

4. M.F. Mousavi, M.B. Barzegar, S. Sahari. A PVC-based capric acid membrane potentiometric sensor for lead(II) ions// Sensors and Actuators B 73 (2001) 199-204.

УДК 624.139.24:625.7

Гасанов Т.Г., Батманов Э.З.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА НЕЖЕСТКОЙ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ В ГОРНОЙ МЕСТНОСТИ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН

Gasanov T.G., Batmanov E.Z.

STUDY OF THE CONSTRUCTION OF NON-RIGID ROAD PAVEMENT IN MOUNTAIN AREAS OF THE DAGESTAN REPUBLIC

В настоящее время важной общегосударственной задачей является увеличение объема строительства автомобильных дорог при одновременном повышении качества, надежности и долговечности, снижении расхода дефицитных материалов. В связи с этим на первый план выдвигаются проблемы научно-обоснованных комплексных методов расчета строительных конструкций на прочность и долговечность, позволяющих на основе полного учета реального состояния материала осуществлять оптимальное проектирование дорожной одежды автодорог.

Ключевые слова: *автомобильная дорога; дорожная одежда; прочность дороги; долговечность дороги; деформация дорожной одежды; напряженное состояние дороги.*

Currently, an important national goal is to increase road construction with simultaneous improving of the quality, reliability and durability and reducing consumption of scarce materials. In this regard, at the forefront are the problems of scientifically grounded complex calculation methods of building structures for strength and durability, allowing on the basis of a full consideration of the actual condition of the material to make the optimal design of the road pavement.

Key words: *automobile road, road pavement; road strength; road durability; deformation of road pavement; stress condition of the road.*

Анализ прочности нежестких дорожных одежд представляет собой весьма сложную задачу вследствие значительного количества переменных факторов, характер и закономерности, изменения которых сложны и еще

недостаточно изучены. В частности, большую трудность представляет учет изменений интенсивности движения, особенности автомобильной нагрузки, местных грунтов, гидрологических и климатических условий, значительно влияющих на службу дорожных покрытий.

Процесс деформирования нежестких дорожных одежд также весьма сложен, так как фактически происходит деформирование многослойной неограниченной по своей длине плитной конструкции, слой которой состоит из различных материалов со свойствами, изменяющимися во времени в зависимости от ряда факторов (температуры, влажности, времени воздействия нагрузки и т.д.). Эта конструкция опирается на грунтовое основание, изменяющее свои физико-механические свойства в течение года.

Кроме того, характер нагрузки резко отличается от расчетных нагрузок сооружений промышленно-гражданского строительства, где наиболее частым их видом является статическая нагрузка. Воздействие автомобильного колеса нельзя рассматривать и как нагрузку динамического характера. Правильнее рассматривать ее как многократно повторяющуюся импульсную нагрузку, воздействующую в течение короткого периода ($\approx 0,01-0,02$ с). Вследствие этого, обычную методику расчета принятую для строительных конструкций, основанную на упругой (или даже на пластичной) схеме деформирования под статической нагрузкой в данном случае для использования не приемлема.

Наиболее близко действительному характеру работы нежесткой дорожной одежды под автомобильной нагрузкой отвечает упруговязкопластическая схема деформирования (рис. 1).

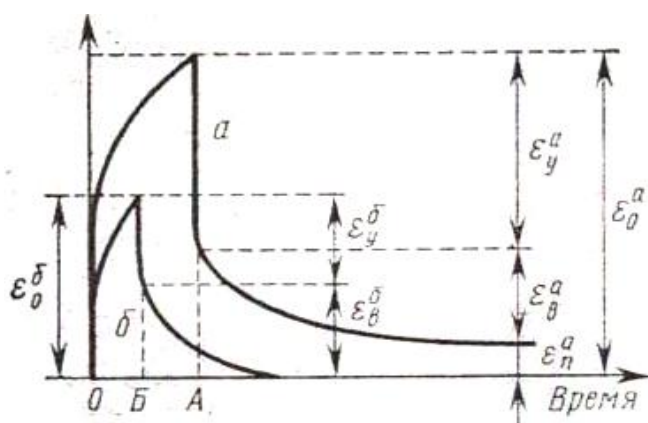


Рисунок 1 - Деформирование дорожной одежды во времени в течение одного цикла нагружения и разгрузки:

а – по упруговязкопластической схеме (время действия нагрузки - ОА);

б – по упруговязкой схеме (время действия нагрузки - ОБ).

