

На правах рукописи

Некроев Шукрулло Хуршедович

## АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ С ГЕОРЕШЕТКОЙ

08.04.01 – «Строительство»

### АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание звания магистра

Бессерт  
Елена Вячеславна

**Проверено**

02.07.2018 Зачтено Библиотека



MEIZU PRO 7  
DUAL CAMERA

Комсомольск-на-Амуре 2018

2018·07·02 11:44

Работа выполнена на кафедре «Строительство и архитектура» в ФГБОУ  
ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Научный руководитель: - доктор технических наук, профессор,  
ФГБОУ ВО «Комсомольский-на Амуре  
государственный университет»

Сысоев Олег Евгеньевич

Официальный оппонент: - кандидат экономических наук

Фонд имущества

г. Комсомольска-наАмуре

Гутник Елена Николаевна

Ведущая организация

ФГБОУ ВО «Комсомольский-  
на-Амуре государственный  
университет»

Защита состоится 28.06.2018 в 14.00 часов на заседании  
аттестационной комиссии кафедры СиА ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-  
Амуре государственный университет» по адресу: г. Комсомольск-на-  
Амуре, ул. Ленин д. 27, ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре  
государственный университет», ауд. 212/1

Ученый секретарь кафедры СиА

**Погорельских Инга Витаутовна**



## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** Хрупкость несущие слои почвы и горных пород традиционно является одним из наиболее острых проблем в строительстве. Более низкий срок службы таких оснований, по сравнению с вычисленным, из-за наличия целого ряда причин, среди которых, наряду с процессом, и должны быть отнесены несовершенные схемы конструкции и методы, принятые в практике проектирования.

В первую очередь это относится к конструкциям, в которых использованы новые материалы. В конце концов, как правило, внедрение современных конструкций происходит в отсутствие правил.

Одной из причин преждевременного выхода из строя дорожных покрытий дорог состоят в недостаточной прочности и коротких жизненных основах, изготовленных из гранулированных материалов (гравия, щебня, ПГС). Достаточно большая толщина гравия и щебень оснований приводит к накоплению остаточных деформаций и, как следствие - на формировании покрова гона. Одним из наиболее перспективных путей повышения прочности таких оснований является их армирование георешетки. В России объем георешетка нашла свое применение, так как 90-х годов. Объемная георешетка пакет полимерных лент, соединенных друг с другом посредством сварных швов, так что он образует сотовую структуру при растяжении в поперечном направлении. Применение новой технологии позволяет получить экономию потратить на строительство громкость материал в виде частиц и снизить транспортные расходы. Это особенно актуально для районов, где нет местных каменных материалов.

Однако, на сегодняшний день применение георешетки армирования несущих слоев зернистых материалов не получили в нашей стране из-за распространения. Одной из причин, сдерживающих широкое применение армированных оснований на практике является отсутствие единых методов проектирования и расчета таких конструкций.

### **- Задача диссертационной работы.**

Научно обосновать и разработать программу для расчета дорожных одежд из армированной объемной георешетки, выбор категории дороги, и расчет дорожной одежды по упругому прогибу.

### **- Основные задачи исследования:**

1. Изучение основных факторы, влияющие на долговечности строительных материалов дорожной одежды.

Анализируемые современные методы расчета дорожных одежд на морозостойчивость, температурные режимы работы асфальтобетонных покрытий и морозное пучение грунтов



MEIZU PRO 7  
DUAL CAMERA

2018-07-02 11:45

полотна и влияние применения различных современных технологий на повышение морозоустойчивости автомобильных дорог.

3. Метод расчета дорожных одежд и учетом использование объемные георешетки.

4. Автоматизировать программа для расчета дорожных одежд из армированного объема георешетки, выбор категория дорога, и расчет дорожной одежд по упруг прогибу.

#### **- Методы решения задач.**

Общая методика исследования состояла из теоретической и индивидуальной работы.

Научная новизна работы заключается в следующем:

Создание программы обеспечения для:

- расчета выбора категории дорог в соответствии со СНиПом 2.05.02-85

- расчет по допускаемому упругому прогибу дорожных одежд

- расчет дорожных одежд с использование объемных георешеток

#### **- Практическая ценность работы.**

Ценность данной работы заключается в том, что разработанная программа обеспечения позволяет произвести расчет при проектировании оснований с конструктивными слоями, армированными георешетками, учитывать увеличение несущей способности армированных слоев и производить расчет в соответствии с рекомендуемыми нормативными документами.

