



Свидетельство о допуске СРО №0214-ПР-2010-7816480523-01
ИНН 7804388347, КПП 780401001, ОКВЭД – 74.20
Расчетный счет № 40702810401073700180
в Филиал "Петровский" ОАО Банк "ОТКРЫТИЕ"
К/с № 3010181040000000766, БИК 044030766
195269, г.Санкт-Петербург, пр.Светлановский, д.54, литер В, помещение 4Н
тел. 8-905-215-95-77, 8-911-179-54-60

www.psc-techproject.com
e-mail: psc-techproject@mail.ru

ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

**Расчет и конструирование нежестких дорожных одежд
автомобильной дороги для обслуживания Верхнечон-
ского нефтегазового месторождения в Иркутской об-
ласти**

Директор ООО «ПИК «ТЕХПРОЕКТ»

Т. Герус

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2010 г

Содержание

	Стр.
Список исполнителей	5
Введение	6
Расчет дорожной одежды	15
Выводы и рекомендации	34
Перечень используемой литературы	35
Приложение	36

Список исполнителей

1. кандидат технических наук Киселев Алексей Владимирович
2. кандидат технических наук Герус Юрий Станиславович

1. Введение

Конструирование и расчет дорожных одежд произведен специалистами ООО «ПИК «ТЕХПРОЕКТ», действующими на основании лицензии Д 726038 от 06 мая 2006 года. В ходе разработки технических решений использованы заключения об инженерно-геологических условиях участка строительства [10].

Проектом предусматривается конструирование и расчет нежесткой дорожной одежды автомобильной дороги для обслуживания Верхнечонского нефтегазового месторождения в Иркутской области от воздействия нагрузок А-3 [4], а также прогноз полной осадки и времени консолидации основания, проверка устойчивости основания и динамический расчет насыпи.

Основные характеристики расчетной нагрузки А-3:

- нормативная нагрузка на ось 13000 кг (0,13 МН);
- давление воздуха в колесе наиболее нагруженной оси - 6 кгс/см² (0,6 МПа);
- диаметр отпечатка колеса при статическом нагружении - 37 см (0,37 м), при динамическом нагружении - 42 см (0,42 м);
- расчетная статическая нагрузка на колесо - 6500 кг (0,065 МН), динамическая - 7150 кг (0,0715 МН).

Интенсивность движения принимается 50 расчетных автомобилей в сутки.

В связи с низкими физико-механическими характеристиками и значительной неоднородностью подстилающих грунтов [10], а также расположения участка строительства в зоне распространения вечномёрзлых грунтов [3], в кон-

струкции дорожной одежды, проектируемой с допущением оттаивания грунтов в основании насыпи в период эксплуатации дороги (второй принцип [3]), предусмотрено применение георешеток Tensar SS-40, что в данных условиях является одним из наиболее эффективных и рациональных способов увеличения его прочности и надежности.

При этом:

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

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

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

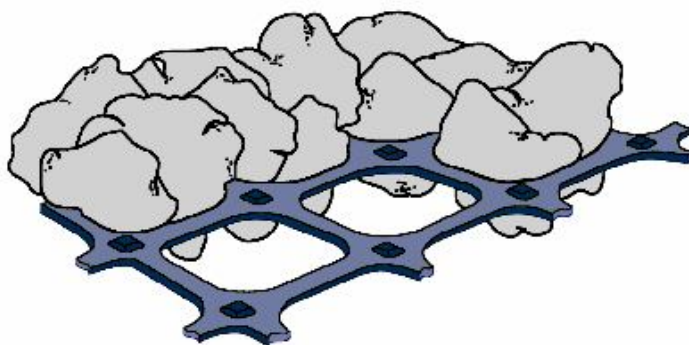


Рис. 1. Заклинка щебня в ячейках георешеток (образование слоя, способного воспринимать растягивающие напряжения)

- 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 кон-

струкции, а в слое «щебень – георешетка», способном сопротивляться сдвигу (рис. 2, 3). 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 $K_{у.н.с}$ (1), величина которого в наибольшей степени определяет характер деформирования среды при многократных приложениях нагрузок (рис. 2, 3):

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

где σ_1 , σ_3 – главные напряжения;

φ – угол внутреннего трения;

C – удельное сцепление.

Это подтверждается экспериментальными исследованиями, проведенными на кафедре «Аэродромы и дороги. Основания и фундаменты» Военного инженерно-технического университета (рис. 4, 5, 6), а также опытом применения данных материалов в дорожном строительстве.

– возможно увеличение величины нагрузки на конструкцию, при которой будет соблюдаться линейная зависимость между напряжениями и деформациями (увеличение несущей способности (рис.7));

– увеличиваются деформативные характеристики конструкции, включающей в свой состав георешетку (рис.7).

