

УДК 625.77.043

Ахмедов К.М., канд. техн. наук, <https://orcid.org/0000-0001-8711-7663>ООО «АзВирт», г. Баку, Азербайджан

**ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД
МЕЖДУНАРОДНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ДЛЯ УСЛОВИЙ ЖАРКОГО
КЛИМАТА С УЧЕТОМ ВОЗРАСТАЮЩИХ НАГРУЗОК И ДВИЖЕНИЯ*****Анотация***

Введение. Сеть автомобильных дорог на сегодняшний день с учетом увеличивающегося числа автомобилей не обеспечивает эффективное функционирование автомобильного транспорта. Помимо этого происходит интенсивное разрушения конструкций дорожной одежды. Усугубляет эту ситуацию и региональные дорожно-климатические и грунтово-геологические условия Азербайджана. Поэтому вопрос об уточнении расчетных характеристик дорожных одежд нежесткого типа становится очень актуальным.

Проблематика. На сегодняшний день, несмотря на наличие исследований в этой области, комплексного целенаправленного анализа и обобщения в сфере проектирования, строительства и эксплуатации конструкций дорожных одежд нежесткого типа с учетом возрастающих нагрузок на грузонапряженных направлениях автомобильных дорог, в том числе международных, в условиях Азербайджана выполнено не было. Поэтому основное внимание необходимо уделить обоснованию рациональных конструкций дорожных одежд нежесткого типа с учетом выявления потенциальных возможностей грунтов и дорожно-строительных материалов, а также региональные особенности, в том числе природно-климатические условия страны.

Цель. Совершенствования методов проектирования дорожных одежд нежесткого типа на международных автомобильных дорогах с использованием концепции долговечных дорожных одежд с учетом региональных природно-климатических и грунтово-геологических условий Азербайджана в условиях интенсивно возрастающих нагрузок и движения.

Материалы и методы. Использовано дорожно-климатическое районирования территории Азербайджана с учетом метода расчетных (высоких) температур асфальтобетонных покрытий и распределения различных грунтов для строительства земляного полотна. Предложена методика расчета конструкций нежестких дорожных одежд с учетом высокой несущей способности уплотненных и армированных слоев земляного полотна. Сделано ранжирование конструкций дорожной одежды в зависимости от сроков службы.

Результаты. Полученные результаты при их реализации обеспечат экономию материальных, трудовых и энергетических ресурсов, позволят эффективно применять дорожные материалы и рекомендуются к применению проектировщиками в дорожных организациях. Также обоснована возможность повышения несущей способности существующих дорожных одежд международных автомобильных дорог.

Выводы. Разработанные принципиально новые решения для разработки конструкций дорожной одежды при проектировании международных автомобильных дорог. Это традиционные дорожные одежды, дорожные одежды с применением инновационных материалов и долговечные дорожные одежды. Основные результаты исследований и разработанные методы позволяют обеспечить возможность широкого внедрения новых технологических решений по повышению несущей способности слоев дорожной одежды нежесткого типа путем использования добавок в асфальтобетон, армирующих прослоек и местных материалов, а также позволят в дальнейшем приступить к обновлению нормативной базы в этом вопросе.

Ключевые слова: нежесткие дорожные одежды, дорожные одежды нежесткого типа, асфальтобетон, рациональные конструкции дорожных одежд, земляное полотно.

Введение

На международных автомобильных дорогах (МАД) растет количество автомобилей, соответственно увеличиваются и нагрузка на ось, и скорость движения транспортных средств. Специалисты-дорожники обращают внимание на эти особенности и поэтому проектируют и строят дороги под возрастающие нагрузки: от 11,5 до 13 т. Несмотря на внедрение ряда мероприятий по выявлению тяжеловесных сверхнормативных грузов, что перевозятся по дорогам страны, анализ интенсивности движения за последние 10 лет показывает, что из общего объема грузового движения на дорогах страны с перегрузом в 15-20% движется около 35 – 40% грузового транспортного потока, а с перегрузом в 20 – 40% – движется порядка 15 – 25% от общего количества тяжеловесных автотранспортных средств. Если учесть, что в транспортном потоке на дорогах страны грузовое движение составляет до 40%, то можно с уверенностью ожидать интенсивного разрушения конструкций нежестких дорожных одежд, даже спроектированных и успешно построенных согласно действующим нормам.

Существующая сеть дорог не обеспечивает эффективное функционирование автомобильного транспорта. Ситуация усугубляется низким техническим уровнем, недостаточной прочностью дорожных одежд и высокой степенью износа дорог, включенных в международную сеть, проходящих по территории стран постсоветского пространства.

Улучшение состояния и развитие МАД в странах постсоветского пространства – насущная необходимость. Ситуация в Азербайджанской Республике предоставляет уникальную возможность реализовать международные проекты в интересах своей страны и решить одну общую задачу – улучшение состояния и развитие дорожной сети на международных направлениях, что даст импульс развитию сотрудничества и интеграции с государствами ближнего и дальнего зарубежья [1].

Учет региональных условий и обоснование рациональных конструкций дорожных одежд нежесткого типа дает возможность улучшать прочность и долговечность дорог, увеличивать межремонтные сроки, а также снижать расходы на эксплуатацию автомобильных дорог, что в свою очередь приведет к уменьшению затрат на перевозку грузов и пассажиров.

