

# О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ УСТРОЙСТВА ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

**Рост интенсивности движения, скоростных и весовых транспортных нагрузок на дорожной сети РФ вызвал немало проблем на дорогах традиционных конструкций с асфальтобетонным покрытием. Наиболее серьезные из них – третинообразование и колеиность – ставят перед дорожным хозяйством актуальную задачу перехода на альтернативные конструктивно-технологические решения, обеспечивающие увеличение сроков службы сооружений и повышение безопасности движения.**

Дорожная составляющая безопасности движения определяется прочностью, ровностью, сцепными качествами дорожного покрытия, геометрическими параметрами дороги (видимость, горизонтальные и вертикальные кривые, уклоны, состояние обочин и т.д.). Наиболее существенное влияние на риск возникновения ДТП при обгоне оказывает колеиность. Анализ показывает, что при высоких скоростях движения и быстром выходе из колеи риск возникновения ДТП превышает нормативное значение (равное  $1 \cdot 10^{-4}$ ) при глубине колеи порядка 15–17 мм, что соответствует прогнозируемой колеиности для применяемых конструкций на 3–5-й год эксплуатации. При невысокой скорости движения и медленном выходе из колеи риск возникновения ДТП существенно ниже нормативного значения.

Оценка риска возникновения ДТП для разной глубины колеи на сухом покрытии традиционно применяемой конструкции при различных скоростях обгона приведена в табл. 1.

Еще больше ситуация усугубляется на участках эксплуатируемых дорог при необеспеченном водоотводе. При наличии в колее воды и высоких скоростях движения на мокром асфальте происходит уменьшение сцепления шин с покрытием. Что в итоге чревато опрокидыванием

или столкновением автомобиля из-за затруднения возможности управления и торможения.

В целях обеспечения высокой колеестойчивости и третиностойкости покрытия на кафедре «Автомобильные дороги» Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета (СПбГАСУ) разработана новая нетрадиционная конструкция дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием на жестком фрагментированном несущем слое. Для оптимизации предложенных конструктивно-технологических решений использована методика аналитического расчета конструкции с разнообразными нарушениями регулярности, такими как трещины, разрезы, ребра, обоймы и т.п. В принятой расчетной модели для описания локальных нагрузок и нарушений регулярности использованы разрывные функции: единичная функция Хевисайда и дельта-функция Дирака.

При расчете разработанной конструкции система взаимосвязанных элементов фрагментированных несущих слоев (бетонных сборных и монолитных) рассматривается в виде дискретно-континуальной структуры. При этом континуум, т.е. непрерывность, распространен в пределах многоугольного несущего фрагмента, а

разрывы имеют место на линиях швов, рустов, разрезов, трещин. Такая теория дискретно-континуальных систем применительно к тонкослойным двумерным конструкциям получила развитие в строительстве как теория пластин с разрывными параметрами. Предлагаемый метод расчета привел к достаточно простому, удобному для практического применения при расчете алгоритмам и программам.

С их помощью получены достаточно простые аналитические решения и расчетные формулы, позволившие фактически с одинаковой точностью найти компоненты НДС как в зонах изломов, так и в сплошной части слоя. Несущий слой дорожной конструкции рассматривается как фрагментированная пластина на винклеровом основании с рациональными по очертанию и одинаковыми по форме и размерам контурами, ограниченными рустами (вмятинами). По ним в процессе эксплуатации под действием транспортной нагрузки образуются изломы срединной поверхности, представляющей собой упругие «шарниры» (рис. 1).

Установление рациональных форм и одинаковых размеров элементов несущего слоя способствует увеличению однородности конструкции. Это позволяет существенно выровнять давление на нижний слой основания и повысить устойчивость самих несущих элементов в процессе эксплуатации. А вместе с уменьшением влияния температурно-влажностного деформирования в границах зон разрезов снижается величина раскрытия изломов в несущем слое и концент-

Табл. 1. Средние значения риска возникновения ДТП для разной глубины колеи и при различных условиях движения

L – длина выхода машины из колеи; V – скорость, при которой устанавливается риск выхода из колеи	Риск возникновения ДТП при глубине колеи h, мм											
	1	5	10	20	25	30	35	40	50	60	65	70
L = 20 м, V = 90 км/ч	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,008*	0,011*
L = 20 м, V = 120 км/ч	—	—	—	—	—	—	—	0,01*	0,06*	0,12*	0,21*	0,47*
L = 10 м, V = 90 км/ч	—	—	—	0,03*	0,17*	0,76*	2,6*					
L = 10 м, V = 120 км/ч	—	—	0,012*	2,9*								

\* Приведенные значения риска умножать на  $10^{-4}$ .

