

Интернет-журнал «Наукovedение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 7, №6 (2015) <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol7-6>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/02KO615.pdf>

DOI: 10.15862/02KO615 (<http://dx.doi.org/10.15862/02KO615>)

**УДК 625.033.34**

**Осиновская Вероника Александровна**  
ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный  
технический университет (МАДИ)»  
Россия, Москва<sup>1</sup>  
Доцент  
Кандидат технических наук  
E-mail: Onika44@mail.ru

## **Современное решение проблемы повышения долговечности нежестких дорожных одежд**

---

<sup>1</sup> 125319, Москва, Ленинградский проспект, 64

**Аннотация.** Статья посвящена решению проблемы недостаточной долговечности нежестких дорожных одежд в эксплуатации. Обращается внимание, что основной проблемой является не малая, с физической точки зрения, долговечность нежестких дорожных одежд, а их преждевременное разрушение. При этом подчеркивается, что при проектировании дорожных конструкций закладываются такие прочностные показатели, которые должны обеспечивать планируемый срок службы.

Проводится анализ нового инновационного продукта, в качестве которого предлагается для транспортного строительства виброзащищенная дорожная конструкция с повышенным сроком службы.

Представлена, разработанная автором, теория вибрационного разрушения дорожных одежд. Обосновывается идея, что доминирующим фактором развития преждевременного разрушения нежестких дорожных одежд является собственная вибрация, формируемая в дорожной конструкции. Также раскрыта суть нового метода виброзащиты, созданного автором специально для многослойных дорожных конструкций.

Представлены основные принципы проектирования и расчета виброзащищенных дорожных конструкций для адаптации их в действующие нормы на проектирование. При этом разработанные расчетные алгоритмы доведены до практического использования.

Предложена схема доведения такого инновационного продукта, как виброзащищенные дорожные конструкции, до стадии инновации. Автор раскрывает свое видение проблем перехода инновационных продуктов в инновации. В этом плане обращается внимание на процедуры формирования научных кадров.

**Ключевые слова:** автомобильная дорога; нежесткая дорожная одежда; транспортный поток; прочность; вибрация; динамические нагрузки; вибронегруженность; виброзащищенная дорожная конструкция.

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Осиновская В.А. Современное решение проблемы повышения долговечности нежестких дорожных одежд // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №6 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/02KO615.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/02KO615

**Вступление.** Отличительной особенностью дорожных конструкций с нежесткими дорожными одеждами является их преждевременное разрушение в эксплуатации. Все проектно – расчетные алгоритмы базируются на назначаемой или плановой долговечности дорожных конструкций. Исходя из величины срока службы рассчитывают конструктивные параметры дорожных одежд. Дорожная наука, до сих пор, не может убедительно объяснить причины преждевременного разрушения дорожных слоев и, прежде всего, асфальтобетонных покрытий. Так называемые причины, а именно, повышение скоростей движения автомобилей, рост нагрузок на оси, увеличение интенсивности движения и т.п., не выдерживают критики. Преждевременному разрушению подвергаются не только конструкции, находящиеся в длительной эксплуатации, но и сравнительно недавно построенные. При проектировании новых автомобильных дорог учитываются в полной мере современные транспортные потоки, их состав и обусловленная ими интенсивность движения. Кроме того в проекте предусматриваются повышенные запасы прочности, объективно научно не обоснованные.

На основании многолетнего накопленного теоретического и экспериментального опыта, нам удалось выяснить, что доминантной причиной преждевременного разрушения нежестких дорожных одежд, а не вообще разрушений, является их вибрационное нагружение /1/.

Сравнительно давно, при натурных экспериментах, была выявлена вибрация дорожных конструкций. Вибрация фиксировалась при подходе движущихся автомобиле к местам установки вибродатчиков, где она достигала своего максимального уровня при прохождении этого места автомобилем /2/. Анализ записанных амплитудно-временных характеристик этого вибрационного процесса позволил установить, что в данном случае имеют место многочастотные колебания дорожных одежд, с достаточно большими амплитудами виброускорений /3/.

Исследование дорожной вибрации стало основным научным направлением научных школ проф. Илиополова С.К. и проф. Смирнова А.В. /4, 5, 6/. В связи с тем, что вибрации оценивались по колебательным, а не деформационным, показателям, вибрационная тематика в дорожной науке не получила должного внимания.

