ТОО «AsiaGeoCentre»
Республика Казахстан, 050012, г. Алматы, ул. Досмухамедова, 68-б
Тел: +7(727) 2 927 342, +7(727) 2 920 960, Email: AsiaGeoCentre@mail.ru, web: www.AsiaGeoCentre.kz

Расчет конструкций дорожной одежды с применением материалов Тенсар

Объект: «Реконструкция автомобильных дорог в городе Атырау по ул. Т. Бигельдинова»

Директор **ТОО «AsiaGeoCentre»** П. Ятманов

Исполнитель
инженер Жакиярова М.

Алматы

2020

Расчет конструкции дорожных одежд

В соответствии с заданием Заказчика необходимо рассчитать дорожную одежду по объекту: «Реконструкция автомобильных дорог в городе Атырау по ул. Т. Бигельдинова» В качестве расчетной рассматривается нагрузка А1.

Постановка задач:

1. Обеспечить прочность дорожной одежды по критериям прочности согласно СНРК 3.03-104-2014 «Проектирование дорожных одежд нежесткого типа».

2. Сократить толщину слоев используемых инертных материалов.

3. Обеспечить многократный проезд транспорта, устранить (свести к минимуму) колееобразование.

В связи с поставленными задачами, согласно положениям СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.03.104-2014 и рекомендациям Р РК 218-78-2009, для усиления несущих оснований нежестких дорожных одежд расчетами предусматривается применение в конструкции для ее усиления гексагональных георешеток типа Tensar TriAx, что в данных условиях является одним из наиболее эффективных и рациональных способов увеличения их прочности и надежности.

При этом:

- повышается однородность основания, что немаловажно для обеспечения равнопрочности покрытия, а, следовательно, и его надежности работы на всей площади;

- практически исключается проникновение крупнозернистого материала в нижележащие слабосвязные слои (сохранение толщины дренирующего слоя за счет исключения вдавливания инертного материала в подстилающий грунт (рис.1));

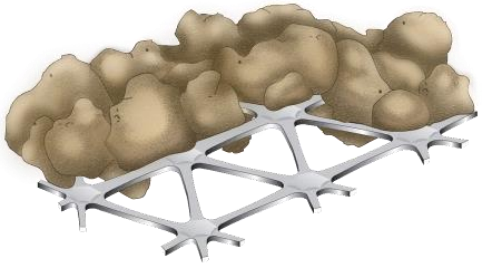


Рис. 1. Заклинка инертного материала в ячейках георешеток (образование слоя, способного воспринимать растягивающие напряжения)

– обеспечиваются оптимальные условия для уплотнения инертного материала до требуемой величины, и, тем самым, достигается расчетное значение его модуля упругости и модуля деформации;

– значительно снижается динамика накопления и величина остаточных деформаций конструкций вследствие того, что значительные сдвигающие напряжения (τ_{xy}) концентрируются не в подстилающем грунте и слабосвязных слоях конструкции, а в слое «инертный материал – георешетка», способном сопротивляться сдвигу. Кроме того, наблюдается тенденция к увеличению и концентрации непосредственно под покрытием главных горизонтальных напряжений σ_3, что свидетельствует об уменьшении коэффициента уровня напряженно-деформированного состояния конструкции $K_{унс}$ (1), величина которого в наибольшей степени определяет характер деформирования среды при многократных приложениях нагрузок. Это подтверждается экспериментальными исследованиями, проведенными на кафедре «Аэродромы и дороги. Основания и

фундаменты» Военного инженерно-технического университета, а также опытом применения данных материалов в дорожном строительстве;

$$K_{у.н.с.} = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)(1 - \sin\varphi)}{2(\sigma_3 \sin\varphi + C\cos\varphi)} \quad ; \qquad (1)$$

где σ_1, σ_3 – главные напряжения;

ф – угол внутреннего трения;

С – удельное сцепление.

– возможно увеличение величины нагрузки на конструкцию, при которой будет соблюдаться линейная зависимость между напряжениями и деформациями (увеличение несущей способности);

– увеличиваются деформативные характеристики конструкции, включающей в свой состав георешетку;

Проведенные исследования показали, что армирование щебня георешетками позволяет увеличить общий (эквивалентный) модуль упругости и деформации конструкции.

Для усиления конструкции дорожной одежды и сокращения конструктивных слоев применяется георешетка гексагональная Tensar TriAx 160.

