

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СТРОИТЕЛЬСТВА, ТРАНСПОРТА И АРХИТЕКТУРЫ
им. Н. ИСАНОВА**

Диссертационный совет К 05.10.412

На правах рукописи

УДК 625.855.3

Махмут Дурмаз

**ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВОВ И СТРУКТУРЫ
АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ТРЕБУЕМОЙ СДВИГОУСТОЙЧИВОСТИ В УСЛОВИЯХ
ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

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

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Бишкек – 2011

Диссертационная работа выполнена в **Кыргызском государственном университете строительства, транспорта и архитектуры им. Н.Исанова**

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Абдыкалыков Акымбек Абдыкалыкович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Телтаев Багдат Бурханбайулы

кандидат технических наук, доцент
Жумабаев Рыскулбек Азимбекович

Ведущая организация: Кыргызский научно-исследовательский
и проектный институт сейсмостойкого
строительства Госагентства архитектуры и
строительства при Правительстве КР

Защита диссертации состоится « ___ » декабря 2011 года в 14.00 на заседании диссертационного совета К 05.10.412 по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата технических наук при Кыргызском государственном университете строительства, транспорта и архитектуры им. Н.Исанова (КГУСТА) по адресу: 720020, г. Бишкек, ул. Малдыбаева, 34, б.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н.Исанова по адресу: 720020, г. Бишкек, ул. Малдыбаева, 34, б.

Автореферат разослан « ___ » октября 2011 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
к.т.н., доцент

Н.Ж.Маданбеков

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. Наиболее широко применяемым материалом для строительства покрытий автомобильных дорог в настоящее время и на ближайшую перспективу остается асфальтобетон. Анализ эксплуатируемых асфальтобетонных покрытий показывает, что через 3-4 года на дорожном покрытии требуется проведение ремонтных работ в связи с накоплением в нем пластических деформаций. Основными причинами этого служат значительный рост интенсивности движения и увеличение осевых нагрузок автомобилей, а также недостаточная сдвигоустойчивость асфальтобетонных покрытий при высоких температурах.

Опыт показывает, что количество и динамика развития пластических деформаций колеблется в широких пределах на различных участках дорог в зависимости от того, как влияют дорожные условия на режим движения автомобилей.

Однако принятые в действующих нормативно-технических документах требования к сдвигоустойчивости асфальтобетона не предусматривают их дифференциации с учетом конкретных условий эксплуатации дорог.

Решение проблемы предупреждения образования пластических деформаций заключается не только в обосновании требований к сдвигоустойчивости асфальтобетонных покрытий, но и в расширении возможностей ее повышения.

Одним из путей обеспечения требуемой сдвигоустойчивости асфальтобетонных покрытий является использование в покрытии асфальтобетонов модифицированных полимерами, обладающих повышенной сдвигоустойчивостью.

Таким образом, разработка дифференцированных требований к сдвигоустойчивости асфальтобетонных покрытий и расширение возможностей реализации этих требований путем применения асфальтобетонов, модифицированных полимерами, является актуальной темой.

Цель исследования - разработать методику обоснования требований к сдвигоустойчивости и оптимизировать структуры асфальтобетонных покрытий с учетом условий их эксплуатации.

В качестве **основной гипотезы** при проведении исследований было принято следующее положение: повышение долговечности дорожных покрытий может быть достигнуто путем применения эффективного асфальтобетона оптимальной структуры на основе полимеров, характеризующегося повышенной устойчивостью к старению и возникновению пластических деформаций.

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие **задачи исследования**:

- установить влияние погодно-климатических факторов, состава и режима движения транспортного потока на сдвигоустойчивость асфальтобетонных покрытий на характерных участках автомобильных дорог;

- разработать методику определения требований к сдвигоустойчивости асфальтобетонных покрытий с учетом реальных погодно-климатических и дорожно-транспортных условий;

- исследовать физико-механические и физико-химические свойства асфальтобетона, модифицированного добавкой полимера на основе этилена, его сдвигоустойчивость, склонность к старению;

- определить оптимальное содержание модификатора, обеспечивающее устойчивость дорожного покрытия к возникновению пластических деформаций;

- провести опытное внедрение результатов исследований и определить технико-экономическую эффективность применения асфальтобетона, модифицированного добавкой полимера на основе этилена, для повышения сдвигоустойчивости и работоспособности асфальтобетонных покрытий.

Объектом исследования диссертации являются асфальтобетонные покрытия автомобильных дорог Кыргызской Республики.

Предмет исследования диссертации – закономерности процесса образования пластических деформаций и обоснование требований к сдвигоустойчивости асфальтобетонных покрытий в условиях их эксплуатации.

Научная новизна:

- установлено совокупное влияние погодно-климатических факторов, состава, интенсивности и режима движения транспортного потока на характер работы асфальтобетонных покрытий по условиям сдвигоустойчивости на характерных участках автомобильных дорог;

- разработана методика обоснования и определения требований к сдвигоустойчивости асфальтобетонных покрытий с учетом реальных погодно-климатических и транспортных условий;

- обосновано применение асфальтобетона, модифицированного полимером на основе этилена, позволяющего повысить сдвигоустойчивость и эксплуатационные характеристики асфальтобетонных покрытий;

- установлены зависимости изменения физико-механических и эксплуатационных свойств асфальтобетонов от вида и содержания полимеров и определено оптимальное содержание модификатора.

Практическая значимость полученных результатов диссертации заключается в возможности использования ее основных положений и рекомендаций в дорожных организациях при оценке возможности обеспечения сдвигоустойчивости асфальтобетонных покрытий, для определения эффективного способа ограничения пластических деформаций.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

- режимы движения автомобилей и их влияние на сдвигоустойчивость асфальтобетонного покрытия;

- методика определения требуемой сдвигоустойчивости асфальтобетонных покрытий с учетом реальных погодно-климатических и дорожно-транспортных условий на характерных участках дорог;

- рекомендации по уменьшению возникновения пластических деформаций в асфальтобетонных покрытиях с использованием асфальтобетона, модифицированного полимером на основе этилена.