Как видно из рис. 1 процесс такого деформирования происходит во времени, причем общая деформация осадки одежды ε_o по своей величине равна сумме упругой ε_y и вязкой ε_v частям деформации восстановления и остаточной, т.е. пластической части деформации ε_n .

Следовательно, в общем случае упруговязкопластического деформирования соблюдается уравнение $\varepsilon_o = \varepsilon_y + \varepsilon_v + \varepsilon_n$. Исключение того или другого компонента из правой части уравнения дает шесть возможных частных случаев деформирования (упругое, вязкое, пластическое, вязкопластическое, упругопластическое, упруговязкое). Из этих шести схем наиболее приемлемой для расчета дорожных одежд является упруговязкая схема деформирования ($\varepsilon_n = 0$), которая исключает образование пластических (остаточных) деформаций в дорожной одежде.

Такая расчетная схема целесообразна для проектирования равнинных федеральных дорог I – III технической категорий проходящих по территории РД, на которых пластические деформации недопустимы, поскольку они снижают прочностные характеристики слоев дорожной одежды.

При небольшой интенсивности движения, что имеет место в горных отдаленных районах РД, экономически целесообразно сооружать одежды, в которых будут накапливаться некоторые пластические деформации при условии, что эти деформации можно ликвидировать в процессе эксплуатации дороги. Для таких одежд, проектируемых на дорогах IV, V технических категорий, имеющих в основном сельскохозяйственное назначение, можно допустить (но в разных пределах) повышенную величину ε_v и некоторое увеличение ε_n , что позволяет строить их из менее прочных слоев и дает существенную экономию в строительстве одежды вследствие возможности широкого применения местных материалов. Однако применение такой схемы деформирования сильно усложняет расчеты. До настоящего времени в достаточной мере не разработана методика расчета дорожных одежд по этой схеме деформирования, наиболее близко отвечающей реальным условиям работы дорожной одежды горных автодорог отдельных районов РД.

Грунтовые основания играют очень важную роль в обеспечении прочности нежестких дорожных одежд. Поэтому при проектировании этих одежд необходимо рассматривать прочность комплексной конструкции «одежда – земляное полотно», учитывая ту верхнюю часть полотна, в которой возникает заметное напряженное состояние при проходе колес автомобиля.

При относительно небольших осадках одежды под нагрузкой дорожная конструкция в течении определенного времени полностью восстанавливает свое первоначальное положение, т.е. работает в упруговязкой стадии. По периметру площади контакта колес с покрытием действуют срезающие напряжения, под действием которых при

больших нагрузках и значительных осадках, возникающих при переувлажнении земляного полотна, могут появляться трещины в дорожной одежде, а иногда и проломы с выкалыванием частей в форме усеченного конуса, что имело место на автодороге к с. Курах, Курахского района РД.

Дорожная одежда является наиболее дорогостоящей частью автомобильной дороги с твердым покрытием (затраты ее устройство составляют около 60% общей стоимости постройки дороги). Поэтому при проектировании дорожных одежд следует сочетать вопросы обеспечения прочности и устойчивости одежды со снижением стоимости работ по ее устройству. Как известно, для этого конструируют дорожную одежду в нескольких вариантах и после технико-экономических расчетов выбирают наиболее целесообразный. При этом конструирование вариантов одежды производят в соответствии с перспективной интенсивностью и составом движения, с учетом наличия местных материалов и обеспечения безопасности движения. Дорожная одежда должна обладать необходимой прочностью, независимо от меняющегося по длине трассы водного режима и состава подстилающих грунтов. При учете местных конкретных условий и использовании местных материалов несмотря на наличие типовых решений следует разрабатывать индивидуальные проекты конструкций дорожных одежд, предусматривая максимальную механизацию и автоматизацию строительных процессов и учитывать опыт строительства и эксплуатации автомобильных дорог в районе проектирования.