Целью исследования являлось совершенствование методов проектирования дорожных одежд нежесткого типа международных автомобильных дорог на основе концепции долговечных дорожных одежд с учетом региональных природно-климатических и грунтово-геологических условий Азербайджана в условиях интенсивно возрастающих нагрузок и движения.

Необходимо также проанализировать расчетные характеристики асфальтобетона, используемые при расчете дорожных одежд нежесткого типа в условиях страны и разработать предложения по их уточнению.

Существенно то, что, несмотря на наличие исследований в этой области, до настоящего момента комплексного, целенаправленного анализа и обобщения в сфере проектирования, строительства и эксплуатации конструкций дорожных одежд нежесткого типа с учетом возрастающих нагрузок на грузонапряженных направлениях автомобильных дорог, в том числе международных, в условиях Азербайджана, выполнено не было. С учетом вышеизложенного, особое значение и высокую актуальность приобретает выбор и обоснование использования рациональных конструкций дорожных одежд нежесткого типа для реальных условий развития международных автомобильных дорог. [2].

В работе основное внимание уделено обоснованию рациональных конструкций дорожных одежд нежесткого типа с учетом влияния потенциальных возможностей грунтов и дорожно-строительных материалов на работу конструкций, а также региональные особенности, в том числе природно-климатические условия страны.

Выявлены особенности условий движения на автомобильных дорогах страны, предложен более широкий и строгий учет природно-климатических факторов, конструктивно-технологических решений, при этом обоснованы максимальные возможности использования местных дорожно-строительных материалов, что позволяет выбирать оптимальную стратегию, учитывающую все факторы при расчете и конструировании дорожных одежд нежесткого типа в условиях Азербайджана.

На этой основе разработаны рекомендации по назначению рациональных конструкций дорожных одежд нежесткого типа, особенно верхних слоев, которые должны отвечать требованиям возрастающих нагрузок на ось автомобиля и интенсивности движения транспорта.

Не подлежит сомнению, что тенденция увеличения количества автотранспортных средств продолжится в последующие годы, и поэтому приоритетным направлением развития дорожной сети автомобильных дорог в стране остается реконструкция существующих и строительство новых международных автомобильных дорог и, в первую очередь, конструкций дорожных одежд.

Для работы дорожных одежд с органическими вяжущими большое значение имеет влияние высоких температур, а также перепад температур (разница между максимальными и минимальными значениями). Последний фактор важен с точки зрения температурного трещинообразования, как при нежестких дорожных одеждах, так и при жестких. Исходя из этого, автор детально районировал территорию Азербайджана в зависимости от среднегодовых температурных и других характеристик, учитывая широкий диапазон температурного режима нагрева асфальтобетонного покрытия и изменения погодно-климатического фактора по высоте и на этой основе, предложил вертикальное дорожно-климатическое районирование страны [3].

Районирование детализировано по принципу распространения грунтов и с учетом влияния высоких температур, обобщены конкретные данные местных метеостанций, проведены замеры непосредственно на сети автомобильных дорог (республиканского значения и на международных маршрутах). Анализ метеорологических и грунтовых условий позволил провести границы подзон по распространению грунтов и высоких температур покрытия для региона [8].

С использованием данных гидрометеорологических станций на территории Азербайджанской Республики, охватывающие последние 60 лет, произведен анализ и исследование основных природно-климатических факторов, влияющих на работу грунтов земляного полотна и слоев конструкций нежестких дорожных одежд.

На основании проведенных исследований и анализа многолетних климатических данных на территории Азербайджана выделено 3 дорожно-климатические зоны - III, IV и V (таблица 1), которые рекомендуются для установления расчетных характеристик грунтов земляного полотна и расчетных температур асфальтобетонных покрытий.

Таблица 1

Характеристики дорожно-климатических зон и районов Азербайджана

Параметры	Дорожно-климатические зоны						
	III		IV			V	
	Дорожно-климатические районы						
	IIIa	IIIб	IVa	IVб	IVв	Va	Vб
Высота над уровнем моря, м	500÷1000	23÷800	700÷1000	300÷3600	2÷800	28÷200	22÷100
Абсолютная максимальная температура воздуха, °C	33,4	36,4	37,5	41,8	35,0	42,2	39,8

Одновременно выделено 7 дорожных районов, в частности в ДКЗ III-IIIa и IIIб; ДКЗ IV-IVa, IVб и IVв, и ДКЗ V-Va и Vб. Дорожный район представляет собой генетически однородную территорию, характеризующую типичными, свойственными только ей климатом, геологией, рельефом местности, внутри которой однотипные дорожные конструкции, в сходных грунтово-гидрологических условиях должны характеризоваться примерно одинаковой прочностью [4].