Личный вклад автора:

- исследования совокупного влияния погодно-климатических факторов, дорожных условий и режимов движения транспортного потока на сдвигоустойчивость асфальтобетонных покрытий;
- методика определения и обоснования требований к сдвигоустойчивости асфальтобетонных покрытий с учетом реальных погодно-климатических и транспортных условий;
- теоретическое обоснование и технико-экономическая оценка эффективности применения асфальтобетона, модифицированного полимером;
- рекомендации по уменьшению возникновения пластических деформаций в асфальтобетонных покрытиях с использованием асфальтобетона, модифицированного полимером.

Достоверность результатов обусловлена и подтверждается использованием экспериментально-теоретических исследований, современных методов физико-механического исследования, использованием современного оборудования и приборов для испытания асфальтобетонных покрытий, а также сходимостью полученных данных с данными других исследователей.

Апробация результатов диссертации. Основные положения и результаты диссертации были доложены и одобрены на ежегодных научно-практических конференциях профессорско-преподавательского состава КГУСТА, 2008-2011 г.; II научно-практической конференции «Взгляды молодых ученых на новые технологии в геонауках» НАН КР, 2008 г.; Международной научно-практической конференции «Новые материалы и технологии для проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог СНГ», Москва, 2009 г.

Внедрение результатов исследования. Основные научные положения и результаты исследования внедрены в производство на следующих предприятиях и организациях: ПИ «Кыргыздортранспроект»; дорожно-эксплуатационное предприятие ДЭП-1 Министерства транспорта и коммуникаций КР.

Опубликованные результаты. Материалы диссертации опубликованы в 9 научных трудах, в том числе 6 - в научных периодических изданиях, рекомендованных НАК КР.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, выводов, списка использованных источников и приложения. Текстовая часть изложена на **147** страницах машинописного текста, содержит **36** рисунков, **45** таблиц и список использованных источников из **125** наименований, в том числе **14** на иностранных языках.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы исследования, изложены цель, гипотеза и задачи исследования, сформулированы научная новизна и практическая ценность полученных результатов.

Первая глава посвящена литературному обзору основных факторов возникновения пластических деформаций в асфальтобетонных покрытиях. Приведен анализ существующих методов, подходов и требований к обеспечению сдвигоустойчивости асфальтобетонных покрытий. При этом основное внимание уделено особенностям и недостаткам существующей методической базы и путям ее совершенствования.

Анализ проблемы образования пластических деформаций асфальтобетонных покрытий показал, что основные факторы, предопределяющие образование пластических деформаций, разделяются на внутренние и внешние.

К внутренним относят факторы, связанные непосредственно со свойствами асфальтобетона в покрытии, с его сдвигоустойчивостью. К внешним факторам относится воздействие автомобильной нагрузки и природно-климатических условий. Для определения требуемых свойств асфальтобетонных покрытий, исходя из условия сдвигоустойчивости, необходимо учитывать совокупность указанных факторов.

Анализ существующих методов обоснования требований к сдвигоустойчивости асфальтобетонных покрытий, где фундаментальные разработки провели Н.Н.Иванов, Л.Б.Гезенцевей, Б.И.Ладыгин, Н.Н.Горелышев, А.В.Руденский и другие ученые, показал, что этот вопрос является нерешенным и необходима разработка методики определения требуемой сдвигоустойчивости асфальтобетонного покрытия в условиях эксплуатации.

Обзор способов устранения пластических деформаций в асфальтобетонных покрытиях показал, что одним из путей решения этой проблемы является повышение сдвигоустойчивости асфальтобетона путем применения различных добавок (металлических, полимерных и др.).

Такие материалы обладают повышенной деформативной устойчивостью при повышенных температурах и хорошо зарекомендовали себя в работе.

Имеется положительный опыт повышения сдвигоустойчивости асфальтобетонных покрытий с применением в качестве добавки в асфальтобетоне термопластических полимеров. Значительные исследования в этом направлении провели А.П.Платонов, Я.Н.Ковалев, В.Н.Лукашевич, Г.А.Бонченко, В.К.Веренько, С.К.Иллиополов, Г.Н.Кирюхин, Ю.И.Калгин и др.

Однако требуется уточнить сдвиговые и прочностные характеристики такого асфальтобетона, связанные с дифференцированным подходом к обоснованию требований к сдвигоустойчивости асфальтобетонных покрытий в условиях их эксплуатации.

Во второй главе изложены методические вопросы оценки требуемой сдвигоустойчивости асфальтобетонных покрытий. Исследованы и систематизированы факторы, определяющие долговечность асфальтобетонных покрытий по интенсивности развития пластических деформаций и на основе этого разработана методика определения требуемой сдвигоустойчивости асфальтобетонных покрытий в условиях их эксплуатации.

Одним из важных факторов, влияющих на сдвигоустойчивость асфальтобетонного покрытия, является его температура. В диссертационной работе выполнены исследования температурного режима покрытия в летние месяцы, причем детально рассматривалось влияние затенения участка. Оказалось, что температура покрытия в дневные часы на затененных участках почти на 20 °С ниже, чем на солнечных. Разница в температуре покрытия приводит и к различной величине образующихся деформаций в покрытии. Так, измерение колеи на солнечном и затененном участках показало, что глубина колеи на затененных участках примерно в 2 раза меньше, чем на солнечных участках.

Воздействие автомобильной нагрузки на асфальтобетонное покрытие проявляется в величине и продолжительности приложения нагрузки, а также режимах движения автомобильного транспорта. Исследования состава движения и скоростного режима движения автомобилей на участках с различной интенсивностью, на кривых различного радиуса, а также на участках дорог с различной величиной продольного уклона позволили выявить следующие особенности:

- за последние годы произошли значительные изменения в составе транспортного потока, в результате которых доля легковых автомобилей достигает 65...80 % от общего количества;

- скорости грузовых и легковых автомобилей значительно увеличились, что связано с улучшениями динамических характеристик современных автомобилей.

Анализ средних скоростей автомобилей на рассмотренных участках позволил ранжировать дорожные условия по скорости движения автомобилей и, следовательно, по продолжительности приложения нагрузки в каждой точке (рис. 1).

Результаты выполненных исследований свидетельствуют о необходимости дифференцированного подхода к обоснованию требований к сдвигоустойчивости асфальтобетонных покрытий на каждом характерном участке в условиях их эксплуатации.

