

На правах рукописи

ВАЛЬТЕР Оксана Федоровна



ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ РИСКА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА УЧАСТКАХ
С ЗАТЯЖНЫМИ ПОДЪЕМАМИ

Специальность 05.23.11-Проектирование и строительство дорог,
метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Волгоград 2004

Работа выполнена в Саратовском государственном техническом университете

- Научный руководитель: - доктор технических наук,
профессор Виктор Васильевич Столяров
- Официальные оппоненты: - доктор технических наук,
профессор Валентин Васильевич Сильянов
- кандидат технических наук,
доцент Сергей Васильевич Алексиков
- Ведущая организация: - Федеральное государственное унитарное
предприятие
Саратовский научно-производственный
центр «Росдортех»
Министерства транспорта Российской Федерации

Защита диссертации состоится « 23 » июня 2004 г. в «10⁰⁰» часов на заседании диссертационного совета К 212.026.02 при Волгоградском государственном архитектурно-строительном университете по адресу:
400074, Волгоград, ул. Академическая, 1, в ауд. Б-203

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ВолгГАСУ.

Автореферат разослан «20» мая _____ 2004 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



С.В. Казначеев

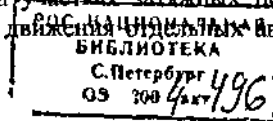
ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. При проектировании участков автомобильных дорог с затяжными подъемами устанавливают расчетом скорости движения грузовых и легковых автомобилей, преодолевающих подъем, в зависимости от величины продольного уклона, длины участка с уклоном и характера дорожных условий перед подъемом. При этом скорость движения одиночного автомобиля определяют с учетом мощности двигателя и общего веса транспортного средства по формулам неравномерного движения на выпуклых и вогнутых кривых и линиях постоянного уклона продольного профиля дороги.

Однако существующие методы расчета скоростей движения транспортных средств практически не учитывают то обстоятельство, что водители выбирают разные режимы движения автомобилей в одинаковых условиях подъема, посредством переключения передач и произвольного изменения степени открытия дроссельной заслонки. Эти действия водителей носят вероятностный характер и зависят от стажа (опыта) работы, степени утомления и психологических особенностей восприятия каждым водителем дорожных условий и дорожно-транспортной ситуации перед подъемом (спуск, горизонтальный участок, кривая в плане) и на подъеме (крутизна подъема, расстояние видимости, наличие или отсутствие попутных и встречных транспортных средств, скорости их движения). Эти и другие характеристики дорожной обстановки оцениваются водителями по-разному, что проявляется в преодолении участков подъема с разными скоростями (с разным перепадом скоростей) даже при движении однотипных транспортных средств.

В последние годы наряду с отечественными автомобилями на дорогах Российской Федерации широко эксплуатируются транспортные средства зарубежного производства, динамические характеристики которых, как правило, отличаются от динамических характеристик отечественных автомобилей. Существующие уравнения неравномерного движения автомобилей на участках подъема требуют предварительного аппроксимирования кривых крутящего момента двигателя при различной степени открытия дроссельной заслонки для каждой марки автомобилей, включая и зарубежные. В результате этой аппроксимации устанавливают значения коэффициентов уравнения неравномерного движения (a , b , μ), характеризующие зависимость силы тяги от скорости движения на различных передачах и при разной степени открытия дроссельной заслонки. Использование существующих уравнений неравномерного движения становится проблематичным, так как состав движения постоянно обновляется, а зависимости, отражающие крутящий момент двигателей зарубежных и многих современных отечественных автомобилей в технической и справочной литературе, как правило, не приводятся.

Разнотипный подвижной состав на автомобильных дорогах способствует формированию пачек автомобилей на участках затяжных подъемов. При этом наблюдается снижение скорости движения отдельных автомобилей



лей и всего транспортного потока до скорости ведущего тихоходного транспортного средства. Определение оптимальных длин подъема с максимальным продольным уклоном является задачей технико-экономической, а разработка методов оптимального проектирования затяжных подъемов приобретает важное значение.

Строительные нормы и правила (СНиП 2.05.02-85) предусматривают величины предельно допустимых уклонов продольного профиля, но не содержат рекомендаций о допустимых длинах подъема. Имеются только рекомендации по устройству дополнительных полос движения на подъем для автомобильных дорог II и III категорий. В то же время следует заметить, что рекомендации по предельным длинам подъемов в технической литературе имеются.

Все существующие методики по проектированию затяжных подъемов не учитывают вероятностной сущности входных параметров (скорости движения, технического состояния автомобиля, опыта водителей, степени открытия дроссельной заслонки, типа и состояния покрытия и т.д.). Традиционные методы проектирования затяжных подъемов основаны на детерминированных зависимостях и не учитывают отклонений в значениях входных параметров этих зависимостей для движения отдельных автомобилей и транспортного потока в целом. Наиболее полно вероятностную сущность процесса движения на подъемах можно описать при помощи теории риска. Применение данной теории позволит оптимизировать проектные решения по величине уклона и длине подъема, что позволит повысить экономическую эффективность перевозок, безопасность движения, скорость транспортных потоков и другие транспортно-эксплуатационные показатели дорог.

Исходя из сказанного, проблема совершенствования методов проектирования затяжных подъемов является актуальной.