Таблица 2

Характеристики дорожно-климатических зон Азербайджана

Дорожно-климатические зоны	Тип климата	Температура, °С				Продолжительность жаркого периода года, мес.	Количество осадков, мм			Число дней в году со снегом	Число дней в году с дождем
		Среднегодовая	Максимальная (июль, август)	Минимальная (декабрь, январь)	Годовое		Холодный период	Теплый период			
I/IV	Умеренно-теплые полупустыни и сухие степи	Более 14	45	-18 ... -24	Более 5	200...300	100	100...200	До 70	До 20	
II/IV	Умеренно-теплые	10...14	42	-26	До 5	300...400	До 100	200...300	До 90	До 40	
III/III	Холодные полупустыни и степи	6...10	Не более 40	Ниже -30	Более 5	500-1600	До 400	До 1200	До 50	Более 60	

Примечание: мислитель-номер зоны по автору; знаменатель-номер зоны по дорожно-климатическому районированию (ДКР) СССР [113]

По проф. А.М. Алиеву деформационная устойчивость покрытия адекватна относительной прочности при температурах в интервале от 50 до 75°С, что достаточно для предотвращения образования на асфальтобетонном покрытии деформаций пластического характера в соответствии с температурно-климатическими условиями трех зон [5].

В условиях жаркого климата существует два температурных режима, определяющих работу в нормально и экстремальных условиях. Один, при высокой температуре, когда асфальтобетон переходит в высокотекучее состояние, и воздействие нагрузок на него приводит к развитию необратимых деформаций, другой – теплый, с минимальным количеством осадков [6].

Существенное значение для работы дорожных одежд с усовершенствованными покрытиями имеет температурный режим. В связи с этим традиционное дорожно-климатическое районирование дополнено районированием по эксплуатационно-температурным условиям работы асфальтобетонного покрытия и других покрытий с органическими вяжущими.

В работе проанализированы расчетные характеристики асфальтобетона, используемого при расчете дорожных одежд нежесткого типа в условиях страны и разработаны предложения по их уточнению.

Среднегодовое количество осадков, температура воздуха (°С), направления господствующих ветров показаны на рисунке 1.

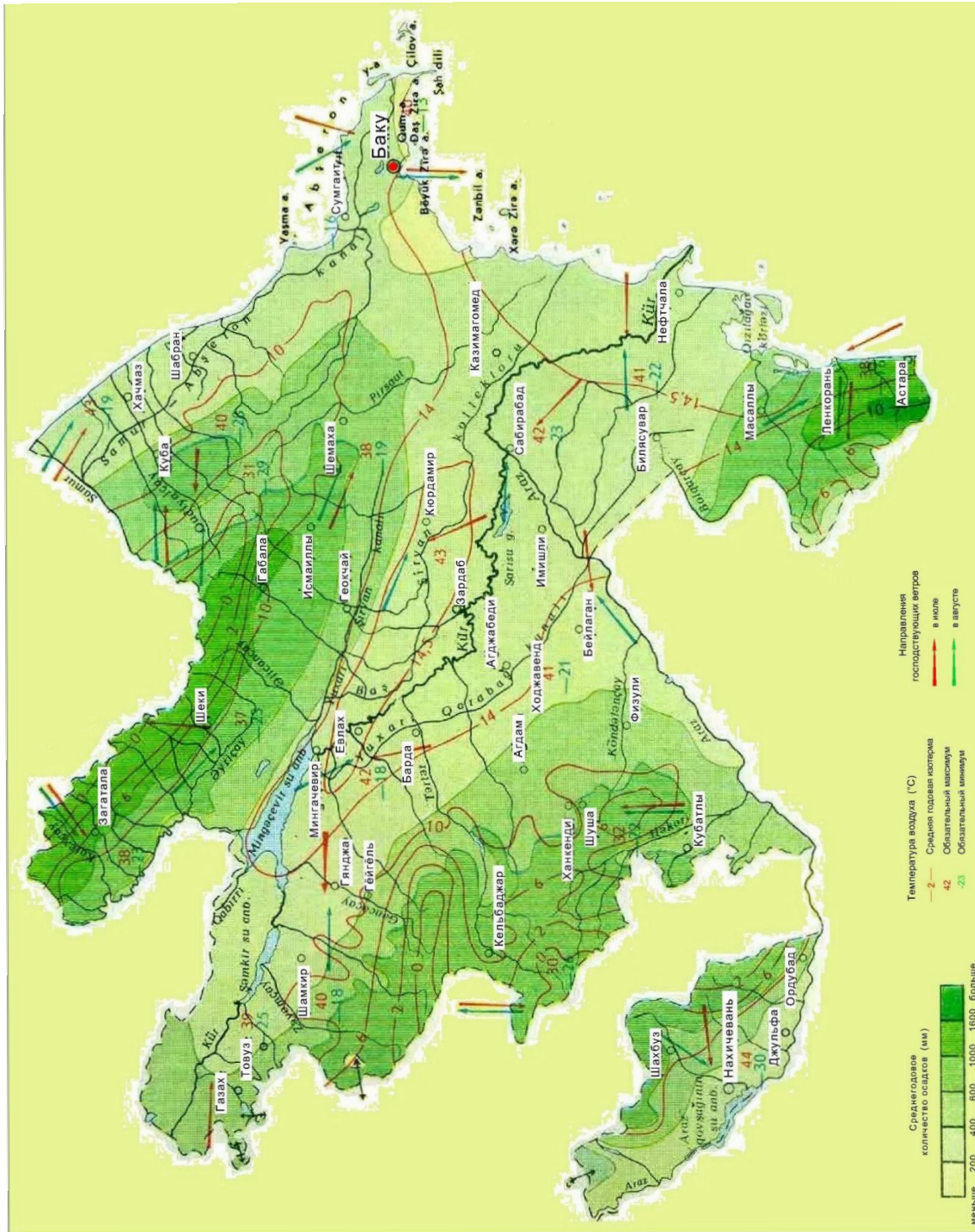


Рисунок 1 – Среднегодовое количество осадков, температура воздуха (°С), направления господствующих ветров