Анализ методической базы определения требуемой сдвигоустойчивости асфальтобетонных покрытий показал существование двух подходов к решению этой задачи. В первом подходе, опирающемся на принципы механики сыпучих сред, для оценки сдвигоустойчивости асфальтобетона используется теория прочности. Второй подход, основывающийся на базе принципов механики сплошных сред, рассматривает асфальтобетон как вязкопластичный

материал и предлагает оценивать деформативную устойчивость асфальтобетона через его реологические свойства.

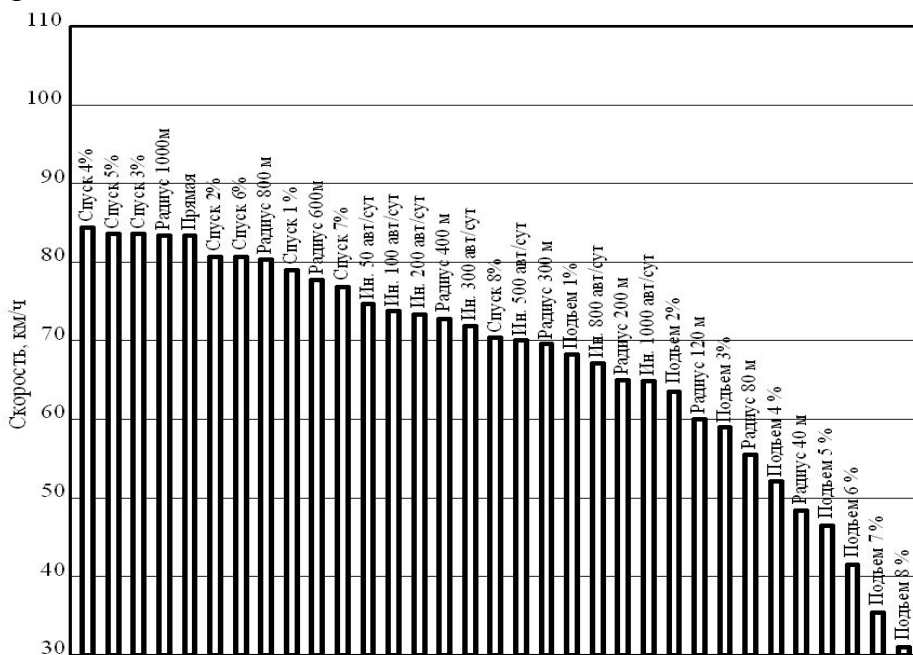


Рис.1. Ранжированный ряд дорожных условий по скорости грузовых автомобилей

Одним из наиболее существенных методологических недостатков первого подхода является положение о том, что для оценки сдвигоустойчивости использована теория прочности. Вместе с тем, очевидно, что пластическое деформирование и разрушение - разные процессы, и недопустимо характеристики одного явления использовать для описания другого.

Поэтому в данной работе требуемую сдвигоустойчивость асфальтобетонного покрытия предлагается определять с использованием второго подхода, где в качестве критерия сдвигоустойчивости используются минимальные значения вязкости асфальтобетона, соответствующие расчетной температуре покрытия, при которой за период эксплуатации не образуются пластические деформации, приводящие к появлению неровностей предельно допустимой величины. В этом случае требуемая вязкость асфальтобетона может быть определена в общем виде по формуле

$$\eta_{mp} = \frac{\tau_p \cdot N_C \cdot t_u}{h_{дон}}, \quad (1)$$

где τ_p - расчетное напряжение сдвига в асфальтобетоне верхнего слоя покрытия, Па;

N_C - суммарное число приложений расчетной нагрузки, авт.;

t_u - длительность приложения нагрузки, с;

$h_{дон}$ - величина предельно допустимой пластической деформации.

В качестве величины предельно допустимой пластической деформации $h_{дон}$ предложено взять предельно допустимую остаточную деформацию в вертикальном направлении - глубину колеи.

Реализация предлагаемого подхода требует установления величины предельно допустимой остаточной деформации $h_{дон}$, которая зависит от конструкции дорожной одежды и не является постоянной.

Анализ различных конструкций дорожной одежды позволил выделить два типа конструкций. Первая конструкция характеризуется нежестким основанием. Вторая конструкция характеризуется наличием жесткого основания или жесткой прослойки в основании.

Отличия в конструкции приводят к различному напряженно-деформированному состоянию, а соответственно, и к характеру образования остаточных деформаций. Расчеты показывают, что при нежестком основании на слои асфальтобетона приходится порядка 5...15 % всей остаточной деформации в дорожной конструкции, а на слои земляного полотна и основания - остальные 85...95 %. На жестком основании асфальтобетонное покрытие как бы защемлено между жестким основанием и колесом автомобиля, в результате около 80...90 % остаточной деформации приходится на асфальтобетонные слои.

На основе предлагаемого критерия определения требуемой сдвигоустойчивости асфальтобетонного покрытия (1) путем подстановки расчетного напряжения сдвига в верхнем слое покрытия τ_p исходя из конструкции дорожной одежды была рассчитана исходная требуемая вязкость битумосодержащих слоев (табл. 1). При этом учитывали поправки на неоднородность асфальтобетона по вязкости, а также исследования состава движения.

Для определения требуемой вязкости асфальтобетонного покрытия необходимо полученные исходные значения вязкости умножить на коэффициент, зависящий от фактической скорости грузовых автомобилей на каждом характерном участке (табл. 2).

При определении исходной требуемой вязкости асфальтобетона на участках с различной величиной продольного уклона, на участках с кривыми в плане радиусом менее 400 м фактическую интенсивность движения (колонка 1 табл. 1) необходимо умножить на коэффициент 1,8, а на перекрестках и пересечениях - на коэффициент 3. Указанные коэффициенты учитывают особенности режимов движения на данных участках. Промежуточные значения вязкости можно получить способом линейной интерполяции.

Значения исходной требуемой вязкости получены при предельно допустимой остаточной деформации 2 мм для нежесткого основания и 18 мм для жесткого основания. При другой величине предельно допустимой остаточной деформации полученную вязкость дополнительно необходимо умножить на коэффициент $18/h_{пр}$ (мм) ($h_{пр}$ - глубина принятой предельно допустимой величины остаточной деформации) для жесткого основания и на коэффициент $2/h_{пр}$ (мм) для нежесткого основания.