Целью диссертации является оптимизация проектирования участков автомобильных дорог с затяжными подъемами с учетом вероятностной сущности характеристик движения автомобилей при преодолении подъема с заданным перепадом скоростей.

Для осуществления поставленной цели в диссертационной работе сформулированы и решены следующие *задачи*:

- разработать на основе теории риска вероятностную модель движения автомобилей на участках автомобильных дорог с затяжными подъемами;
- на основе теоретических и экспериментальных исследований установить закономерности изменения скорости одиночных автомобилей и транспортных потоков на участках дорог с затяжными подъемами;
- используя математические модели движения транспортных потоков и методы технико-экономического обоснования определить оптимальные длины затяжных подъемов с постоянными и переменными уклонами;
- установить допустимые значения риска непреодоления подъема с заданным перепадом скоростей;

- установить пропускную способность участков дорог в зависимости от длины подъема.

Научная новизна работы состоит в следующем:

- впервые обоснована величина допустимого риска преодоления подъема с заданным перепадом скоростей;

- разработан математический аппарат определения скоростей движения современных транспортных средств на затяжных уклонах, который позволяет описывать движение на подъем с ускорением и замедлением. При этом определяется риск преодоления подъема с заданным перепадом скоростей и оптимизируются действия водителя по управлению автомобилем посредством переключения передач и степени открытия дроссельной заслонки;

- разработаны и предложены рекомендации развития трассы по склонам из условия выдерживания оптимальных длин подъемов, преодолеваемых грузовым (ведущим в пачке) автомобилем.

Практическая ценность диссертационной работы состоит в рекомендациях по повышению транспортно-эксплуатационных показателей участков автомобильных дорог с затяжными подъемами, позволяющих рекомендовать в нормативную литературу дополнительные характеристики преодолеваемых подъемов (вероятность преодоления подъема с заданным перепадом скоростей, оптимальные длины подъемов) с учетом современного состава транспортных средств.

Среди основных решений, полученных в диссертации, можно назвать: разработку математического аппарата, позволяющего описать вероятностный характер движения автомобиля по участкам с затяжными подъемами; обоснование длин подъемов с нормированным уклоном, обеспечивающих допустимую величину риска преодоления подъема с заданным интервалом скоростей.

Результаты исследования использованы при разработке рекомендаций по проектированию дополнительных полос на подъем на сложном участке автомобильной дороги «Сызрань-Саратов-Волгоград» и внедрены в подрядных проектных организациях Комитета по дорожно-транспортному строительству и эксплуатации дорог Саратовской области.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались: на ежегодных научно-технических конференциях СГТУ (в период с 1996 по 2003 гг.); на международной научно-практической конференции «Современные проблемы дорожно-транспортного комплекса» в г. Ростов-на-Дону (в 1998 г.); на научно-практической конференции в МАДИ (ТУ) (в 1998 г.); на научно-методическом семинаре выпускающей кафедры (1996-2003 гг.).

По результатам исследования опубликовано 8 печатных работ, в которых отражены основные положения диссертационной работы.

На защиту выносятся результаты экспериментальных наблюдений, выполненные с целью установления законов распределения исследуемых

показателей и сравнения натуральных данных с теоретическими; разработанные математические модели, позволяющие определить: допустимые значения продольных уклонов и длин подъемов; интервалы изменения скоростей движения на подъемах; вероятность преодоления подъема с заданными значениями скоростей; практические рекомендации для проектирования оптимального продольного профиля, позволяющие обеспечить величину допустимого риска преодоления подъема с заданным перепадом скоростей; практические рекомендации по проектированию дополнительных полос на подъем.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, основных выводов и содержит 145 страниц текста, 49 рисунков, 10 таблиц. Список использованной литературы включает 96 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулирована цель, показаны научная новизна работы и практическая значимость.

Первая глава посвящена анализу современного состояния вопроса по проектированию участков автомобильных дорог с затяжными подъемами.

Важным транспортно-эксплуатационным показателем является скорость движения, на которую большое влияние оказывают элементы продольного профиля. Наблюдения за движением на участках автомобильных дорог с затяжными подъемами показывают, что, несмотря на соблюдение при проектировании технических условий, на этих участках отмечаются низкие скорости, возникают очереди из автомобилей, а при высокой интенсивности движения заторы. Вследствие этого, вопросы более полного учета особенностей движения автомобилей по участкам с затяжными подъемами на основе вероятностного подхода приобретают важное значение.

Проблемами движения автомобилей на подъем занимались В.Ф. Бабков, В.В. Сильянов, К.А. Хавкин, А.Е. Вельский, Н.Ф. Хорошилов, А.Б. Гредескул, Э.Л. Палшайтис, Ю.А. Кременец и другие. В исследовании закономерностей движения на подъем можно выделить три основных направления: эмпирическое исследование, представляющие собой обширные натурные наблюдения за движением отдельных автомобилей и потока в целом; аналитические исследования, заключающиеся в разработке и анализе аналитических моделей движения; имитационное моделирование на ЭВМ движения транспортного потока на участках затяжных подъемов.