рация напряжений в них. Что в итоге способствует обеспечению монолитности асфальтобетонного покрытия, усиленного ребрами в зонах изломов (вмятин) несущего слоя.

Технология устройства дорожного и аэродромного основания включает укладку монолитного или сборного бетонного слоя с фрагментированием (специальной механической обработкой). Таким образом обеспечивается создание ослабляющих поперечное сечение углублений (надрезов, вмятин) заданного рисунка, устанавливающих расчетные размеры, связи и форму будущих несущих элементов с последующим устройством асфальтобетонного покрытия. Рассчитаны рекомендуемые размеры несущих элементов фрагментированного бетонного слоя в плане, формы которых должны приближаться к кругу (шестигранники и квадраты вразбежку). Форма поперечного сечения надрезов (вмятин) рекомендуется округлая (овальная) (рис. 1).

Предлагаемый способ, основанный на возведении несущего бетонного слоя с рациональными разрезами, обладает рядом свойств, существенно влияющих на снижение трещинообразования и колеиности. Среди них можно выделить следующие:

- плотное прилегание элементов сборного или монолитного несущего слоя к нижнему основанию при укладке, что приводит к уменьшению напряженного состояния основания до и после укладки асфальтобетонного покрытия, повышению равномерности деформирования дорожной одежды;
- повышение трещиностойкости асфальтобетонного покрытия вследствие температурно-влажностного деформирования элементов несущего слоя только в границах заданных разрезов и устойчивости рабочих элементов за счет рациональных размеров, форм элементов и оптимальных жесткостей связей между ними;
- снижение колеиности, в том числе за счет возможности укладки тонкослойного асфальтобетонного покрытия на фрагментированном бетонном основании с высокой распределяющей способностью;
- уменьшение отрицательных динамических характеристик системы «основание – покрытие» вследствие гашения

динамики (демпфирования) на контактах рабочих элементов и плотного их прилегания (улучшения контакта) с нижним слоем;

- улучшение связей между слоями дорожной одежды (нижним и верхним) посредством рационального рустования несущего слоя и ребер в покрытии, повышающих устойчивость и срок службы дорожной одежды.

Для оценки новой конструкции был произведен расчет предполагаемого колееобразования на дорожных одеждах одинаковой несущей способности с учетом накопления остаточных деформаций в грунте земляного полотна, слоях основания и покрытия, а также структурного разрушения каменного материала для двух конструкций (традиционной и предлагаемой).