Колебания дорожных слоев, вызывающие соответствующие вибрационные деформации, предложено нами считать вибрационным нагружением дорожных конструкций. Это нагружение, будучи дополнительным к нагружению от колес движущихся автомобилей, не учтено в расчетах на прочность и не может быть компенсировано запасом прочности. Более того, вибрационные деформации, являющиеся знакопеременными, соответствующие процессу «сжатие - растяжение», более разрушительны, чем деформации под воздействием колес, которые относятся к процессу «загруз - разгруз». Отметим также, что по мере ухудшения состояния поверхности дорожных покрытий, уровень вибрационного нагружения возрастает и при некотором критическом значении формируется «лавинное» разрушение этих покрытий.

В результате выполненных теоретических и экспериментальных исследований, нам удалось разработать новый инновационный продукт, так необходимый в настоящее время для транспортного строительства – виброзащищенные дорожные конструкции автомобильных дорог, обладающие повышенным сроком службы /7/. Основу этого инновационного продукта составили: теория вибрационного разрушения нежестких дорожных одежд, новый метод виброзащиты дорожных конструкций, новая технология проектирования и расчета на прочность дорожных одежд с учетом вибрационного нагружения и алгоритмы реализации виброзащищенных дорожных конструкций. При переходе этого инновационного продукта в

стадию инновации ожидается увеличение сроков службы дорожных конструкций как минимум в 1,5...2 раза.

**Теория вибрационного разрушения дорожных одежд.** Сформулируем кратко основные положения теории вибрационного разрушения /8/:

- колеса движущихся автомобилей, воздействующие на дорожное покрытие, возбуждают колебания дорожных слоев и грунта земляного полотна; эти колебания совершаются только в вертикальной плоскости, являясь свободными затухающими собственными колебаниями; в связи с тем, что дорожные одежды относятся к сплошным средам, возникшие колебания распространяются в горизонтальной плоскости, но они не являются горизонтальными колебаниями, так как имеют волновую природу;
- причина формирования вертикальных колебаний состоит в том, что каждый дорожный слой обладает всеми признаками колебательной системы, а именно, он обладает одновременно массой, упругостью и силами диссипации или силами внутреннего трения; при внесении кинетической или потенциальной энергии в эту систему будут развиваться колебательные процессы; дорожная конструкция, как общая сложная колебательная система, фактически является совокупностью отдельных колебательных систем, находящихся при вибрации во взаимосвязанном колебательном процессе; упругая связь между дорожными слоями обеспечивает каждому слою параллельное соединение упругих элементов, что полностью соответствует теории прочности дорожных конструкций; в такой системе реализуются общие частоты колебаний, как функции парциальных частот, относящихся к отдельным дорожным слоям; это позволяет формировать необходимые вибрационные качества дорожной конструкции, путем специального подбора парциальных частот смежных слоев; в связи с отсутствием вынужденных колебаний дорожных одежд, роль общих частот системы незначительна;
- при возбуждении колебаний под колесом, в вибрационный процесс вовлекается некоторый ограниченный объем или площадь дорожной конструкции; при движении колес автомобиля, эта площадь перемещается вместе с ними по направлению движения, сохраняя свои размеры; по этой причине, величины колеблющихся масс слоев, уровни диссипации колебательной энергии, парциальные и общие частоты являются функциями вибрирующей площади или объема;
- при вибрации формируются как отдельные прогибы дорожных слоев, так и общие прогибы дорожной одежды; вибрационные прогибы можно проанализировать по построенной прогибно-частотной характеристики; частоты выявляются по амплитудно-временным характеристикам, где число общих частот должно совпадать с числом дорожных слоев, включая грунт земляного полотна; общая деформация дорожной конструкции является совокупностью единичной деформации от нагружения колесом и некоторого конечного числа вибрационных деформаций меньшей амплитуды; при конструировании дорожных одежд в соответствии с методикой расчетов обеспечивает прочность только от воздействия колес автомобилей (колесных деформаций), а многочисленные вибрационные деформации, не смотря на то, что они могут нести большую разрушительную энергию, в связи с их многочисленностью, не учитываются и прочность под них не закладывается; поэтому вибрация

разрушает только построенные дорожные конструкции уже через несколько лет эксплуатации /9/.