Высокотемпературный режим приходится в основном на самый жаркий месяц - июль, средняя температура которого равна или превышает 30°C, а абсолютный максимум может достигнуть в тени 40° и более. В этот период температура покрытия поднимается до 60 – 75°C, что приводит к изменению свойств асфальтобетона, который отчетливо фиксируется при температуре выше 40°C. Длительное действие такой температуры совместно с транспортными нагрузками может привести к его разрушению. ГОСТ 9128-2013 независимо от климатических условий устанавливает одну высокую расчетную температуру +50°C, при которой в лаборатории определяют деформационную устойчивость асфальтобетона. Однако эта температура не учитывает всего многообразия климатических условий нашей страны, т.к. в условиях Азербайджанской Республики максимальные критические температуры, опасные для возникновения сдвиговых деформаций, для различных районов республики составляют 60-70°C.

Для выявления температурного режима асфальтобетонных покрытий Баку в зависимости от температуры воздуха были проведены натурные наблюдения за суточным температурным режимом асфальтобетонных покрытий (с использованием метеорологических сведений по ст. Баку), были определены величины солнечной радиации и данные, относящиеся к поверхности почвы. Наблюдения проводились с августа 1983 г. по август 2013 г. (в течение 30 лет).

Для определения высокой расчетной температуры асфальтобетонного покрытия и определения зависимости от климатических условий автором и другими исследователями региона за основу был принят метод проф. Я.Н. Ковалева. Данный метод основан на анализе радиационного и теплового баланса дорожного покрытия. Предложенная формула выражает высокую расчетную температуру асфальтобетонного покрытия в зависимости от различных факторов, характерных для данных климатических условий. Достаточно высокая погрешность при определении коэффициента опытным путем или с помощью эмпирической формулы, обусловила необходимость поиска более точного и упрощенного метода [7].

Обобщение имеющихся данных по температурным режимам воздуха и покрытий в каждом дорожно-климатическом районе позволило автору предложить новую эмпирическую зависимость для определения расчетной температуры покрытия

$$t_n = (t_B / t_0)^n - kH + b, \tag{1}$$

где t_n – расчетная температура покрытия; °C;

t_B – расчетная (максимальная) температура воздуха °C; $t_0 = 1^\circ\text{C}$;

H – высота объекта над уровнем моря, м,

n – корректирующий безразмерный коэффициент;

k – коэффициент влияния высоты H над уровнем моря, равный $k=0,0021^\circ\text{C}/\text{m}$;

b – температурная поправка, которая равна $b=25^\circ\text{C}$.

Параметры этой формулы для дорожно-климатических районов Азербайджана приведены в таблице 3.

Таблица 3

Дорожно-климатический район	IIIa	IIIб	IVa	IVб	IVв	Va	Vб
Расчетная (максимальная) температура воздуха, t_B , °C	33,4	36,4	37,5	42,2	35	43,2	39,8
Коэффициент, n	1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,06	1,09
Расчетная температура асфальтобетонного покрытия, °C	50	65	65	70	60	75	75

По нашим наблюдениям в условиях региона для работы следует принимать t не менее 60°C (70°C) и модуль упругости не более 400 МПа.

Проведенные расчеты в соответствии с ранее приведенной формулой показывают, что расчетная температура асфальтобетонных покрытий, например, для Баку составляет 62°C . При этой температуре покрытия работают в течение 22 дней, а в Кюрдамире, Евлахе, Нахичевани температура асфальтобетонных покрытий достигает 70°C .

Выбор высокой расчетной температуры асфальтобетонных покрытий будет способствовать повышению сдвигоустойчивости покрытия при высоких температурах, а при низких температурах - принятию мер по повышению трещиностойкости.

В основу развития дорожно-климатического районирования региона положены факторы температурного режима воздуха и покрытия, характер засоления используемых грунтов и условия распространения различных грунтов на территории региона.

Выполнено районирование территории страны по грунтовым условиям [8]. Изучено влияние относительной влажности, плотности и содержания солей в земляном полотне. Определена зависимость модуля упругости от расстояния поверхности земляного полотна от уровня грунтовых вод и относительной влажности. Получена зависимость сцепления и угла внутреннего трения от расстояния уровня грунтовых вод до верха земляного полотна.

От точности исходных данных по грунтам земляного полотна, в частности, по расчетной влажности грунтов, назначаемой при проектировании, зависят конструкция и толщина дорожной одежды, и в конечном итоге ее долговечность.