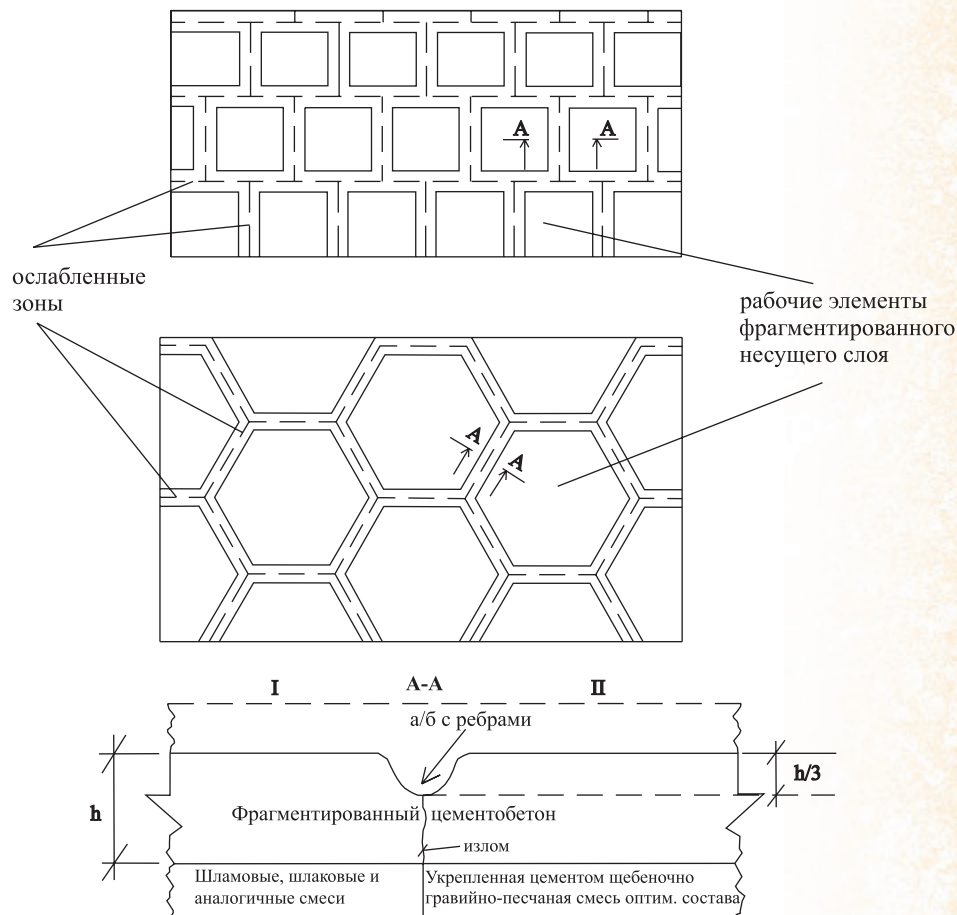
**Классическая конструкция дорожного основания:** песок среднезернистый  $E_n=120$  МПа,  $h=40$  см в подстилающем слое; щебень гранитный,  $E_{щ}=600$  МПа,  $h=20$  см в основании; асфальтобетон крупнозернистый пористый,  $E=1400$  МПа,  $h=12$  см; асфальтобетон плотный

(на БНД 90/130) мелкозернистый типа Б (щебня 47%)  $E=2400$  МПа на гранитном щебне,  $h=5$  см в покрытии.

**Предлагаемая конструкция дорожного основания:** песок среднезернистый  $E_n=120$  МПа,  $h=40$  см; щебень гранитный,  $E_{щ}=600$  МПа,  $h=15$  см; тощий фрагментированный бетон,  $E_b=3500$   $h=16$  см; асфальтобетон плотный (на БНД 90/130) мелкозернистый типа Б (щебня 47%)  $E=2400$  МПа на гранитном щебне,  $h=5$  см.

Для обоих вариантов за основу были взяты следующие показатели: грунт земляного полотна – суглинок легкий  $E_z=33$  МПа; дорога II категории, расположенная в Ленинградской области; расчетная влажность грунта земляного полотна 0,76 в долях от границы текучести; угол внутреннего трения  $15^\circ$ ; среднемесячные температуры воздуха месяцев с устойчивой положительной температурой +11; +15; +17,4; +15,5; +10,4 °С; характер местности – равнинный; интенсивность движения в первый год эксплуатации – 4335 авт/сут, на второй – 4545 авт/сут.

Рис. 1. План и поперечный разрез фрагментированного несущего слоя дорожной одежды





Полученные результаты значений деформации (колеиности) для традиционной и предлагаемой конструкций представлены на рис. 2.

В связи с тем что расчет производился на основе существующих «Методических рекомендаций по расчету и прогнозированию колееобразования на жестких дорожных одеждах», прочностные характеристики бетона не были учтены в достаточной мере. Однако результаты показали более высокую устойчивость к колееобразованию у предлагаемой конструкции по сравнению с классической. А значит, уровень безопасности движения на дорогах с такой конструкцией должен быть выше.