#### **- Публикации.**

По материалам диссертационных исследований опубликовано 3 печатных работы.

#### **- Структура и объем работы.**

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, основных выводов, списка использованной литературы, включающего 65 наименований. Работа изложена на 88 страницы машинописного текста, содержит 36 рисунков и 8 таблиц.

#### **Основные положения диссертации.**

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и основные задачи исследования, отмечены научная новизна и актуальность исследования расчета дорожной одежды.

В первой главе рассматриваются факторы, влияющие на долговечность строительных материалов дорожной одежды.



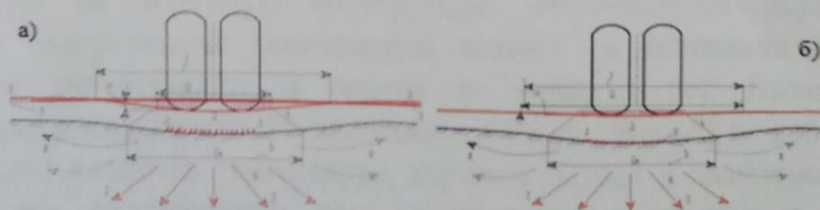
Автомобильные дороги как транспортные сооружения работают при постоянном воздействии природно-климатических факторов и движения транспортных средств. Наиболее значительно изменяются транспортно-эксплуатационные качества дорог по сезонам года.

В зимний период решающее влияние на условия движения оказывают снежные заносы, гололед, туман, низкая температура, короткая продолжительность светлого времени суток.

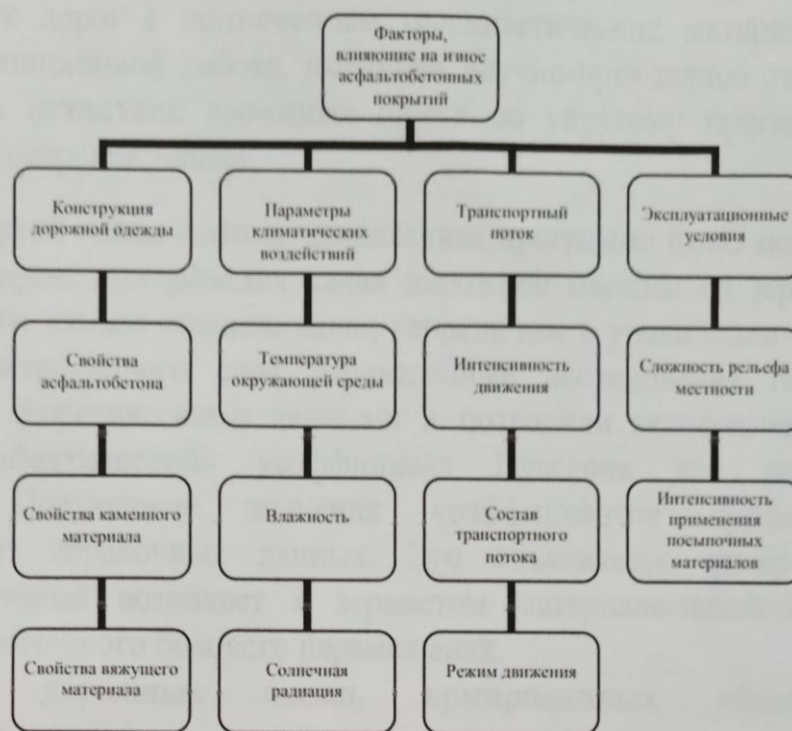
Близкими по влиянию на транспортно-эксплуатационные качества дорог являются осенний и весенний периоды. Для осеннего периода характерно переувлажнение земляного полотна и дорожной одежды, появление кратковременного гололеда, большое количество осадков, туман. В этот период значительно загрязняется проезжая часть, что приводит к резкому снижению коэффициента сцепления шины колеса с дорожным покрытием, разрушаются обочины, уменьшается эффективная ширина проезжей части. Весенний период характерен резкими колебаниями температуры в течение суток и резкими переходами от сухой погоды к дождливой. В это время в связи с переувлажнением низа дорожной одежды снижается ее несущая способность, что требует ограничения движения тяжелых автомобилей.