На основе статистической обработки полученных на метеостанциях и дорогах данных наблюдений, приведены средние значения влажности грунтов (табл. 4), используемых для возведения рабочего слоя земляного полотна в конкретных дорожно-климатических районах Азербайджана, которые используются для определения расчетной влажности грунта рабочего слоя

Таблица 4

Среднее значение влажности грунтов

Дорожно-климатические зоны и районы	Тип местности по условиям увлажнения	Среднее значение влажности W грунта, доли от W_t			
		Супесь	Песок пылеватый	Суглинок легкий и тяжелый	Супесь пылеватая, суглинок пылеватый
1	2	3	4	5	6
IIIa	1	0,55	0,57	0,59	0,63
	2-3	0,57	0,61	0,62	0,67
IIIб	2-3	0,53	0,58	0,60	0,65
IVa	1	0,53	0,55	0,56	0,60
	2-3	0,56	0,58	0,59	0,64
IVб	1	0,53	0,54	0,55	0,59
	2-3	0,57	0,57	0,58	0,63
IVв	1	0,52	0,54	0,55	0,58
	2-3	0,54	0,56	0,57	0,62
Va	1	0,52	0,53	0,54	0,57
	2-3	0,55	0,56	0,57	0,60
Vб	1	0,50	0,52	0,52	0,56
	2-3	0,53	0,55	0,56	0,59

Примечание: Средние значения влажности W грунта в таблице увеличиваются для условий засоления на: 5% при содержании солей до 7%; 7% при содержании солей 7-10%

Используя ранее полученные корреляционные зависимости механических характеристик глинистых от относительной влажности для грунтово - геологических условий Азербайджана, получены расчетные характеристики модуля упругости, угла внутреннего трения и удельного сцепления глинистых грунтов применительно к расчету дорожных одежд нежесткого типа (таблица 5).

Таблица 5

Расчетные деформативные и прочностные характеристики грунтов

Грунт	Обозначение и измеритель	Расчетные значения характеристик при влажности грунта, доли от W_T					
		0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75
Супесь легкая	$E_{гр}$, МПа	72	63	57	55	52	48
	$\varphi_{гр}$, град	36	36	35	35	35	35
	$C_{гр}$, МПа	0,014	0,014	0,014	0,013	0,012	0,012
Песок пылеватый	$E_{гр}$, МПа	96	90	84	78	72	66
	$\varphi_{гр}$, град	38	38	37	37	36	35
	$C_{гр}$, МПа	0,026	0,024	0,022	0,018	0,014	0,012
Суглинок легкий и тяжелый	$E_{гр}$, МПа	104	88	70	52	43	35
	$\varphi_{гр}$, град	33	29	26	22	18	16
	$C_{гр}$, МПа	0,042	0,034	0,030	0,026	0,020	0,015
Супесь пылеватая, суглинок пылеватый	$E_{гр}$, МПа	108	90	72	54	46	38
	$\varphi_{гр}$, град	32	27	24	21	18	15
	$C_{гр}$, МПа	0,045	0,036	0,030	0,024	0,016	0,013

В процессе исследований земляного полотна из грунтов автором установлено, что при всех его типах - в насыпях, выемках, нулевых местах и полунасыпях-полувыемках слой грунта толщиной 20...30 см непосредственно под дорожной одеждой в большинстве случаев имеет коэффициент уплотнения близкий к 0,92...0,95, что соответствует данным других исследователей, которые проводили опыты ранее в условиях региона.

Наблюдения, выполненные автором, показали, что засоление грунтов земляного полотна до 7,0 % не оказывают вредного воздействия на прочность и устойчивость земляного полотна при наличии водонепроницаемых покрытий. Наоборот, на автомобильных дорогах, не имеющих асфальтобетонного покрытия или покрытия из битумосодержащих пород, засоление грунта в земляном полотне существенно влияет на состояние дороги, резко ухудшая ее транспортно-эксплуатационные показатели.

С целью совершенствования в дальнейшем норм проектирования и проектных решений по назначению конструкций земляного полотна и разработки рациональных конструкций дорожных одежд необходимо учитывать предложенное вертикальное дорожно-климатического районирование региона с учетом его влияния на показатели грунтов по высоте.

Практическую значимость полученных результатов составляют:

- вертикальное дорожно-климатическое районирование Азербайджана;
- дифференциация расчетной влажности грунтов земляного полотна и методы ее определения, уточнение деформативных и прочностных показателей грунтов и материалов с применением органических вяжущих с учетом высокой расчетной температуры покрытий;

– конструктивно-технологические решения, которые обеспечивают повышение надежности и долговечности нежестких дорожных одежд, особенно верхних слоев покрытия, в условиях страны с учетом перспективного роста осевых нагрузок и концепции долговечных дорожных одежд.

При разработке конструкций нежестких дорожных одежд учтен рост нагрузок на ось автомобильного транспорта не менее 13 тонн, местные природно-климатические условия, использование современных дорожно-строительных материалов, в том числе стабилизирующих и улучшающих добавок в асфальтобетонные смеси и битум, геотекстильных материалов и георешеток. [9]

По результатам проведенных в большом объеме лабораторных экспериментальных исследований установлены закономерности длительной прочности лессовых просадочных грунтов при их различных исходных состояниях влажности и плотности.

Применение разработанных методов расчета устойчивости лессовых оснований земляного полотна, а также рекомендованных инженерных противопросадочных мероприятий позволяют обеспечить устойчивость и эксплуатационную пригодность земляного полотна, увеличить межремонтные сроки, и в итоге повысить экономичность проектирования и строительства земляного полотна на лессовых грунтах.

При оптимальном увлажнении верхнего слоя земляного полотна из лессовых грунтов и его уплотнении различными катками, в том числе комбинированными, можно добиться коэффициента уплотнения верхнего слоя до 1,025, что дает возможность принимать верхний слой земляного полотна, устроенного из лессового грунта в расчет как нижний конструктивный слой основания дорожной одежды.