Выполнено также и экономическое сравнение предложенного решения с аналогом асфальтобетонного покрытия на основании из битумоминеральной смеси эквивалентной по несущей

способности толщины. Использование методики экономического сравнения вариантов дорожных одежд по сумме приведенных одновременных и текущих затрат за срок службы становится все более и более условным в связи с непрерывным и труднопрогнозируемым в РФ изменением цен на дорожно-строительные материалы, и прежде всего на нефть и нефтепродукты. Поэтому дополнительно при выборе вариантов дорожных одежд произведено сравнение энергетических затрат, при котором учитывалось количество энергии, выраженное в джоулях или калориях, отнесенное к единице площади (или объема) одежды (т.е. удельные энергетические затраты):

- удельные затраты на технологический процесс по устройству предложенного несущего слоя более чем в два раза ниже, чем равнопрочного слоя из битумоминеральной смеси (11,7 кДж против 25,4 кДж на 1 кв. м);

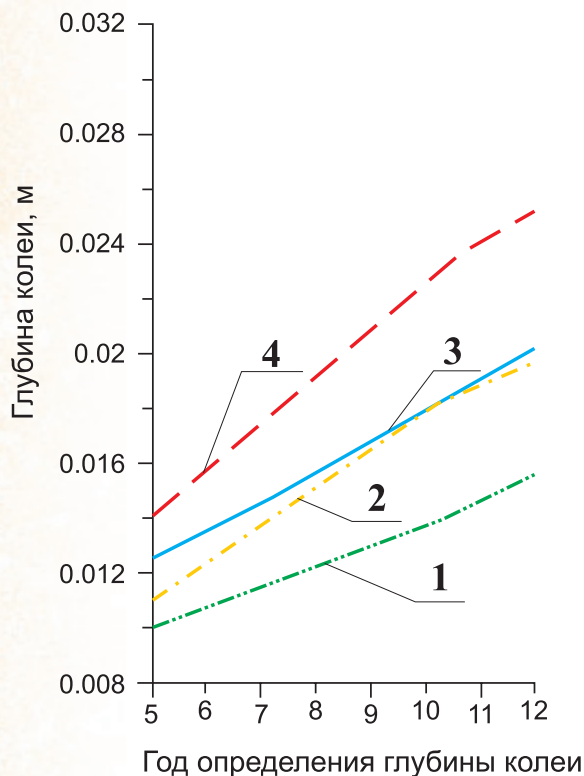
- затраты энергии на производство соответствующих полуфабрикатов составляют 1835,2 кДж на 1 куб. м ц/б смеси и 3849,1 на 1 т а/б смеси.

В итоге по предложенному решению получено двукратное снижение затрат. Среди других экономических преимуществ предлагаемой конструкции: увеличение межремонтного интервала и повышение срока службы конструкции на 20–50%; снижение затрат на подготовку основания; уменьшение толщины асфальтобетонного покрытия в 1,5–2 раза; уменьшение затрат металла в 2–3 раза по сравнению с традиционной плитной конструкцией аналогичных размеров; повышение производительности труда при монтаже на 15% и снижение трудозатрат на 10%.

Предлагаемая к внедрению конструкция дорожных одежд имеет не только выверенное теоретическое обоснование, но и экспериментальное подтверждение. Эксплуатационные качества покрытия на основе самонаводящихся плит проверены опытным путем на пяти действующих участках в Санкт-Петербурге (ул. Я. Гашека, Суздальский пр. и др.) и в Новгородской области. Мониторинг участков, проводившийся специалистами ГАСУ с 1980 г., подтвердил состоятельность выводов ученых и инженеров о целесообразности внедрения такой конструкции в практику строительства и ремонта автодорог.

В 2010 г. в соответствии с договором между предприятиями группы ЛСР «Баррикада» и кафедрой «Автомобильные дороги» СПбГАСУ будут продолжены работы по освоению метода устройства дорожной одежды на основе несущего слоя из сборных фрагментированных плит. В 2010–2011 гг. предполагается также построить опытный участок колееустойчивой конструкции с несущим слоем из фрагментированного монолитного бетона.

**Рис. 2. Сравнение изменения колееобразования для традиционной и предлагаемой конструкции**



- |                |  |
|----------------|--|
| 1. — — — — —   | Общая (средняя) ожидаемая глубина колеи предлагаемой конструкции           |
| 2. - · - · - · | Общая (средняя) ожидаемая глубина колеи традиционной конструкции           |
| 3. —————       | Максимальная глубина колеи с 85 % обеспеченностью предлагаемой конструкции |
| 4. - · - · - · | Максимальная глубина колеи с 85 % обеспеченностью традиционной конструкции |

**Б.Н. Карпов,**  
д-р техн. наук, профессор  
**М.П. Клековкина,**  
старший преподаватель  
**К.Г. Мешеряков,** инженер  
Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный  
университет