

УДК 625.84

**Терегулова Э.Р.** – кандидат физико-математических наук, старший преподаватель  
E-mail: teregul@yandex.ru**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**  
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

### **Перспективы применения жестких дорожных одежд при строительстве автомобильных дорог и аэродромов, и проблемы их конструирования и расчета**

#### **Аннотация**

В условиях стремительного увеличения интенсивности движения, развития автомобилестроения, самолетостроения возрастают нагрузки на покрытия автомобильных дорог и аэродромов. Поэтому современные дорожные и аэродромные покрытия должны обладать хорошими эксплуатационными показателями и быть довольно экономичными. И сегодня, как никогда, актуальными вопросами современного строительства являются вопросы улучшения конструкций жестких дорожных одежд и совершенствования методов их расчета. Кроме того, проектировщик должен отслеживать и инновации в строительстве – применять новые материалы и соответственно новые технологии.

**Ключевые слова:** жесткие покрытия автомобильных дорог и аэродромов, расчет и конструирование жестких дорожных одежд.

#### **Введение**

Постоянный рост интенсивности движения на автомобильных дорогах, нагрузок на ось автомобиля, использование шипованной резины сводит к нулю все усилия и затраты на строительство и ремонт дорог с покрытиями из асфальтобетона. В Европе уже давно наиболее грузонапряженные автомагистрали строят с цементобетонными покрытиями, к тому же там уже давно поняли, что даже непрерывно армированные цементобетонные покрытия получаются в итоге более экономичными, чем асфальтобетонные. Неоспоримые преимущества цементобетонных покрытий подтверждает тот факт, что все покрытия аэродромов высокой категории цементобетонные [4]. В нашей же стране почти все автомагистрали имеют асфальтобетонные покрытия (98 %); хотя, по данным ГП РосдорНИИ [4, 5, 10], сроки их службы даже на федеральных дорогах в несколько раз ниже установленных действующими нормами (5-7 лет). В развитых же странах мира удельный вес жестких дорожных одежд составляет 35-42 %; средний фактический срок службы этих покрытий – 25-26 лет.

Первая часть статьи носит обзорный характер: обзор посвящен проблемам и перспективам применения жестких дорожных одежд в нашей стране; вторая часть имеет больше научно-исследовательскую направленность; третья часть – это предложение по совершенствованию методов расчета жестких дорожных одежд.

#### **1. Проблемы и перспективы применения жестких дорожных одежд**

В недалеком будущем цементобетонные покрытия должны стать наиболее распространенными во всем мире. Преимущества их неоспоримы: сроки службы цементобетонных покрытий в несколько раз превышают сроки службы асфальтобетонных (в 2-3 раза), в то время как строительная стоимость их лишь на 10-12 % выше стоимости асфальтобетонных покрытий; они более прочны и долговечны; они более водонепроницаемы, имеют большое трение скольжения, меньшее сопротивление качению колес; они светлые, поэтому более приятны для глаз, и создают меньше шума при движении автомобилей. Кроме того, распространению жестких дорожных одежд способствует появление современных прогрессивных технологий, обеспечивающих быстрые темпы строительства.

Конечно, у цементобетонных покрытий есть ряд недостатков, сдерживающих их широкое применение, которые, однако, как будет показано ниже, можно легко

преодолеть. Основные недостатки этого типа покрытий: наличие деформационных швов, через которые просачивается вода, и, как результат, образование большого количества трещин; разрушение верхнего слоя бетона – его «шелушение».

После 80-х годов двадцатого века в нашей стране перестали строить армированные цементобетонные покрытия и преднапряженные покрытия (хотя это два эффективных способа уменьшить количество или же полностью устранить деформационные швы, и, соответственно, в разы снизить количество трещин). Между тем в Германии и сегодня строят преднапряженные бетонные покрытия, в Канаде строят армированные стальной арматурой цементобетонные покрытия.

