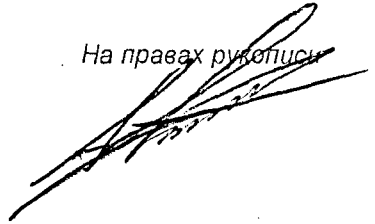


На правах рукописи



ФОТИАДИ Андрей Александрович

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОНСТРУКЦИИ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ
НА ПРОЦЕСС ОБРАЗОВАНИЯ УСТУПОВ МЕЖДУ ПЛИТАМИ
ЦЕМЕНТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ

(05.23.11 – Проектирование и строительство дорог, метрополитенов,
аэродромов, мостов и транспортных тоннелей)

Автореферат
диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук



Москва 2009

Работа выполнена на кафедре «Строительство и эксплуатация дорог» Московского автомобильно-дорожного института (государственного технического университета).

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Носов Владимир Петрович

Официальные
оппоненты: заведующий кафедрой
"Аэропорты" МАДИ(ГТУ) доктор
технических наук, профессор
Степушин Александр Петрович,
заведующий лабораторией бетона
и каменных материалов
ФГУП "РОСДОРНИИ"
кандидат технических наук
Каменецкий Леонид Борисович

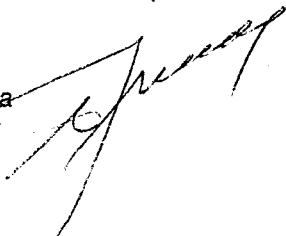
Ведущая организация: ОАО "СоюздорНИИ".

Защита состоится 21 мая в 14 часов на заседании диссертационного совета Д 212.126.02 в Московском автомобильно-дорожном институте (государственном техническом университете) по адресу: 125319, Москва, Ленинградский проспект, 64, ауд. 42, телефон для справок (499) 155-93-24.

Отзывы на автореферат, заверенные печатью, просьба высылать в двух экземплярах, а копию отзыва просим прислать по e-mail: uchsovet@madi.ru.

Автореферат разослан «20» апреля 2009 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета
проф., канд. техн. наук



Борисюк Н.В.

Общая характеристика работы

Актуальность темы. Одной из важнейших задач федеральной целевой программы "Развитие транспортной системы России (2010-2015 годы)", подпрограмма "Автомобильные дороги", является применение технических решений, обеспечивающих увеличение межремонтных сроков дорожных сооружений. По этой причине можно ожидать, что увеличение объёмов строительства цементобетонных покрытий станет важнейшим направлением в решении этой задачи. Увеличение доли автомобильных дорог с цементобетонными покрытиями в общей протяжённости сети дорог будет способствовать сокращению государственных расходов на ремонт и содержание автомобильных дорог.

Конструктивной особенностью цементобетонных покрытий является наличие деформационных швов для обеспечения возможности деформации конструкции в процессе эксплуатации под влиянием изменений температуры окружающей среды.

Опыт эксплуатации цементобетонных покрытий показал, что с течением времени между плитами могут образовываться уступы высотой несколько миллиметров. Образование уступов ухудшает продольную ровность проезжей части, увеличивает сопротивление движению, делает движение автомобилей менее комфортным, вызывает вертикальные колебания автомобилей, увеличивающие нагрузку на проезжую часть автомобильной дороги.

С целью предотвращения или ограничения образования уступов в инструкции по расчёту и конструированию цементобетонных покрытий предусмотрены специальные требования к основаниям таких покрытий. Однако, как показывают результаты натурных исследований, на большей части построенных цементобетонных покрытий со временем происходит образование уступов, ухудшающих условия проезда автомобилей. Таким образом, возникает необходимость в исследовании процесса образования уступов на цементобетонных покрытиях и установлении факторов, в наибольшей степени влияющих на интенсивность их увеличения.

Цель диссертации. Разработка методики прогнозирования процесса образования уступов между плитами на автомобильных

дорогах с цементобетонным покрытием с целью выработки мероприятий по ограничению и регулированию этого процесса.

Научная новизна

- Уточнены теоретические предпосылки образования уступов в поперечных швах сжатия и факторы, влияющие на их развитие.
- Предложена математическая модель прогнозирования процесса образования уступов на основе учёта энергии деформации в зоне поперечных швов сжатия.
- Определены параметры конструкции дорожной одежды с цементобетонным покрытием, наиболее существенно влияющие на интенсивность образования уступов во времени.

Практическая ценность. Практическая ценность заключается в возможности использования полученной математической модели при конструировании новых дорожных одежд с цементобетонным покрытием для ограничения процесса образования уступов в течение эксплуатации автомобильной дороги.

Реализация работы. Результаты работы предполагается использовать при проектировании реальных объектов, в курсовом и дипломном проектировании, а также в учебном курсе лекций.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на 65-й, 66-й научно-методических и научно-исследовательских конференциях МАДИ (ГТУ) (2007, 2008 гг.), всероссийской научно-практической конференции «Повышение долговечности транспортных сооружений и безопасности дорожного движения» в ИТС КГАСУ в Казани 2008 г., III всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Развитие дорожно-транспортного комплекса и строительной инфраструктуры на основе рационального природопользования», посвящённой 100-летию со дня рождения К.Х. Толмачёва в СибАДИ в 2008 г., а также на заседаниях кафедры «Строительство и эксплуатация дорог» МАДИ (ГТУ), 2006-2008 гг.

На защиту выносятся

- Результаты теоретического анализа процессов взаимного смещения плит цементобетонных покрытий под влиянием многократных нагружений автомобильными нагрузками, изменения температуры, с учётом изменения модуля упругости основания.
- Результаты натурных измерений величины уступов на автомобильных дорогах, построенных более 20 лет.
- Математическая модель прогнозирования процесса увеличения уступов во времени на основе учёта энергии деформации в зоне поперечных швов сжатия.