Особенно подвержены влиянию разных природных факторов автомобильные дороги, проходящие в сложных условиях рельефа местности. На дорогах, проходящих в горной местности, часто возникают туманы, обвалы, снежные лавины, селевые потоки. Это вызывает необходимость разработки специальных мероприятий по обеспечению возможности проезда по дорогам с учетом неблагоприятных природных явлений. Для этого строят снегозащитные галереи, селедуки, проектируют поперечный профиль дороги, при котором обеспечивается наибольшая устойчивость земляного полотна. Характерным является резкое колебание температуры, приводящее к разрушению дорожного покрытия. Попадание и замерзание воды в образовавшиеся трещины приводит к еще большему разрушению дорожного покрытия.

В главе рассматриваются свойства дорожно-строительных материалов и их взаимодействие, влияние нагрузки при проектировании схем деформирования и разрушения нежестких дорожных одежд под взаимодействиями различных типов автотранспортных средств и влияние окружающей среды (рис-1)



Дорожный износ автомобильного покрытия бывает из нескольких основных факторов приведенных ниже.



Во второй главе рассматриваются расчетные зависимости для определения температуры асфальтобетона в дорожной конструкции. В качестве исходных данных принимались следующие параметры:

- средняя годовая температура воздуха для конкретной местности;
- абсолютная максимальная температура воздуха;
- температура воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,98, примерно соответствующая минимальной температуре в среднем году;
- средняя суточная амплитуда температуры наиболее холодного месяца;
- средняя суточная амплитуда температуры наиболее теплого месяца года.

Кроме этого, для определения времени воздействия заданной температуры на дорожную конструкцию рекомендуется определять частотное распределение температуры воздуха на основании данных ближайшей метеостанции за период не менее 5 лет. Выходными параметрами в модуле воздействия климатических факторов на дорожную конструкцию являются температура асфальта бетона в зависимости от глубины его расположения под поверхностью покрытия, а также вероятности и средние скорости изменения температур асфальтобетона за месяц периода эксплуатации дорожного покрытия.

В третьей главе рассматриваются работы практиков, ученых и исследователей показывающих, что тенденция развития и применения синтетических материалов растет с каждым годом. Произведён анализ нормативной документации, регламентирующей строительство и ремонт автомобильных дорог с применением геосинтетических материалов. В данной диссертационной работе, имеющей научно-прикладной характер, метод расчета нежестких дорожных одежд по упругому прогибу был доработан и усовершенствован.

В четвертой главе Автоматизированная программа RoaD позволяет определить эффект армирования слоев дорожной одежды из зернистых материалов, тем самым оценить вклад георешеток в увеличении модуля упругости армированного слоя. Проведенные исследования показали сходимость с теоретическими данными и позволили экспериментально определить «фактический» коэффициент Пуассона для реальных материалов. Полученные значения коэффициентов существенно отличаются от справочных данных. Это объясняется армирующим эффектом, который возникает в зернистом материале-заполнителе в условиях ограниченного бокового перемещения.

#### **Расчет дорожных одежд, армированных объемными георешетками.**

Объемная георешетка – это пакет из полимерных лент, скрепленных между собой посредством сварных швов таким образом, что при растяжении в поперечном направлении он образует сотовую структуру. Ее ячейки могут быть заполнены различными дискретными материалами. В дорожной одежде, например, такая конструкция работает как слой повышенной несущей способности. Однако в настоящее время не существует единого метода расчета, который охватил бы полный диапазон применения георешеток в строительстве дорожных одежд. Согласно временным строительным нормам нежесткую дорожную одежду рассчитывают методом приведения многослойной упругой конструкции к эквивалентной двухслойной модели. Эффект упрочнения конструктивных слоев дорожной одежды при их армировании синтетическими материалами оценивают соответствующим увеличением модуля упругости. Приведенный модуль упругости  $E_{\Pi}$  определяют по эмпирической зависимости:

$$E_{\Pi} = K_a * E_k, \text{ мПа} \quad (1)$$

где  $E_k$  – модуль упругости неармированного слоя, МПа;  
 $K_a$  – коэффициент увеличения модуля упругости армогрунтового слоя. Коэффициент  $K_a$  определяют по результатам штамповых испытаний фрагментов неукрепленных и укрепленных дорожных одежд.



По данным экспериментальных исследований, проведенных получены численные значения коэффициента  $K_a$  для некоторых видов конструкций одежды.

Метод расчета, предлагаемый Ассоциацией американских инженеров, основан на эмпирических зависимостях и учитывает только трение заполнителя о стенки георешетки. Очевидно, что увеличение несущей способности армированного георешетками слоя в основном связано с другим физическим явлением. Поэтому перед нами была поставлена цель разработать методику расчета конструктивных слоев из зернистых материалов, армированных объемной георешеткой.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи: - определить напряженно деформируемое состояние армированного слоя и разработать математическую модель расчета; - провести экспериментальные исследования для проверки теоретических результатов.