К началу 21-го века покрытия на многих аэродромах России исчерпали заложенный в них прочностной ресурс (20-40 лет) и начали интенсивно разрушаться. Это естественно, поскольку возросли нагрузки – они стали нерасчетными (увеличились взлетные массы воздушных судов; возросла интенсивность полетов). Немаловажную роль также сыграли следующие факторы: нарушение водно-теплового режима грунтов, нарушения в работе дренажных и водоотводных систем; а в некоторых случаях низкий уровень строительных работ [6]. Также на долговечность цементобетонных покрытий влияют такие факторы, как качество применяемых материалов, точное соблюдение проектных решений и их адекватность, соблюдение технологии укладки и обеспечение надлежащего ухода за твердеющим цементобетонном, а так же соблюдение режима эксплуатации.

Лаборатория технологии строительства цементобетонных покрытий СоюздорНИИ ведет активную работу в плане повышения долговечности и прочности жестких дорожных одежд для возможности широкого их использования в нашей стране. На сегодняшний день найден ряд перспективных направлений [4]:

1. Использование высокопрочных бетонов. Исследования, проведенные [7], показывают, что, увеличив класс бетона с 4,0 МПа до 6-7,5 МПа, можно снизить толщину однослойного цементобетонного покрытия на 30-40 %. Поэтому строительство однослойных покрытий из высокопрочного бетона не только экономически, но и проще в технологическом плане. Однако проектировщику следует учесть, что с уменьшением толщины плиты увеличивается ее прогиб и возрастают осадки естественного основания. Поэтому здесь необходим расчет по второму предельному состоянию – по допустимому давлению на грунт.

2. Использование крупнопористого бетона для строительства покрытий. Покрытия из крупнопористого бетона отличаются пониженным уровнем шума от движущегося транспорта и у них более высокие показатели по безопасности движения из-за повышенной шероховатости и быстрому отводу воды с поверхности покрытия.

3. Применение рециклированных цементобетонов. Материал, полученный после дробления старого бетонного покрытия (рециклированный цементобетон), имеет преимущества по сравнению с традиционным: заполнители из дробленого бетона являются более активными в цементном растворе; кроме того, они имеют повышенную морозоустойчивость и истираемость, и такие бетоны в два раза дешевле обычных. Во многих зарубежных странах (Франция, Германия, Швейцария, США, Япония и др.) в дорожном строительстве применяют бетоны на рециклированном заполнителе. Существует европейский стандарт на рециклированный заполнитель для бетона; созданы мобильные установки для переработки старого бетона с функцией отделения арматуры.

4. Повышение шероховатости покрытия способом «обнажения» щебня. Рекомендуются действующими нормативными документами методы создания искусственной шероховатости при строительстве цементобетонных покрытий не достаточно эффективны и долговечны. При устройстве шероховатости способом «обнажения» щебня появляется возможность регулировать текстуру шероховатости составом бетона, например, расходом и крупностью дробленого материала. При эксплуатации такие покрытия более бесшумны и безопасны, так как на них снижен риск аквапланирования.

5. Применение непрерывно армированных цементобетонных покрытий. В бетонных покрытиях деформационные швы устраивают не реже, чем через 4-6 м. Армирование покрытий позволяет увеличить расстояние между этими швами. Например, при расходе арматуры в количестве 3-5 кг/м<sup>2</sup> шаг деформационных швов может быть увеличен,

соответственно, до 10-24 м. При содержании арматуры до 8-12 кг/м<sup>2</sup> можно увеличить длину плит до 200-400 м и строить бесшовные (непрерывно армированные) конструкции [7].