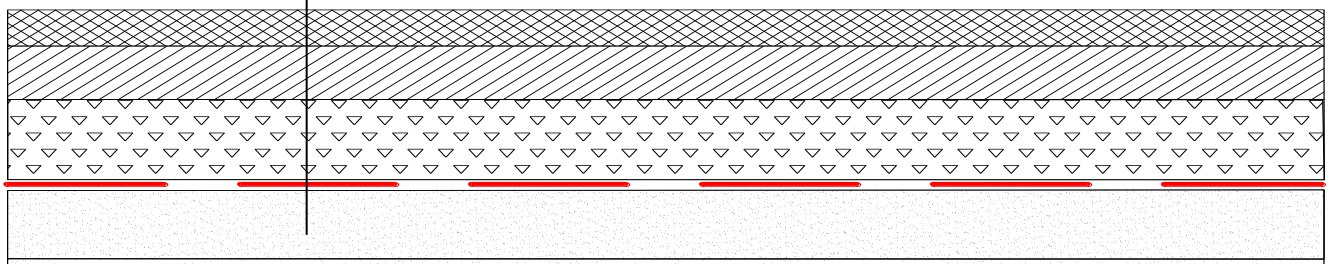
Расчёт по СН РК 3.03-104-2014 на нагрузку класса А-1 (10 тонн/ось). Расчеты конструкции ДО произведены в программе IndorPavement (расчет ДО Тип1 см. в Приложении 1.

2. Расчёт конструкции нежесткой дорожной одежды

Предлагаемая конструкция дорожной одежды:

Асфальтобетон горячий плотный на битуме марки БНД 70/100-к.з.	4**см**
Асфальтобетон горячий пористый на битуме марки БНД 70/100-к.з	**6см**
Щебень фракционный 20-40,щебень мелкий с закл	**36см**
Плоская георешетка TENSAR TX160	
Песок	**15см**

Грунт основания



Выполнение критериев	***Фактический коэф-т прочности***	***Требуемый коэф-т прочности***	
Выполнение критерия по упругому прогибу	***0,99***	***0,94***	***да***
Выполнение критерия по сдвигоустойчивости подстилающего грунта	***5,76***	***0,94***	***да***
Выполнение критерия по сдвигоустойчивости песок	***4,8***	***0,94***	***да***
Выполнение критерия по сопротивлению монолитного слоя усталостному разрушению от растяжения при изгибе	***1,53***	***0,94***	***да***
Необходимое количество прохождений расчетного автомобиля по конструкции за срок службы и с указанной интенсивностью, согласно СН РК 3.03-104-2014	***204 555***		
Количество прохождений расчетного автомобиля по конструкции до ее разрушения с учетом коэффициента усиления георешетки, посчитано согласно Р РК 218-78-2009	***531 843***		
Во сколько раз больше фактическое кол-во прохождений расчетного автомобиля по конструкции, относительно необходимого по СН РК 3.03-19-2006 (больше срок службы)	***2,6***		

Выводы и рекомендации

1. Наиболее целесообразно применение в конструкциях плоской гексагональной георешетки Tensar TriAx.
2. Укладка георешетки производится вручную раскаткой рулона вдоль или поперек оси дороги с перекрытием полотен – не менее 30 см. Коэффициент нахлеста для TX160 - 1,09.
3. Движение построечного транспорта непосредственно по георешеткам запрещается.
4. Уплотнение покрывающего слоя ведется после его профилирования автогрейдером под углом от центра к краю земляного полотна с достижением плотности 70% от требуемой. Доуплотнение до максимальных значений на длине каждой захватки производится после того, как весь слой уложен и предварительно уплотнен. Окончательное уплотнение можно выполнять машинами более тяжелых типов.
5. Устройство дорожных одежд и их армирование состоит в последовательном выполнении следующих операций:

   - подготовка поверхности земляного полотна, на который укладывается армирующий материал;
   - укладка армирующего материала;
   - устройство верхнего (покрывающего) слоя, его распределение, профилирование и уплотнение;
   - укладка следующего слоя с профилированием и уплотнением;
   - операционный контроль качества на всех этапах выполняемых работ.
6. В расчетах конструкций на прочность учтен эффект армирования, характеризующий работу георешеток Tensar TriAx в многослойных конструкциях. Использование других материалов, в том числе обладающих похожими физико-механическими характеристиками, не допускается.