**Новый метод виброзащиты дорожных слоев.** Сопоставление расчетных сроков службы асфальтобетонных покрытий при учете вибрационных нагрузений и статистических материалов по разрушению покрытий в эксплуатации показало, что эксплуатационная долговечность покрытий практически совпадает с расчетно-теоретической долговечностью. Отсюда следует, что для предупреждения преждевременного разрушения покрытий необходимо всячески снижать уровни вибрационного нагружения или тем самым обеспечивать виброзащиту дорожных слоев. Интуитивно, дорожная наука и практика использовали некоторые элементы виброзащиты, например, внедряя полимерные дорожные материалы или различные добавки в битумы. Так, некоторый положительный эффект по повышению работоспособности асфальтобетонных покрытий достигается при внесении в битум резиновой крошки /10/. В качестве другого примера можно привести внедрение литых асфальтобетон /11/. Фактически при внесении резиновой крошки в битум асфальтобетонное покрытие становится «более мягким», особенно при ударном взаимодействии колес автомобиля с покрытием. За счет этого общая вибрационная энергия снижается. Отметим, что ученые, работающие в этом направлении, никогда не связывали полученный положительный результат с виброзащитой покрытий.

Проблему виброзащиты дорожных слоев невозможно решить традиционными методами. Поэтому, исследуя процессы формирования общих частот колебаний дорожной конструкции при изменении ее парциальных частот, нам удалось впервые разработать алгоритм такого подбора парциальных частот дорожных слоев, при котором, в процессе колебаний, динамические силы смежных дорожных слоев находятся в противофазном силовом взаимодействии. Эта силовая противофазность обеспечивает взаимное подавление колебаний у этих слоев и за счет этого существенное снижение уровня общего вибрационного нагружения. В этом и состоит суть нового метода виброзащиты.

Для использования в практике проектирования дорожных конструкций алгоритм противофазности был преобразован в алгоритм расчета соотношения толщин смежных дорожных слоев. При этом необходимое соотношение парциальных частот обеспечивается автоматически. На основе нового метода виброзащиты нами спроектированы несколько виброзащищенных дорожных конструкций /12/. Одна из таких конструкций признана изобретением и получила патент РФ /13/.

**Проектирование и расчет виброзащищенных дорожных конструкций.**

Разработанная нами технология проектирования и расчета виброзащищенных дорожных конструкций обладает рядом преимуществ. Во-первых, вся расчетная база существующих норм на проектирование сохраняется. Видоизменение предусмотрено только для подбора толщин дорожных слоев и назначения плановых сроков службы. По новой технологии толщины слоев рассчитываются по алгоритму противофазности, а срок службы определяется расчетом с помощью разработанного графо-аналитического прогнозного метода.

Во-вторых, на этапе проектирования кроме снижения уровня виброн нагружения, за счет специальных конструкций, обеспечиваются достаточные прочностные показатели. При этом достигается значительный экономический эффект, так как, как правило, толщины наиболее дорогостоящих асфальтобетонных слоев несколько ниже, чем при типовом проектировании.

Наибольшее изменение при новом проектировании касается расчета общего количества нагружений конструируемой дорожной конструкции за срок службы. Новая технология расчета состоит в том, что колебания спроектированной конструкции

моделируются для получения прогибно-временной характеристики. Затем амплитуды этих прогибов переводятся в доли силового нагружения от движущихся колес. Так как в существующих нормах на проектирование принято переводить предполагаемый транспортный поток с различными типами автомобилей в поток расчетных автомобилей, то перевод вибрационных прогибов в силовые нагружения идентичен увеличению числа расчетных автомобилей соответствующему вибрационному уровню. В принципе, в эксплуатации это и происходит, когда вибрационное нагружение добавляет количество деформаций, что равнозначно возрастанию интенсивности движения /14/.

**Проблемы перевода инновационного продукта в инновацию.** Проанализированный нами инновационный продукт – виброзащищенные дорожные конструкции – находится в стадии внедрения. Учитывая, что под инновацией понимается внедренное новшество, инновационный продукт подготовлен к переходу в инновацию. Для внедрения предлагается построить опытный участок виброзащищенной дорожной конструкции на вновь строящейся автомобильной дороге. В этом случае разницу в работоспособности опытного и типовых участков можно объективно оценить даже визуально. При этом опытный участок, отличаясь только другим соотношением толщин смежных дорожных слоев, не требует дополнительных капиталовложений или применения иных дорожных материалов, а также изменения традиционной технологии строительства.

**Заключение.** Основной проблемой для внедрения и развития современного передового направления дорожной науки России является преодоление отрицательного отношения к этому новому новаторскому научному направлению некоторых ученых ведущего дорожного вуза (МАДИ), к мнению которых прислушиваются. Отметим, что эти ученые не являются специалистами в области колебаний дорожных одежд и не принадлежат к вышеупомянутым научным школам.

Нам представляется, что эта проблема присуща многим новациям в РФ и, в частности, в области транспортного строительства. Это связано с системой подготовки не только инженерных, но и научных кадров. Очень ярко и точно суть этой проблемы изложена в статье Сандакова Д.Б. /15/.