От точности исходных данных по грунтам земляного полотна, в частности, по расчетной влажности грунтов, назначаемой при проектировании, зависит конструкция и толщина дорожной одежды, и в конечном итоге ее долговечность.

При проектировании дорожных одежд МАД автор рекомендует иерархический подход к назначению расчетной влажности грунтов земляного полотна в зависимости от категории, проектируемой международной автомобильной дороги и метода прогнозирования расчётной влажности грунтов.

Пример:

- слой износа из высокопористой дренирующей смеси или ЩМА,
- покрытие из плотной асфальтобетонной смеси на полимерно-битумном вяжущем,
- промежуточный слой из плотной смеси на битуме высокой вязкости,
- нижний слой асфальтобетона с таким же зерновым составом и битумом, как и промежуточный, но с более высоким содержанием битума.

В такой конструкции покрытие и промежуточный слой обеспечивают сдвигоустойчивость при высоких летних температурах, а плотный нижний слой с повышенным содержанием битума обеспечивает сопротивление усталостному разрушению.

Общее правило состоит в том, что нежесткие дорожные одежды с большой продолжительностью жизни могут иметь трещины и колею только в верхнем заменяемом слое.

Существующая методика проектирования дорожной одежды, модули упругости, слоев которой убывает сверху вниз, не позволяет производить расчет дорожной одежды, если изменение их свойств (модулей упругости) происходит по другим законам. Для долговечных дорожных одежд закономерность изменения модулей упругости такова, что промежуточный слой покрытия, являясь несущим слоем, может иметь более высокий модуль упругости, чем верхний и нижний слои.

С позиции реализации концепции долговечных дорожных одежд конструирование следует осуществлять с учетом характера напряженно-деформированного состояния конструктивных слоев дорожной одежды. В настоящее время имеются апробированные конструкции дорожной одежды, устойчивые к усталостному разрушению, у которых модуль упругости самого нижнего слоя асфальтобетона больше чем у слоя, расположенного над ним.

В результате проведенных исследований автор предложил в зависимости от срока службы T_{cl} три типа принципиальных решений конструкций дорожных одежд для проектирования международных автомобильных дорог:

- традиционные дорожные одежды ($T_{cl} = 10-15$ лет);
- дорожные одежды с применением инновационных материалов ($T_{cl} = 15-25$ лет);
- долговечные дорожные одежды ($T_{cl} = 40-50$ лет).

Для традиционных дорожных одежд используются широко распространенные материалы - высокоплотные, а также плотные асфальтобетоны типов А и Б для верхнего слоя покрытия, плотные и пористые асфальтобетоны для нижнего слоя покрытий и оснований на традиционных битумах. При приготовлении смесей для устройства оснований могут широко использоваться вяжущие из местных битумосодержащих пород, широко распространенных в Азербайджане.

Долговечные дорожные одежды более устойчивы к усталостному разрушению, поскольку модуль упругости и прочность на растяжение при изгибе самого нижнего слоя асфальтобетона больше чем у слоя, расположенного над ним.

Проведенные теоретические и лабораторные исследования, опытно-технологические и внедренческие работы позволяют представить следующие итоговые выводы:

1. Теоретически обоснована возможность повышения несущей способности существующих дорожных одежд международных автомобильных дорог за счет увеличения сопротивляемости растяжению при изгибе нижних слоев покрытия и слоев основания, повышения сдвигоустойчивости грунтов земляного полотна .

2. Выполнено дорожно-климатическое районирование территории Азербайджана с учетом расчетных (высоких) температур асфальтобетонных покрытий и распространения различных грунтов для возведения земляного полотна (в том числе засоленных и лессовых), что позволяет повысить точность расчетов при конструировании дорожных одежд, воспринимающих тяжелые транспортные нагрузки, характерные для МАД (11,5 и 13,0 тонн на ось).

3. Предложена новая методика расчета конструкций нежестких дорожных одежд, учитывающая высокую несущую способность уплотненных и армированных слоев земляного полотна и основания, обеспечивающую высокий модуль упругости нижних слоев, воспринимающих максимальные растягивающие напряжения от действия тяжелого транспорта на МАД .

4. Усовершенствована нормативная база для проектирования и строительства международных автомобильных дорог, что обеспечивает возможность широкого внедрения новых технических решений по повышению несущей способности слоев дорожной одежды нежесткого типа путем использования добавок в асфальтобетон, армирующих прослоек и местных материалов (битуминозных песков, засоленных лессовых грунтов) .

5. На основе проведенных опытно-технологических работ, мониторинга и диагностики МАД, эксплуатирующихся под интенсивной транспортной нагрузкой, сделано ранжирование конструкций нежестких дорожных одежд в зависимости от сроков службы для различных дорожно-климатических районов Азербайджанской Республики.

Рекомендованы следующие принципиальные решения для разработки конструкций дорожных одежд при проектировании международных автомобильных дорог: традиционные

дорожные одежды; дорожные одежды с применением инновационных материалов; долговечные дорожные одежды.

Выполнено технико-экономическое обоснование применения новых конструкций нежестких дорожных одежд и проведена оценка их эффективности, что позволило обоснованно внедрить их в практику строительства МАД на территории Азербайджанской Республики.