Перечень используемой литературы

1. Р РК 218-78-2009 «Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог в условиях Республики Казахстан».
2. СТО 09686559-002-2015 «Георешетки полимерные трехосноориентированные для строительства марки «ТриАкс». Методы проектирования дорожных одежд и искусственных оснований с георешетками».
3. СН РК 3.03-104-2014 «Проектирование нежестких дорожных одежд».
4. Р РК 218-63-2010 «Рекомендации по применению геосинтетических материалов, выпускаемых компанией "Tensar", при строительстве и ремонте автомобильных дорог», АО «КаздорНИИ», Астана, 2010 г
5. СНиП РК 3.03.09-2006* «Автомобильные дороги»
6. СНиП РК 1.03-00-2011 «Строительное производство»
7. СН РК 1.03-05-2011 «Охрана труда и техника безопасности в строительстве»
8. СНиП 12-01-2004 «Организация строительного производства»;
9. ПР РК 218-35-2016 «Инструкция по контролю качества и приемке работ при строительстве и ремонте автомобильных дорог»
10. ОДН 218.046-01 «Проектирование нежестких дорожных одежд».

Приложение 1

Расчёт конструкции дорожной одежды

Исходные данные

Название объекта: Автомобильная дорога г. Атырау
Выполняемые расчёты: На упругий прогиб, сдвиг, изгиб
Дорожно-климатическая зона: V
Схема увлажнения: Схема 1

Расчётная влажность грунта
Среднее многолетнее значение относительной влажности грунта $W_{\text{таб}} = 0,65$
Коэффициент нормированного отклонения $t = 1,32$ [2, табл. В.2]
Поправка на конструктивные особенности проезжей части и обочин $\Delta_2 W = 0,00$ [2, табл. В.4]
Расчётная влажность грунта [2, формула В.1] $W_{\text{р}} = W_{\text{таб}} \times (1+0,1\times t) = 0,65\times(1+0,1\times 1,32) = 0,74$

Коэффициент уплотнения грунта: 1,00

Проектные данные

Техническая категория дороги: III категория
Тип дорожной одежды: Капитальный

Требуемые коэффициенты прочности при заданной надёжности $K_{\text{н}} = 0,90$:
Требуемый $K_{\text{пр}}$ (упругий прогиб): 0,94
Требуемый $K_{\text{пр}}$ (сдвиг, изгиб): 0,94
Коэффициент нормированного отклонения $t = 1,32$

Расчётный срок службы $T_{\text{сл}}$, лет: 20
Ширина проезжей части, м: 7,5

Расчётная нагрузка

Группа расчётной нагрузки № 1 [1, табл. А.1]:
Давление в шине p, МПа: 0,600
Диаметр отпечатка шины $D_{\text{дин.}}$, см: 37,00
Статическая нагрузка на ось $Q_{\text{ст}}$, кН: 100,00
Статическая нагрузка от колеса на поверхность $Q_{\text{н}}$, кН: 50,00

Суммарное число приложений нагрузки

Требуемый модуль упругости $E_{\text{тр}} = 180,0$ МПа

$$\sum N_{\text{р}} = 10^{(\text{E тр-120})/74\ +\ \text{c}} = 10^{(180,0\text{-}120)/74\ +\ 4,50} \approx 204555,34 \text{ ед.}$$

Вариант № 1

1) Конструктивный слой № 1: 4,0 см

Асфальтобетон горячей укладки плотный II марки из щебёночной (гравийной) смеси типа Б, марка битума БНД/БН-60/90 (СП РК 3.03-104-2014)

2) Конструктивный слой № 2: 6,0 см

Асфальтобетон горячей укладки пористый II марки из крупнозернистой щебёночной (гравийной) смеси марка битума БНД-60/90 (СП РК 3.03-104-2014)

3) Конструктивный слой № 3: 36,0 см

Щебень фракционированный (20-40) мм трудноуплотняемый с заклинкой фракционированным мелким щебнем

Гексагональная плоская георешётка Tensar TriAx® TX160

4) Конструктивный слой № 4: 15,0 см

Песок средней крупности, с содержанием пылевато-глинистой фракции 5%

Грунт земляного полотна

Материал

Расчёт на упругий прогиб

Расчёт по допускаемому упругому прогибу ведём послойно, начиная с грунта.