6. Применение геосинтетических материалов при строительстве и ремонте цементобетонных покрытий (при реконструкции покрытий аэропортов в России и во многих европейских странах уже много лет успешно применяются геосинтетические материалы). Геосинтетические материалы позволяют производить качественный ремонт цементобетонных оснований и покрытий автомобильных дорог и аэродромов. Например, геокомпозит PGM-G фирмы Tenkate, представляющий собой высокопрочный геокомпозит, армированный стекловолокном, может использоваться в качестве трещинопрерывающей прослойки при устройстве асфальтобетонного покрытия на цементобетонном основании с трещинами (при реконструкции или новом строительстве). В этом случае подложка из нетканого полипропилена поглощает горизонтальные напряжения, не допуская образования отраженных трещин в асфальтобетонном покрытии, а сетка из стекловолокна армирует асфальтобетон, значительно улучшая его прочностные и эксплуатационные свойства.

## 2. Проблемы расчета и конструирования жестких дорожных одежд автомобильных дорог и аэродромов

Практика эксплуатации жестких дорожных и аэродромных покрытий показывает, что срок их службы меньше нормативного. Причинами снижения долговечности покрытий могут быть разные: недостаточно учтены природно-климатические факторы, грунтово-геологические условия строительства; недостатки конструирования и расчета аэродромных конструкций; нарушение технологий строительства; ненадлежащая эксплуатация покрытий и т.д. В конечном итоге, все эти недоучеты и нарушения приводят к снижению сроков службы покрытий и, как следствие, увеличиваются объемы работ по их ремонту и содержанию. Поэтому любые достижения в области конструирования, а также совершенствования и уточнения расчетов дорожных и аэродромных конструкций, гарантирующие снижение стоимости строительства или увеличение срока службы этих конструкций, несомненно, представляют огромную ценность.

В России и за рубежом много лет ведутся исследования работы дорожных одежд (жестких и не жестких), направленные на совершенствование методов их проектирования и расчета.

В 2008 г. было разработано «Руководство по механико-эмпирическому проектированию дорожных одежд. Руководство по практическому применению» [16]. Его перевод представлен в [9]. Суть предложенного метода заключается в использовании проектировщиком итеративного подхода, т.е. если выбранный вариант не удовлетворяет эксплуатационным требованиям при заданном коэффициенте надежности, он должен быть модифицирован и повторно исследован, пока не станет соответствовать требуемым критериям. Оценка надежности производится по вычисленным приращениям разрушений к концу расчетного периода. Рассматриваемые модели разрушений покрытий: международный показатель ровности – IRI, вертикальные перемещения швов, колеи, трещинообразования от приложенных нагрузок; трещинообразование, не связанное с нагрузками.

Методы конструирования и расчета жестких дорожных одежд, принятые в европейских странах, Канаде, США, в основном совпадают с методами, принятыми в нашей стране, и основаны они на всемирно принятой методике, разработанной проф. Н.Н. Ивановым и далее развитым учениками его научной школы: В.Ф. Бабковым, М.Н. Герсевановым, Г.И. Глушковым, А.П. Синициным, Н.И. Горбуновым-Посадовым, Б.Г. Жемочкиным, Б.А. Корневым, О.Я. Шехтер, В.И. Травушем, А.П., В.Е. Тригоны, В.Д. Садовым и др.

При расчете жестких дорожных одежд используется метод предельных состояний. Расчет ведут на многократное воздействие вертикальных нагрузок от движущегося транспорта. Определение внутренних усилий в плитах сводится к расчету прямоугольной плиты, лежащей на деформируемом основании, под действием сосредоточенной силы (колесной нагрузки), приложенной к любой точке плиты. Конструкцию дорожной одежды рассчитывают как многослойную, расчетными предельными состояниями. Жесткие покрытия рассчитывают по следующим предельным состояниям: бетонные и армобетонные

– по предельному состоянию на прочность; железобетонные с ненапрягаемой арматурой – по предельному состоянию на прочность, по предельному состоянию на раскрытие трещин и давлению на грунтовое основание; железобетонные с напрягаемой арматурой – по предельному состоянию на образование трещин и давлению на грунтовое основание [2].