Таким образом, методика определения требуемой вязкости асфальтобетона (при известном типе основания, сроке службы покрытия и толщине асфальтобетонного слоя) сводится к определению:

- интенсивности и состава движения;
- фактической скорости грузовых автомобилей;
- продолжительности сдвигоопасного периода $T_{рег}$.

Таблица 1 - Исходная вязкость асфальтобетона

Интенсивность автомобилей с 10 ⁰⁰ до 16 ⁰⁰ на одну полосу, авт./ч	Тип основания	Количество грузовых автомобилей в потоке, %	Срок службы, лет	Требования к вязкости асфальтобетона, МПа·с, исходя из сдвигоопасного периода (<i>T_{рег}</i>) суток и толщины асфальтобетонных слоев, м																
				12			19			26			40			55				
				Толщина слоев, м			Толщина слоев, м			Толщина слоев, м			Толщина слоев, м			Толщина слоев, м				
				0,06-0,1	0,11-0,21	более 0,21	0,06-0,1	0,11-0,21	более 0,21	0,06-0,1	0,11-0,21	более 0,21	0,06-0,1	0,11-0,21	более 0,21	0,06-0,1	0,11-0,21	более 0,21		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		
100	нежесткое	35	5	49	53	61	57	62	70	72	79	91	82	91	104	96	105	121		
			8	62	68	78	72	79	90	91	100	114	104	116	131	121	135	153		
			10	70	77	87	81	88	101	101	113	129	117	130	148	135	151	172		
		20	5	38	40	46	43	47	53	55	60	68	62	69	78	73	79	91		
			8	47	51	59	55	60	68	69	75	87	79	87	99	91	101	116		
			10	53	57	66	61	66	75	78	85	98	88	98	112	103	114	130		
	жесткое	35	5	7	10	12	7	12	13	9	14	17	10	17	20	12	20	22		
			8	8	13	14	9	14	17	12	18	21	13	21	25	16	23	27		
			10	9	14	17	10	17	18	13	21	23	14	23	27	17	27	31		
		20	5	5	8	9	5	9	10	7	12	13	8	13	14	9	14	17		
			8	7	10	12	7	12	13	9	14	17	10	16	18	12	18	21		
			10	7	10	13	8	13	14	9	16	18	12	18	21	13	21	23		
300	нежесткое	35	5	85	94	107	98	108	124	124	138	157	142	159	181	165	185	211		
			8	107	118	135	124	138	156	157	176	200	179	202	229	208	235	267		
			20	5	64	70	81	74	82	92	94	104	118	108	120	137	125	139	159	
		20	8	81	90	101	94	104	118	118	133	151	135	152	173	157	177	202		
			35	5	10	17	20	12	20	22	16	25	29	18	27	33	21	33	38	
				8	13	21	25	16	25	29	20	31	36	22	35	40	26	40	47	
	жесткое	20		5	8	13	16	9	16	17	12	20	22	13	22	25	16	25	29	
			8	10	17	20	12	18	22	14	23	27	17	27	31	20	31	36		
			500	нежесткое	35	2	68	74	85	77	85	98	99	109	124	112	125	142	130	146
		5				109	121	138	126	140	160	160	179	204	182	205	234	212	239	272
		20				2	51	56	64	59	64	73	74	82	94	85	94	107	99	109
			5		83	91	104	95	105	120	121	135	153	138	155	176	161	181	205	
жесткое	35		2		8	14	16	9	16	18	12	20	23	14	22	26	17	26	30	
		5	14		22	25	16	25	29	21	31	36	23	35	42	27	42	48		
		20	2	7	10	12	8	12	14	9	16	17	10	17	20	13	20	23		
	5		10	17	20	12	20	22	16	25	29	17	27	31	21	31	36			

Интенсивность и состав движения для эксплуатируемых дорог определяются путем учета интенсивности на участках дороги. Для

проектируемых дорог данные величины определяются с учетом расчетной интенсивности движения на перспективу.

Таблица 2 - Поправка на фактическую скорость автомобиля

Вид основания	Скорость автомобиля, км/ч							
	140	120	60	30	20	10	5	2
Нежесткое основание	0,93	1,0	1,43	2,02	2,48	3,51	4,97	7,87
Жесткое основание	0,94	1,0	1,41	1,97	2,40	3,35	4,68	7,27

Для определения фактической скорости грузовых автомобилей на двухполосных дорогах (состав потока 20–35 % грузовых автомобилей и 65–80 % легковых автомобилей) предлагается использовать зависимости, полученные автором на участках с различными радиусами кривых в плане, продольными уклонами и различной интенсивностью движения.

Для определения фактической скорости движения грузовых автомобилей на других участках возможно использовать зависимость, предложенную А.П. Васильевым:

$$V_{\Gamma} = (0,90 - 0,92) \cdot V_{\text{пот}}, \text{ км/ч}, \quad (2)$$

где $V_{\text{пот}}$ - средняя скорость транспортного потока на каждом характерном участке дороги, определяется исходя из фактической обеспеченной скорости движения, интенсивности и состава транспортного потока.

Сдвигоопасный период $T_{\text{рег}}$ определяется исходя из среднегодовой температуры воздуха (для месяцев с устойчивой положительной температурой) и корректируется с учетом количества пасмурных дней.

В диссертационной работе установлена продолжительность сдвигоопасного периода для каждой дорожно-климатической зоны:

- для III-дорожно-климатической зоны $T_{\text{рег}}=9-10$ суток;
- для IV-дорожно-климатической зоны $T_{\text{рег}}=19-40$ суток;
- для V-дорожно-климатической зоны $T_{\text{рег}}=12-55$ суток.

Большее значение продолжительности сдвигоопасного периода относится к регионам, находящимся южнее в каждой дорожно-климатической зоне.

Полученные значения сдвигоопасного периода позволяют нам, зная дорожно-климатическую зону, определить ориентировочное количество сдвигоопасного периода, а соответственно - требуемую вязкость по табл. 1.

В третьей главе на основе исследования структурообразования в асфальтобетоне рассмотрены основные особенности и предпосылки получения структуры асфальтобетона, модифицированного полимером на основе этилена, с заданными свойствами.

