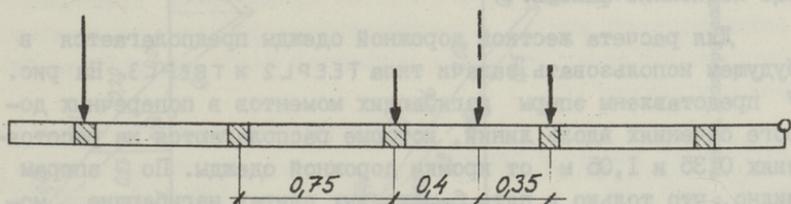


Рис. 6. Соотношения сил (от колес автоколонны N-30) и полос плиты проезжей части в задаче NELITME.

В задаче NELITME плита проезжей части разделена на условные полосы с таким расчетом, чтобы колесо передней оси и два колеса задней оси загружали соответственно две отдельные полосы (рис. 6). Полосы представлены в расчетной схеме поперечными балками клетки, их (следовательно и полосы) можно загружать только по вертикальной осевой плоскости. Расстояние передней оси грузовика N-30 от задней оси изменяется на 0,24 м.

В задачах NELITLY и KAARSU нагрузка располагается свободно по плите проезжей части и никакие изменения параметров нагрузок не нужны.

Детальные расчетные схемы по некоторой области конструкций должны быть загружены всей местной нагрузкой и реакциями остальных отсеченных областей.

Отсюда следует, что область детальной расчетной схемы должна содержать следующие подобласти: 1) подобласть с угущенной сетью узлов и элементов, 2) подобласть по линии отсечения от остальной конструкции, где полностью сохраня-

ется прежнее расположение узлов для безизмененного нагружения реакциями отсеченных частей конструкций, 3) некоторая под область между первой и второй подобластями, являющаяся переходящей между ними.

Ввиду алгоритма пакетов, линии влияния теряют свое количественное значение, а сохраняют качественное значение как средства выбора расположения колонн нагрузки.

По анализу задач, упомянутых выше, следует отметить еще несколько фактов.

Для расчета жесткой дорожной одежды предполагается в будущем использовать задачи типа ТЕЕРЛ2 и ТЕЕРЛ3. На рис. 7 представлены эпюры изгибающих моментов в поперечных дорогах сечениях вдоль линий, которые располагаются на расстояниях 0,35 и 1,05 м от кромки дорожной одежды. По эпюрам видно, что только в пяти 6-метровых плитах изгибающие моменты отличаются от нуля. Следовательно, задачу ТЕЕРЛ2 можно упростить, опуская крайние 6-метровые плиты.

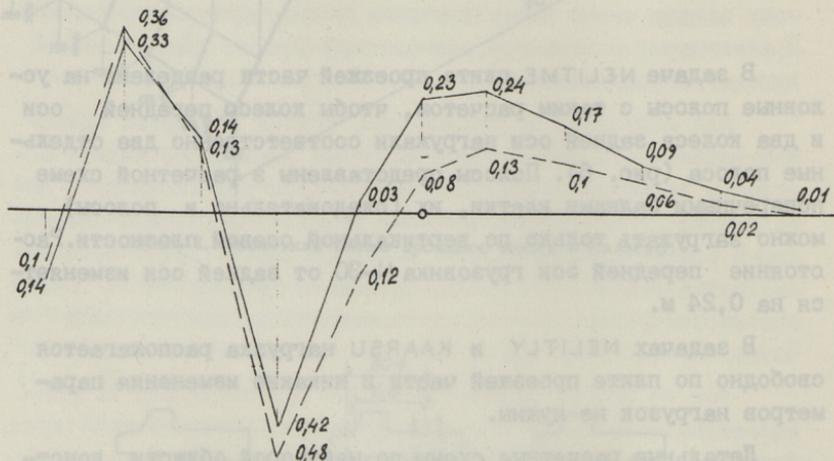


Рис. 7. Изгибающие моменты (10^4 Нм/м) в жесткой дорожной одежде по линиям, параллельным оси дороги для задач ТЕЕРЛ2 (---) и ТЕЕРЛ3(—) на расстояниях от кромки дорожной одежды: а) в 0,35 м и б) в 1,05 м.