Рассчитывают аэродромные покрытия по схеме работы тонких пластин, лежащих на деформируемом основании. Определение внутренних усилий сводится к нахождению функции эпюр реакции основания от заданной нагрузки. Для решения данной задачи применяя известное уравнения изгиба тонкой пластины, лежащей на деформируемом основании:

$$D\left(\frac{d^4w}{dx^4} + 2\frac{d^4w}{dx^2dy^2} + \frac{d^4w}{dy^4}\right) + r(x, y) = q(x, y), \quad (1)$$

где  $w$  – прогиб срединной поверхности плиты;

$D$  – цилиндрическая жесткость плиты.

Точность решения этого уравнения значительно зависит от выбора модели естественного основания. При расчетах жестких дорожных и аэродромных покрытий вполне обоснованно можно использовать как модель Винклера (коэффициента постели), так и гипотезу упругого полупространства [4]. Первая модель построена на допущении о том, что основание является линейно-деформируемым и упругим, касательными напряжениями по подошве плиты пренебрегают, отпор основания прямо пропорционален прогибу плиты в данной точке:

$$r(x, y) = cw(x, y), \quad (2)$$

где  $c$  – коэффициент постели, зависящий только от физических свойств основания.

Модель упругого полупространства учитывает распределительную способность грунта, то есть прогибы поверхности основания не только в месте приложения нагрузки, но и за ее пределами. Вертикальные перемещения его поверхности  $w_0(x, y)$  определяются по теории упругости (формуле Буссинеска).

Расчет цементобетонных покрытий производится на статическую центрально приложенную нагрузку. Воздействие нагрузки в угловых и краевых зонах плиты учитывается с помощью поправочных коэффициентов, при расчете аэродромных покрытий по существующей нормативной литературе [8, 13]. При краевом нагружении вводятся переходные коэффициенты; центральный изгибающий момент увеличивается: для бетонных и армобетонных покрытий при наличии стыковых соединений  $K=1,2$ ; при сквозных швах  $K=1,5$ . Но эти коэффициенты не учитывают схему шасси самолетных нагрузок (количество полос, давление в шинах). Для учета этих факторов получено новое решение на основе метода конечных элементов и метода компенсирующих нагрузок [10]. Согласно этому решению при краевом нагружении величины изгибающих моментов на 5-12 % ниже, по сравнению со значениями, рассчитанными по СНиП II-47-85 «Аэродромы». То есть применение изложенного метода обещает экономический эффект за счет снижения требуемой толщины покрытий аэродромов.

При расчете дорожных одежд необходимо учитывать динамическое воздействие движущегося транспорта (коэффициенты динамичности). Как показывают многочисленные исследования, вопрос о величине коэффициента динамичности противоречивый и спорный. Обобщение теоретических исследований и опытного материала показало [12], что величина кратковременного воздействия на дорогу от движущегося транспорта (в зависимости от скорости) в 1,55-1,8 раза больше статического. Динамическим расчетам жестких дорожных одежд при воздействии подвижных автомобильных нагрузок, неиспользуемых, посвящены работы А.К. Бируля, Г.И. Глушкова, А.Г. Булавко, М.С. Коганзона, А.В., Смирнова, Б.Б. Самойленко, В.Е. А.Н. Зацепина, Ярового и др. авторов. Есть и другой способ учета динамического фактора при расчете жестких дорожных одежд – использование динамических значений модуля упругости дорожно-строительных материалов, и, скорее, он является более правильным с точки зрения приближения работы дорожных одежд к реальным условиям при кратковременном воздействии движущегося транспорта.