Анализ разработанных требований к сдвигоустойчивости асфальтобетонных покрытий (табл. 1) показывает, что на характерных для движения участках дорог при большой доле в потоке тяжелых автомобилей обычный асфальтобетон не может обеспечить необходимую сдвигоустойчивость. Возникает необходимость применения асфальтобетона с повышенной сдвигоустойчивостью, в том числе асфальтобетона, модифицированного полимером на основе этилена.

Исследования А.П.Платонова, В.Н.Лукашевича, Г.Н.Кирюхина и др. показали, что введение этилена повышает не только сдвигоустойчивость асфальтобетона, но и его хрупкость при отрицательных температурах. Выявление структурных особенностей асфальтобетона позволило обосновать путь получения структуры асфальтобетона, модифицированного полимером на основе этилена, с заданными свойствами. Была предложена идея создания «мозаичной структуры» на поверхности каменных материалов. Возможность создания такой структуры доказана И.Б.Курденковой. Суть ее заключается в том, что на поверхности каменного материала образуются связи с двумя фазами: битума и полимерной добавки. При температурных колебаниях поочередно в каркасе асфальтобетона работают различные связи: при повышенной температуре работают более вязкие связи, образованные полимерной добавкой, а при низкой температуре основную нагрузку на себя принимают битумные связи. Это и дает эффект повышенного сопротивления сдвигу при высоких температурах с одновременным незначительным повышением хрупкости при пониженных температурах.

Для создания «мозаичной структуры» наиболее приемлемой является трехстадийная технология приготовления асфальтобетона, модифицированного полимером на основе этилена. Данное мнение основывается на том, что при подаче полимерной добавки на горячие минеральные материалы (щебень + песок + минеральный порошок) при двухстадийной технологии будет происходить поглощение расплавленной гелеобразной полимерной добавки минеральным порошком (в случае первоначального приготовления асфальто вяжущего добавка будет действовать лишь как наполнитель), в результате чего будет происходить самопроизвольное уплотнение некоторой части перемешиваемой смеси, что приведет к неоднородности асфальтобетонной смеси.

Для подтверждения выдвинутой идеи были проведены лабораторные испытания асфальтобетона, модифицированного полимером на основе этилена, с использованием в качестве модификатора полимерной добавки, представляющей собой твердофазный сополимер полипропилена и полиэтилена (РПЭП, регранулят полимерного этилен-пропилена), имеющий вид гранул размером 3х3 мм.

Лабораторные испытания заключались в определении физико-механических и физико-химических свойств асфальтобетона, модифицированного полимером на основе этилена, в зависимости от количества добавки. Исследования проводились на асфальтобетоне типа Б в

связи с тем, что этот материал, широко применяемый при строительстве покрытий, высокотехнологичен.

Исследования физико-механических свойств (табл. 3) показали, что при введении полимерной добавки наблюдается повышение на 20–30 % предела прочности на сжатие при 50 °С и 20 °С, а также повышение водостойкости асфальтобетона, модифицированного полимером на основе этилена. Предел прочности на сжатие при 0 °С увеличивается незначительно, всего на 3–5 %. Введение полимерной добавки одновременно понижает и водонасыщение на 15%, что свидетельствует о появлении кольматирующего эффекта.

Таблица 3 - Результаты определения физико-механических свойств асфальтобетона, модифицированного полимером на основе этилена

Количество добавки, %	Наименование показателя					
	предел прочности при 50 °С	предел прочности при 20 °С	предел прочности при 0 °С	водонасыщение, %	коэф. водостойкости	плотность, г/см ³
0	1,47	2,96	9,8	2,96	0,8	2,35
0,5	2,02	3,35	9,93	2,6	0,85	2,36
1,0	2,07	3,45	10,02	2,62	0,85	2,36
1,5	1,93	3,3	10,05	2,71	0,85	2,34

Оценка однородности асфальтобетона модифицированного полимером на основе этилена, проводилась исходя из анализа величины коэффициента вариации для предела прочности на сжатие при 50 °С. Результаты вычислений (табл. 4) показывают, что однородность смеси несколько ухудшается при увеличении содержания добавки, но все значения находятся в допустимых пределах.

Таблица 4 – Расчеты коэффициента вариации асфальтобетонной смеси для предела прочности на сжатие при 50 °С

Количество добавки, %	Среднее значение испытаний X_{cp}	Среднеквадратическое отклонение σ	Коэффициент вариации C_v , %
0	1,49	0,07	4,45
0,5	1,98	0,13	6,02
1	2,03	0,12	5,09
1,5	1,86	0,14	7,87

Исследование сдвигоустойчивости асфальтобетона, модифицированного полимером на основе этилена (табл. 5), проводилось одновременно по двум методикам: Ю.Е.Никольского и стандартной согласно ГОСТ 9128-97. Полученные результаты свидетельствуют, что модифицированный асфальтобетон в сравнении с обычным асфальтобетоном на 25–35 % более сдвигоустойчив в зависимости от методики испытаний.

Таблица 5 - Результаты испытаний на сдвиг

Испытания методом Ю.Е.Никольского		Испытания по ГОСТ 12801-98			
сопротивление сдвигу, МПа		угол внутреннего трения $\text{tg } \varphi$		сцепление $C_{\text{л}}$	
без добавки	с добавкой	без добавки	с добавкой	без добавки	с добавкой
1,08	1,33	14,90	22,80	0,39	0,53

Наиболее сложным и неизученным аспектом применения полимеров на основе этилена в асфальтобетоне являются физико-химические процессы, протекающие в результате введения добавки. Результаты, полученные при исследовании физико-химических свойств асфальтобетона, модифицированного полимером на основе этилена, позволили оценить те процессы, которые происходят в модифицированном асфальтобетоне на уровне микроструктуры.

Проведенные исследования структурообразования в асфальтобетоне, модифицированном полимером на основе этилена, позволили сделать вывод, что при введении полимерной добавки не происходит ее химического взаимодействия с битумом с образованием полимер-битумного вяжущего. Взаимодействие происходит лишь на физическом и физико-химическом уровне, что принципиально важно исходя из идеи «мозаичной структуры», где существуют два вида каркасных связей: образованных битумом и полимерной добавкой.