Публикации. По результатам исследований опубликовано четыре печатные работы в профильных изданиях, в том числе находящихся в списке ВАК РФ, в которых отражены все основные положения диссертационной работы.

Объём работы. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, общих выводов, списка литературы и приложений. Работа содержит 159 страниц машинописного текста, включая 92 рисунка, 25 таблиц, 4 приложения на 31 страницах. Список использованной литературы насчитывает 87 наименований работ отечественных и зарубежных авторов.

Содержание работы

Во введении обоснована актуальность выбранной темы исследования, сформулирована цель и основные направления работы.

В главе 1 приведён краткий исторический обзор применения цементобетонных покрытий в России. Рассмотрены основные тенденции в конструировании дорожных одежд с цементобетонными покрытиями. Большое внимание уделено анализу отечественного и зарубежного опыта строительства автомобильных дорог с цементобетонным покрытием.

Исследованиями в области цементобетонных покрытий в России занимались А.Н. Зацепин, М.С. Зельманович, Т.Я. Резник, И.А. Медников, В.П. Носов, В.В. Ушаков, Г.Я. Ключников, В.К. Апестин, Л.С. Малицкий, С.В. Коновалов, Л.Б. Каменецкий, М.С. Коганзон, В.А. Чернигов и др. Значительный вклад в

совершенствование расчёта и конструирования цементобетонных покрытий на аэродромах внесли: Г.И. Глушков, Л.И. Горецкий, В.Е. Тригони, А.П. Степушин.

Значительное внимание уделено анализу зарубежного опыта применения цементобетонных покрытий в таких странах, как США, Канаде, Германии, Австрии и Бельгии. Рассмотрен новый подход к расчёту и конструированию цементобетонных покрытий, который помимо определения основных параметров конструкции дорожных одежд включает в себя прогнозирование процессов развития повреждений таких, как образование трещин, разрушение поперечных швов и образование уступов. В табл. 1 представлен перечень прсанализированных моделей по расчёту и прогнозированию уступов.

Анализ отечественного опыта проектирования цементобетонных покрытий показал, что наибольшее внимание уделялось предотвращению образования трещин посредством ограничения растягивающих напряжений в цементобетоне. Значительно меньше внимания уделялось образованию уступов между плитами. Недооценивался тот факт, что в процессе эксплуатации автомобильной дороги под воздействием изменяющихся во времени природно-климатических условий и воздействий транспортных средств происходит вертикальное взаимное смещение плит в поперечных швах, приводящее к образованию уступов. На рис. 1 показано относительное влияние основных видов повреждений поверхности цементобетонного покрытия на ухудшение продольной ровности проезжей части (IRI) по зарубежным источникам.

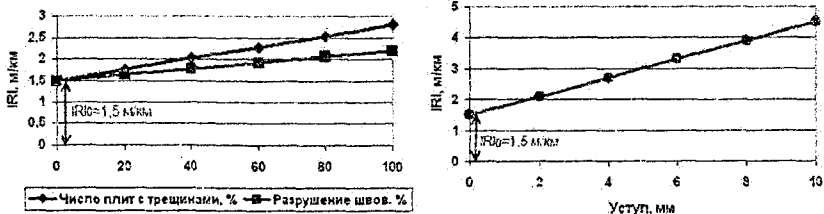


Рис. 1. Влияние количества плит с трещиной, процента разрушенных поперечных швов и величины уступов на показатель ровности IRI

Таблица 1

№ п/п	Авторы	Расчётные формулы (модели)	Учитываемые параметры
1	ВСН 197-91 (1991 г.)	$h_{уст} = \frac{8,5 \cdot Q \cdot K_d \cdot m_{ем}}{E_0 \cdot L^2 \cdot y} \cdot (1 + K_q \cdot jg N_{пр})$	Толщина покрытия и основания, модуль упругости основания, интенсивность расчётной нагрузки
2	Simpson, A.L. (1994 г.)	$h_{уст} = N^{0,25} \cdot [0,0238 + 0,0006 \cdot (\frac{L}{10})^2 + 0,0037 \cdot (\frac{100}{K})^2 + 0,0039 \cdot (\frac{T}{10})^2 - 0,0037 \cdot b_{об} - 0,0218 \cdot d]$	Приведённая интенсивность движения, расстояние между поперечными швами, коэффициент постели, срок службы, тип обочины, диаметр штыря
3	Yu, H.T. (1997 г.)	$h_{уст} = N^{0,25} \cdot [0,0628 + 0,0628 \cdot C_d + 0,3673 \cdot 10^{-8} \cdot Q^2 + 0,4116 \cdot 10^{-5} \cdot L^2 + 0,7486 \cdot 10^{-9} \cdot T_{сп}^2 \cdot H^{0,5} - 0,009503 \cdot K_{очн} - 0,01917 \cdot B_{пл} + 0,0309217 \cdot T_{зем}]$	Приведённая интенсивность движения, коэффициент фильтрации, напряжения смятия бетона создаваемое штырём, расстояние между швами природно-климатические условия, тип основания, ширина плиты, срок службы
4	Owusu-Antwi, E.B. (1997 г.)	$h_{уст} = D^{0,23} \cdot (0,35 - 0,9277 \cdot K_{очн} - 0,25 \cdot C_d + 2,17 \cdot 10^{-5} \cdot T_{сп})$	Мера повреждения, тип основания, коэффициент фильтрации, природно-климатические условия
5	Titus-Glover, L. (1997 г.)	$h_{уст} = D^{0,3} [0,05 + 0,00004 \cdot A - 0,0024 \cdot d - 0,925 \cdot C_d \cdot (0,5 + K_{очн})]$	Мера повреждения, природно-климатические условия, диаметр штыря, коэффициент фильтрации, тип основания
6	NCHRP 1-34 (1998 г.)	$h_{уст} = D^{0,2475} [0,2405 - 0,2405 - 0,00118 \cdot V + 0,001216 \cdot A - 0,04336 \cdot K_{очн} - (0,004336 + 0,007659 \cdot (1-d)) \cdot S]$	Мера повреждения, природно-климатические условия, толщина плиты, тип основания, коэффициент постели, расстояние между швами, диаметр штырей
7	PAVESPEC 3.0 (2000 г.)	$h_{уст} = D^{0,275} [0,1741 - 0,0009911 \cdot V + 0,001082 \cdot H]$	Мера повреждения, природно-климатические условия, толщина плиты, тип основания, фактор эрозионности, коэффициент постели, расстояние между швами, диаметр штырей