Еще здесь можно сказать о демпфирующей способности асфальтобетонных покрытий на монолитном или сборном цементобетонном основании. Это свойство позволяет значительно снизить динамическое воздействие подвижных нагрузок на дорожные конструкции. При распространении волновых полей напряжений в упруговязких или вязкопластичных средах происходит частичная потеря механической энергии за счет её превращения в тепловую. Демпфирующая способность асфальтобетона приобретает особое значение при больших скоростях движения транспортных средств, когда динамические воздействия резко возрастают. Учет демпфирующей способности асфальтобетона при оценке напряженно-деформированного состояния таких дорожных конструкций позволит более обоснованно их конструировать. Этот факт еще раз говорит о положительных свойствах внедренных в практику дорожного строительства асфальтобетонных покрытий на цементобетонном основании.

Существующие на сегодняшний день методы расчёта подобных конструкций разработаны в основном в упругой постановке, тем не менее, многие из них носят слишком сложный для практических вычислений характер. Тогда как более полный учет свойств материалов (пластичность, ползучесть и т.д.) при расчете конструкций позволил бы повысить надёжность сооружения и привести к значительной экономии материалов и средств. Таким методом расчета, в частности, является метод расчёта конструкций по стадии предельного равновесия (то есть по стадии, непосредственно предшествующей их разрушению). Разработка и внедрение их должны привести к значительной экономии материалов и средств и одновременно повысить надёжность сооружения. Например, методика, изложенная в [14], позволяет учесть пластические деформации, возникающие в конструкциях, лежащих на упругом основании. То есть расчет конструкций, в частности плитного типа, ведется с учетом тех изменений, которые вносят в ее работу появление пластических деформаций, при этом предполагается, что основание остается упругим. С инженерной точки зрения, такая постановка задачи является целесообразной при расчете дорожных одежд и аэродромных покрытий, полов промышленных зданий, гибких днищ резервуаров и др., поскольку такие конструкции разрушаются вследствие изгиба до исчерпания несущей способности грунта.

По мнению автора, дальнейшее развитие методики, изложенной в [14], и совершенствование использованного расчетного комплекса позволят учесть также влияние температуры, времени и других факторов при определении несущей способности рассматриваемых объектов.

### Заключение

Первая часть носит обзорный характер, в ней приведены аргументы в пользу использования жестких дорожных покрытий, их основные недостатки, а также существующие на сегодня и перспективные направления, которые позволяют предотвратить почти все отрицательные моменты, тормозящие широкое использование цементобетона.

При проектировании многое зависит от уровня обоснованности расчетных методик, заложенных в расчетные модели, рекомендаций и допущений, принятых в них. Кроме того, недоучет природно-климатических, грунтово-геологических условий приводит к ошибкам конструирования и расчета; нарушение технологии строительства покрытий и несоблюдение правил их эксплуатационного содержания также ведут к снижению долговечности. Исходя из этого, можно отметить, что вопросы расчета и проектирования жестких дорожных и аэродромных одежд покрытий решены не в полной мере и требуют дальнейшего совершенствования. Поэтому вторая часть статьи посвящена расчету жестких дорожных одежд. Далее предложен метод расчета, основанный на стадии предельного равновесия (то есть по стадии, непосредственно предшествующей разрушению), который обеспечивает значительную экономию материалов и средств и одновременно ведет к повышению надёжности сооружения.