При проектировании конструкций одежд для горных отдаленных районов РД большое значение имеет соблюдение принципа стадийности их строительства, который позволяет в постепенном совершенствовании и усилении одежды по мере роста интенсивности движения, транспортных нагрузок, а так же значения дороги, как проходящей по республике имеющей границы с другими государствами. При стадийном строительстве используют ранее построенные слои, при чем одежда, уложенная в первой стадии, для второй используется в качестве основания и т.д. На каждой из этих стадий конструкция дорожной одежды по своим эксплуатационным показателям должна соответствовать требованиям, предъявляемым к ней движением в данный период эксплуатации. Принцип стадийного строительства обеспечивает сокращение единовременных вложений в дорожное строительство. Из экономических соображений следует обеспечить требуемую для первой стадии прочность одежды за счет увеличения толщины нижних слоев, ограничиваясь устройством тонкослойных покрытий. Все стадии усиления одежды конструктивно должны быть увязаны. Это следует учитывать еще при разработке конструкции одежды для первой стадии строительства, в противном случае в дальнейшем может оказаться невозможным использовать конструктивные слои, построенные на первом этапе.

Слои материалов конструкции нежесткой дорожной одежды располагают по убывающей прочности в соответствии с диаграммой затухания напряжения от колесной нагрузки. Можно рекомендовать по результатам исследований следующие минимальные значения толщины слоя в см, при которой еще можно формировать монолитные надежные в эксплуатации конструкции для отдаленных горных районов РД: асфальтобетон, укладываемый в горячем или теплом состоянии, - однослойный 5-7см, двухслойный 7-10см; щебеночные, гравийные материалы, обработанные вяжущими в установках или по способу смещения на дороге 8см; малопрочные каменные материалы, обработанные вяжущими 10см; щебеночные гравийные материалы, не обработанные вяжущими на песке 15см, на прочном каменном основании 8-10см.

Следует напомнить, что при размещении конструктивных слоев недопустима большая разница в прочности материалов соседних слоев – это может привести к появлению трещин. Также целесообразно из экономических соображений вводить в конструкцию слои, материал которых менее чем 1,5 раз прочнее материала подстилающего слоя. Число конструктивных слоев не следует увеличивать без особой необходимости, так как каждый дополнительный слой усложняет технологический процесс.

При выборе типа покрытия учитывают назначение дороги; интенсивность и скорость движения автомобилей; климатические, грунтовые и водные условия; наличие, стоимость и свойства местных материалов; возможность механизации работ с учетом наличия средств механизации и транспорта; необходимость круглосуточного движения; сроки строительства; возможность последующего усовершенствования и характер эксплуатационного содержания дороги в будущем. Для горных районов РД следует строить дороги с твердым асфальтобетонным покрытием с обеспечением круглогодичного проезда автомобилей.

Варианты конструкций одежд проверяют расчетом по трем критериям: по допускаемому упругому прогибу; по сдвигу в подстилающем грунте земляного полотна и слабосвязных материалах конструктивных слоев дорожной одежды; по растягивающим напряжениям при изгибе слоев из монолитных материалов. Одежды с покрытиями переходного типа рассчитывают только по одному критерию – допустимой величине упругого прогиба. Дорожную одежду принято представлять в виде линейно-деформируемого слоистого полупространства. Воздействие колеса транспортного средства на дорожную одежду представляют в виде равномерно распределенной нагрузки с интенсивностью, равной P , которая приложена к круглому жесткому штампу. При этом расчетные нагрузки разделены на две группы – A и B . Для дорог III-IV технических категорий применяют нагрузки

группы *B*, которые не совсем отвечают сложившейся ситуации на дорогах, в связи с появлением АТС с нагрузкой не менее 12-13т на ось.