На основе анализа отечественных и зарубежных литературных источников опыта проектирования и эксплуатации цементобетонных покрытий автором поставлены следующие задачи.

1. Провести теоретический анализ особенностей процесса образования уступов и установить критерий, определяющий интенсивность этого процесса.

2. Выполнить натурное обследование ранее построенных участков автомобильных дорог с цементобетонным покрытием, находящихся в разных природно-климатических и дорожных условиях, и установить особенности образования и развития уступов.

3. Разработать математическую модель прогнозирования уступов для дорожных одежд с цементобетонным покрытием с учётом изменяющихся во времени воздействий параметров транспортного потока и климатических условий.

4. Провести серию расчётов для проверки адекватности модели и выработки рекомендаций.

Глава 2 содержит теоретический анализ процесса образования уступов в поперечных швах цементобетонных покрытий. Принято считать, что образование уступов начинается с момента срабатывания ложного поперечного шва сжатия. С момента срабатывания шва передача нагрузки с плиты на плиту от проезжающих автомобилей должна обеспечиваться за счёт естественного зацепления материала по поверхности излома трещины и штыревых соединений в швах.

Выявлены основные физические процессы, сопровождающие образование уступов, к которым следует отнести: накопление остаточных деформаций в нижележащих слоях в зоне поперечных швов; вымывание частиц грунта и основания в виде выплесков в период выпадения осадков (рис. 2); коробление плит при градиенте температуры и влажности; периодическое раскрытие и закрытие швов в результате изменения средней температуры цементобетонных плит, что снижает способность конструкции шва передавать нагрузку с плиты на плиту.

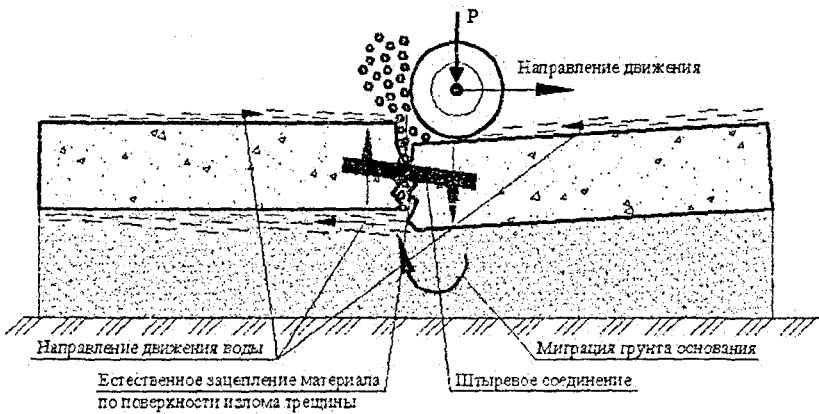


Рис. 2. Схема взаимного смещения смежных плит

Анализ литературных источников и особенностей физических процессов, сопровождающих взаимное перемещение соседних плит в зоне шва, позволил заключить, что прогноз интенсивности нарастания уступов следует связывать с количеством взаимных смещений и принять в качестве основного критерия, определяющего нарастание уступов, величину энергии, затрачиваемой на взаимное смещение плит в зоне поперечных швов.

В основу математической модели для вычисления энергии, затрачиваемой на взаимное смещение плит в поперечных швах при проезде автотранспортных средств, положены зависимости теории плит на упругом основании при краевом расположении нагрузки и расчёта плит на температурные воздействия на основе решения Б.Г. Коренева и Л.И. Горецкого.

Для учёта состава движения предложено в каждой группе по грузоподъёмности выделять расчётный автомобиль с соответствующими параметрами нагрузки и количества осей.

Изменение температуры воздуха и интенсивности солнечной радиации приводит к тому, что ширина раскрытия поперечных швов непостоянна и меняется в течение времени. Как показывают результаты экспериментальных исследований, нагрузка от колеса автомобиля вызывает прогибы смежных плит, величина которых зависит от ширины раскрытия швов. Градиент температуры и влажности по толщине плиты также вызывает вертикальные

смещения краёв плит. Прогибы плит от транспортных нагрузок в сочетании со смещением краёв плит от коробления в зоне поперечных швов вызывают изменение условий деформирования и соответственно влияют на интенсивность развития уступов (рис. 3).