Традиционные методы проектирования затяжных подъемов основаны на детерминированных зависимостях. Например, зависимости, предложенные К.А. Хавкиным и А.Е. Вельским, связывают параметры движения автомобиля: скорость, путь с величиной уклона:

$$v_s = \sqrt{(v_n^2 - K_1) e^{-\mu S} + K_1 + K_2 S}, \quad \text{О)}$$

где $K_1 = \frac{1}{b}(a-f-i) \pm \frac{K_2}{\mu}$; $K_2 = \pm \frac{1}{R}$;

u_s - скорость движения на расстоянии S от начала подъема, м/с;

u_n — скорость движения в начале подъема, м/с;

a, b, μ - коэффициенты, характеризующие зависимость силы тяги от скорости движения на разных передачах и при разной степени открытия дроссельной заслонки.

Значения коэффициентов (a, b, μ) получают путем предварительного аппроксимирования кривых крутящего момента двигателя при различной степени открытия дроссельной заслонки для каждой марки автомобилей, включая и зарубежные. Графики, отражающие крутящий момент двигателя зарубежных и многих современных отечественных автомобилей в технической и справочной литературе, как правило, не приводятся, что делает проблематичным использование существующих уравнений неравномерного движения.

Выполненный анализ существующих методов: проектирования затяжных подъемов с учетом погодных-климатических условий, оценки безопасности движения на спуск и определения пропускной способности участков подъема показал необходимость дальнейшего исследования этих проблем.

Во второй главе приведены результаты проведенных автором экспериментальных исследований движения автомобилей по участкам с затяжными подъемами, с целью выявления законов распределения скоростей движения, длин преодолеваемых подъемов и величин продольных уклонов.

Натурные наблюдения выполняли на участках дорог Саратовской области с затяжными подъемами, общей протяженностью 14,8 км.

Проведена обработка результатов измерений методами математической статистики. Выполнено обоснование теоретических законов распределения исследуемых характеристик (скорости свободного движения автомобилей, длин преодолеваемых подъемов и величин продольных уклонов) по критериям Пирсона и Романовского.

Статистическая обработка результатов измерений исследуемых характеристик показала хорошее соответствие нормальному закону распределения (рис. 1,2).

Следовательно, распределение скоростей движения автомобилей на участках подъема показывает на то, что формулы теории риска для исследуемых участков дорог можно основывать на нормальном законе распределения.

Экспериментально установлено распределение преодолеваемых грузовыми автомобилями длин подъема с заданным интервалом скоростей и определен коэффициент вариации этого параметра ($C_v^{S_i}$) (рис.3).

Получены закономерности изменения скорости движения автомобилей в группах (пачках) при различной интенсивности движения. В частности

получены уравнения, описывающие средние квадратические отклонения скорости движения (σ_v) в зависимости от средней скорости движения пачки автомобилей (v_n), величины продольного уклона (i) и состава потока (табл.1).

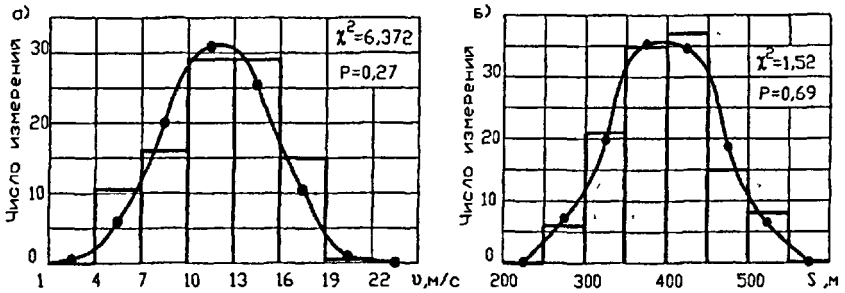


Рис. 1, а,б. Сравнение гистограмм исследуемых параметров с нормальным законом распределения: а) скорости движения грузовых автомобилей и плотность нормального распределения при $v = 43,4$ км/ч и $\sigma = 12,7$ км/ч; б) гистограмма длины преодолеваемого подъема и плотность нормального распределения при $\bar{S} = 430$ м и $\sigma = 120$ м

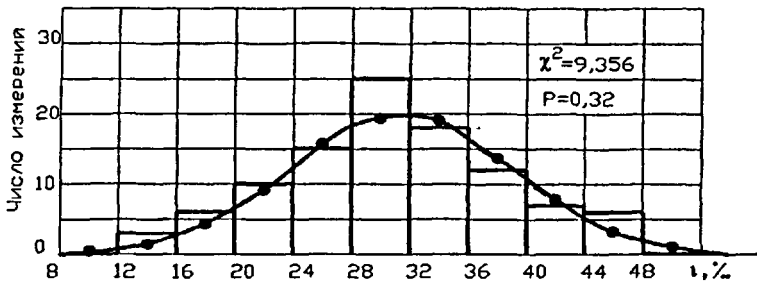


Рис. 2. Гистограмма величин продольного уклона и плотность нормального распределения при $i_{cp} = 31,44$ ‰ и $\sigma = 7,62$