[1, номогр. 2]

$$\frac{E_н}{E_в} = \frac{E_г}{E_4} = \frac{14,00}{120,00} = 0,117; \quad \frac{h_в}{D} = \frac{h_4}{D} = \frac{15,00}{37,00} = 0,405; \quad \frac{E_{пов}}{E_в} = \frac{E^3{}_{пов}}{E_4} \approx 0,2178$$

$$E^3{}_{пов} = 0,2178 \times 120,00 = 26,14 \text{ МПа}$$

[1, номогр. 2]

$$\frac{E_н}{E_в} = \frac{E_4}{E_3} = \frac{26,14}{350,00} = 0,075; \quad \frac{h_в}{D} = \frac{h_3}{D} = \frac{36,00}{37,00} = 0,973; \quad \frac{E_{пов}}{E_в} = \frac{E^2{}_{пов}}{E_3} \approx 0,2832$$

$$E^2{}_{пов} = 0,2832 \times 350,00 = 99,12 \text{ МПа}$$

[1, номогр. 2]

$$\frac{E_н}{E_в} = \frac{E_3}{E_2} = \frac{99,12}{2000,00} = 0,050; \quad \frac{h_в}{D} = \frac{h_2}{D} = \frac{6,00}{37,00} = 0,162; \quad \frac{E_{пов}}{E_в} = \frac{E^1{}_{пов}}{E_2} \approx 0,0668$$

$$E^1{}_{пов} = 0,0668 \times 2000,00 = 133,60 \text{ МПа}$$

[1, номогр. 2]

$$\frac{E_н}{E_в} = \frac{E_2}{E_1} = \frac{133,60}{3200,00} = 0,042; \quad \frac{h_в}{D} = \frac{h_1}{D} = \frac{4,00}{37,00} = 0,108; \quad \frac{E_{пов}}{E_в} = \frac{E^0{}_{пов}}{E_1} \approx 0,0512$$

$$E^0{}_{пов} = 0,0512 \times 3200,00 = 163,84 \text{ МПа}$$

Расчёт коэффициента усиления

Геосинтетический материал: Гексагональная плоская георешётка Tensar TriAx® TX160

Суммарная толщина слоёв покрытия $h_п = 10,00$ см

Средневзвешенный модуль упругости слоёв покрытия $E_п = 2480,00$ МПа

Суммарная толщина слоёв основания $h_{осн} = 36,00$ см

Средневзвешенный модуль упругости слоёв основания $E_{осн} = 350,00$ МПа

Поверхностный модуль упругости основания, подстилающего армирующий слой $E_{гр} = 26,14$ МПа

Коэффициент увеличения общего модуля упругости основания армированной дорожной конструкции [2, формула А.3]

$$\alpha = (a_0 + a_1 \times \frac{h_п}{D} + a_2 \times \frac{h_осн}{D} + b_1 \times E_п + b_2 \times E_осн + b_3 \times E_гр)^{-1} =$$

$$(0,3717 + 0,2274 \times \frac{10,00}{37,00} + 0,3520 \times \frac{36,00}{37,00} + 0,00000683 \times 2480,00 + 0,00035 \times 350,000 + 0,000131 \times 26,14)^{-1} = 1,09$$

$$E_пов = E^0{}_пов \times \alpha = 163,84 \times 1,09 = 178,38$$

$$K_расч = \frac{E_пов}{E_тр} = \frac{178,38}{180,00} = 0,99; \quad \frac{K_расч - K_тр}{K_тр} \times 100\% = \frac{0,99 - 0,94}{0,94} \times 100\% = 5,32\%$$

Расчёт на сдвигоустойчивость

Конструктивный слой № 4

Материал: Песок средней крупности, с содержанием пылевато-глинистой фракции 5%

$E = 120,0$ МПа, $\phi = 40,00^o$, $\phi_{стат.} = 33,00^o$, $c = 0,00600$ МПа

Средневзвешенный модуль упругости верхних слоёв [1, формула 13]:

$$E_в = \frac{\sum_{i=1}^{3} E_i \times h_i}{\sum_{i=1}^{3} h_i} = \frac{460 \times 4 + 432 \times 6 + 350 \times 36}{4 + 6 + 36} = 370,3 \text{ МПа}$$

Удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки [1, номогр. 3, 4]:

$$\frac{E_в}{E} = \frac{370,3}{120,0} = 3,09; \quad \frac{h_в}{D} = \frac{46,0}{37,0} = 1,24; \quad \tau_н \approx 0,03024 \text{ МПа}$$