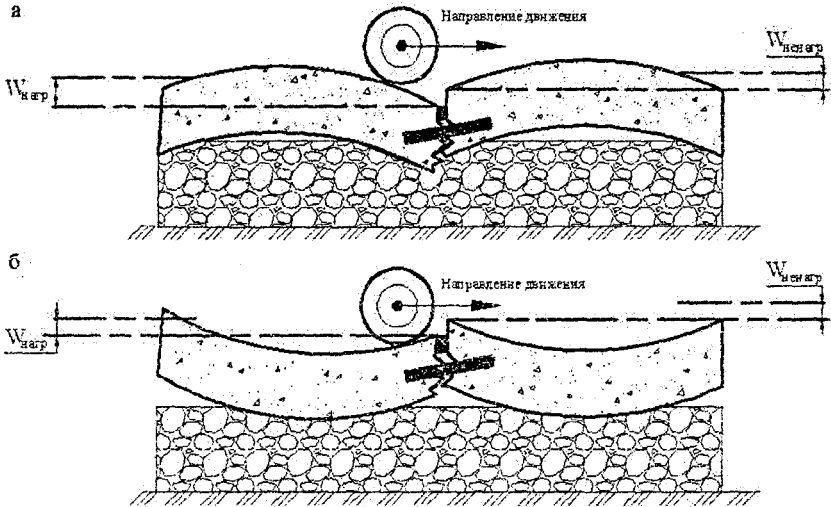


Рис.3. Схема деформации цементобетонных плит под действием транспортных нагрузок и коробления: а - температура верхней поверхности выше нижней; б - температура нижней поверхности выше верхней

В результате была принята следующая формула для подсчёта энергии деформирования в зоне поперечного шва:

$$\Delta E_D = \sum_{i=1}^A N_i \cdot (K_M \cdot \frac{(W_{нагр.P_{A,\Delta t}} \pm W_{коробл})^2}{2} - K_M \cdot \frac{(W_{ненагр.P_{A,\Delta t}} \pm W_{коробл})^2}{2}), (1)$$

где ΔE_D – часовое приращение энергии деформации в зоне поперечного шва сжатия, Дж/см²; $W_{нагр}$ – прогиб нагруженного угла плиты, см; $W_{ненагр}$ – прогиб ненагруженного угла плиты, см; $W_{коробл,t}$ – прогиб угла плиты от температурного коробления для часа t , см; K_M – коэффициент постели для месяца M , МПа/см; A – количество рассматриваемых групп автомобилей в составе движения; N_i – количество осевых воздействий автомобилей A за

час; P_A – расчётная нагрузка для группы А, кН; Δl – ширина раскрытия шва сжатия, мм.

Глава 3 посвящена натурным исследованиям процесса образования уступов на ранее построенных автомобильных дорогах с цементобетонным покрытием с целью сбора статистической информации, последующей обработки и установления параметров для калибровки модели. Для обследования были выбраны автомобильные дороги с цементобетонным покрытием в разных климатических зонах, отличающихся по интенсивности движения и составу движения, на дорогах разных категорий, с различными конструкциями дорожных одежд. Предпочтение отдавалось объектам, где срок службы цементобетонного покрытия превышал 20 лет. На рис. 4 показана схема расположения обследованных объектов. В табл. 2 указаны сроки завершения строительства и время обследования объектов.

Таблица 2

Номер объекта	Наименование объекта	Год строительства	Дата обследования
1	М2 «Крым»	1983	август 2006
2	М3 «Украина»	1958	сентябрь 2006
3	М4 «Дон»	1999	июль 2006
4	М51 «Байкал» Челябинск-Курган-Омск- Новосибирск	1990	май 2008
5	А114 Вологда-Новая Ладога	1971	июль 2007
6	«Устюжна-Мочала»	1990	июль 2007
7	«Москва-Киев» - ст. Зикеево- Полюдово	1983	май 2007
8	«Славянск-Ачуево» - Целинный	1978	январь 2007
9	Подъезд к аэропорту Анапа	1978	февраль 2008
10	Рисосовхоз «Приазовский»	1976	июль 2006

Методика обследования предполагала выезд на место расположения объекта и сбор необходимой информации, определяющей основные параметры автомобильной дороги, категорию, геометрические параметры, интенсивность и состав движения. Для определения конструкции дорожной одежды