Для того чтобы заменить фактический состав движения и его интенсивность расчетной нагрузкой, используют коэффициенты приведения, которые принимают в зависимости от нагрузки на одиночную ось. Дорожные одежды обычно рассчитывают на ту интенсивность движения, которая ожидается к концу срока до капитального ремонта. Для покрытий капитального типа в пределах *10-20 лет*, усовершенствованного облегченного типа – *10 лет*, проходного – *8 лет*. В зависимости от полос движения на проезжей части суммарная суточная интенсивность движения в обоих направлениях уменьшается на величину коэффициента K_{Π} , принимаемый для однополосной проезжей части – 1,0, для двухполосной – 0,7. Следовательно, расчетные значения интенсивности движения N_p для расчетной нагрузки в зависимости от перспективного состава и интенсивности движения с учетом количества полос движения может быть оценено по формуле

$$N_p = K_{\Pi} \sum_{j=1}^m N_j \cdot K_j \quad (1)$$

где значение N_p приведено к расчетной нагрузке на одну полосу движения, авт/сут; m – число типов автомобилей, обращающихся по дороге; N_j – суммарная перспективная интенсивность движения j -й марки транспортного средства, авт/сут; K_{Π} – коэффициент снижения интенсивности движения в зависимости от количества полос движения; K_j – коэффициент приведения к расчетной нагрузке для j -й марки транспортного средства.

Сопротивление растяжению при изгибе монолитных слоев дорожной одежды оценивается наибольшим растягивающим напряжением в материале слоя.

Растягивающее напряжение рассчитывается, как известно, по формуле М.Б. Корсунского

$$\sigma_{\Gamma} = \frac{4K_D P}{\pi} \cdot \frac{h_{\Pi}}{D} \cdot \frac{E_{\Pi}}{E_{\text{общ},0}} \cdot \left(1 - \frac{2}{\pi} \cdot \arctg \frac{h_{\text{э}}}{D}\right) \cdot \arctg^2 \frac{D}{h_{\text{э}}} \quad (2)$$

где $K_D = 1,15$ – коэффициент динамичности приложения нагрузки; P – давление от колеса расчетного автомобиля, МПа; D – диаметр эквивалентного отпечатка следа колеса, см; h_{Π} – толщина покрытия, см; E_{Π} – средний модуль упругости материала покрытия, МПа; $E_{\text{общ},0}$ – общий модуль упругости на контакте с покрытием, МПа; $h_{\text{э}}$ – эквивалентная толщина покрытия, см.

$$h_{\text{э}} = 1,1 \cdot h_3 \sqrt{\frac{E_n}{E_{\text{общ},0}}} \quad (3)$$

Для выработки рекомендаций оптимального варианта конструкции дорожной одежды для участка автомобильной дороги к селению Курах РД и далее в лаборатории дорожно-строительных материалов ДГТУ под руководством д.т.н., профессора Агаханова Э.К. проводятся исследования для установления характера изменения величины растягивающего напряжения при различных сочетаниях параметров слоев дорожной одежды и нагрузки, т.е. влияние (E_n , $E_{общ.0}$, h_n , D) на растягивающее напряжение σ_z . Варьируя указанными показателями можно найти оптимальный вариант решаемой задачи. Результаты исследований полученные для определенных значений принятых параметров приведены ниже в таблице 1.

Таблица 1-Значение растягивающего напряжения для $E_n=800\text{МПа}$ и $E_{общ.0}=3500\text{МПа}$ при изменении $h_n - 5 \dots 30\text{см}$ и $D - 20, 30, 40, 50\text{см}$

$h_n, \text{см}$	5	10	15	20	25	30
1	2	3	4	5	6	7
$\sigma_z, \text{МПа}$ для $D=20 \text{ см}$	0,08	0,114	0,12	0,114	0,1	0,088
1	2	3	4	5	6	7
$\sigma_z, \text{МПа}$ для $D=30 \text{ см}$	0,06	0,096	0,114	0,12	0,117	0,114
$\sigma_z, \text{МПа}$ для $D=40 \text{ см}$	0,052	0,08	0,1	0,114	0,118	0,118
$\sigma_z, \text{МПа}$ для $D=50 \text{ см}$	0,041	0,067	0,09	0,103	0,114	0,117

Изменение растягивающего напряжения $\sigma_z, \text{МПа}$ с изменением толщины покрытия h_n от 5 до 30см при постоянных $E_n=800\text{МПа}$ и $E_{общ.0}=3500\text{МПа}$