Одновременным анализом эпюр на рис. 6 и 7 устанавливается, что "шарнирные моменты" задачи ТЕЕРЛ2 ($0,21 \cdot 10^4$ Нм/м,

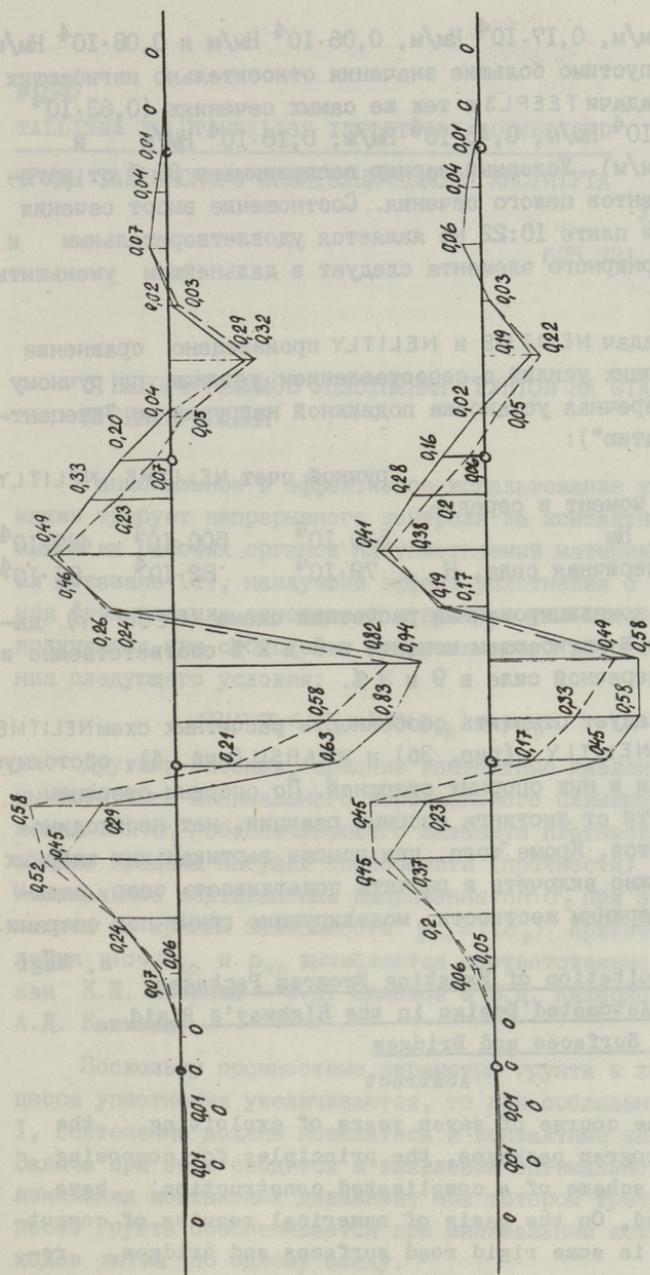


Рис. 8. Изгибающие моменты (10^4 Нм/м) в жесткой дорожной оплежке по линии, поперечной осей дороги у второй залей осей N-30 для задач ТЕЕР1.2 (---) и ТЕЕР1.3 (——).

0,07·10⁴ Нм/м, 0,17·10⁴ Нм/м, 0,06·10⁴ Нм/м и 0,08·10⁴ Нм/м) имеют недопустимо большие значения относительно изгибающих моментов задачи TEEPL3 в тех же самых сечениях (0,63·10⁴ Нм/м, 0,2·10⁴ Нм/м, 0,45·10⁴ Нм/м, 0,16·10⁴ Нм/м и 0,23·10⁴ Нм/м). Условный шарнир воспринимает 35 % от изгибающих моментов целого сечения. Соотношение высот сечения в шарнире и плите 10:22 не является удовлетворительным и толщину шарнирного элемента следует в дальнейшем уменьшить (рис. 8).

Для задач NELITME и NELITLY произведено сравнение результирующих усилий с сопоставлением усилиям по ручному счету (поперечная установка подвижной нагрузки по "внецентренному сжатию"):

	ручной счет NELITME		NELITLY
изгибающий момент в середине пролета, Нм	530·10 ⁴	500·10 ⁴	489·10 ⁴
опорная поперечная сила, Н	79·10 ⁴	82·10 ⁴	85·10 ⁴

Самая Komplцированная расчетная схема (NELITLY) дает экономию в изгибающем моменте в 8 и 2 % соответственно и ущерб в поперечной силе в 9 и 3 %.