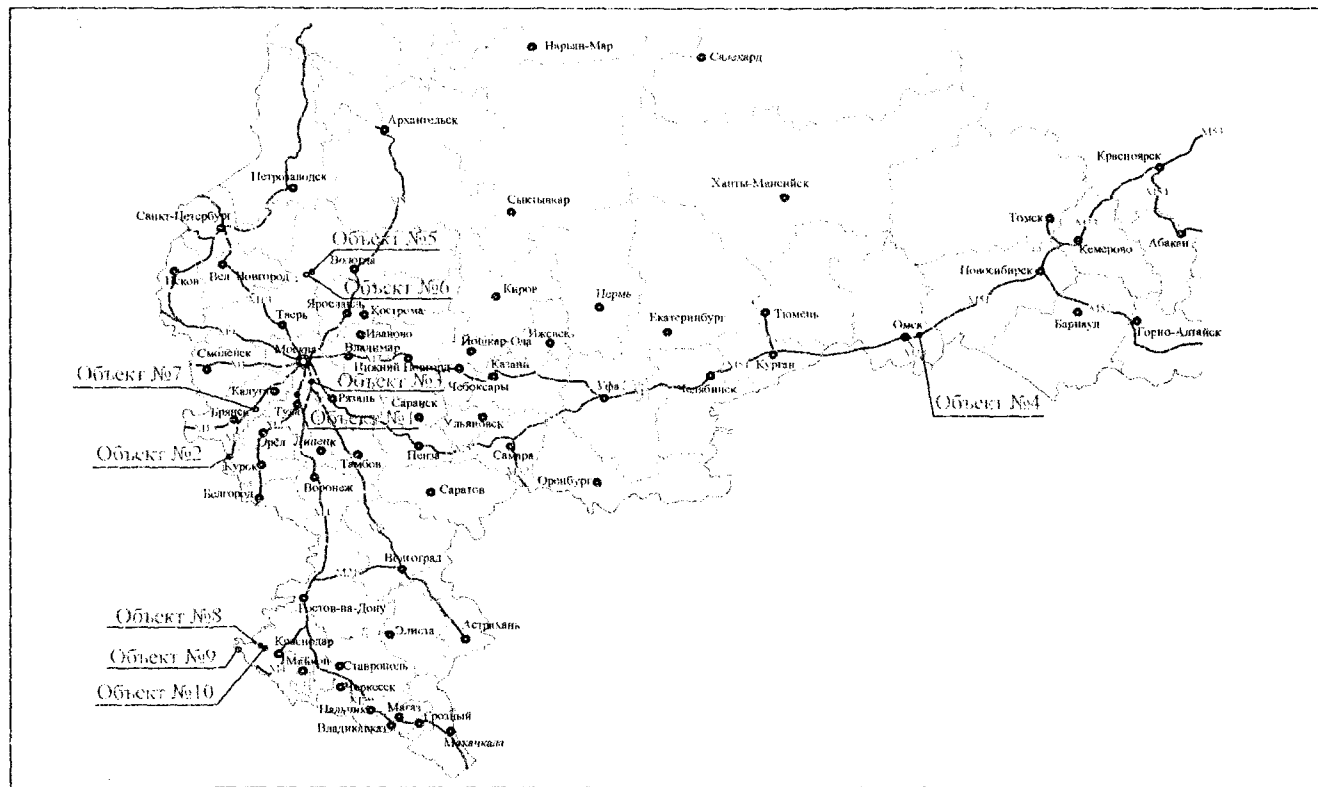


Рис. 4. Схема размещения обследованных объектов

использовали технические паспорта на объекты, а также данные, которые предоставляли дорожные организации. Дополнительно для контроля толщины покрытия и основания выполнялась расчистка торцов плит для непосредственного измерения.

В процессе обследования проводилось измерение величины уступов в поперечных швах, в специальном журнале фиксировались наиболее распространённые повреждения, такие как продольные и поперечные трещины, площадь шелушения, разрушение швов, отколы кромок и углов плит. Измерение величины уступа производилось с точностью 0,1 мм. Замеры уступов выполнялись в трёх точках поперечного сечения каждой полосы проезжей части на расстоянии 0,5-1,0 м от края правой и левой кромок полосы движения и в середине плиты (рис. 5).



Рис. 5. Измерение уступа на цементобетонном покрытии

В процессе обследования было выполнено свыше семи тысяч замеров уступов. В табл. 3 представлены обобщённые данные, характеризующие распределение уступов по интервалам. В качестве иллюстрации на рис. 6 представлена функция распределения величины уступов, хорошо описываемая законом Вейбулла.