Проведенные исследования показали, что армирование щебня георешетками позволяет увеличить общий (эквивалентный) модуль упругости конструкции на 6÷15%, снизить величину касательных напряжений в слое, подстилающем георешетку, на 25÷80%, увеличить модуль деформации при

значительных осадках более чем в 2 раза.

Помимо вышеперечисленных преимуществ от применения георешеток можно дополнительно отметить, что увеличивается срок службы покрытий до капитального ремонта, несущая способность конструкций, армированных георешетками, увеличивается в 2÷2,5 раза (рис. 7). Георешетка *Tensar SS* является химически и биологически стойким материалом в условиях кислотно-щелочной среды.

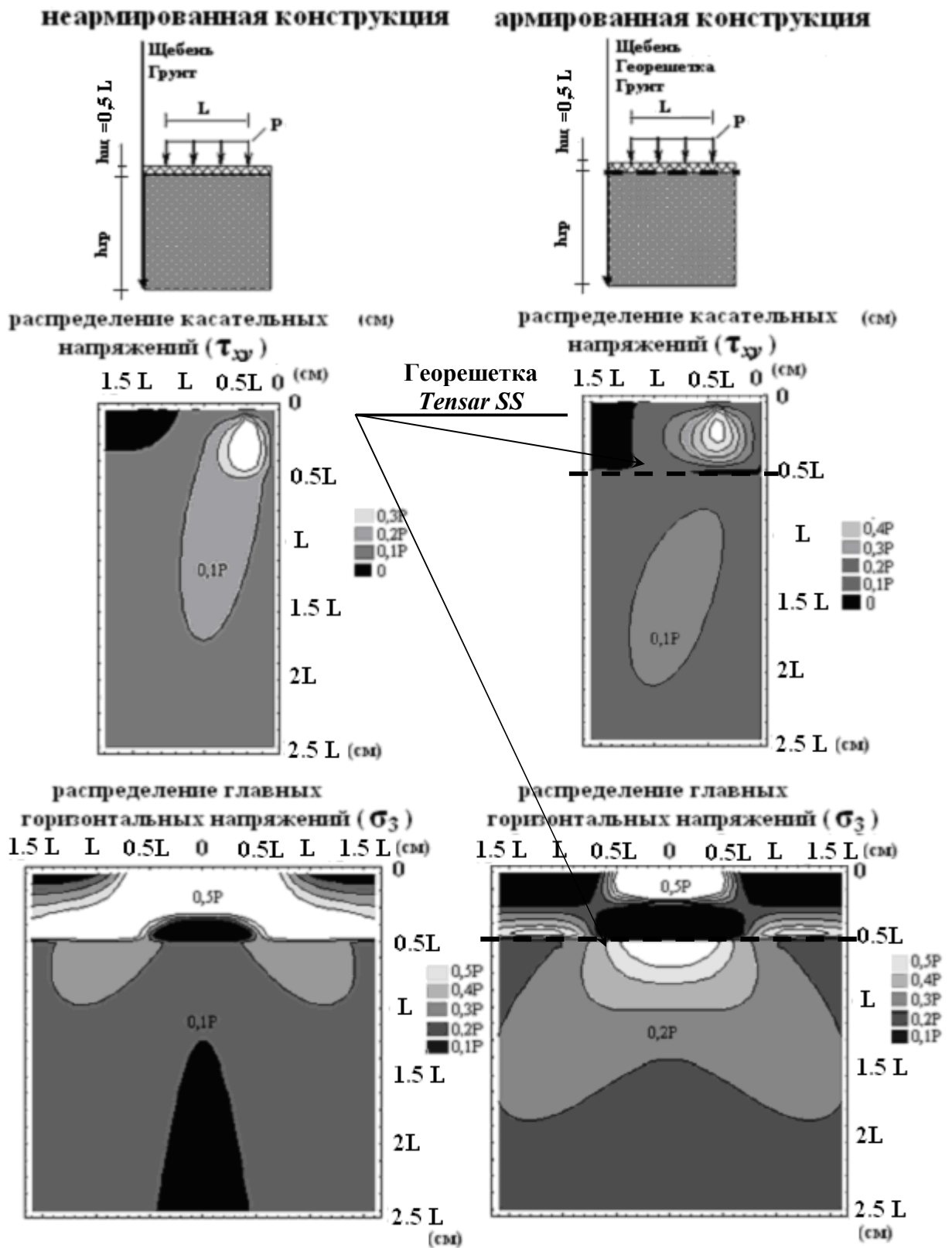
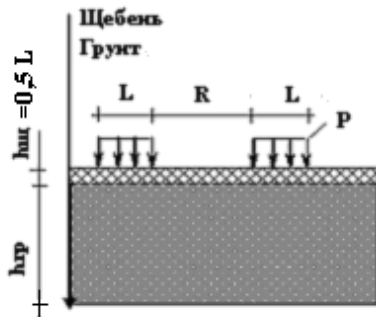
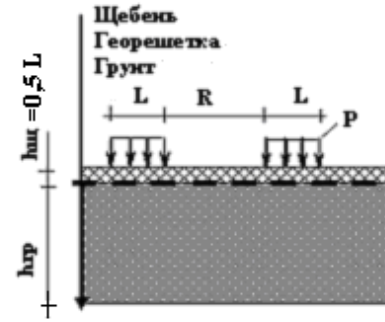