Еще следует отметить особенность расчетных схем NELITME (рис. 3а), NELITLY (рис. 3б) и KAARSU (рис. 4), состоящую во включении в них опорных стержней. По опорным стержням легко вывести от листинга опорные реакции, нет необходимости пересчетов. Кроме того, при помощи вертикальных опорных стержней можно включить в расчеты податливость опор, задавая этим стержням жесткости, моделирующие грунт под опорами.

H. Mägi

Exploitation of Existing Program Packages
for Automated Design in the Highway's Rigid
Road Surfaces and Bridges

Abstract

In the course of seven years of exploiting the existing program packages, the principles for composing the static scheme of a complicated construction have been deduced. On the basis of numerical results of computing forces in some rigid road surfaces and bridges, recommendations for static scheme details of analogical problems have been presented.

О ВЫБОРЕ РЕЖИМОВ УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВ НА СТАДИИ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Рациональное и эффективное использование уплотняющих машин требует непрерывного контроля за контактными давлениями их рабочих органов на уплотняемый материал. Как нами доказано [1], наилучший эффект уплотнения с точки зрения формирования однородной структуры уплотняемого грунта получается при соблюдении во время всего процесса уплотнения следующего условия:

$$\min \sigma_z \leq (\sigma_k = \text{нач } p_{кр}) < p_{кр}. \quad (I)$$

Другими словами, средние контактные давления σ_k должны быть выше минимального вертикального сжимающего напряжения $\min \sigma_z$, обеспечивающего желаемую плотность грунта, и ниже предела несущей способности (прочности) грунта $p_{кр}$. Минимальные вертикальные напряжения $\min \sigma_z$ при этом определяются по кривым зависимости $\gamma_{ск} = f(\sigma_z)$. Критические давления $\text{нач } p_{кр}$ и $p_{кр}$ вычисляются соответственно по формулам К.Е. Егорова - О.Д. Шиловой и В.Д. Казарновского - А.Д. Каюмова.

Поскольку прочностные параметры грунта в ходе процесса уплотнения увеличиваются, то для соблюдения условия I, постепенно должны повышаться и контактные давления σ_k . Задача при этом сводится к выявлению оптимального режима изменения контактных давлений, при котором требуемая прочность грунта обеспечивается при минимальном количестве проходов катка по одному следу.

По самым распространенным технологическим разработкам рекомендуется при предварительном уплотнении грунта применять более легкие катки, нагрузка на каждое колесо ко-

торых должна быть примерно в 2 раза меньше нагрузки на колесо основного, более тяжелого катка [2]. Очевидно, что соблюдение такой технологической схемы хоть и обеспечивает в какой-то степени соблюдение условия (I), но связано с придерживанием на строительных объектах двойного количества людей и техники. Более рационально подогнать параметры грунта и катка в тех случаях, когда имеются возможности для оперативного регулирования контактных давлений σ_k при одном и том же катке. Это производимо при катках, оборудованных системой центральной подкачки шин. В этой связи в данной работе главное внимание уделено уплотнению грунтов именно этими катками.

Для выявления оптимального режима изменения контактных давлений было предусмотрено проведение специальных экспериментальных исследований. С целью приближения экспериментов к реальным условиям использовалась специальная установка - лабораторный стенд [3], оборудованный колесами на пневматических шинах марки 3,50 - 5.

В грунтовом канале лаборатории дорожных машин Таллинского политехнического института, при ведомом режиме укатки стенда, уплотнению подвергали пылеватый суглинок (табл. I). Опыты проводились при разных влажностях грунта $W = vcr$, близких к оптимальному его значению W_0 . Поступательная скорость движения стенда была 0,25 м/с. Плотности грунта определялись как по методу режущих колец, так и с помощью плотности ударника.