Общая методика теоретических рассуждений была построена в рамках классической теории упругости, а экспериментальные исследования проводились в лабораторных условиях с реальной расчетной оболочкой. В процессе данной работы были подвергнуты сомнению справочные значения коэффициента Пуассона для зернистых материалов, используемых нами в качестве заполнителя. Фактические значения коэффициента Пуассона в изучаемой расчетной схеме определялись путем решения обратной задачи. Ячейки георешетки препятствуют горизонтальной деформации заполнителя под нагрузкой. В результате осадка слоя с георешеткой уменьшается. Это послужило основой для разработки методики расчета. В реальных условиях ячейка георешетки в плане имеет неправильную геометрическую форму рисунок 2 напоминающую ромб.

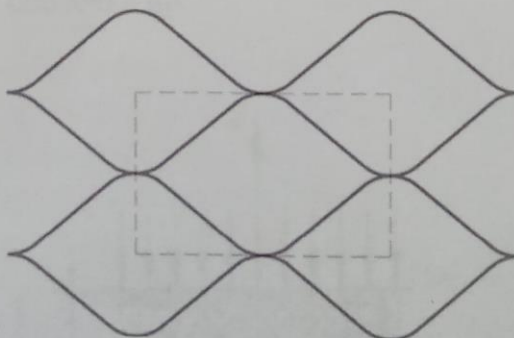


Рисунок – 2. Ячейка георешетки.

В случае, когда внешнее вертикальное давление распределяется на каждом расположенных ячеек, то стенки смежных ячеек, по крайней мере в центре нагруженной области, не испытывают





одностороннего бокового давления и работают только на растяжение. Это дает основание предположить, что в первом приближении в качестве расчетной схемы реальной ячейки может быть принята цилиндрическая оболочка равного с ячейкой объема и равной высоты, заполненная тем же материалом и обеспечивающая такую же величину осадки под нагрузкой, как и реальная конструкция рисунок 3.

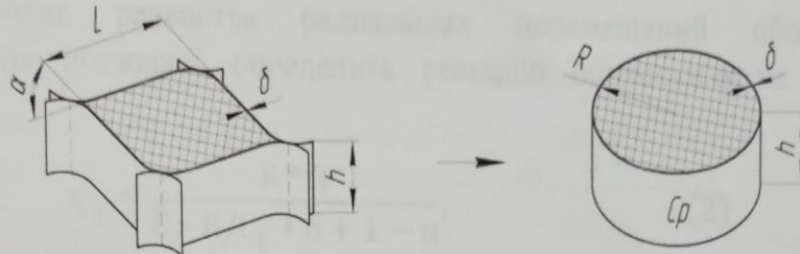


Рисунок – 3. Переход от реальной ячейки к расчетной схеме.

( $V$  ячейки= $V$  цилиндра).  $h$  – высота ячейки;  $L$  – размер ячейки;  $\alpha$  – угол раскрытия ячейки;  $\delta$  – толщина стенки;  $R$  – «приведенный» радиус ячейки;  $C_p$  – эквивалент модуля упругости цилиндрической оболочки.

Выбранная расчетная схема позволяет достаточно просто рассчитать напряженно-деформированное состояние армированного слоя и установить все необходимые соотношения эквивалентности математической модели и реальной конструкции.

Рассмотрим задачу плоской деформации идеально-упругого, однородного и изотропного цилиндра, заключенного в расчетную оболочку и установленного на бесконечно жестком идеально гладком основании рисунок 4. Подробное математическое решение опущено.

Вычислим осадку нагруженного слоя  $dh_p$ . Радиальная деформация массива заполнителя  $U_p$  складывается из деформации заполнителя  $U_q$  под действием вертикальной нагрузки  $q$  и радиальной деформации  $U_{qr}$  от действия реакции оболочки  $q_r$ .

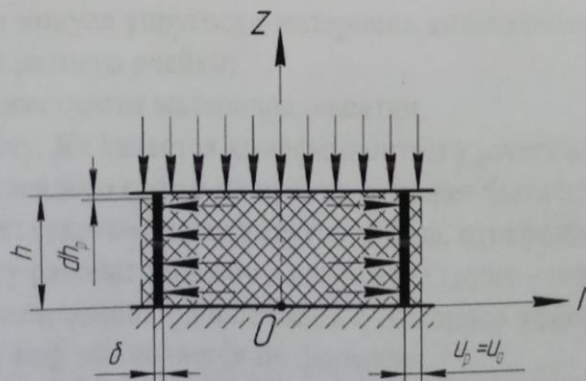


Рисунок – 4. Схема деформирования расчетной оболочки.