В работе физико-химическими методами производилось исследование также трещиностойкости и старения асфальтобетона, модифицированного полимером на основе этилена.

На основе обработки рентгенограмм (рис. 2) были построены зависимости значений внутренних напряжений для асфальтобетона, модифицированного полимером на основе этилена, от соотношения полимер:битум (рис. 3) при 0 °С, и 20 °С.



Рис. 2. Рентгенограмма для определения внутренних напряжений

Исследование старения асфальтобетона, модифицированного полимером на основе этилена, производилось путем снятия рентгенограмм с образцов,

которые подвергали ультрафиолетовому излучению, нагреву до 50 °С и охлаждению до – 20 °С.

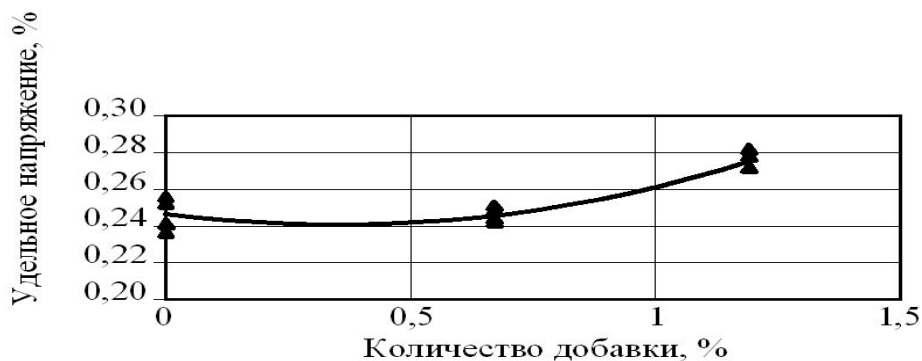


Рис. 3. Зависимость изменения внутрискруктурных напряжений при $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$ от количества добавки

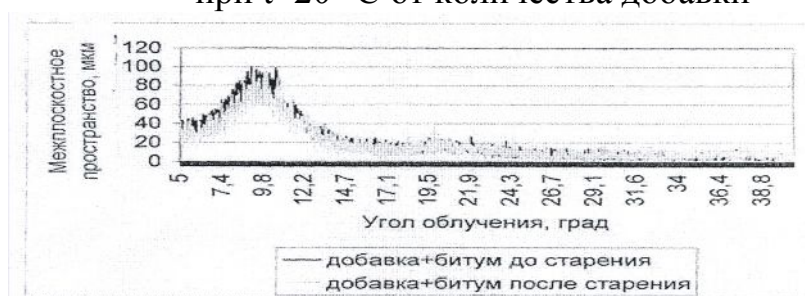


Рис. 4. Рентгенограммы по исследованию на старение модифицированного асфальтобетона

Как видно из рис. 4, асфальтобетон, модифицированный полимером на основе этилена, имеет кристаллические пики, свидетельствующие о наличии упорядоченной структуры, которая под действием старения претерпевает определенные изменения в зависимости от вида материала, что выражается в уменьшении данных пиков и их относительном сглаживании.

Результаты исследования деструкции (старения) асфальтобетона, модифицированного полимером на основе этилена, свидетельствуют о том, что данный показатель выше, чем у обычного асфальтобетона, однако изменения этого показателя составили порядка 5 % (табл. 6).

Таблица 6 – Интенсивность деструкции модифицированного асфальтобетона

Материалы	Значение α после условных часов (400 ч.)
Асфальтобетон	+11,7
Модифицированный асфальтобетон	+12,3

Для определения оптимального количества полимерной добавки была решена компромиссная задача по таким критериям оптимизации, как пределы прочности на сжатие, водонасыщение, трещиностойкость модифицированного асфальтобетона. Найденный интервал оптимального количества добавки

колеблется в пределах от 0,4 до 0,8 % от количества минеральных материалов. Для практического применения рекомендуется 0,5-0,6 % добавки.

В четвертой главе рассмотрена возможность ограничения пластических деформаций с использованием в покрытии асфальтобетона, модифицированного полимером на основе этилена. Выполнена оценка экономической эффективности результатов исследований.

С целью производственной проверки результатов экспериментальных исследований возможности применения асфальтобетона, модифицированного полимером, и процессов отработки технологии применения полимерной добавки в условиях асфальтобетонного завода было проведено опытное строительство асфальтобетонного покрытия с учетом опыта и рекомендаций предыдущих исследований.

Опытно-производственные исследования в лаборатории УКС г. Бишкек позволили определить оптимальное количество вяжущего и физико-механические свойства модифицированного асфальтобетона.

Был подобран состав минеральной части для асфальтобетона типа Б с непрерывной гранулометрией, содержащий щебня (фр. 5...20 мм) 30 %, отсева от дробления (фр. 0...10 мм) 44 %, песка природного 18 %, активированного минерального порошка 8 %, полимерной добавки 0,5 %. Подбором было установлено оптимальное количество вяжущего - 6,0 % (БНД 40/60).

Технология приготовления асфальтобетона, модифицированного полимером, имела отличие от стандартной технологии лишь в появлении дополнительной операции - подачи полимерной добавки на горячие каменные материалы. Полимерную добавку подавали с использованием сжатого воздуха в подвесной бункер над смесителем.

Проверки качества асфальтобетонной смеси производились путем отбора проб смеси из смесителя. Отклонение от лабораторных значений по прочностным показателям составляло не более 5 %, по водонасыщению - не более 4 %, что является приемлемым.

Технология производства работ при строительстве участка покрытия с асфальтобетоном, модифицированным полимером на основе этилена, не отличалась от обычной. Смесь имела хорошую удобоукладываемость, что выражалось в отсутствии раковин и неровностей.

Наличие полимерной добавки внесло коррективы в технологию уплотнения асфальтобетона, модифицированного полимером на основе этилена. Для более эффективного уплотнения была поднята температура укатки: при начальной укатке - до 140 °С, при основной укатке - до 125 °С, при заключительной - до 110 °С.

С момента устройства конструктивного слоя покрытия из модифицированного асфальтобетона за участком было установлено наблюдение. Наблюдение заключалось в ежегодном визуальном осмотре состояния покрытия экспериментального участка, измерении ровности, отборе кернов.