Т а б л и ц а I

Свойства испытываемого грунта

Гранулометрический состав				Число пластичности	Оптим. влажность W_0 в %	Стандартная плотность в 10^3 кг/м ³
гравий	песок	пыль	глина			
0,2	27,2	58,7	13,9	9,4	15,5	1,92

Известно, что основными параметрами пневмоколесного катка, влияющими на контактные давления, являются нагрузка на колесо G и давление воздуха в шинах P_w . По принципу вышеназванных двух параметров можно варьировать в двух комбинациях:

$$P_w = \text{const} \quad \text{и} \quad Q = \text{var}; \quad (2)$$

$$Q = \text{const} \quad \text{и} \quad P_w = \text{var}. \quad (3)$$

Доказано [4], что увеличение как P_w , так и Q вызывает увеличение контактных давлений σ_k . С практической точки зрения более применим второй вариант (выражение (3)), но ввиду конструктивных особенностей на применяемом стенде более удобно изменение нагрузок на колеса. Поэтому экспериментальные исследования проводились при режиме, соответствующем выражению (2).

В целях более рационального планирования экспериментов перед проведением основных стендовых исследований проводились испытания грунта на уплотняемость по методике О.Т. Батракова - В.А. Ставицкого. При этом грунт уплотняли в стандартном кольце (площадь сечения 40 см^2) без возможности бокового расширения. Но из-за бокового трения образцов грунта о стенки кольца не вся вертикальная нагрузка P идет на деформирование (уплотнение) грунта. Иначе говоря, действительную уплотняющую нагрузку P_z мы получаем вычисляя из P тот компонент, который используется для уравновешивания трения грунта о сталь:

$$P_z = P - P_{\text{тр}}. \quad (4)$$

Величину силы трения $P_{\text{тр}}$ можно вычислять по формуле Ю.А. Ветрова [5]. В результате необходимых перестановок и упрощений получаем выражение для расчета величины действительного уплотняющего напряжения σ_z :

$$\sigma_z = \frac{P}{F} - f_0 \xi \frac{\ln W}{A_1} \frac{PDh}{F^2}, \quad (5)$$

где ξ - коэффициент бокового давления грунта (для суглинка $\xi = 0,60$);

W - влажность грунта; для стандартного кольца $F = 40 \text{ см}^2$,
 $h = 4 \text{ см}$ и $D = 7,14 \text{ см}$; для суглинка постоянные параметры имеют значения $f_0 = 1,01$ и $A_1 = 4,08$.

В результате пересчета по формуле (5) получены графики зависимости $\gamma_{\text{ск}} = f(\sigma_z)$, при разной влажности грунта (рис. I). Зная величину стандартной плотности испытуемого грунта (см. табл. I), можно посредством этих кривых без затруднений найти величины $\min \sigma_z$ для разных коэффициентов уплотнения. В данном случае при влажности, близкой к ее

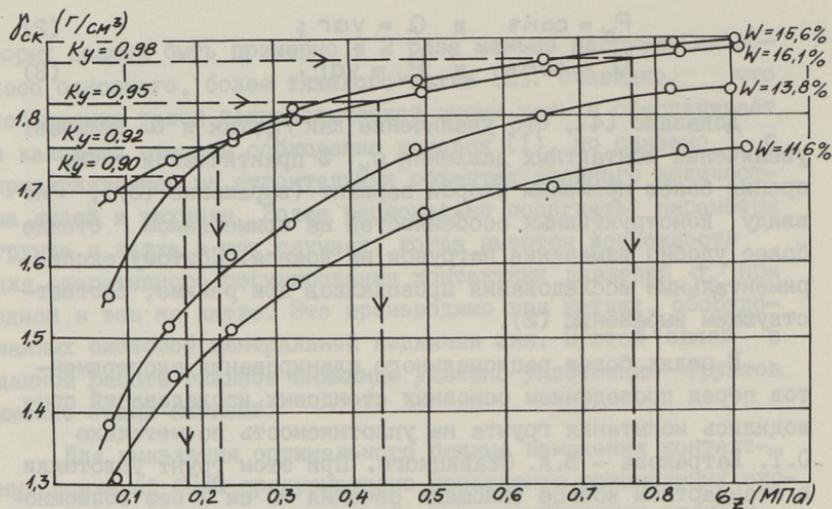


Рис. 1. Плотность скелета грунта в зависимости от вертикального сжимающего напряжения.