$q$  – внешняя нагрузка;  $q_p$  – реакция оболочки;  $dh_p$  – осадка армированного слоя;  $U_p$  – радиальная деформация армированного массива;  $U_o$  – радиальная деформация оболочки.

Условие равенства радиальных перемещений оболочки и заполнителя позволяет определить реакцию оболочки  $q_p$  на давление грунта:

$$q_p = \frac{\mu * q}{E * R / C_p * \delta + 1 - \mu}, \quad (2)$$

где  $\mu$  – коэффициент Пуассона;  $E$  – модуль упругости заполнителя.

Следует отметить, что эта величина в зависимости от свойств грунта и георешетки может меняться в пределах от нуля до величины внешней нагрузки  $q$ .

Наибольшего значения она достигает в жесткой оболочке, заполненной слабым водонасыщенным грунтом ( $q=0,5$ ). Зная реакцию оболочки  $q_p$ , можно определить осадку  $dh_p$ . Она складывается из вертикального перемещения заполнителя  $dh_q$  под действием внешней нагрузки  $q$  и вертикального перемещения массива  $dh_{q_p}$  от действия реактивного усилия  $q_p$ .

Отношение величины осадки неармированного массива заполнителя  $dh_q$  к осадке слоя с георешеткой  $dh_p$  назовем эффектом армирования и обозначим  $K_a$ :

$$K_a = \frac{dh_q}{dh_p} = \frac{1}{1 - \frac{\mu^2}{\frac{E * R}{C_p * \delta} + 1 - \mu}}, \quad (3)$$

Из (3) видно, что эта величина растет:

- при увеличении коэффициента Пуассона;
- при уменьшении модуля упругости материала заполнителя;
- при уменьшении размера ячейки;
- при увеличении жесткости материала решетки.

По существу,  $K_a$  является коэффициентом увеличения модуля упругости армированного слоя и на практике может быть использован для вычисления эффективного модуля упругости  $E_{эф}$ , отражающего совместную работу рассматриваемого композита грунт – георешетка. Величина осадки основания под нагрузкой с помощью эффективного модуля упругости  $E_{эф}$  вычисляется по формуле:



$$dh_p = \frac{q * h}{E_{эф}}, \quad (4)$$

$$E_{эф} = E * K_a \quad (5)$$

С помощью формулы (5) при известной величине эффекта армирования  $K_a$  можно рассчитать конструкцию дорожной одежды, армированной георешеткой, с использованием действующего норматива ОДН 218.046.

Величина эффекта армирования  $K_a$  зависит от физико-механических свойств заполнителя ( $E, \mu$ ) и характеристик георешетки ( $C_p, L, a, R$  и  $\delta$ ), но не зависит от толщины армированного слоя. Величины  $R, \delta, E, \mu$  либо заранее известны проектировщику, либо задаются им. Величину  $C_p$  можно получить из опыта по определению эффекта армирования  $K_a$ , дважды реализовав в лабораторных условиях ситуацию, соответствующую граничным условиям (6).

$$\sigma_z = q; \quad \tau_{zr} = 0; \quad r \geq 0; \quad z = h \quad (6)$$

$$w = 0; \quad \tau_{zr} = 0; \quad r \geq 0; \quad z = 0$$

Первый опыт ставится с реальной решеткой. В нем определяется осадка армированного массива ( $dh_p$ ). Второй – для измерения осадки материала заполнителя ( $dh_q$ ) без решетки. В условиях равномерной осадки нагруженного слоя исключается влияние подстилающего и вышележащих слоев, трение заполнителя о георешетку и все краевые эффекты. В этих идеальных условиях величину  $C_p$  по экспериментально найденному эффекту армирования:

$$C_p = \frac{E * R * (K_a^{экс} - 1)}{\delta * [\mu^2 - K_a^{экс} - (K_a^{экс} - 1) * (1 - \mu)]} \quad (7)$$

$C_p$  – является эквивалентом модуля упругости цилиндрической оболочки, которой при расчетах заменяется ячейка реальной георешетки. На этом основании можно предположить, что  $C_p$  не зависит или, по крайней мере, слабо зависит от модуля упругости ( $E$ ) и коэффициента Пуассона ( $\mu$ ) заполнителя. Поэтому  $C_p$  можно назвать

постоянной характеристикой георешетки, которая зависит только от физико-механических свойств самой решетки. Однако данное положение требует экспериментальной проверки.