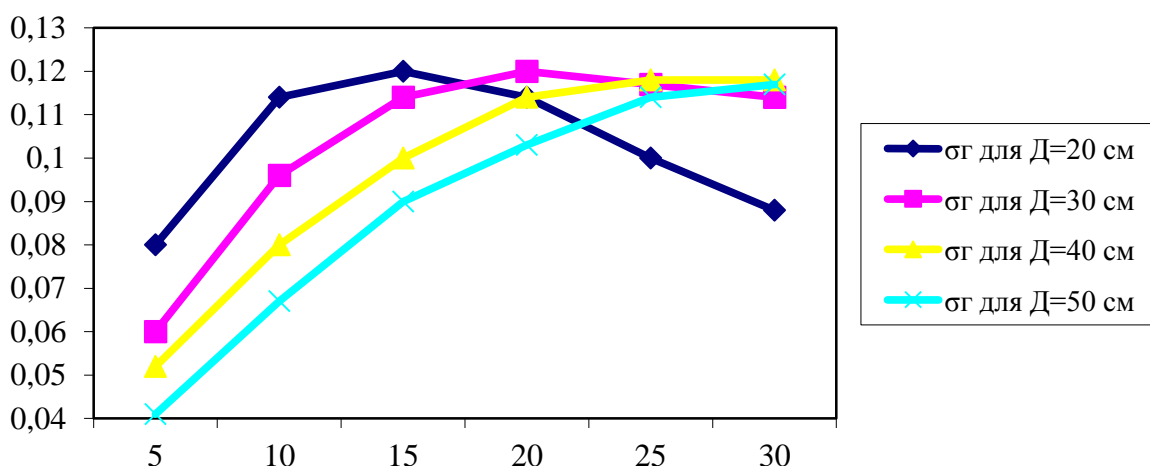


Рисунок 2 - Зависимость изменения растягивающего напряжения при изменении толщины покрытия h_n в пределах 5–30 см для различных значений диаметра следа колеса D

На графике (рис. 2) четко выявляется линия смещения максимума функции. Причем, чем больше диаметр следа отпечатка колеса, тем дальше

смещается критическое значение растягивающего напряжения. Из графика видно, что при определенных значениях E_n и $E_{обц.0}$ растягивающее напряжение имеет свое предельное значение. Минувя точку максимума растягивающее напряжение падает. При прочих равных условиях экономически целесообразно выбирать толщину покрытия в пределах от 5 до 15 см. С увеличением диаметра этот интервал увеличивается от 5 до 20, 25. Чем больше диаметр отпечатка следа колеса, тем с меньшей скоростью изменяются показатели растягивающего напряжения. С практической же точки зрения диаметр следа D имеет диапазон изменения около 40-45 см, тесно связанный с техническими характеристиками современных автомобилей.

Построим график изменения растягивающего напряжения для значения $E_n=9500\text{МПа}$, $E_{обц.0}=500\text{МПа}$. Данные расчета растягивающего напряжения при заданных условиях представлены в таблице 2. График зависимости растягивающего напряжения при заданных условиях на рис. 3.

Таблица 2 - Значение растягивающего напряжения при изменении $h_n - 5 \dots 30\text{см}$, для различных $D - 20, 30, 40, 50\text{см}$, $E_n=9500\text{МПа}$ и $E_{обц.0}=500\text{МПа}$

$h_n, \text{ см}$	5	10	15	20	25	30
1	2	3	4	5	6	7
$\sigma_z, \text{ МПа}$ для $D=20 \text{ см}$	2,25	1,15	0,62	0,38	0,25	0,18
$\sigma_z, \text{ МПа}$ для $D=30 \text{ см}$	2,55	1,82	1,15	0,75	0,52	0,38
$\sigma_z, \text{ МПа}$ для $D=40 \text{ см}$	2,5	2,25	1,63	1,15	0,83	0,62
$\sigma_z, \text{ МПа}$ для $D=50 \text{ см}$	2,35	2,47	1,99	1,52	1,15	0,89