оптимальному значению ($W_0 = 15,5\%$), коэффициенты уплотнения K_y в диапазоне $0,90-0,98$ обеспечиваются значениями $\min \sigma_z$ соответственно от $0,16$ до $0,73$ МПа. Поскольку максимальные контактные давления колес стэнда не превышают $0,225$ МПа, то достигаемые коэффициенты уплотнения окажутся в порядке $0,92$.

Руководствуясь рекомендациями нескольких авторов выбирались следующие четыре режима изменения контактных давлений:

1 режим: $Q = \text{cons} = 100$ кгс, $P_w = \text{cons} = 0,2$ МПа
число проходов стэнда $n = 18$,

2 режим: $P_w = \text{cons} = 0,2$ МПа, $Q = \text{var}$

$n = 0 - 2$ $Q = 40$ кгс,

$n = 3 - 4$ $Q = 60$ кгс,

$n = 5 - 6$ $Q = 80$ кгс,

$n = 7 - 18$ $Q = 100$ кгс;

3 режим: $P_w = \text{cons} = 0,2$ МПа, $Q = \text{var}$

$n = 0 - 2$ $Q = 30$ кгс,

$n = 3 - 4$ $Q = 60$ кгс,

$$n = 5 - 18 \quad Q = 100 \text{ кгс};$$

4 режим: $P_w = \text{const} = 0,2 \text{ МПа}$, $Q = \text{var}$

$$n = 0 - 4 \quad Q = 50 \text{ кгс},$$

$$n = 5 - 18 \quad Q = 100 \text{ кгс}.$$

Во всех четырех режимах исходили при последних проходах из условия $\sigma_k \geq 0,225 \text{ МПа}$.

В первой серии (рис. 2) плотность грунта стабилизировалась к 14 проходу стенда, причем при оптимальной влажности грунта $K_y = 0,92$ достигалась II проходами. При первых проходах колеса стенда погружались глубоко в уплотняемый грунт и стенд передвигался со значительными трудностями.

Во втором режиме (рис. 3) плотность стабилизировалась после 16 прохода, причем коэффициент уплотнения $K_y = 0,92$ вообще не достигался. Очевидно при первых проходах контактные давления были недостаточными, что и вызвало увеличение необходимого количества проходов стенда.

В третьей серии (рис. 4) плотность грунта стабилизировалась после 13 прохода, причем $K_y = 0,92$ достигался к 9 проходу.

Четвертый режим (рис. 5) можно считать самым оптимальным, поскольку плотность стабилизировалась после II прохода и коэффициент уплотнения $K_y = 0,92$ достигался к 9 проходу стенда. Причем по сравнению со вторым и третьим режимами сократилось и время уплотнения, поскольку на каждое перенагружение требуется определенный промежуток времени. Кроме того, чрезмерное изменение колесных нагрузок приводит к повышенному износу их покрышек.

Следовательно, на основе проведенных экспериментальных исследований можно сделать вывод, что самым оптимальным режимом является одно- или двухступенчатое изменение контактных давлений. При первых проходах, которые составляют 30-40 % из общего необходимого количества проходов пневмоколесного катка, нагрузка на колесо должна составлять примерно 50 % от их конечных оптимальных значений.

Выполненные расчеты по выявлению ожидаемого эффекта от внедрения рекомендаций данной работы в проектных и дорожных организациях Дорожного ремонтно-строительного треста Минавтошосдора Эстонской ССР показали, что экономия может составлять 107 тыс. руб. в год.