Удельное активное напряжение сдвига от собственного веса дорожной одежды [1, номогр. 1]:

$$\tau_в \approx -0,0032 \text{ МПа}$$

Активное напряжение сдвига [1, формула 10]

$$T = \tau_н \times p + \tau_в = 0,03024 \times 0,60 - 0,00322 = 0,01493 \text{ МПа}$$

Коэффициент, учитывающий снижение сопротивления грунта сдвигу под агрессивным действием подвижных нагрузок, $k_1 = 0,60$

Коэффициент запаса на неоднородность условии работы конструкции $k_2 = 1,22$

Коэффициент, учитывающий особенности работы конструкции на границе, $k_3 = 6,00$

Предельное активное напряжение сдвига [1, формула 11]

$$T_пр = c_п \times k1 \times k2 \times k3 = 0,00600 \times 0,60 \times 1,22 \times 6,00 \approx 0,02635 \text{ МПа}$$

Расчёт коэффициента усиления

Геосинтетический материал: Гексагональная плоская георешётка Tensar TriAx® TX160

Суммарная толщина слоёв покрытия $h_п = 10,00$ см

Средневзвешенный модуль упругости слоёв покрытия $E_п = 2480,00$ МПа

Суммарная толщина слоёв основания $h_осн = 36,00$ см

Средневзвешенный модуль упругости слоёв основания $E_осн = 350,00$ МПа

Поверхностный модуль упругости основания, подстилающего армирующий слой $E_гр = 26,14$ МПа

Условный модуль деформации композитного слоя $E_арм = 1770,00$ МПа

Коэффициент увеличения общего модуля упругости основания армированной дорожной конструкции [2, формула А.5]

$$\alpha^{-1} = a_0 + a_1 \times \frac{h_п}{D} + a_2 \times \frac{h_осн}{D} + a_3 \times \frac{E_п}{E_арм} + a_4 \times \frac{E_осн}{E_арм} + a_5 \times \frac{E_гр}{E_арм} +$$

$$a_{11} \times (\frac{h_п}{D})^2 + a_{12} \times \frac{h_п}{D} \times \frac{h_осн}{D} + a_{13} \times \frac{h_п}{D} \times \frac{E_п}{E_арм} + a_{14} \times \frac{h_п}{D} \times \frac{E_осн}{E_арм} + a_{15} \times \frac{h_п}{D} \times \frac{E_гр}{E_арм} +$$

$$a_{22} \times (\frac{h_осн}{D})^2 + a_{23} \times \frac{h_осн}{D} \times \frac{E_п}{E_арм} + a_{24} \times \frac{h_осн}{D} \times \frac{E_осн}{E_арм} + a_{25} \times \frac{h_осн}{D} \times \frac{E_гр}{E_арм} + a_{33} \times (\frac{E_п}{E_арм})^2 +$$

$$a_{34} \times \frac{E_{\text{п}}}{E_{\text{арм}}} \times \frac{E_{\text{осн}}}{E_{\text{арм}}} + a_{35} \times \frac{E_{\text{п}}}{E_{\text{арм}}} \times \frac{E_{\text{гр}}}{E_{\text{арм}}} + a_{44} \times (\frac{E_{\text{осн}}}{E_{\text{арм}}})^2 + a_{45} \times \frac{E_{\text{осн}}}{E_{\text{арм}}} \times \frac{E_{\text{гр}}}{E_{\text{арм}}} + a_{55} \times (\frac{E_{\text{гр}}}{E_{\text{арм}}})^2 =$$

$$0,1098 + 0,1744 \times \frac{10,00}{37,00} - 0,1342 \times \frac{36,00}{37,00} + 0,0465 \times \frac{2480,00}{1770,00} + 0,9015 \times \frac{350,00}{1770,00} + 4,9121 \times \frac{26,14}{1770,00} -$$

$$-0,0343 \times (\frac{10,00}{37,00})^2 - 0,1459 \times \frac{10,00}{37,00} \times \frac{36,00}{37,00} + 0,0942 \times \frac{10,00}{37,00} \times \frac{2480,00}{1770,00} - 0,0748 \times \frac{10,00}{37,00} \times \frac{350,00}{1770,00} -$$

$$-0,4813 \times \frac{10,00}{37,00} \times \frac{26,14}{1770,00} + 0,1137 \times (\frac{36,00}{37,00})^2 - 0,0522 \times \frac{36,00}{37,00} \times \frac{2480,00}{1770,00} + 0,2902 \times \frac{36,00}{37,00} \times \frac{350,00}{1770,00} -$$