Максимально возможный эффект армирования дорожных одежд георешетками определяется соотношением:

$$K_a < \frac{1 - \mu}{1 - \mu - \mu^2} \quad (8)$$

По (8) на рисунок 26 построена зависимость предельного эффекта армирования  $K_a$  от величины коэффициента Пуассона заполнителя. Видно,

что эффект армирования при увеличении коэффициента Пуассона возрастает. Так, например, для слабых водонасыщенных грунтов максимальный эффект армирования может достигать 100%, что равносильно двукратному увеличению модуля упругости слоя при его усилении георешетками.

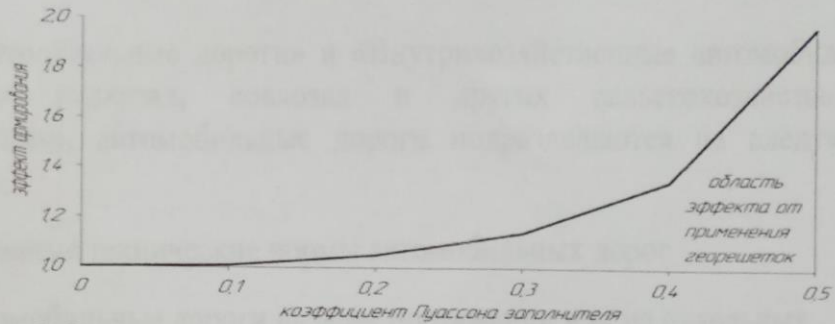


Рисунок – 5. Зависимость изменения коэффициента Пуассона процента армирования от о.

Для сопоставления результатов было предложено определить фактический коэффициент бокового расширения (аналогичный коэффициенту Пуассона  $\mu$ ) из выражения:

$$\mu_{\text{фак}} = \frac{\sqrt{K_a - 1} * \sqrt{(K_a * (5C_p * \delta + 4E * R) - C_p * \delta)}}{2 * \sqrt{C_p * \delta * K_a}} \quad (9)$$

### Расчет дорожных одежд с использованием объёмных георешеток

Решение по формулам (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) четвертой главе расчет дорожных одежд с использованием объёмных георешеток в программу Road.

Расчет дорожных одежд, армированных объёмными георешетками

Условие равенства радиальных перемещений оболочки и заполнителя позволяет определить реакцию оболочки от на давление грунта

Едиз

$\mu =$    $R =$

$q =$    $C_p =$

$E =$    $\delta =$

$\sigma_p =$

Отношение величины осадки неармированного массива заполнителя  $d_{пк}$  к осадке слоя с георешеткой  $d_{пр}$  назовем эффектом армирования и обозначим  $K_a$

Едиз

$\mu =$    $C_p =$

$E =$    $\delta =$

$R =$

$K_a =$

Величина осадки основания под нагрузкой с помощью эффективного модуля упругости  $E_{эф}$  вычисляется по формуле:

$q =$    $E =$

$h =$    $K_a =$

$E_{эф} =$    $E_{эф} =$

$d_{пр} =$

В условиях равномерной осадки нагруженного слоя исключается влияние подстилающего и вышележащих слоев, трение заполнителя о георешетку и все краевые эффекты

$E =$

$R =$

$K_{акс} =$

$\delta =$

$\mu =$

$C_p =$

Приведенный модуль упругости  $E_p$  определяют по эмпирической

$K_a =$

$E_k =$

$E_p =$

Максимально возможный эффект армирования дорожных одежд георешетками определяется соотношением:

$\mu =$    $K_a <$

Определить фактический коэффициент бокового расширения

$K_a =$    $E =$

$C_p =$    $R =$

$\delta =$

$\mu_{\text{фак}} =$

### Выбор категории дороги

Для назначения категории дорог используют специалистов, они рассчитывают количество автомобилей на сечение дороги за определенное время.

«Автомобильные дороги» и «Внутрихозяйственные автомобильные дороги в колхозах, совхозах и других сельскохозяйственных предприятиях», автомобильные дороги подразделяются на следующие категории:

#### Основные технические нормы автомобильных дорог

Автомобильные дороги на всем протяжении или на отдельных участках подразделяются на категории согласно таблице 1.