Хотя остановить научный прогресс невозможно, но его можно существенно затормозить. Тормозя прогрессивную мысль в своей стране, мы тем самым даем возможность другим странам ее развивать. Уже сегодня некоторые страны Европы заинтересовались вопросами проектирования виброзащищенных дорожных одежд, и продемонстрировали желание апробировать эту идею.....

## ЛИТЕРАТУРА

1. Осиновская В.А. Влияние вибрации нежестких дорожных одежд на их прочность // Интернет-журнал «Науковедение» 2014 №5 (24) [Электронный ресурс].-М. 2014. – Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/23KO514.pdf>, свободный – Загл. с экрана.
2. Илиополов С.К. Факторы разрушения. Энергетическое воздействие колес автомобилей на дорогу // Дороги России – 2002. - №4. – с. 68-70.
3. Осиновская В.А. Вибрационное нагружение нежестких дорожных одежд // Вестник МАДИ. - 2010.-Вып. 4(19). – с. 78-83.
4. Илиополов С.К. Разработка основ комплексного учета динамических воздействий для расчета системы «дорожная одежда - грунт» // Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Ростов н/д. 1999, - 363 с.
5. Смирнов А.В. Колебания и волны в дорожных конструкциях: монография – Омск: изд – во СибАДИ, 2006. – 108 с.
6. Углова Е.В. Теоретические и методологические основы оценки остаточного усталостного ресурса асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог: дис. ... докт. техн. наук / Ростов н/Д., 2009. 367 с.
7. Осиновская В.А. Методика проектирования нежестких дорожных одежд при учете вибрационного нагружения // Интернет-журнал «Науковедение» 2012. №4 (13) <http://naukovedenie.ru/PDF/4vn412.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. Рус.
8. Осиновская В.А. Вибрационное нагружение нежестких дорожных одежд / Науч. вестник Воронежского гос. арх.-строит. ун-та. Строительство и архитектура. 2014. Вып. 1 (33). С. 34 – 44.
9. Осиновская В.А. Вибрационное разрушение нежестких дорожных одежд: монография. – М.; техполиграфцентр, 2008. – 203 с.
10. Руденский А.В., Хромов А.С., Марьев В.А. Применение резиновой крошки для повышения качества дорожных битумов и асфальтобетонных. Дороги России XXI века. Вып.5. 2004. с. 62-67.
11. Мелик-Бакдасарое М.С., Гноев К.А., Мелик-Багдасарова Н.А. Строительство и ремонт дорожных асфальтобетонных покрытий / М.С. Мелик-Бакдасаров, К.А. Гноев, Н.А. Мечик-Багдасарова. - Белгород, изд-во, 2007. - 158 с.
12. Осиновская В.А. Повышение долговечности нежестких дорожных одежд за счет снижения их вибронгруженности: дис. ... докт. техн. наук / МАДИ, 2015. 337 с.
13. Осиновская В.А. Конструкция дорожной одежды. Патент РФ на изобретение RU № 2399715С1, опуб. 20.09.2010, бюл. №26.
14. Долговечность асфальтобетонных покрытий в условиях роста динамических воздействий транспортных средств / Илиополов С.К., Углова Е.В. // Автомоб. дороги и мосты: Обзорн. Информ. Вып.4. М.: Информавтодор, 2007. 84 с.
15. Сандаков Д.Б. Как развалить систему образования: диверсионная программа // <http://obrazovanie.by/sandakov/kak-razvalit-obrazovanie.html> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. Рус.

**Рецензент:** Овчинников Игорь Георгиевич, академик РАТ, д.т.н., профессор, заместитель председателя «Поволжского отделения Российской академии транспорта».

**Osinovskaya Veronika Aleksandrovna**  
Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI)  
Russia, Moscow  
E-mail: Onika44@mail.ru

## **The modern solution to increase the durability of flexible pavement**

**Abstract.** The article discusses the of insufficient durability of flexible pavement operation. The attention that the main problem is not low, from the physical point of view, the durability of flexible pavements, but their premature destruction. It is emphasized that the design of road take into account such strength indicators which have to provide the planned service life.

The analysis of a new innovative product - the vibroprotected pavement with increased service life - which is recommended for road construction.

It is presented, developed by the author, the theory of vibration destruction of pavements. It substantiates the idea that the principal factor of development of premature destruction of flexible pavements is own vibration formed in a road construction. Also described are new method of vibration protection, created by the author especially for multilayer road constructions.

The basic principles of design and analysis of the vibroprotected pavement for their adaptation to the existing standards for the design are presented. This developed calculation algorithms are made to practical use.