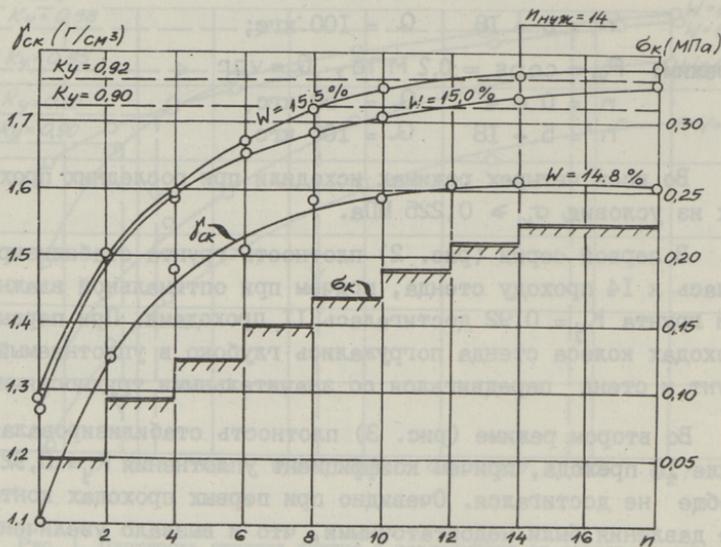


Рис. 2. Плотность скелета грунта в зависимости от проходов стенда при первом режиме изменения контактных давлений.

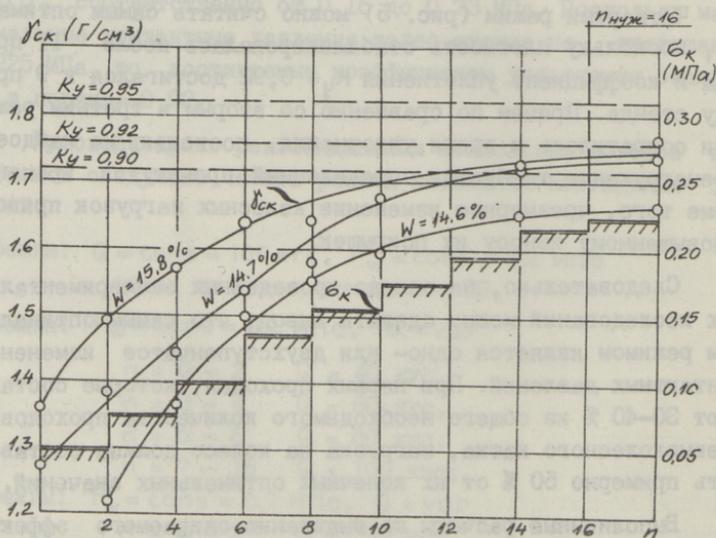


Рис. 3. Плотность скелета грунта в зависимости от проходов стенда при втором режиме изменения контактных давлений.

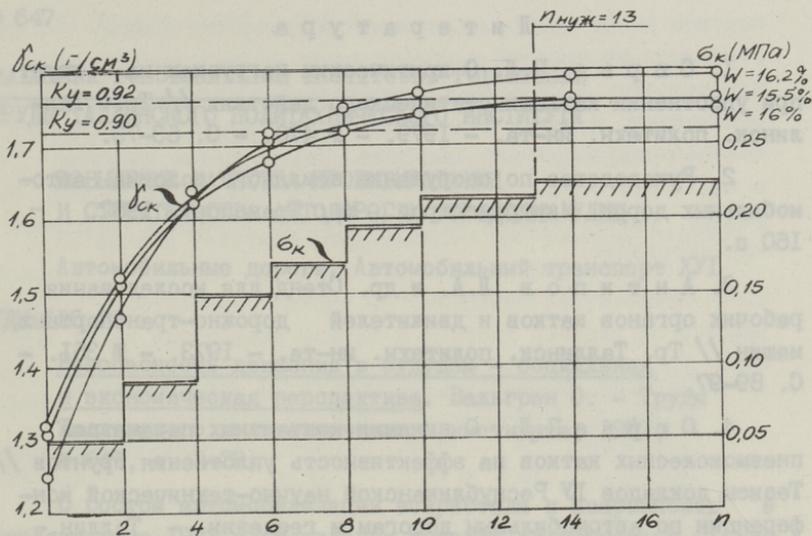


Рис. 4. Плотность скелета грунта в зависимости от проходов стенда при третьем режиме изменения контактных давлений.