Результаты ежегодно проводимых обследований состояния экспериментального участка свидетельствуют, что характеристики модифицированного асфальтобетона за 2 года эксплуатации не претерпели существенных изменений, это заключается в отсутствии пластических деформаций.

Проведенные исследования дали возможность оценить основные преимущества применения асфальтобетона, модифицированного полимером на основе этилена, для ограничения пластических деформаций, которые состоят в следующем:

- технология получения асфальтобетона не усложняется, а установка дополнительного оборудования не вызывает значительных капиталовложений;
- межремонтные сроки покрытия увеличиваются на 2 года;
- достигается экологический эффект от возможности использовать отходы полимеров.

В денежном выражении экономический эффект от применения асфальтобетона, модифицированного полимером на основе этилена, равен порядка 231 тыс. сомов на 1 км покрытия.

Проведенные экспериментальные исследования свойств асфальтобетона, модифицированного полимером на основе этилена, позволили выявить оптимальную область применения указанного материала (рис. 5).



Рис. 5. Граница применения различных асфальтобетонных покрытий по критерию сдвигоустойчивости

ВЫВОДЫ

На основании результатов теоретических и экспериментальных исследований, выполненных в соответствии с поставленной целью и задачами, можно сделать следующие выводы:

1. Установлена совокупность погодно-климатических и дорожно-транспортных условий, оказывающих совместное влияние на сдвигоустойчивость асфальтобетонных покрытий на характерных участках автомобильных дорог, что свидетельствует о необходимости разработки дифференцированных требований к физико-механическим свойствам асфальтобетона.

2. Разработана методика определения и обоснования требований к сдвигоустойчивости асфальтобетонных покрытий с учетом реальных погодно-климатических и транспортных условий. В качестве расчетной характеристики при разработке этих требований принята вязкость асфальтобетона при высокой температуре, а в качестве критерия - предельно-допустимая глубина колеи, образующейся в результате накопления остаточных деформаций за расчетный срок эксплуатации покрытия.

3. Обоснована эффективность применения асфальтобетона, модифицированного полимером на основе этилена, для борьбы с накоплением остаточных деформаций и образованием колеи на асфальтобетонных покрытиях, состав которого проектируется по принципу «мозаичной структуры», суть которой заключается в появлении на поверхности каменного материала не только связей с битумом, но и с полимерной добавкой.

4. Установлено, что при введении добавки состоящей из полиэтилена и полипропилена (РПЭП) наблюдается повышение на 20–30 % предела прочности на сжатие при 50 °С и 20 °С, понижение водонасыщения на 15 %, а показатели сдвигоустойчивости увеличиваются почти на 30 %.

5. Разработана технология приготовления модифицированного асфальтобетона и выполнено строительство опытного участка покрытия с его использованием. Наблюдение за состоянием покрытия в течение нескольких лет подтверждает гипотезу о повышении сдвигоустойчивости и долговечности такого покрытия.

6. Проведенная технико-экономическая оценка применения асфальтобетона, модифицированного полимером на основе этилена, позволяет рекомендовать данный материал при строительстве дорог I–III категорий в условиях жаркого климата, особенно на сложных участках дорог. Разработана методика определения экономической эффективности применения асфальтобетонов различной сдвигоустойчивости.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. **Дурмаз, М.** Особенности проектирования асфальтобетонных покрытий для горных дорог [Текст] / М. Дурмаз // Вестник ВКГТУ им. Д.Серикбаева. – Усть-Каменогорск – Бишкек, 2005. - С. 43–46.
2. **Дурмаз, М.** Особенности проектирования нежестких дорожных одежд для горной местности [Текст] / М. Дурмаз // Вестник КГУСТА, 2005. - Вып. № 1 (19). - С. 209-213.
3. **Дурмаз, М.** Повышение надежности при проектировании нежестких дорожных одежд в сложных природно-климатических условиях / А.А. Давыдов, М. Дурмаз // Вестник КГУСТА, 2008. - Вып. № 2 (20). - С. 141-144.
4. **Дурмаз, М.** Районирование территории Кыргызстана для проектирования асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог в сейсмически опасных районах горной местности [Текст] / М. Дурмаз // Вестник КГУСТА, 2008. - Вып. № 3 (21). - С. 246-251.
5. **Дурмаз, М.** Проектирование асфальтобетонных покрытий с учетом условий горной местности [Текст] / М. Дурмаз // Вестник КГУСТА, 2009. - Вып. № 1 (23). Том 2. - С. 226-232.
6. **Дурмаз, М.** Использование битумов для строительства горных дорог [Текст] / Р.С. Картанбаев, М. Дурмаз, Н.Ч.Сулайманов // Сб. док-в межд. науч.-практ. конф. «Новые матер-ы и технол-и для проек-я, стр-ва и эксп-и автодорог СНГ». – М., 2009. Ч. 1. - С. 136-140.
7. **Дурмаз, М.** Основные факторы, влияющие на сдвигоустойчивость асфальтобетонных покрытий / Н.Ж. Маданбеков, К.К. Алыкулов, М. Дурмаз // Вестник КГУСТА, 2010. - Вып. № 3 (29). - С. 6-10.
8. **Дурмаз, М.** Исследование режимов движения на участках с недостаточной сдвигоустойчивости асфальтобетонных покрытий / Н.Ж.Маданбеков, М. Дурмаз // Известия вузов, 2011. - Вып. № 2. - С. 46-49.
9. **Дурмаз, М.** Методы устранения пластических деформаций в асфальтобетонных покрытиях / Н.Ж. Маданбеков, М. Дурмаз // Вестник ВКГТУ им. Д.Серикбаева, март, 2011. - С. 91-95.

05.23.11 – жолдорду, метрополитендерди, аэродромдорду, көпүрөлөрдү жана транспорттук тоннелдерди долборлоо жана куруу кесипчилиги боюнча илимий даража алуу үчүн «Пайдалануу шарттарында талап кылынган жылышууга туруктуулукту камсыз кылуу үчүн асфальтбетон жабууларынын составын жана структурасын ыңгайлаштыруу» темасындагы Махмут Дурмаздын диссертациясынын

КОРУТУНДУСУ

Негизги сөздөр: Асфальтбетон жабуулары, жылышууга туруктуулук, пластикалык бузулуулар, издердин пайда болуусу, полимер, температура, кыймылдын режимдери, талап кылынган илээшкичтик, асфальтбетон структурасы, мозаика түрүндөгү структура, модификацияланган асфальтбетон.