$$-0,9145 \times \frac{36,00}{37,00} \times \frac{26,14}{1770,00} + 0,0013 \times (\frac{2480,00}{1770,00})^2 - 0,0702 \times \frac{2480,00}{1770,00} \times \frac{350,00}{1770,00} - 0,0618 \times \frac{2480,00}{1770,00} \times \frac{26,14}{1770,00} -$$

$$-0,1434 \times (\frac{350,00}{1770,00})^2 - 5,4449 \times \frac{350,00}{1770,00} \times \frac{26,14}{1770,00} - 13,6543 \times (\frac{26,14}{1770,00})^2 = 0,37$$

$$\alpha = \frac{1}{0,37} = 2,72$$

$$K_{\text{расч}} = \frac{T_{\text{пр}} \times \alpha}{T} = \frac{0,02635 \times 2,72}{0,01493} = 4,80000$$

$$\frac{K_{\text{расч}} - K_{\text{тр}}}{K_{\text{тр}}} \times 100\% = \frac{4,800 - 0,94}{0,94} \times 100\% = 410,6\%$$

Грунт земляного полотна

Материал:

$E = 14,0$ МПа, $\phi = 18,26^{\text{o}}$, $\phi_{\text{стат.}} = 18,00^{\text{o}}$, $c = 0,01600$ МПа

Средневзвешенный модуль упругости верхних слоёв [1, формула 13]:

$$E_{\text{в}} = \frac{\sum\limits_{i=1}^{4} E_i \times h_i}{\sum\limits_{i=1}^{4} h_i} = \frac{460 \times 4 + 432 \times 6 + 350 \times 36 + 120 \times 15}{4 + 6 + 36 + 15} = 308,7 \text{ МПа}$$

Удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки [1, номогр. 3, 4]:

$$\frac{E_{\text{в}}}{E} = \frac{308,7}{14,0} = 22,05; \quad \frac{h_{\text{в}}}{D} = \frac{61,0}{37,0} = 1,65; \quad \tau_{\text{н}} \approx 0,01068 \text{ МПа}$$

Удельное активное напряжение сдвига от собственного веса дорожной одежды [1, номогр. 1]:

$$\tau_{\text{в}} \approx -0,0003 \text{ МПа}$$

Активное напряжение сдвига [1, формула 10]

$$T = \tau_{\text{н}} \times p + \tau_{\text{в}} = 0,01068 \times 0,60 - 0,00031 = 0,00610 \text{ МПа}$$

Коэффициент, учитывающий снижение сопротивления грунта сдвигу под агрессивным действием подвижных нагрузок, $k_1 = 0,60$

Коэффициент запаса на неоднородность условии работы конструкции $k_2 = 1,22$

Коэффициент, учитывающий особенности работы конструкции на границе, $k_3 = 3,00$

Предельное активное напряжение сдвига [1, формула 11]

$$T_{\text{пр}} = c_{\text{п}} \times k1 \times k2 \times k3 = 0,01600 \times 0,60 \times 1,22 \times 3,00 \approx 0,03514 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{расч}} = \frac{T_{\text{пр}}}{T} = \frac{0,03514}{0,00610} = 5,7600; \quad \frac{K_{\text{расч}} - K_{\text{тр}}}{K_{\text{тр}}} \times 100\% = \frac{5,7600 - 0,94}{0,94} \times 100\% = 512,8\%$$

Расчёт на изгиб

Материал нижнего слоя монолитного блока: Асфальтобетон горячей укладки пористый II марки из крупнозернистой щебёночной (гравийной) смеси марка битума БНД-60/90 (СП РК 3.03-104-2014)

Нормативное сопротивление весной $R_0 = 1,60$ МПа

Коэффициент снижения прочности $k_2 = 0,8$

Расчётная приведённая интенсивность движения на последний год службы [1, формула 12]

$$N_{\text{t}} = N_{\text{p}} \times q^{\text{T сл - 1}} = 19 \times 1,040^{20\ \text{-1}} = 40,03$$

Коэффициент усталости [1, формула 16]

Параметр уравнения $\phi = 0,27$

$$K_{\text{у}} = (\frac{N_{\text{t}}}{1000})^{-\phi} = (\frac{40,0}{1000})^{-0,27} = 2,38$$