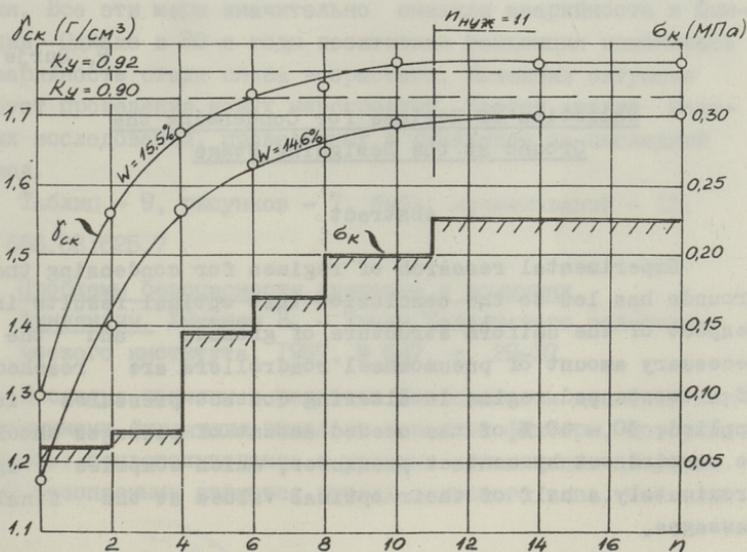


Рис. 5. Плотность скелета грунта в зависимости от проходов стенда при четвертом режиме изменения контактных давлений.

Л и т е р а т у р а

1. С ю р ь е П.Л. О критических нагрузках на грунт при уплотнении катками статического действия // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. - 1979. - № 470. - С. 63-73.

2. Руководство по сооружению земляного полотна автомобильных дорог. Минтрансстрой. - М.: Транспорт, 1982. - 160 с.

3. А н т и п о в Л.А. и др. Стенд для исследования рабочих органов катков и движителей дорожно-транспортных машин // Тр. Таллинск. политехн. ин-та. - 1973. - № 351. - С. 89-97.

4. С ю р ь е П.Л. О влиянии контактных параметров пневмоколесных катков на эффективность уплотнения грунтов // Тезисы докладов IV Республиканской научно-технической конференции по автомобильным дорогам и геодезии. - Таллин.- 1982. - С. 19-20.

5. А л е к с е е в а Т.В. и др. Машины для земляных работ. Теория и расчет - 2-е изд. перераб. и доп. - М.,: Машиностроение, 1964. - 467 с.

P. Sürje

Selection of Regimes for Condensing the Ground at the Designing Stage

Abstract

Experimental research of regimes for condensing the grounds has led to the conclusion that optimal results in respect of the uniform structure of grounds and the necessary amount of pneumowheel roadrollers are reached, if a twosteped regime in altering contact pressures is applied. 30 - 40 % of the needed amount of passages should be carried out by contact pressures, which comprise approximately a half of their optimal values at the final passages.



ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРОЕКТИРОВАНИЯ
И СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОДОРОГ И ГОРОДСКИХ УЛИЦ

Автомобильные дороги. Автомобильный транспорт XVI

УДК 625.72

Безопасность движения в будущем - социальная и экономическая перспектива. Вальгрэн О. - Труды Таллинского политехнического института, 1987, № 647, с. 3-28.

С ростом автомобилизации возрастала и аварийность в Финляндии до 1972 г. В связи с высокой аварийностью начали принимать меры, повышающие безопасность движения. Начиная с 1973 г. ввели ограничение скорости, а также применение шипованных шин в зимнее время, обязательным стало применение ремней безопасности, езда с ближним светом и в дневное время. Все эти меры значительно снизили аварийность в Финляндии. Однако в 80-е годы позитивная тенденция изменилась и аварийность стала снова возрастать. Нынешняя ситуация требует проведения новых мероприятий. Дается анализ некоторых исследований, проведенных в Финляндии за последний период.

Таблиц - 9, рисунков - 7, библиографических наименований - 12.

УДК 656.08:625.7

Проблемы безопасности движения в коммунах Финляндии. Химанен В. - Труды Таллинского политехнического института, 1987, № 647, с. 29-37.

Исследуя причины в разности безопасности движения между коммунами Финляндии выявлены основные факторы, которыми являлись: землепользование и уровень организации движения. Более безопасными являются города сельского типа, так как

опасные имеют централизованный характер застройки. В них относительно широкий и тесный центр и нераспределенная уличная сеть с большим количеством Х-образных перекрестков. Обычно в таких не затрачены ресурсы для организации безопасного дорожного движения. Что касается коммуны, то в них можно определить факторы опасности в следующем порядке: развертывание застройки вдоль дороги и городской тип застройки.

Таблиц - 2, рисунков - 4.