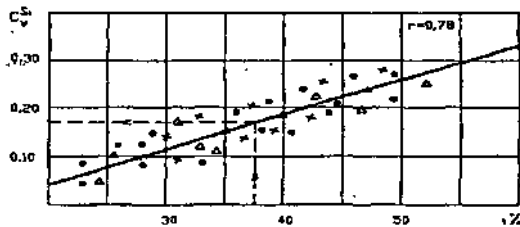


Рис.3. Зависимость коэффициента вариации преодолеваемой длины подъема (C_v^S) от величины продольного уклона для грузовых автомобилей:

• - легких; Δ -средних; x-тяжелых; r-коэффициент корреляции

Таблица 1

Влияние состава движения на средние квадратические отклонения скорости в пачках (группах) автомобилей

№	Процент легковых автомобилей, С	Среднее квадратическое отклонение скорости
1	80	$\sigma_v = 0,128 \cdot v_n - 0,023 \cdot i$
2	60	$\sigma_v = 0,148 \cdot v_n - 0,025 \cdot i$
3	40	$\sigma_v = 0,174 \cdot v_n - 0,029 \cdot i$
4	20	$\sigma_v = 0,209 \cdot v_n - 0,043 \cdot i$
5	0	$\sigma_v = 0,347 \cdot v_n - 0,073 \cdot i$

Полученные зависимости (см. табл 1) использованы при определении риска наезда на впереди идущий автомобиль на спусках.

Проведены натурные наблюдения за скоростями движения автомобилей на спусках с различными величинами продольных уклонов. Выполнено сравнение средних скоростей движения одиночных автомобилей на спусках и горизонтальных участках при одинаковых значениях ширины покрытия. Уточнены коэффициенты $\tau_{1,2}$ (табл.2), позволяющие учитывать величину уклона и состав потока при определении средней скорости свободного движения транспортных средств на спуск. Значения указанных коэффициентов увеличились, по сравнению с применяемыми в настоящее время, в связи с ростом числа скоростных автомобилей в транспортном потоке.

Таблица 2

Коэффициенты $\tau_{1,2}$ для автомобилей, движущихся на спуск в зависимости от состава движения и величины продольного уклона

Количество легковых авт., %	Коэффициент $\tau_{1,2}$ на продольном уклоне					
	0	10	20	30	40	50
100	1 00	1 02	1 05	1 07	1 10	1 15
80	0 99	1 01	1 04	1 06	1 09	1 13
60	0 97	0 99	1 02	1 04	1 07	1 11
40	0 94	0 96	0 99	1 02	1 04	1 09
20	0 90	0 92	0 95	0 97	1 00	1 07
0	0 85	0 87	0 90	0 93	0 95	1 04

Третья глава посвящена теоретическим исследованиям, в результате которых разработаны теоретико-вероятностные модели, описывающие движение автомобилей по участкам автомобильных дорог с затяжным подъемом с применением теории риска.

Для участков подъемов характерно резкое снижение скорости, как отдельных грузовых автомобилей, так и транспортного потока в целом. Однако снижение скорости на участках подъема может приводить к возникно-

вению ДТП лишь в некоторых случаях, например при наличии неблагоприятных погодных-климатических условий (наличие на покрытии гололеда, снега и т.д.). Величина снижения скорости является качественной характеристикой, для оценки которой введено понятие риска. Риском непреодоления подъема с заданным интервалом скоростей называется отношение числа автомобилей, снизивших скорость на подъеме на больший интервал, к общему количеству автомобилей, преодолевающих подъем с заданным интервалом скоростей (рис.4).

Риск непреодоления подъема S_i с заданным интервалом скоростей (от U_H - в начале подъема до U_3 - в конце подъема)

$$r = 0,5 - \Phi \left(\frac{S_{max} - S_i}{\sqrt{\sigma_{S_{max}}^2 + \sigma_{S_i}^2}} \right), \quad (2)$$

где S_i - математическое ожидание фактической длины подъема, м;

S_{max} - математическое ожидание максимальной длины подъема, при которой только 50% автомобилей преодолет подъем с допустимым снижением скоростей от U_H - в начале подъема до U_3 - в конце подъема, м;

$\sigma_{S_{max}}$ - среднее квадратическое отклонение параметра S_{max} , м;

σ_{S_i} - среднее квадратическое отклонение параметра S_i , м.

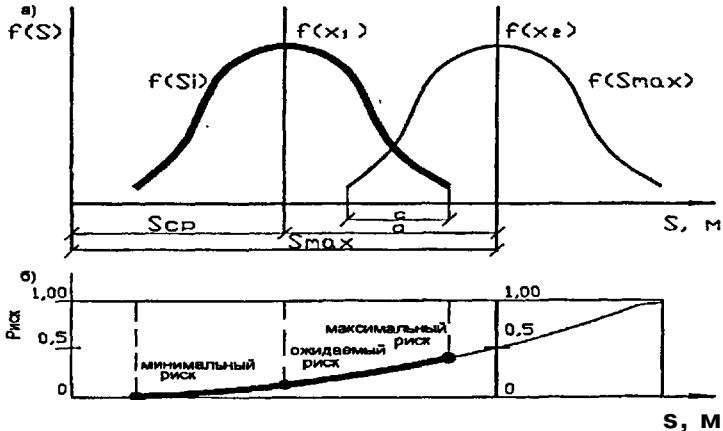


Рис. 4. Дифференциальные (а) и интегральные (б) законы распределения исследуемых параметров: а - плотности распределения параметров S_i и S_{max} с геометрическим представлением области риска (С-область риска,