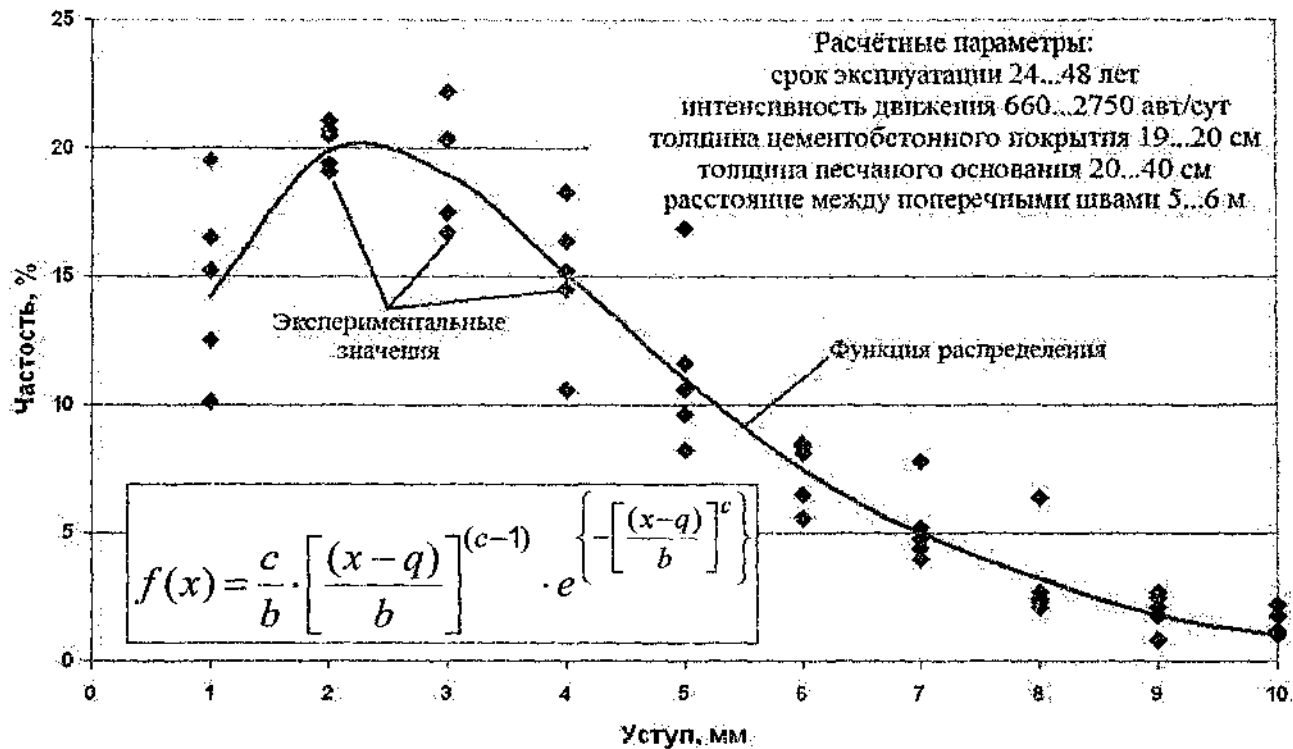


Рис. 6. Функция распределения величины уступов

Таблица 3

Наименование объекта	Количество уступов, %			
	$h < 3$ мм	$3 < h < 6$ мм	$6 < h < 9$ мм	$h > 9$ мм
М2 «Крым»	35,0	33,1	16,8	15,1
М3 «Украина»	47,1	35,1	12,0	5,8
М51 «Байкал»	34,3	59,8	5,9	0
А114 «Вологда- Новая Ладога»	46,4	41,6	9,2	2,8
«Устюжна-Мсчала»	68,6	29,5	1,9	0
«Москва-Киев»-ст. Зикеево-Полудово	45,2	35,3	14,6	4,9
«Славянск-Ачухово»- Целинный	53,0	32,5	10,4	4,1
Подъезд к аэропорту Анапа	45,4	31,2	17,0	6,4
Рисосовхоз «Приазовский»	69,6	25,6	2,9	1,9

В процессе обследования было обнаружено, что уступ на цементобетонном покрытии образуется в двух направлениях: по ходу движения транспортного потока - положительный и против движения - отрицательный. Изучение полученных результатов показало, что на цементобетонных покрытиях, где в качестве основания применяется слабое или песчаное основание, образуется отрицательный уступ рис. 7, б).

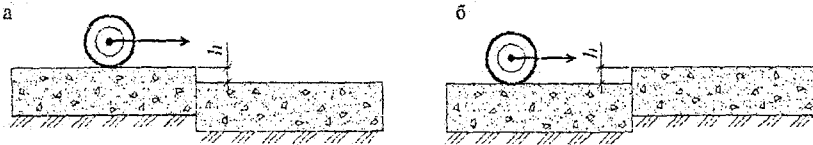


Рис. 7. Образование уступа на цементобетонном покрытии:
а - положительный; б - отрицательный

Можно было ожидать, что у правой кромки уступ будет иметь существенно большую величину в сравнении с левой из-за поперечного уклона, однако сопоставление фактических величин, приведённых в табл. 4, показало, что на одном из объектов был и обратный результат.

Таблица 4

Наименование объекта	Абсолютное среднее значение уступа по полосе движения, мм		
	Левая кромка	Середина полосы	Правая кромка
МЗ "Украина"	3,98	3,65	3,76
"Москва-Киев" ст. Зикеево- Полюдово	2,72	-	3,84
"Славянск- Ачуево"-Целинный	3,34	3,19	3,47
Рисосовхоз "Приазовский"	2,04	2,05	2,48

Как отмечалось ранее, образование уступов на цементобетонном покрытии приводит к существенному ухудшению ровности проезжей части. Наряду с непосредственным измерением продольной ровности (IRI) в зарубежной практике получили распространение эмпирические формулы, позволяющие по задаваемым значениям параметров повреждения поверхности покрытия (трещины, состояние швов, уступы) вычислить значение IRI. Для обследованных участков автомобильных дорог был вычислен международный индекс ровности IRI, по эмпирической формуле, используемой при проектировании жёстких дорожных одежд США.

$$IRI = IRI_0 + 0,013 \cdot C + 0,007 \cdot J + 0,0015 \cdot H + 0,4 \cdot S, \quad (2)$$

где IRI_0 - первоначальная ровность, м/км; C - процент плит с поперечными и угловыми трещинами, %; J - процент разрушенных швов, %; H - итоговое значение уступа на км, мм; S - параметр, учитывающий местные условия.

В табл. 5 представлены результаты такого расчёта для некоторых объектов, где показано влияние уступов на ровность дорожного покрытия.

Из данных, приведённых в табл. 5, следует, что наличие уступов вносит наибольший вклад по сравнению с другими видами повреждений в ухудшение продольной ровности автомобильной дороги и по результатам обследования составляет от 38 до 80%.

Таблица 5

Наименование объекта	Доля плит с поперечными и угловыми трещинами, %	Доля разрушенных швов, %	Суммарное значение уступа, мм/км	IRI, м/км	Влияние уступа на IRI, %
М2 «Крым» км112 – км113 (направление из Москвы)	19,2	10,6	839	4,1	58,6
М51 «Байкал» км 865 – км 866	5,0	0,5	746	3,7	51,4
«Славянск-Ачuevo» - Целинный	14,5	1,0	631	3,2	78,5
Подъезд к аэропорту Анапа	16,8	5,1	625	3,2	78,3
Риссовхоз «Приазовский»	34,7	2,3	496	3,3	58,3

Для обследованных объектов была определена энергия деформации в зоне шва сжатия с учётом периода эксплуатации объектов, параметров конструкций дорожных одежд, природно-климатических условий, интенсивности и состава движения (рис. 8).

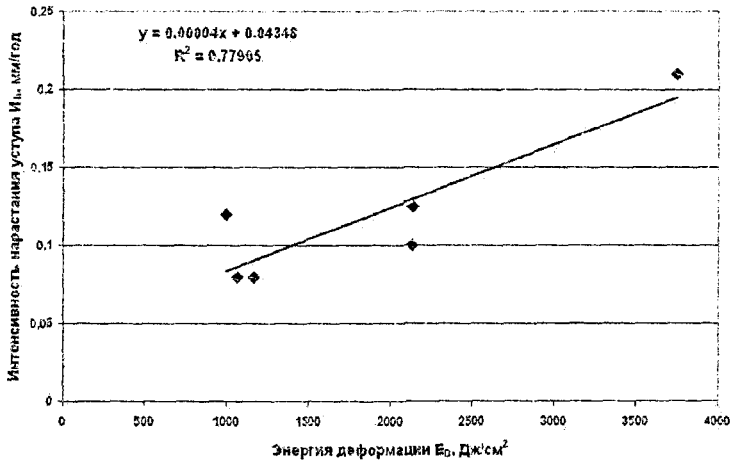


Рис. 8. Зависимость интенсивности нарастания величины уступа от накопленной энергии деформации в зоне поперечного шва

Основное содержание главы 4 составляет описание полученной математической модели, сравнение её возможностей с

другими моделями и формулами, проверка её адекватности и примеры применения для оценки влияния параметров конструкции на процесс увеличения уступов между плитами в поперечных швах.