УДК 625.72

Динамика скоростных характеристик транспортного потока на автомобильных дорогах Эстонской ССР.

Сегеркранц В.М. - Труды Таллинского политехнического института, 1987, № 647, с. 38-49.

В рамках исследования проведенного в Эстонской ССР исследования скоростных характеристик транспортного потока выявлена динамика этих характеристик за 1974-1985 годы. Из влияющих на скоростные характеристики транспортного потока факторов самое большое влияние имели состояние покрытия и состав этого потока. За рассматриваемый период средняя скорость транспортного потока увеличилась на 1,9 км/ч, в т.ч. у легковых автомобилей на 3,5 км/ч. В то же время относительная аварийность на дорогах уменьшилась, что говорит об улучшении и дорожных условий. Сравнивая полученные данные с зарубежными, можно отметить два момента: 1) постоянное сближение характеристик транспортного потока в ЭССР со Скандинавскими странами и 2) имеющееся еще отставание по безопасности движения в ЭССР от этих стран.

Таблиц - 4, рисунков - 5, библиографических наименований - 7.

УДК 625.72:624.6:681.3-523.8

Применение существующих программных пакетов для автоматизированного проектирования автодорожных жестких одежд и мостов. Мяги Х.А. - Труды Таллинского политехнического института, 1987, № 647, с. 50-60.

На основе 7-летней эксплуатации программных пакетов выводятся основные принципы составления расчетных схем сложных конструкций. Исходя из численных результатов некоторых задач вычисления усилий в жестких одеждах и мостах автодорог, предлагается ряд рекомендаций для деталей расчетных схем аналогичных задач.

Рисунков - 8.

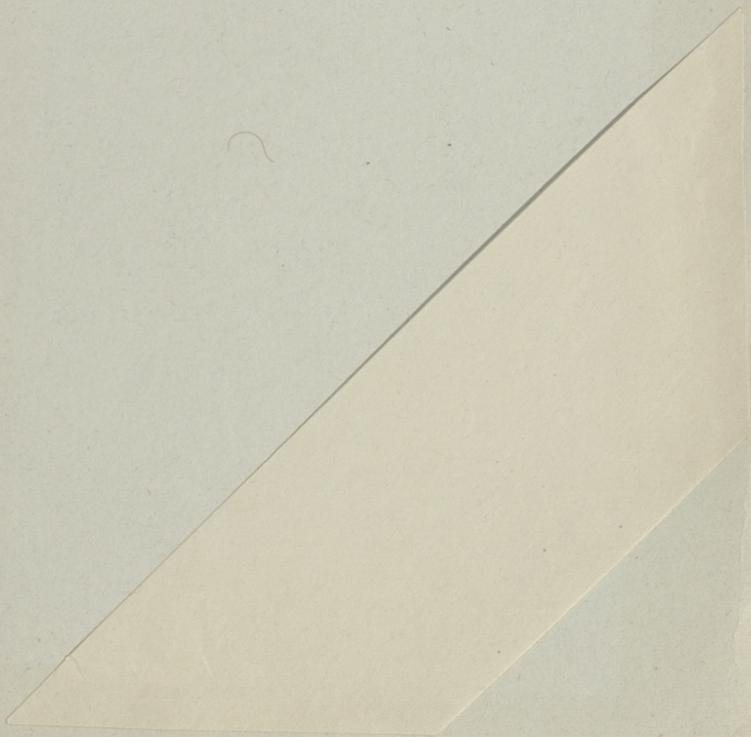
УДК 625.72

625.731.2:624.138

О выборе режимов уплотнения грунтов на стадии проектирования. Сюрье П.Л. - Труды Таллинского политехнического института, 1987, № 647, с. 61-68.

Для выявления рационального и эффективного режима изменения контактных давлений пневмоколёсных катков проведены специальные стендовые исследования, на основе которых сделан вывод, что самым оптимальным режимом является одно- или двухступенчатое изменение контактных давлений. При первых проходах, которые составляют 30-40 % из общего необходимого количества проходов катка, нагрузка на колесо должна составлять примерно 50 % от их конечных оптимальных значений.

Таблиц - I, рисунков - 5, библиографических наименований - 5.



EESTI AKADEEMILINE RAAMATUKOGU



1 0200 00082391 8

Цена 75 коп.