Результаты исследований рекомендуются к использованию в организациях, занимающихся проектированием и строительством международных автомобильных дорог Азербайджанской Республики, что позволит эффективно применять местные материалы и обеспечить экономию материальных, энергетических и трудовых затрат.

Основные положения исследований, выводы и рекомендации использованы при разработке и внедрении более шести отраслевых нормативно-технических документов, стандартов, рекомендаций и изобретений.

Приведенные нормативные документы позволяют осуществлять широкое внедрение разработок.

Список литературы

1. Ахмедов К.М., Каримов Б.Б. Международные автомобильные дороги. Москва, 2013. 398 с.
2. Ахмедов К.М. Современные конструкции дорожных одежд: (для условий Азербайджана). Москва, 2012. 287 с.
3. Ахмедов К.М. Изучение особенностей погодно-климатических факторов для разработки вертикального дорожно-климатического районирования Азербайджана. *Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета*. N 1 (36). Москва, 2014. С. 87–89.
4. Алекперов М.М., Н.М. Гараисаев, Ахмедов К.М. Дорожно-климатическое районирование Азербайджана. *Автомобил. дороги*. Москва, 1989. N 2. С. 24–25.
5. Алиев А.М. Строительство автомобильных дорог и аэродромов: Учебник. Баку, 2007. 624 с.
6. Ахмедов К.М. Исследование температурных режимов и способов улучшения асфальтобетонных покрытий. *Вестник Брестского государственного технического университета. Строительство и архитектура*. Брест, 2017. N 1 (103). С. 121-124.
7. Ахмедов К.М., Яромко В.Н. Районирование территории Азербайджана по температурному режиму покрытия. *Автомобильные дороги и мосты*. Минск, 2017. N 2 (20). С. 7–13.
8. Ахмедов К.М. Изучение особенностей применения местных грунтов для возведения земляного полотна в условиях Азербайджанской Республики. *Наука и техника в дорожной отрасли*. Москва, 2013. N 4. С. 25–27.
9. Ахмедов К.М. Конструкции нежестких дорожных одежд для международных дорог в условиях нарастающих нагрузок (для условий Азербайджана). LAP Lambert Academic Publishing. Германия, 2014. 100 с.

REFERENCES

1. Akhmedov K.M., Karimov B.B. Mezhdunarodnye avtomobylnye dorohy (International highways). Moscow, 2013. 398 p. [in Russia].
2. Akhmedov K.M. Sovremennyye konstruktssyy dorozhnykh odezhd: (dlya uslovyi Azerbaidzhana) (Up-to-date pavement designs: (for the conditions of Azerbaijan)). Moscow, 2012. 287 p. [in Russia].

3. Akhmedov K. Studying the features (characteristics) of the weather and climatic factors for developing vertical road-climatic zoning. *Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta*. Moscow, 2014. N. 1 (36). P. 87–89. [in Russia]
4. Alekperov M.M., N.M. Haraisaiev, Akhmiedov K.M. Dorozhno-klimaticheskoe raionirovanie Azierbaidzhana (Road-climatic zoning of Azerbaijan). *Avtomobil'nye dorogi*. Moscow, 1989. N. 2. P. 24–25. [in Russia]
5. Alyev A.M. Stroytelstvo avtomobyl'nykh doroh y aerodromov (Construction of highways and airfields): Textbook. Baku, 2007. 624 p. [in Azerbaijan].
6. Akhmedov K.M. Research of temperature conditions and ways of improvement of asphalt concrete coverings. *Repository of Belarusian National Technical University. Construction and architecture*. Brest, 2017. N.1 (103). P. 121–124. [in Belarus].
7. Akhmiedov K.M., Yaromko V.N. Zoning of the territory of Azerbaijan on the temperature condition of asphalt pavement. *Avtomobilnye dorogi y mosty*. Minsk 2017. N. 2 (20). C. 12–15. [in Belarus].
8. Akhmiedov K.M. Izucheniie osobiennostiei primieneniia miestnykh hruntov dlia vozviedeniia ziemlianoho polotna v usloviiah Azierbaidzhanskoi Riespubliki. *Nauka i tehnika v dorozhnoj otrasli*. Moscow, 2013. N. 4. P. 25–27. [in Russia].
9. Akhmedov, K.M. Non-rigid pavement designs for international roads in conditions of increasing loads (for Azerbaijan). LAP Lambert Academic Publishing. Germany, 2014. 100 p. [in Germany]

Kakhraman Akhmedov, Ph.D., <https://orcid.org/0000-0001-8711-7663>
«AzVirt» Ltd., Baku, Azerbaijan

**FUNDAMENTALS OF THE DESIGN OF NON-RIGID ROAD PAVEMENTS OF
INTERNATIONAL HIGHWAYS FOR HOT CLIMATE CONDITIONS TAKING INTO
ACCOUNT GROWING LOADS AND TRAFFIC**

Abstract

Introduction. The road network today, due to the increasing number of vehicles, does not ensure the effective operation of road transport. In addition, intensive destruction of pavement design occurs. The regional road-climatic and soil-geological conditions of Azerbaijan aggravate this situation. Therefore, the issue of specifying the design characteristics of the road pavements of a non-rigid type becomes very relevant.