## Список литературы

1. Ванли Халед Мустафа. Расчет и конструирование жестких покрытий для тяжелых самолетов // Автореф. дис. канд. техн. наук. – М., 1999. – 20 с.
2. Глушков Г.И., Бабков В.Ф., Тригопи В.Е. и др. / Под ред. Глушкова Г.И. Жесткие покрытия аэродромов и автомобильных дорог: Учебное пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1994. – 349 с.
3. Глушков Г.И. Повышение научно-технического уровня проектирования аэродромов. // Труды «Проектирование и расчет прочности конструкций и сооружений аэропортов. Сборник научных трудов». – М., 1999.
4. Костенюк И.А., Добарский В.А. Где российские автомобильные дороги с цементобетонным покрытием? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gotaso.ru/press/?news=7> (дата обращения: 19.09.12).
5. Коганзон М.С. Автомобилизация требует жестких дорожных одежд. Современные возможности применения цементобетона при строительстве дорожных одежд в России. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://proektstroy.ru/Статьи/view/7689> (дата обращения: 15.09.12).
6. Кульчитский В.А., Макагонов В.А., Васильев Н.Б., Чеков А.Н., Романков Н.И. Аэродромные покрытия. Современный взгляд. – М.: Физико-математическая литература, 2002. – 528 с.
7. Майдель В.Г., Городецкий Л.В. Связи между плитами сборных покрытий автомобильных дорог. – Сб. науч. тр. / НИИМосстрой. Исследования в области дорожного строительства г. Москвы. – М., 1967. – С. 40-59.
8. Методические рекомендации по проектированию жестких дорожных одежд (взамен ВСН 197-91). – М.: Росавтодор, 2004. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.infosait.ru/norma\\_doc/42/42375/index.htm](http://www.infosait.ru/norma_doc/42/42375/index.htm) (дата обращения: 19.09.12).
9. Новости в дорожном деле: Научно-технический информационный сборник / ФГУП «ИНФОРМАВТОДОР». – М., 2010, Вып. 2. – 68 с.
10. Носарев А.В. Автомобильные дороги в России. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.slaviza.ru](http://www.slaviza.ru) (дата обращения: 20.09.2012).
11. Руководство по проектированию аэродромных покрытий/ Министерство гражданской авиации. – М., 1999. – 214 с.
12. Сикаченко В.М., Мартынов Е.А., Ахметов С.А. Оценка прочности жестких дорожных одежд динамическим нагружением. // Сборник «Дороги и мосты» Выпуск 16/2. – М., 2006. – Режим доступа: [http://snipov.net/c\\_4676\\_snip\\_111695.html](http://snipov.net/c_4676_snip_111695.html) (дата обращения 1.10.12).
13. СНиП 2.05.08-85. Аэродромы / Госстрой СССР, 1985. – 195 с.
14. Тергулова Э.Р., Несущая способность плит, лежащих на деформируемом основании: дис. канд. физ.-мат. наук. – Казань, 2010. – С. 43-82.
15. Ушаков В.В. Обзорная информация / Автомобильные дороги «ИНФОРМАВТОДОР В.В. Ремонт цементобетонных покрытий автомобильных дорог». – М., 2002, Вып. 2. – 20 с.
16. Mechanistic-Empirical Design Guide (MEPDG): Interim Edition / AASHTO. – Washington, 2008. – 188 p.

**Teregulova E.R.** – candidate of physical-mathematical sciences, senior teacher

E-mail: [teregul@yandex.ru](mailto:teregul@yandex.ru)

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

## Prospects of application of rigid road under construction of automobile roads and airfields, and the problems of design and calculation

### Resume

The article deals with the use of rigid pavement in the country. Rigid pavement compared to asphalt, have a number of advantages: they are more durable (can withstand the impact of heavy loads), more durable (battery life is 2-3 times higher than that of asphalt), and this is at approximately the same construction cost. In addition, the increase in traffic congestion of road transport (axle load, traffic, studded tires) negates all the effort and cost for the construction and repair of roads on highways with a coating of asphalt. There are certainly a number of unpleasant things, which inhibit the widespread use of concrete slabs and foundations. Here are the main shortcomings: the presence of expansion joints, rigid requirements for compliance technology installation and follow-up care for hardening concrete, destruction and exfoliation of the surface layer of concrete («peeling»), the formation of cracks. But as shown by analysis of the issue to date found many solutions that enable precede almost all the shortcomings of hard pavement (using a continuous reinforced concrete slabs, the use of high-strength concrete, the use of macro porous concrete, the use of recycled cement concrete, the use of new geosynthetic materials in the construction and repair of concrete slabs coatings). In addition, the methods of calculating rigid pavement should be improved in parallel with the emergence of new designs and new materials, that is, the issue is still relevant, as there is innovation in the design of processes, materials, and technologies. Therefore, the second part of the article contains the basic provisions on the calculation of rigid pavement, and also presents a method of calculation based on the stage of the limit equilibrium (that is, the stage immediately prior to their destruction), which provides significant savings in material and money and at the same time leads to increased reliability.