Предлагаемую модель следует отнести к классу интервальных, кумулятивных моделей, в которых период прогнозирования представляется как сумма интервалов времени. При этом интервал времени принят таким образом, чтобы можно было считать, что в пределах этого интервала основные влияющие факторы, зависящие от времени, изменялись бы не существенно. В качестве такого интервала принят один час, учитывая существенные изменения температуры плиты и интенсивности движения в течение суток.

$$h_{\text{уступа}}(\bar{T}) = \{A \cdot \sum_{Y=1}^{\bar{T}} \sum_{M=1}^{12} \sum_{D=1}^{30} \sum_{H=1}^{24} \Delta E_D(H) + B\} \cdot \bar{T}, \quad (3)$$

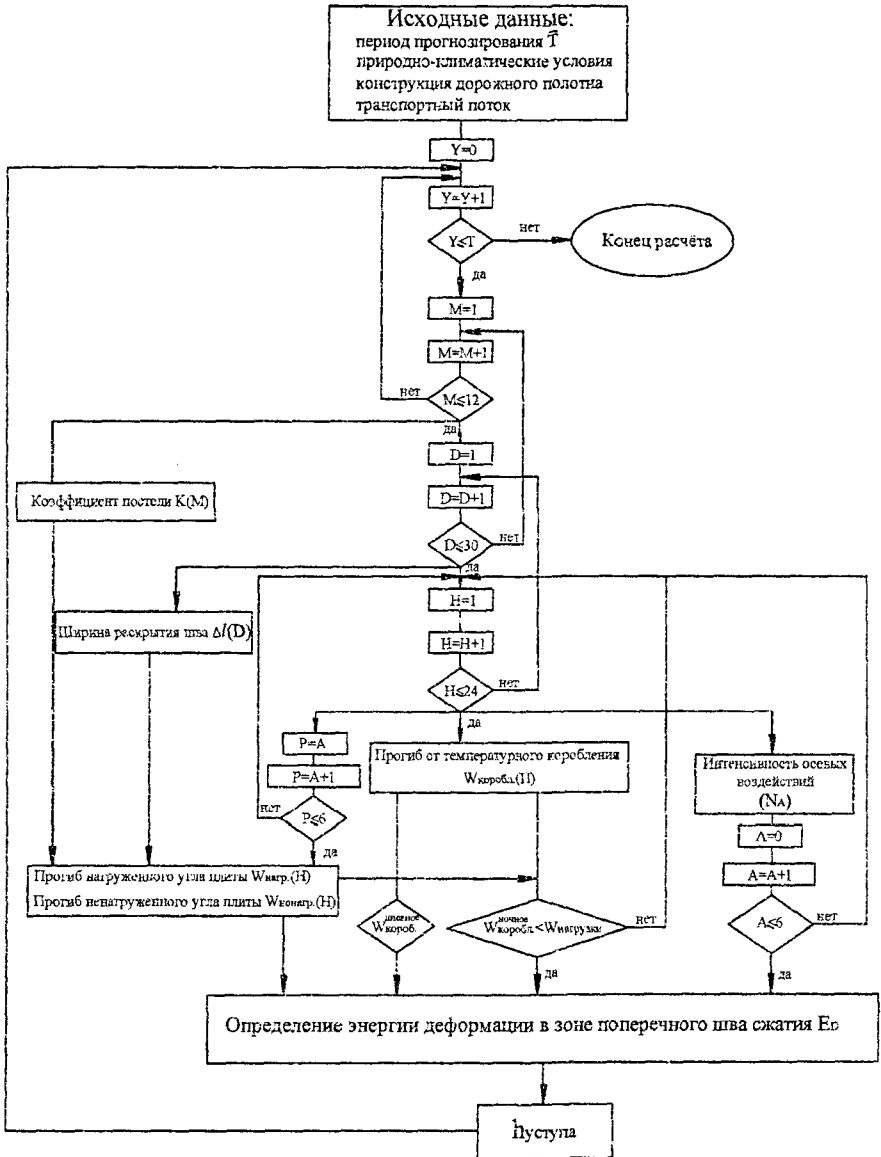
где A, B – калибровочные параметры; Y – год; M – месяц; D – день; H – час; \bar{T} – период прогнозирования.

Приращение энергии $\Delta E_D(H)$ за часовой интервал вычисляется по формуле (1).

Блок-схема алгоритма выполнения расчётов представлена на рис.9.

Адекватность разработанной модели продемонстрирована на рис. 10.

В работе представлены результаты серии расчётов, показывающие влияние параметров конструкции дорожной одежды с цементобетонным покрытием на интенсивность образования уступов во времени. Для этого было рассмотрено несколько вариантов конструкций дорожных одежд с цементобетонным покрытием и были получены зависимости величины уступа для автомобильной дороги с заданной интенсивностью и составом транспортного потока за 30 - летний период прогнозирования. В качестве примера один из результатов такого расчёта представлен на рис. 11, где показано влияние применяемого типа основания на интенсивность образования уступов между плитами цементобетонного покрытия.