Назначение автомобильной дороги	Категория дороги	Расчетная интенсивность движения, прав. ед./сут
Магистральные федеральные дороги	I-a	Св. 14000
Прочие федеральные дороги	I-б	Св. 14000
	II	Св. 6000
	III	Св. 2000 до 6000
Республиканские, краевые, областные дороги и дороги автономных образований	II	Св. 6000 до 14000
	III	Св. 2000 до 6000
	IV	Св. 200 до 2000
Дороги местного значения	IV	Св. 200 до 2000
	V	До 200

Коэффициенты приведения интенсивности движения различных транспортных средств к легковому автомобилю следует принимать по таблице 2.

Типы транспортных средств	Коэффициент приведения
Легковые автомобили	1
Мотоциклы с коляской	0,75
Мотоциклы и мопеды	0,5
Грузовые автомобили грузоподъемностью, т:	
2	1,5
6	2
8	2,5

14	3
св. 14	3,5
Автопоезда грузоподъемностью, т:	
12	3,5
20	4
30	5
св. 30	6
8	2,5
14	3
св. 14	3,5
Автопоезда грузоподъемностью, т:	
12	3,5
20	4
30	5
св. 30	6

### Выбор категории дороги в программу RoaD.

Назначение категория дороги

Кол. авт			
<input type="checkbox"/>	Легковые автомобили		
<input type="checkbox"/>	Мотоциклы с коляской		
<input type="checkbox"/>	Мотоциклы и мопеды		
<input type="checkbox"/>	Грузовые автомобили грузоподъемностью 2 т	Общее количество транспортных средств	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Грузовые автомобили грузоподъемностью 5 т	Проценте легковых автомобилей от общего	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Грузовые автомобили грузоподъемностью 8 т		Категория дороги
<input type="checkbox"/>	Грузовые автомобили грузоподъемностью 14 т	<input type="button" value="Расчитать"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Грузовые автомобили грузоподъемностью св 14 т	<input type="button" value="C"/>	<input type="button" value="Расчитать"/>
<input type="checkbox"/>	Автопоезда грузоподъемностью 12 т		
<input type="checkbox"/>	Автопоезда грузоподъемностью 20 т		
<input type="checkbox"/>	Автопоезда грузоподъемностью 30 т		
<input type="checkbox"/>	Автопоезда грузоподъемностью св 30 т		

### Расчет по допускаемому упругому прогибу

Определяют для группы нагрузок А расчетный диаметр и давление колеса на покрытие:  $D = 0,41$  м;  $p = 0,6$  МПа.

Расчет по допускаемому упругому прогибу выполняют послойно, начиная с подстилающего грунта, по номограмме.

#### 4.1 Дополнительный слой основания (слой 5):

$$\frac{E_{гр}}{E_1} = \frac{54}{120} = 0,45$$

$$\frac{h_1}{D} = \frac{0.40}{0.41} = 0,97$$

Тогда по номограмме (см. рисунок 6.2)  $\frac{E_{\text{общ}}^V}{E_1} = 0,72$

$$E_{\text{общ}}^V = 120 * 0.72 = 86 \text{ мПа}$$

4.2 Третий слой основания из щебня по способу заклинки (слой 4):

$$\frac{E_{\text{общ}}^V}{E_1} = \frac{86}{300} = 0,28$$

$$\frac{h_2}{D} = \frac{0.20}{0.41} = 0,49$$

Тогда по номограмме

$$\frac{E_1^{\text{II}}}{E_1} = 0,43$$

$$E_{\text{общ}}^V = 129 \text{ мПа}$$

Второй слой основания из черного щебня (слой 4):