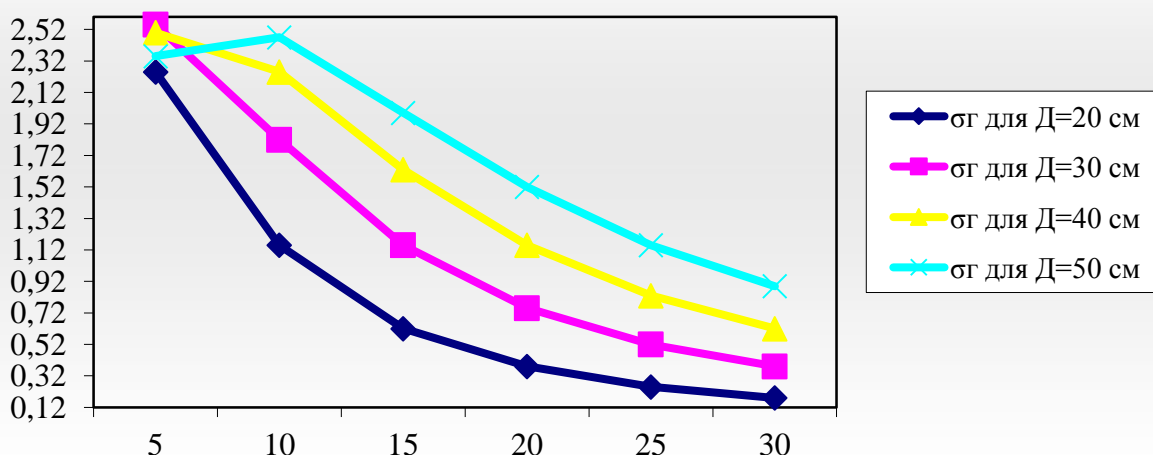


Рисунок 3 - Зависимость изменения растягивающего напряжения при изменении толщины покрытия h_n в пределах 5–30 см для различных значений диаметра следа колеса

$D - 20, 30, 40, 50\text{см}$, $E_n=9500\text{МПа}$ и $E_{обц.0}=500\text{МПа}$

Для случая, когда $E_n > E_{общ.0}$, растягивающее напряжение изменяется в диапазоне от $2,25 - 0,18 МПа$. Из рис. 3 видно, что максимальную величину оно имеет при меньших значениях толщины покрытия. Следовательно, что при условии $E_n > E_{общ.0}$, чем больше h_n , тем меньше растягивающее напряжение. В то же время, чем больше диаметр следа отпечатка колеса, тем линия кривой растягивающего напряжения лежит выше.

Следовательно на основе анализа влияния параметров нагрузки и материалов слоев для каждой рассматриваемой конструкции дорожной одежды можно определить их оптимальное сочетание.

Библиографический список:

1. Корсунский М.Б. Техничко-экономическое обоснование конструкции дорожных одежд. М.: Транспорт, 1974.
2. Гасанов Т.Г., Батманов Э.З. Особенности устройства нежесткой дорожной одежды в горной местности в условиях Республики Дагестан. Строительство: проблемы и перспективы. Материалы международной научно-практической конференции, 29-30 марта 2013 г. Махачкала: ДГИНХ. – С.43-44.
3. Гасанов Т.Г., Магомедов Г.М. К вопросу строительства облегченных дорожных покрытий в горной местности РД. Вестник МАДГТУ (МАДИ), вып. 2 (25), 2011.

УДК 664.8.036.62

*Ахмедов М.Э., Демирова А.Ф., Ахмедова М.М., Гаммацаев К.Р.,
Даудова Т.Н.*

НОВЫЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ БАНОК ПРИ РОТАЦИОННОЙ ТЕПЛОВОЙ СТЕРИЛИЗАЦИИ

*Achmedov M.M., Demirova A.F., Achmedova M.M., Gammatcaev K.R.,
Daudova T.N.*

NEW WAY OF DEFINITION OF OPTIMUM FREQUENCY ROTATION THE CANS AT ROTATIONAL THERMAL STERILIZATION

В работе представлены результаты исследований по разработке нового способа определения оптимальной частоты вращения банок при ротационной стерилизации.