Рис. 9. Блок-схема алгоритма вычисления уступа за период \bar{T}

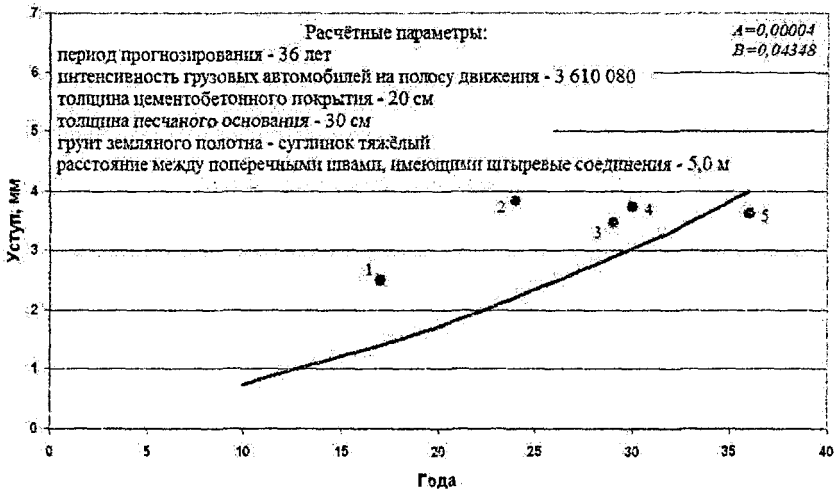


Рис. 10. Прогнозируемое развитие уступа и фактическое среднее значения объектов: 1 - "Устюжна-Мочала"; 2 - "Москва-Киев"-ст. Зикеево-Полудово; 3 - "Славянск-Ачучево"-Целинный; 4 - подъезд к аэропорту Анапа; 5 - "Вологда-Новая Ладога"

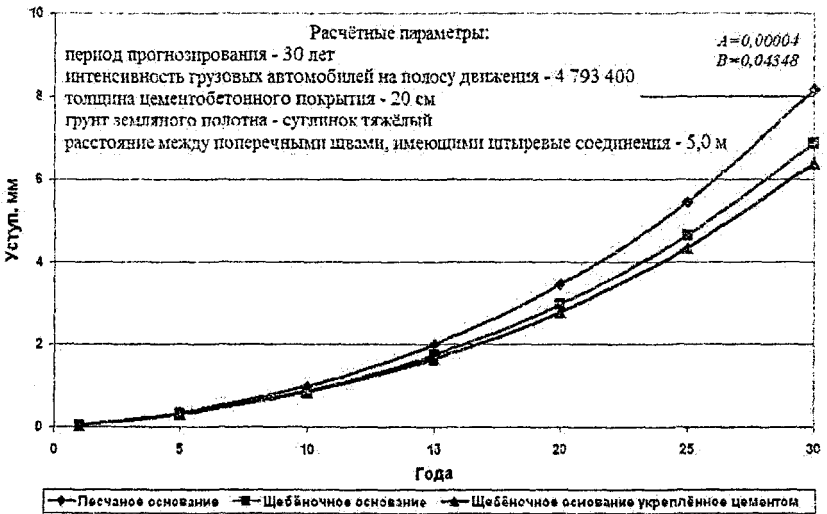


Рис. 11. Влияние типа основания на интенсивность образования уступов во времени

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Теоретические исследования позволили выявить основные причины образования уступов, к которым следует отнести: накопление остаточных деформаций в нижележащих слоях в зоне поперечных швов; вымывание частиц грунта и основания в виде выплесков в период выпадения осадков; коробление плит при градиенте температуры и влажности; периодическое раскрытие и закрытие швов в результате изменения средней температуры цементобетонных плит.

2. На основе натурных обследований автомобильных дорог с цементобетонным покрытием получены массивы данных, характеризующие процесс образования уступов, и проведено сопоставление параметров этого процесса с параметрами климатических условий и конструкций дорожных одежд, интенсивностью и составом движения.

3. Разработана кумулятивная математическая модель прогнозирования уступов на цементобетонных покрытиях, учитывающая во времени изменение параметров транспортного потока и метеорологических условий.

4. Выполненные расчёты подтвердили возможность оценки влияния параметров штыревых соединений, расстояния между поперечными швами, толщины цементобетонной плиты и оснований на интенсивность увеличения уступов.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Фотиади, А.А. Процесс и причины образования уступа на цементобетонных покрытиях и его влияние на ровность автомобильной дороги / А.А. Фотиади // Транспортное строительство.-Вып. 9.-2008.- С. 23-26.

2. Носов, В.П. Причины образования уступов на цементобетонных покрытиях автомобильных дорог / В.П. Носов, А.А. Фотиади // Наука и техника в дорожной отрасли.-Вып. 3.-2008.- С. 20-22.

3. Носов, В.П. Об опыте и перспективе применения цементобетонных покрытий на автомобильных дорогах России /

В.П. Носов, А.А. Фотиади // Международные транспортные коридоры: сб. науч. докл.-Баку, 2008.- С. 169-172.

4. Носов, В.П. Об опыте применения цементобетонных покрытий на автомобильных дорогах России / В.П. Носов, А.А. Фотиади // Повышение долговечности транспортных сооружений и безопасности дорожного движения / КГАСУ: сб. науч. тр. - Казань, 2008.-С. 35-38.

Подписано в печать 17 апреля 2009 г.

Формат 60x84x16

Усл. печ. л. 1,0

Тираж 100 экз. Заказ № 26

“Техполиграфцентр”

Россия, 125319, г. Москва, ул. Усиевича, д. 8а.

Тел/факс: 8(499) 152-17-71

Тел.: 8-916-191-08-51