а - интервал между математическими ожиданиями);

б - интегральное распределение риска непреодоления подъема;

— фактическое распределение риска; — зона теоретического распределения

Параметры, входящие в формулу (2), показаны на рис. 4 и определяются по зависимостям:

- при коэффициенте вариации $C_v^{S_{max}} \neq 0,2$

$$S_{max} = 2S_{дон} - \frac{\sqrt{S_{дон}^2 + [25(C_v^{S_{max}})^2 - 1](S_{дон}^2 - 25\sigma_{S_{max}}^2)} - S_{дон}}{25(C_v^{S_{max}})^2 - 1} ; \quad (3)$$

- при коэффициенте вариации $C_v^{S_{max}} = 0,2$

$$S_{max} = 2S_{дон} - \frac{S_{дон}^2 - 25\sigma_{S_{max}}^2}{2S_{дон}} \quad (4)$$

Разработан математический аппарат определения допустимых длин подъемов на вертикальных кривых

$$S_{дон} = \mp R(D_{cp} - f_{cp} - i_n) \pm \sqrt{R^2(D_{cp} - f_{cp} - i_n)^2 \pm \frac{\delta_{cp} R}{g}(v_s^2 - v_n^2)}, \quad (5)$$

где R - радиус вертикальной кривой, м;

D_{cp} - средний динамический фактор при изменении скорости движения автомобиля от v_n до v_s ;

f_{cp} - средний коэффициент сопротивления качению при тех же скоростях движения;

i_n - уклон в начальной точке подъема, тысячные;

δ_{cp} - коэффициент, учитывающий влияние вращающихся масс автомобиля на скорость движения;

g - ускорение свободного падения, м/с²;

v_n - скорость движения в начале участка S , м/с;

v_s - скорость движения в конце участка S , м/с.

Для выпуклых кривых в формуле (5) следует принимать верхние знаки, для вогнутых кривых - нижние.

В частном случае, для линий постоянного уклона, допустимая длина подъема определяется по следующей зависимости:

$$S_{дон} = \frac{\delta_{cp}(v_s^2 - v_n^2)}{2g(D_{cp} - f - i)} \quad (6)$$

Сравнение результатов расчета по предлагаемой методике с результатами определения скорости движения на участках подъема по формулам К.А. Хавкина и А.Е. Вельского, с учетом коэффициентов a , b , μ , полученных В.Ф. Бабковым и В.В.Сильяновым, а также с данными экспериментальных наблюдений, показало хорошую сходимость (рис. 5).

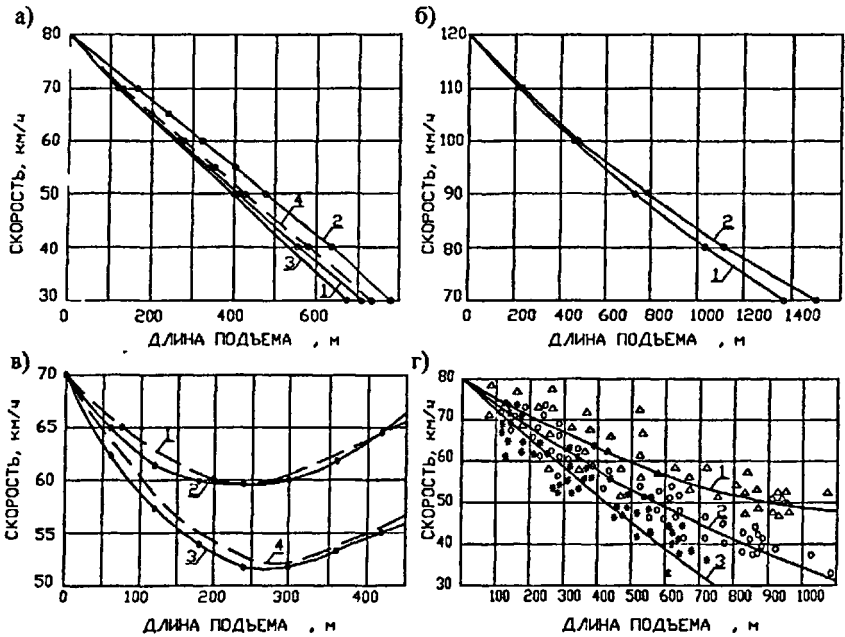


Рис. 5. Зависимость скорости движения от длины подъема:

- а) для автомобиля ЗИЛ-130, 1 - по методике и коэффициентам **(а, б, μ)** К.А.Хавкина, 2 - по коэффициентам В.Ф.Бабкова, 3 - по коэффициентам В.В. Сильянова, 4 - по предлагаемой методике; б) для автомобиля ГАЗ-24 «Волга», 1- по методике К.А. Хавкина и коэффициентам В.Ф.Бабкова, 2 - по предлагаемой методике; в) для автомобиля ГАЗ-51 при движении по выпуклой кривой с постоянным (1,2) и переменным (2,4) коэффициентом сопротивления качению, 1,3 - по методике К.А.Хавкина, 2,4 - по предлагаемой методике; г) 1,2,3 - по предлагаемой методике на участках с продольными уклонами 30,40,50%,
 ▲, ○, * - данные экспериментальных наблюдений

На рис.5 показано сравнение результатов расчета по предлагаемой и существующей методикам с использованием только тех автомобилей, для которых в технической литературе приведены значения коэффициентов **(а, б, μ)**.