Изилдөөнүн объектиси. Пайдалануу шарттарындагы автомобиль жолдорунун асфальтбетон жабуулары.

Изилдөөнүн максаты. Пайдалануу шарттарын эске алуу менен жылышуу туруктуулугуна болгон талаптарды негиздөө методикасын иштеп чыгуу жана асфальтбетон жабууларынын структурасын ыңгайлаштыруу.

Изилдөөнүн методдору. Эксперименттик-теориялык методдор, физикалык-механикалык жана физикалык-химиялык методдор, комплекстүү баалоо, салыштырмалуу анализ, экономикалык методдор.

Алынган жыйынтыктар жана алардын жаңылыгы. Жаратылыш климаттык шарттардын жана транспорт потогунун кыймылынын режиминин жылышуу туруктуулугу шарты боюнча асфальтбетон жабууларынын иштөө мүнөзүнө тийгизген жалпы аракетин далилденди; асфальтбетон жабууларынын жылышуу туруктуулугуна болгон талаптарын негиздөө методикасы иштелип чыгылды; этилен негизиндеги полимер менен модификацияланган асфальтбетонду пайдалануунун натыйжалуулугу негизделди; асфальтбетондун физикалык-механикалык жана пайдалануу касиеттеринин полимерлердин катышынан көз каранды өзгөрүштөрү далилденди.

Пайдалануу деңгээли. Изилдөөнүн жыйынтыктары Нарын-Торугарт автомобиль жолун калыбына келтирүү долбоорун ишке ашырууда өркүндөтүлгөн асфальтбетон жабууларын колдонууну техника экономикалык негиздөөдө жана ЖПИ-1 тейлеген автомобиль жолдорун оңдоо жана тутуу иш чараларынын жылдык пландарын түзүүдө пайдаланылган.

Колдонуу областы. Реалдуу жаратылыш климаттык жана жол транспорттук шарттарды эске алуу менен асфальтбетон жабууларынын жылышуу туруктуулугун камсыздоо.

РЕЗЮМЕ

диссертации Махмута Дурмаза на тему «Оптимизация составов и структуры асфальтобетонных покрытий для обеспечения требуемой сдвигоустойчивости в условиях их эксплуатации» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.11 - проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей

Ключевые слова: Асфальтобетонные покрытия, сдвигоустойчивость, пластические деформации, колееобразование, полимер, температура, режимы движения, требуемая вязкость, структура асфальтобетона, мозаичная структура, модифицированный асфальтобетон.

Объект исследования. Асфальтобетонные покрытия автомобильных дорог в условиях их эксплуатации.

Цель исследования. Разработка методики обоснования требований к сдвигоустойчивости и оптимизация структуры асфальтобетонных покрытий с учетом условий их эксплуатации.

Методы исследования. Экспериментально-теоретические методы, физико-механические и физико-химические методы, комплексная оценка, сравнительный анализ, экономические методы.

Полученные результаты и их новизна. Установлено совокупное влияние погодно-климатических факторов и режима движения транспортного потока на характер работы асфальтобетонных покрытий по условиям сдвигоустойчивости; разработана методика обоснования требований к сдвигоустойчивости асфальтобетонных покрытий; обоснована эффективность применения асфальтобетона, модифицированного полимером на основе этилена; установлены зависимости изменения физико-механических и эксплуатационных свойств асфальтобетонов от содержания полимеров.

Степень использования. Результаты проведенного исследования использованы при технико-экономическом обосновании использования усовершенствованных асфальтобетонных дорожных покрытий при реализации проекта реконструкции автомобильной дороги Нарын-Торугарт и при составлении ежегодных планов мероприятий по ремонту и содержанию автомобильных дорог, обслуживаемых ДЭП-1.

Область применения. Обеспечение сдвигоустойчивости асфальтобетонных покрытий с учетом реальных погодно-климатических и дорожно-транспортных условий.

RESUME

of dissertations Mahmuta Durmaza on the theme «Optimization of structures and structure asphalt coverings for maintenance demanded movement stiffness in the conditions of their operation» on competition of a scientific degree of a Cand.Tech.Sci. on a specialty 05.23.11 - designing and building of roads, undergrounds, airdromes, bridges and transport tunnels

Keywords: Asphalt coverings, movement stiffness, plastic deformations, channel formation, polymer, temperature, the movement modes, demanded viscosity, structure blacktop, the mosaic structure, and modified asphalt.

Object of research. Asphalt coverings of highways in the conditions of their operation.

Research objective. Working out of a technique of a substantiation of requirements to movement stiffness and structure optimization asphalt coverings taking into account conditions of their operation.

Research methods. Experimentally-theoretical methods, physic mechanical and physical and chemical methods, a complex estimation, the comparative analysis, economic methods.

The received results and their novelty. Cumulative influence of suitably-climatic factors and a mode of movement of a transport stream on a kind of work asphalt coverings on conditions is established; it is developed a technique of a substantiation and definition of requirements to movement stiffness asphalt coverings; it is proved efficiency of application blacktop modified by polymer on a basis ethylene dependences of change of physic mechanical and operational properties from the maintenance of polymers are established.

Use degree. Results of the carried out research are used at the feasibility report on use improved asphalt road coverings at realization of the project of reconstruction of a highway Naryn-Torugart and at drawing up of annual plans of measures on repair and maintenances of the highways served ДЭП-1.

Scope. Maintenance movement stiffness asphalt coverings taking into account real is suitable-climatic also road and transport conditions.

Махмут Дурмаз

**ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВОВ И СТРУКТУРЫ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ
ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРЕБУЕМОЙ СДВИГОУСТОЙЧИВОСТИ
В УСЛОВИЯХ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Редактор С.Е. Аксененко

Подписано в печать 24.10.2011 г.

Формат 60 x 84 1/16. объем 1,0 уч.-изд.л.

Печать офсетная. Бумага офсетная.

Тираж 100 экз. Заказ № _____

720020, г. Бишкек, ул. Малдыбаева, 34, б
Кыргызский государственный университет
строительства, транспорта и архитектуры
им. Н.Исанова