Прочность материала монолитного слоя при многократном растяжении при изгибе [1, формула 15]

$$R_{\text{п}} = R_0 \times (1 - v_{\text{г}} \times t) \times K_{\text{у}} \times k_2 = 1,60 \times (1 - 0,10 \times 1,32) \times 2,38 \times 0,80 = 2,649 \text{ МПа}$$

$$E_{\text{в}} = \frac{\sum\limits_{i=1}^{2} E_i \times h_i}{\sum\limits_{i=1}^{2} h_i} = \frac{4500 \times 4 + 2800 \times 6}{4 + 6} = 3480,0 \text{ МПа}$$

Расчёт коэффициента усиления

Геосинтетический материал: Гексагональная плоская георешётка Tensar TriAx® TX160

Суммарная толщина слоёв покрытия $h_{\text{п}} = 10,00$ см

Средневзвешенный модуль упругости слоёв покрытия $E_{\text{п}} = 2480,00$ МПа

Суммарная толщина слоёв основания $h_{\text{осн}} = 36,00$ см

Средневзвешенный модуль упругости слоёв основания $E_{\text{осн}} = 350,00$ МПа

Поверхностный модуль упругости основания, подстилающего армирующий слой $E_{\text{гр}} = 26,14$ МПа

Коэффициент увеличения общего модуля упругости основания армированной дорожной конструкции [2, формула А.9]

$$\alpha = (a_0 + a_1 \times \frac{h_{\text{п}}}{D} + a_2 \times \frac{h_{\text{осн}}}{D} + b_1 \times E_{\text{п}} + b_2 \times E_{\text{осн}} + b_3 \times E_{\text{гр}})^{\text{-1}} =$$

$$(0,3574 + 0,2373 \times \frac{10,00}{37,00} + 0,2894 \times \frac{36,00}{37,00} + 0,00000072 \times 2480,00 + 0,00034 \times 350,000 + 0,000003 \times 26,14)^{\text{-1}} = 1,21$$

Общий модуль упругости основания [2, формула А.8]

$$E_{\text{общ.арм.}} = \alpha \times E_{\text{общ}} = 1,21 \times 99,1 = 120,2 \text{ МПа}$$

Растягивающее напряжение от единичной нагрузки при расчётных диаметрах площадки, передающей нагрузку [1, номогр. 6]

$$\frac{E_{\text{в}}}{E_{\text{общ}}} = \frac{3480,0}{120,2} = 28,9; \ \frac{h}{D} = \frac{10,00}{37,00} = 0,27; \ \overline{\sigma_{\text{г}}} = 3,41 \text{ МПа}$$

Расчётное напряжение [1, формула 14]

$$\sigma_{\text{г}} = \overline{\sigma_{\text{г}}} \times p \times k_{\text{в}} = 3,41 \times 0,60 \times 0,85 = 1,737 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{расч}} = \frac{R_{\text{п}}}{\sigma_{\text{г}}} = \frac{2,649}{1,737} = 1,53; \quad \frac{K_{\text{расч}} - K_{\text{тр}}}{K_{\text{тр}}} \times 100\% = \frac{1,53 - 0,94}{0,94} \times 100\% = 62,27\%$$

Исходные данные

Название объекта	автомобильная дорога г. Альбру		
Район проектирования			
Выполняемые расчеты	На упругий прогиб, сдвиг, изгиб		
Техническая категория дороги	II категория	Схема увлажнения	Схема 1
Тип дорожной одежды	капитальный	Коэффициент уплотнения грунта	1.00
Расчетная влажность грунта Wp	0.74	Суммарное число приложений нагрузки	204868
Нагрузка, кН / Давление, МПа / S шлаина, см	100 / 0.60 / 37	Расчетное количество дней в году Tpg	365
Заданная надежность Кн	0.90	Расчетный срок службы Tun, лет	20
Дорожно-климатическая зона	V		

Показатель изменения интенсивности: 1.04

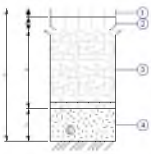
Суммарное число приложений нагрузки: 204868

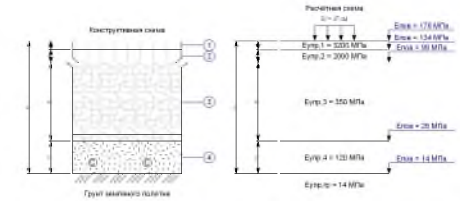
Расчетная приведенная интенсивность движения на последний год службы: 40