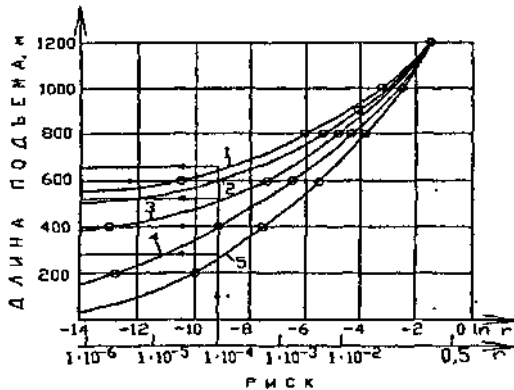


Рис. 6. Зависимость длины подъема от риска непреодоления подъема с заданным перепадом скоростей от $v_{н.} = 150$ км/ч до $v_{к.} = 120$ км/ч:
 1 - $C_v^{Smax} = 0,13$; 2 - $C_v^{Smax} = 0,15$; 3 - $C_v^{Smax} = 0,17$; 4 - $C_v^{Smax} = 0,19$; 5 - $C_v^{Smax} = 0,22$

При использовании предлагаемого математического аппарата установлено, что:

- с увеличением длины подъема риск (вероятность) непреодоления в заданном интервале скоростей увеличивается (рис. 6);

- следует уделять особое внимание назначению коэффициентов вариации максимальной длины подъема (C_v^{Smax}). Для одной длины подъема увеличение коэффициента вариации (C_v^{Smax}) приводит к увеличению риска непреодоления подъема с заданным перепадом скоростей (рис.6). Другими словами, с ростом неопределенности параметра S_{max} увеличивается риск непреодоления фактических подъемов. Следует принимать параметр $C_v^{Smax} = C_v^{Si}$, так как данные коэффициенты вариации должны принадлежать к одной совокупности (должны быть сопоставимы).

Водители в зависимости от цели поездки, заданного графика движения, психологических особенностей, как правило, полностью не реализуют динамические возможности автомобиля, изменяя степень открытия дроссель-

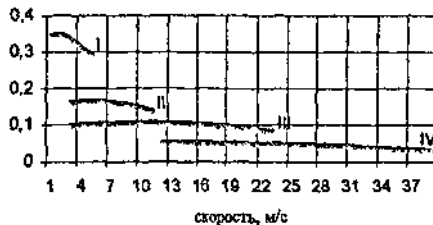


Рис. 7. График динамических характеристик автомобиля ГАЗ 53-12 при 100%-м открытии дроссельной заслонки

ной заслонки. Поэтому в работе представлены методики построения динамических характеристик, как при 100%-м открытии дроссельной заслонки (рис. 7), так и при любой степени (или проценте) ее открытия (рис. 8).

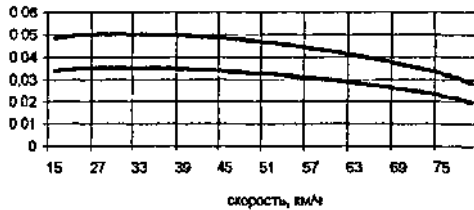


Рис. 8. Динамический фактор автомобиля ГАЗ 53-12 для IV передачи:
1 - при 100%-м открытии дроссельной заслонки; 2 - при частичном открытии дроссельной заслонки ($p_{др}=30\%$, $S=600$ м, $t=35\%$)

Учитывая, что продольные уклоны распределены по закону, близкому к нормальному, и выполняя преобразования, аналогичные длинам подъема, была получена зависимость для оценки риска преодоления заданных уклонов.

$$r = 0,5 - \Phi \left(\frac{I_{\max} - I_i}{\sqrt{\sigma_{I_{\max}}^2 + \sigma_{I_i}^2}} \right) \quad (7)$$

где I_{\max} - максимальный продольный уклон, при котором вероятность преодоления с заданным интервалом скоростей равна 50%;

I_i - продольный уклон на участке дороги, для которого определяется риск;

$\sigma_{I_i}, \sigma_{I_{\max}}$ - средние квадратические отклонения текущих значений указанных параметров I_i и I_{\max}

Параметр I_{\max} устанавливают по зависимости:

- при коэффициенте вариации $C_v^{I_{\max}} \neq 0,2$

$$I_{\max} = 2I_{дон} - \frac{\sqrt{I_{дон}^2 + [25(C_v^{I_{\max}})^2 - 1](I_{дон}^2 - 25\sigma_{I_{дон}}^2)} - I_{дон}}{(25(C_v^{I_{\max}})^2 - 1)}, \quad (8)$$

- при коэффициенте вариации $C_v^{I_{\max}} = 0,2$

$$I_{\max} = 2I_{дон} - \frac{I_{дон}^2 - 25\sigma_{I_{дон}}^2}{2I_{дон}} \quad (9)$$

В четвертой главе выполнено технико-экономическое обоснование оптимальных длин подъемов и допустимого риска преодоления подъема. Дана оценка безопасности движения транспортных средств на спуск. Проанализирована зависимость пропускной способности от характеристик за-

тяжкого подъема, параметров продольного профиля и состава транспортного потока. Определены оптимальные длины дополнительных полос на подъем. Изложены рекомендации в нормативную и техническую литературу по проектированию участков автомобильных дорог с затяжными подъемами (рис. 9, 10), а также даны практические рекомендации по проектированию трассы по склонам из условия оптимальных длин подъемов и рекомендованных СНиП 2.05.02-85 «Автомобильные дороги» интервалов скоростей движения (рис.11).