Problem statement. Today, despite the availability of research in this area, no comprehensive, focused analysis and synthesis in the design, construction and operation of non-rigid pavement design area and taking into account the increasing loads on traffic volume direction of highways, including the international ones, in Azerbaijan, was performed. Therefore, the main focus should be placed on the justification of rational non-rigid pavement designs and taking into account the identification of potential possibilities of soils and road building materials for the structure operation, as well as regional features, including the natural and climatic conditions of the country.

Purpose. Improvement of the methods for designing the non-rigid pavements on international highways using the concept of durable pavements and taking into account the regional climatic and soil-geological conditions of Azerbaijan in conditions of increasing loads and traffic volume.

Materials and methods. The road-climatic zoning of the territory of Azerbaijan taking into account the method of the design (high) temperatures of asphalt pavements and the distribution of

various soils for the construction of the subgrade was used. A technique for calculating the non-rigid pavement design taking into account the high bearing capacity of compacted and reinforced layers of the subgrade is proposed. The ranking of pavement designs depending on the service life is carried out.

Results. The obtained results, providing their implementation, will promote savings of material, labor and energy resources, allow the effective using of road materials; and these results are recommended for the use by the designers in road organizations. The possibility of increasing the bearing capacity of existing pavements of international highways is also justified.

Conclusions. Fundamentally new solutions for the development of pavement structures during the design of international highways were developed. These are traditional pavement, pavement with the use of the innovative materials and durable pavement.

The main research results and the developed methods will allow providing the possibility of a widely introduction of the new technological solutions to increase the bearing capacity of non-rigid pavement layers by using the additives in asphalt, reinforcing interlayers, as well as using the local materials, and thereby allowing further updating of the normative base in this issue.

Key words: non-rigid pavements, asphalt concrete, rational pavement designs, subgrade.

Ахмедов К.М., канд. техн. наук, <https://orcid.org/0000-0001-8711-7663>
ТОВ «АзВірт», м. Баку, Азербайджан

ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ НЕЖОРСТКОГО ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ МІЖНАРОДНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ ДЛЯ УМОВ ЖАРКОГО КЛІМАТУ З УРАХУВАННЯМ ЗБІЛЬШЕННЯ НАВАНТАЖЕННЯ ТА РУХУ

Анотація

Вступ. Мережа автомобільних доріг на сьогоднішній день з урахуванням збільшення числа автомобілів не забезпечує ефективне функціонування автомобільного транспорту. Крім цього відбувається інтенсивне руйнування конструкції дорожнього одягу. Посилюють цю ситуацію і регіональні дорожньо-кліматичні і ґрунтово-геологічні умови Азербайджану. Тому уточнення розрахункових характеристик дорожніх одягів нежорсткого типу стає дуже актуальним.

Проблематика. На сьогоднішній день незважаючи на наявність досліджень у цій області комплексного, цілеспрямованого аналізу і узагальнення в сфері проектування, будівництва і експлуатації конструкцій дорожніх одягів нежорсткого типу, з урахуванням зростаючих навантажень на автомобільні дороги, в тому числі міжнародні, в умовах Азербайджану, виконано не було. Тому основну увагу необхідно приділити обґрунтуванню раціональних конструкцій дорожніх одягів нежорсткого типу, з урахуванням виявлення потенційних впливів ґрунтів і дорожньо-будівельних матеріалів на роботу конструкцій, а також регіональні особливості, в тому числі природно-кліматичні умови країни.

Мета. Вдосконалення методів проектування дорожніх одягів нежорсткого типу на міжнародних автомобільних дорогах з використанням концепції довговічних дорожніх одягів з урахуванням регіональних природно-кліматичних і ґрунтово-геологічних умов Азербайджану в умовах інтенсивно зростаючих навантажень і руху.

Матеріали та методи. Використано дорожньо-кліматичне районування території Азербайджану з урахуванням методу розрахункових (високих) температур асфальтобетонних покриттів і розподілу різних ґрунтів для будівництва земляного полотна. Запропоновано методику розрахунку конструкцій нежорстких дорожніх одягів, з огляду на високу несну

здатність ущільнених і армованих шарів земляного полотна. Зроблено ранжування конструкції дорожнього одягу в залежності від термінів служби.

Результати. Отримано результати, при їх реалізації, вони забезпечать економію матеріальних, трудових і енергетичних ресурсів, дозволять ефективно застосовувати дорожні матеріали і рекомендуються до застосування проектувальниками в дорожніх організаціях. Також обґрунтовано можливість підвищення несної здатності існуючих дорожніх одягів міжнародних автомобільних доріг.

Висновки. Розроблено принципово нові рішення для розробки конструкцій дорожнього одягу при проектуванні міжнародних автомобільних доріг. Це традиційні дорожні одяги, дорожні одяги із застосуванням інноваційних матеріалів і довговічні дорожні одяги.

Основні результати досліджень і розроблені методи дозволяють забезпечити можливість широкого впровадження нових технологічних рішень щодо підвищення несної здатності шарів дорожнього одягу нежорсткого типу шляхом використання добавок в асфальтобетон, армувальних прошарків і місцевих матеріалів, а також дозволять в подальшому приступити до оновлення нормативної бази в цьому питанні.

Ключові слова: нежорсткі дорожні одяги, дорожні одяги нежорсткого типу, асфальтобетон, раціональні конструкції дорожнього одягу, земляне полотно.