Требуемый модуль упругости 180

Состав транспортного потока

№	Транспортное средство	Интенсивность движения, авт/сут	Коэффициент приведения	Приведенная интенсивность
1	Легковые автомобили	0	0	0
2	Легкие грузовые автомобили грузоподъемностью от 1 до 2 т	0	0.005	0
3	Средние грузовые автомобили грузоподъемностью от 2 до 5 т	0	0.2	0
4	Тяжелые грузовые автомобили грузоподъемностью от 5 до 8 т	0	0.7	0
5	Очень тяжелые грузовые автомобили грузоподъемностью более 8 т	0	1.25	0
6	Автобусы (ОДН 218.046-01)	0	0.7	0
7	Тягачи с прицепами	0	1.5	0
8	Небольшие грузовики (фургоны) и другие автомобили с прицепом и без него	0	0.02	0
9	Двухосные грузовые автомобили	0	1.11	0
10	Трехосные грузовые автомобили	0	3.16	0
11	Четырехосные грузовые автомобили	0	4.41	0
12	Четырёхосные автопоезда (двухосные грузовые автомобили с прицепом)	0	2.66	0
13	Пятиосные автопоезда (трёхосные грузовые автомобили с прицепом)	0	4.03	0
14	Трёхосные седельные автопоезда (двухосные седельные тягачи с полуприцепом)	0	3.62	0
15	Четырёхосные седельные автопоезда (двухосные седельные тягачи с полуприцепом)	0	5.56	0
16	Пятиосные седельные автопоезда (двухосные седельные тягачи с полуприцепом)	0	7.42	0
17	Пятиосные седельные автопоезда (трёхосные седельные тягачи с полуприцепом)	0	6.15	0
18	Шестиосные седельные автопоезда	0	8.93	0
19	Автомобили с семью и более осями	0	9.94	0
20	Автобусы (ПНСТ 285)	0	1.46	0
	Итого	0		0

№ варианта	Наименование слоев и материалов конструкции дорожной одежды	Схема конструкции дорожной одежды Толщина, см	Общий модуль упругости на поверхности слоёв, МПа	Расчетные характеристики: Упругий прогиб, МПа	Сдвиг, МПа	Изгиб, МПа
Вариант № 1	1. Конструктивный слой № 1 — Асфальтобетон горячей укладки плотный II марки из щебеночной (гравийной) смеси типа Б, марка битума БНД БН-60/90 (СП РК 3.03-104-2014) 2. Конструктивный слой № 2 — Асфальтобетон горячей укладки пористый II марки из крупнозернистой щебеночной (гравийной) смеси марки битума БНД-60/90 (СП РК 3.03-104-2014) 3. Конструктивный слой № 3 — Щебень фракционированный (20-40) мм трудноуплотняемый с заклинкой фракционированным мелким щебнем — Гексагональная плоская георешетка Tensar TriAx® TX160 4. Конструктивный слой № 4 — Песок средней крупности, с содержанием пылевато-глинистой фракции 5% Грунт земляного полотна — Материал		Eпл = 176 Eпл = 134 Eпл = 26 Eпл = 14	Eупр = 5200 Kпр = 0.940 Kрасч = 0.930 Запас = 5% Eупр = 2000 Eупр = 350 Eупр = 120 Eупр = 14	Eсдв = 400 Eсдв = 400 Eсдв = 350 Eсдв = 120 Eсдв = 14 Kпр = 0.940 Kрасч = 4.600 Запас = 411% Eсдв = 14 Kпр = 0.940 Kрасч = 5.760 Запас = 512%	Eизг = 4500 Eизг = 2800 Kпр = 0.940 Kрасч = 1.625 Запас = 62% Eизг = 350 α = 1.089 Eизг = 120



1. Конструктивный слой № 1 — Асфальтобетон горячей укладки плотный II марки из щебеночной (гравийной) смеси типа Б, марка битума БНД БН-60/90 (СП РК 3.03-104-2014)

2. Конструктивный слой № 2 — Асфальтобетон горячей укладки пористый II марки из крупнозернистой щебеночной (гравийной) смеси марки битума БНД-60/90 (СП РК 3.03-104-2014)

3. Конструктивный слой № 3 — Щебень фракционированный (20-40) мм трудноуплотняемый с заклинкой фракционированным мелким щебнем

— Гексагональная плоская георешетка Tensar TriAx® TX160

4. Конструктивный слой № 4 — Песок средней крупности, с содержанием пылевато-глинистой фракции 5%