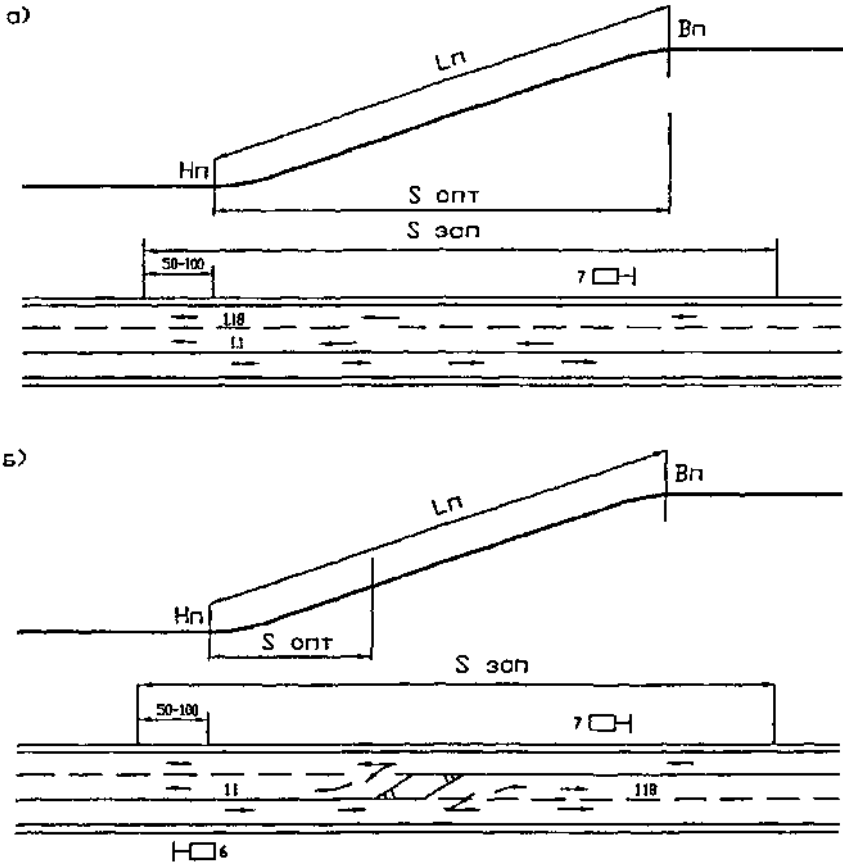


Рис. 9. Схема разметки проезжей части на участках подъема:
 а) при длине подъема, меньшей либо равной оптимальной; б) при длине подъема, превышающей оптимальную; $S_{зап}$ - зона запрещения остановки; H_n - начало подъема; B_n - вершина подъема; $S_{опт}$ - оптимальная длина подъема; 6,7- указатели «средний ряд только для обгона»

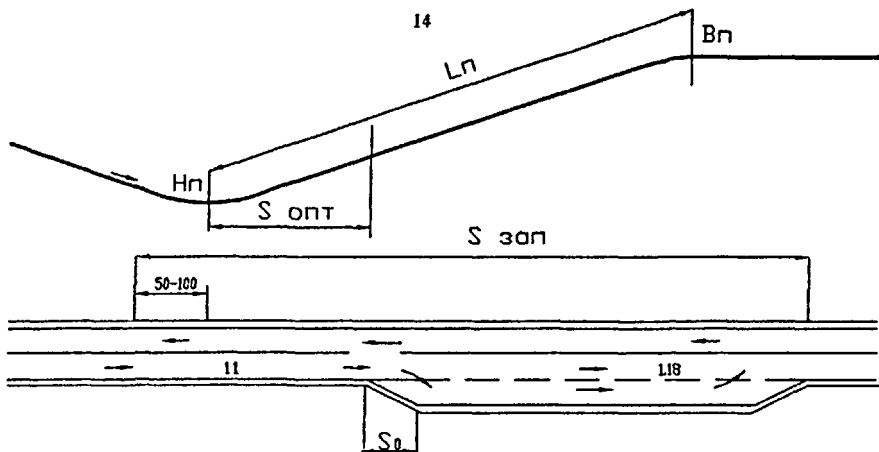


Рис. 10. Схема устройства дополнительной полосы на подъем.
 H_n - начало подъема; B_n - вершина подъема; L_n - длина подъема;
 $S_{опт}$ - оптимальная длина подъема; $S_{зоп}$ - зона запрещения остановки



Рис. 11. Развитие трассы по склонам с использованием оптимальной длины подъема $S_{опт}$ - оптимальная длина подъема;
 1 - уполаживающий участок; 2 - серпантин, как уполаживающий участок

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. На основе теории риска разработана теоретико-вероятностная модель движения автомобилей по участкам автомобильных дорог с затяжными подъемами, которая позволяет описать изменение скоростей движения и риска преодоления подъема с заданным перепадом скоростей как на линиях постоянного уклона, так и по вертикальным кривым.