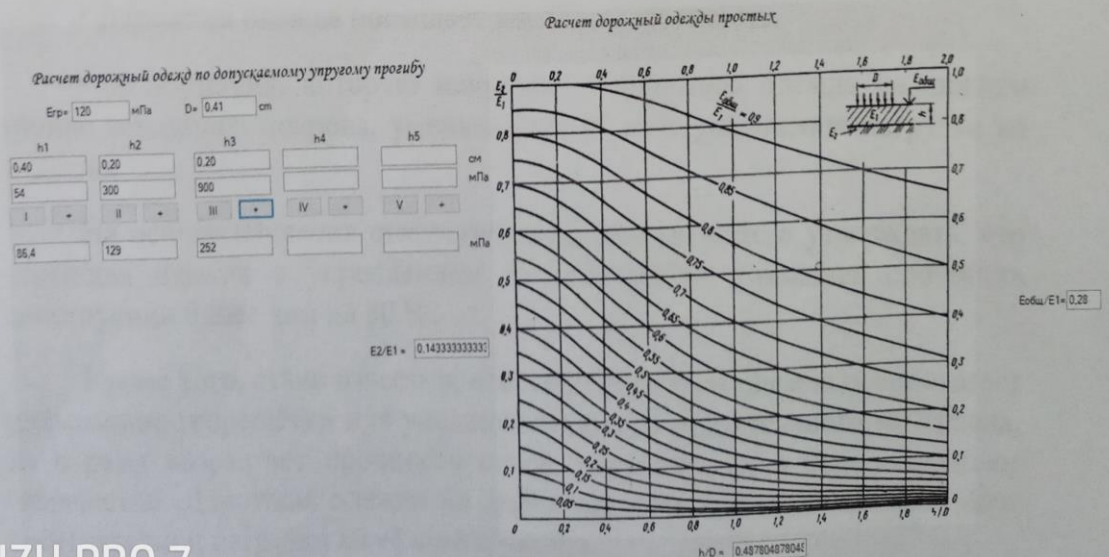
$$\frac{E_{\text{общ}}^{\text{IV}}}{E_1} = \frac{129}{900} = 0,14$$

$$\frac{h_2}{D} = \frac{0.20}{0.41} = 0,48$$

Тогда по номограмме

$$\frac{E_1^{\text{II}}}{E_1} = 0,28$$

$$E_{\text{общ}}^V = 252 \text{ мПа}$$



## Вывод.

Плачевное состояние, в котором на данный момент пребывает дорожная одежда, является непосредственным следствием многократных нагрузок без остаточных деформаций на неё. Использование георешётки приводит к тому, что дорожная одежда больше не зависит от надёжности оснований, а за счёт этого сокращаются процессы деформации. Кроме этого, при использовании георешётки дорожное покрытие значительно увеличивает срок надёжной службы, а материальные затраты на ремонт, который требует дорожная одежда, также будут уменьшены.

Именно георешётка позволяет сделать так, чтобы дорожная одежда была заменена по максимально низкой стоимости, что одинаково важно как на этапе дорожного строительства, так и во время дальнейшей эксплуатации.

Рассмотрим ключевые преимущества в сфере долговечности и надёжности, связанные с тем, что дорожная одежда будет укладываться с применением георешётки. Во-первых, дорожная одежда укрепляется за счёт того, что георешётка позволяет увеличить коэффициент сцепления формирующих её несвязных материалов.

Если к георешётке прикладывается сконцентрированная нагрузка, то дорожная одежда будет определять места деформаций благодаря ячеистой структуре решётки. В дополнение к этому повышение жесткости конструкции, которая формирует дорожную одежду, осуществляется с участием сопротивления смежных с заполнителем ячеек и активного влияния внешней среды на ячейку и заполнитель.

Применяя георешётку, благодаря которой укрепляется дорожная одежда, Вы можете гарантировать следующие преимущества, вытекающие из взаимодействия георешётки и заполнителя:

- Дорожная одежда повышает изгибную жёсткость.
- Деформация, которую испытывает дорожная одежда на нижнем уровне земляного покрова, уменьшается за счёт увеличения нагрузки на полотно.

На основе изучения статистических данных можно утверждать, что дорожная одежда с укреплением из георешётки повышает прочность конструкции более чем на 50 %.

Кроме того, стало известно, что, если дорожная одежда предполагает применение георешётки для усиления типового строительного материала, то в разы возрастает прочность слоев, укрепляемых с использованием георешетки. Дорожная одежда не деформируется даже под воздействием десятикратной нагрузки на её конструкцию.



**Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:**

1. Алгоритм подбора дорожной одежды- Сысоев Е. О, Некройев Ш. Х. Научно-техническое творчество аспирантов и студентов Материалы 47-й научно-технической конференции студентов и аспирантов, Комсомольский-на Амуре 2017 г.

2. Использование полимерных материалов для обеспечения долговечности дорог с покрытием из нежесткой дорожной одежды - О. Е. Сысоев, Ш. Х. Некройев, Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия Часть 2, Комсомольск-на-Амуре 2018, С – 208...214.

3. Использование дернины как экологически чистую поверхность при дорожном строительстве - Н.И. Чернышев, М.С. Есипов, Ш.Х. Некройев. Архитектура, строительство, землеустройство и кадастры на Дальнем Востоке в XXI веке. Международная научно – практическая конференция г. Комсомольск-на Амуре, 24-26 апреля 2018 г.