**Keywords:** bearing ability, ferro-concrete plate, deformable basis, rigid-plastic body.

### References

1. Vanli Haled Mustafa Calculation and designing of hard coatings for heavy aircraft // Avtoref. дис. candidate of technical Sciences. – M., 1999. – 20 p.
2. Glushkov G.I., Babkov V.F., Trigoni V. E. under ed. Glushkova G.I. Hard cover airfield and motor roads: a textbook for institutes of higher education. 2 Izd., pererab. I DOP. – M.: Transport, 1994. – 349 p.
3. Glushkov G.I. Raising of the scientific-technical level of the aerodrome design. //Proceedings of the «Design and calculation of strength of structures and buildings of the airport. Collection of scientific works». – M., 1999.
4. Kostenjuk I.A., Dobarskii V.A. Where Russian roads with cement concrete pavement? [Electronic resource]. [Electronic resource]. – Mode of access: <http://gomaco.ru>press/?news=7> (date of circulation: 19.09.12).
5. Koganzon M.C. Motorization requires hard road surfaces. Modern possibilities of application of цементобетона during the construction of the road in Russia. – [Electronic resource]. – Mode of access: <http://proektstroy.ru>Article>view/7689> (date of circulation: 15.09.12).
6. Kulchitskii B.A., Makagonov V.A., Vasiliev N.B., Chekov A.N., Romankov N.I. Aerodrome pavement. The modern view of / M.: Physico – mathematical literature, 2002. – 528 p.
7. Maidel V.G., Gorodetskii L.V. The connection between the plates prefabricated pavement of motor roads. – PSTU Bulletin. / NII Mosstroj. Research in the field of road construction in the city of Moscow. – M., 1967. – P. 40-59
8. Methodological recommendations for designing a hard road (instead of VSN 197-91). – M.: Rosavtodor, 2004. – [Electronic resource]. – Mode of access: [http://www.infosait.ru/norma\\_doc/42/42375/index.htm](http://www.infosait.ru/norma_doc/42/42375/index.htm) (date of circulation: 19.09.12).
9. News in the road fact: Scientific-technical information collection / FGUP «INFORMAVTODOR». – M., 2010, Issue 2. – 68 p.

10. Nosarev A.V. Roads in Russia. – [Electronic resource]. – [www.slaviza.ru](http://www.slaviza.ru) (date of circulation: 20.09.2012).
11. Guidelines for the design of aerodrome pavement / Ministry of civil aviation. – М., 1999. – 214 p.
12. Sikachenko V.M., Martinov E.A., Ahmetov S.A. The estimation of durability of hard road dynamic loading. // Proceedings of the «Roads and bridges» Issue 16/2. – М., 2006. – [Electronic resource]. – Mode of access: [http://snipov.net/c\\_4676\\_snip\\_111695.html](http://snipov.net/c_4676_snip_111695.html) (date of circulation: 1.10.12).
13. Construction standards and rules 2.05.08-85. Aerodromes / Gosstroy of the USSR, 1985. – 195 p.
14. Teregulova E.R. Carrying capacity of the plates, lying on the basis of deformed: diss. candidate of phys. math. Sciences. – Kazan, 2010. – P. 43-82.
15. Ushakov V.V. Overview / Motor roads «INFORMAVTODOR». Repair the roads pavement of cement concrete. – М., 2002, Issue 2. – 20 p.
16. Mechanistic-Empirical Design Guide (MEPDG): Interim Edition / AASHTO. – Washington, 2008. – 188 p.