2. Проведенные теоретические и экспериментальные исследования позволили установить закономерности изменения скорости одиночных автомобилей и транспортных потоков на участках с затяжными подъемами. Основными из этих закономерностей являются: 1) вероятностный характер

изменения скорости движения автомобилей на участках дорог с затяжными подъемами, что необходимо учитывать при проектировании дорог; 2) зависимость безопасности движения от риска, допускаемого водителями, регулируемых при этом интервалов между автомобилями, состава и интенсивности движения; 3) подчинение нормальному закону распределения длин преодолеваемых подъемов и скорости движения автомобилей.

3. На основе технико-экономического обоснования определены оптимальные длины затяжных подъемов, которые составили: для 30% $S_{\text{опт}}=680$ м; для 40% $S_{\text{опт}}=450$ м; для 50 % $S_{\text{опт}}=280$ м; для 60% $S_{\text{опт}}=200$ м; для 70% $S_{\text{опт}}=150$ м. При этом себестоимость перевозок и автотранспортные затраты определялись с учетом движения одиночного автомобиля на подъем с заданным перепадом скоростей, а скорость потока автомобилей устанавливалась по развитой теории следования за лидером.

4. По формулам теории риска с использованием оптимальных длин подъема определено допустимое значение риска преодоления затяжного подъема с заданным интервалом скоростей, которое равно $1 \cdot 10^3$.

5. Разработана математическая модель, на основе теории следования за лидером, которая позволяет определять пропускную способность участков дорог в зависимости от длины подъема. При оценке пропускной способности участков дорог с затяжными подъемами следует определять пропускную способность в конце подъема и считать ее постоянной для всего участка.

В результате выполненных исследований разработана и предложена методика оптимизации проектирования участков автомобильных дорог с затяжными подъемами, в которой учитывается вероятностная сущность характеристик движения при преодолении подъема с заданным перепадом скоростей.

Разработанные аналитические модели, описывающие изменения скоростей движения автомобилей на участках подъема и вероятности преодоления подъема с заданным перепадом скоростей, представляют аппарат математического эксперимента. Используя этот аппарат, уже на стадии проектирования может быть назначено наилучшее проектное решение по преодолению затяжного подъема из конкурирующих вариантов.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Вальтер О.Ф. Влияние длины затяжного подъема на вероятность его преодоления // Эксплуатация современного транспорта: Межвуз. науч. сб. - Саратов: СГТУ, 1997. - С. 164-167.
2. Вальтер О.Ф. О результатах экспериментальных исследований скоростей движения и преодолеваемых длин подъемов // Актуальные проблемы эксплуатации транспорта: Межвуз. науч. сб. - Саратов: СГТУ, 1998. - С. 136-139.

3. Вальтер О.Ф. Оценка безопасности движения на участках с затяжными подъемами // Проблемы автодорожного комплекса Саратовской области и пути их решения: Материалы регион, науч.-практ. конф. Ч. 1. - Саратов: СГТУ, 1996. - С. 106-108.
4. Вальтер О.Ф. Оценка безопасности движения транспортных средств на спуск // Актуальные проблемы эксплуатации транспорта: Межвуз. науч. сб. - Саратов: СГТУ, 2000. - С.134-139.
5. Вальтер О.Ф. Преодоление автомобилем подъемов на участках с изменяющимися уклонами // Актуальные проблемы транспорта России: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. Вып.3. - Саратов: СГТУ, 1999. - С. 126-130.
6. Вальтер О.Ф. Применение теории риска к проектированию участков автомобильных дорог с затяжными подъемами / Сарат.гос.техн.ун-т. Саратов, 2004. - 28 с: ил. 12. - Библиогр. 4 назв. - Рус. - Деп. в ВИНТИ 28.01.04 №148-В2004.
7. Вальтер О.Ф. Теоретический анализ движения автомобилей на участках вертикальных кривых // Современные проблемы дорожно-транспортного комплекса: Материалы 1-й науч.-практ. конф. -Ростов н/Д: РГСУ, 1998. - С. 162-163.
8. Вальтер О.Ф. Техничко-экономическое обоснование оптимальной длины подъема и допустимой величины риска снижения скорости на подъеме // Проблемы транспортного строительства и транспорта: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. Вып.1. - Саратов: СГТУ, 1997. - С. 56-58.

Вальтер Оксана Федоровна

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ РИСКА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА УЧАСТКАХ
С ЗАТЯЖНЫМИ ПОДЪЕМАМИ

Автореферат

Корректор О.А. Панипа
Лицензия ИД №06268 от 14.11.01

Подписано в печать 17.05.04	Формат 60x84 1/16
Бум. тип. Усл.печ.л. 1,0	Уч.-издл. 1,0
Тираж 100 экз. Заказ 208	Бесплатно

Саратовский государственный технический университет
410054 г. Саратов, ул. Политехническая, 77

Копипринтер СГТУ, 410054 г. Саратов, ул. Политехническая, 77

№ 12387