The sequence of finishing such innovative product as the vibroprotected road designs, to an innovation stage is offered. The author reveals his understanding of the conversion of innovative products to innovations. Here the attention to procedure for the establishment of scientific personnel.

**Keywords:** highway; flexible pavement; traffic; design; deflections; vibrations; dynamic loadings; vibroloading; vibration resistance.



## REFERENCES

1. Osinovskaya V.A. Vliyanie vibratsii nezhestkikh dorozhnykh odezhd na ikh prochnost' // Internet-zhurnal «Naukovedenie» 2014 №5 (24) [Elektronnyy resurs].- M. 2014. – Rezhim dostupa: <http://naukovedenie.ru/PDF/23KO514.pdf>, svobodnyy – Zagl. s ekrana.
2. Iliopolov S.K. Faktory razrusheniya. Energeticheskoe vozdeystvie koles avtomobiley na dorogu // Dorogi Rossii – 2002. - №4. – s. 68-70.
3. Osinovskaya V.A. Vibratsionnoe nagruzhenie nezhestkikh dorozhnykh odezhd // Vestnik MADI. - 2010.-Vyp. 4(19). – s. 78-83.
4. Iliopolov S.K. Razrabotka osnov kompleksnogo ucheta dinamicheskikh vozdeystviy dlya rascheta sistemy «dorozhnaya odezhd - grunt» // Dissertatsiya na soiskanie uchenoy stepeni doktora tekhnicheskikh nauk. Rostov n/d. 1999, - 363 s.
5. Smirnov A.V. Kolebaniya i volny v dorozhnykh konstruktsiyakh: monografiya – Omsk: izd – vo SibADI, 2006. – 108 s.
6. Uglova E.V. Teoreticheskie i metodologicheskie osnovy otsenki ostatochnogo ustalostnogo resursa asfal'tobetonnykh pokrytiy avtomobil'nykh dorog: dis. ... dokt. tekhn. nauk / Rostov n/D., 2009. 367 s.
7. Osinovskaya V.A. Metodika proektirovaniya nezhestkikh dorozhnykh odezhd pri uchete vibratsionnogo nagruzheniya // Internet-zhurnal «Naukovedenie» 2012. №4 (13) <http://naukovedenie.ru/PDF/4vn412.pdf> (dostup svobodnyy). Zagl. s ekrana. Yaz. Rus.
8. Osinovskaya V.A. Vibratsionnoe nagruzhenie nezhestkikh dorozhnykh odezhd / Nauch. vestnik Voronezhskogo gos. arkh.-stroit. un-ta. Stroitel'stvo i arkhitektura. 2014. Vyp. 1 (33). S. 34 – 44.
9. Osinovskaya V.A. Vibratsionnoe razrushenie nezhestkikh dorozhnykh odezhd: monografiya. – M.; tekhpolygraftsentr, 2008. – 203 s.
10. Rudenskiy A.V., Khromov A.S., Mar'ev V.A. Primenenie rezinovoy kroschki dlya povysheniya kachestva dorozhnykh bitumov i asfal'tobetonnykh. Dorogi Rossii XXI veka. Vyp.5. 2004. s. 62-67.
11. Melik-Bakdasaroe M.S., Gnoev K.A., Melik-Bagdasarova N.A. Stroitel'stvo i remont dorozhnykh asfal'tobetonnykh pokrytiy / M.S. Melik-Bakdasarov, K.A. Gnoev, N.A. Mechik-Bagdasarova. - Belgorod, izd-vo, 2007. - 158 s.
12. Osinovskaya V.A. Povyshenie dolgovechnosti nezhestkikh dorozhnykh odezhd za schet snizheniya ikh vibronagruzhennosti: dis. ... dokt. tekhn. nauk / MADI, 2015. 337 s.
13. Osinovskaya V.A. Konstruktsiya dorozhnoy odezhdy. Patent RF na izobretenie RU № 2399715S1, opub. 20.09.2010, byul. №26.
14. Dolgovechnost' asfal'tobetonnykh pokrytiy v usloviyakh rosta dinamicheskikh vozdeystviy transportnykh sredstv / Iliopolov S.K., Uglova E.V. // Avtomob. dorogi i mosty: Obzorn. Inform. Vyp.4. M.: Informavtodor, 2007. 84 s.
15. Sandakov D.B. Kak razvalit' sistemu obrazovaniya: diversionnaya programma // <http://obrazovanie.by/sandakov/kak-razvalit-obrazovanie.html> (dostup svobodnyy). Zagl. s ekrana. Yaz. Rus.