Рис. 2 Характер распределения напряжений у неармированной конструкции и конструкции, армированной георешеткой *Tensar SS* при одноштамповой схеме нагружения

неармированная конструкция

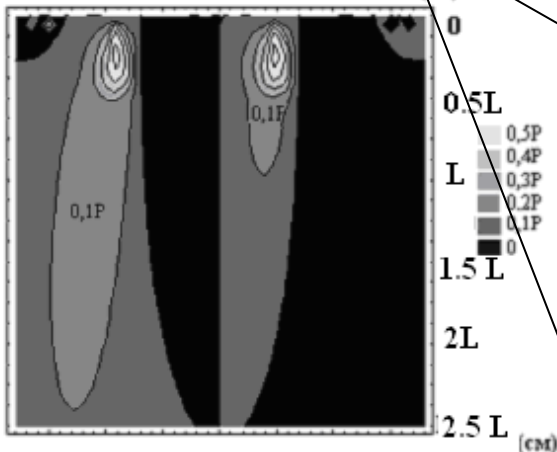


армированная конструкция

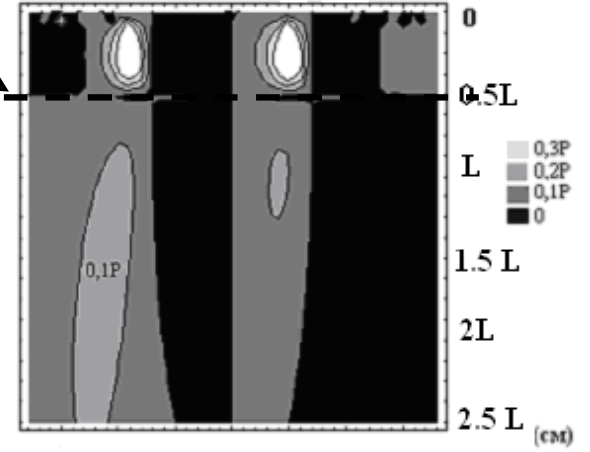


Георешетка
Tensar SS

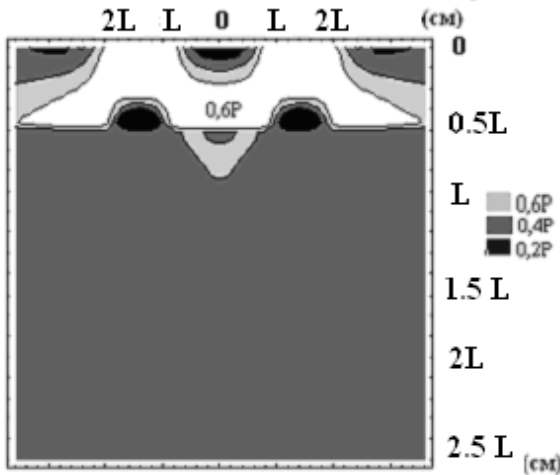
распределение касательных
напряжений (τ_{xy})



распределение касательных
напряжений (τ_{xy})



распределение главных
горизонтальных напряжений (σ_3)



распределение главных
горизонтальных напряжений (σ_3)

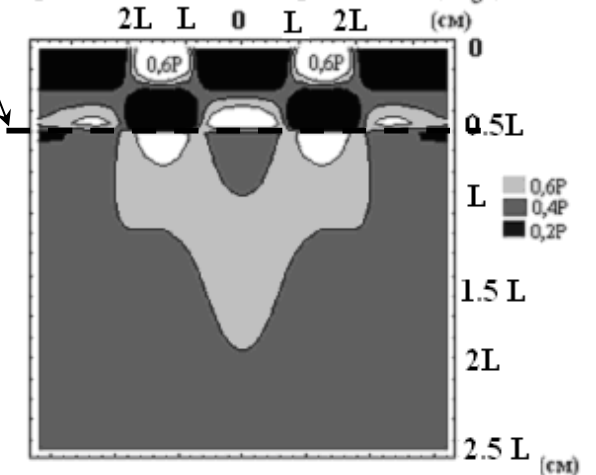


Рис. 3 Характер распределения напряжений у неармированной конструкции и конструкции, армированной георешеткой *Tensar SS* при двухштамповой схеме нагружения

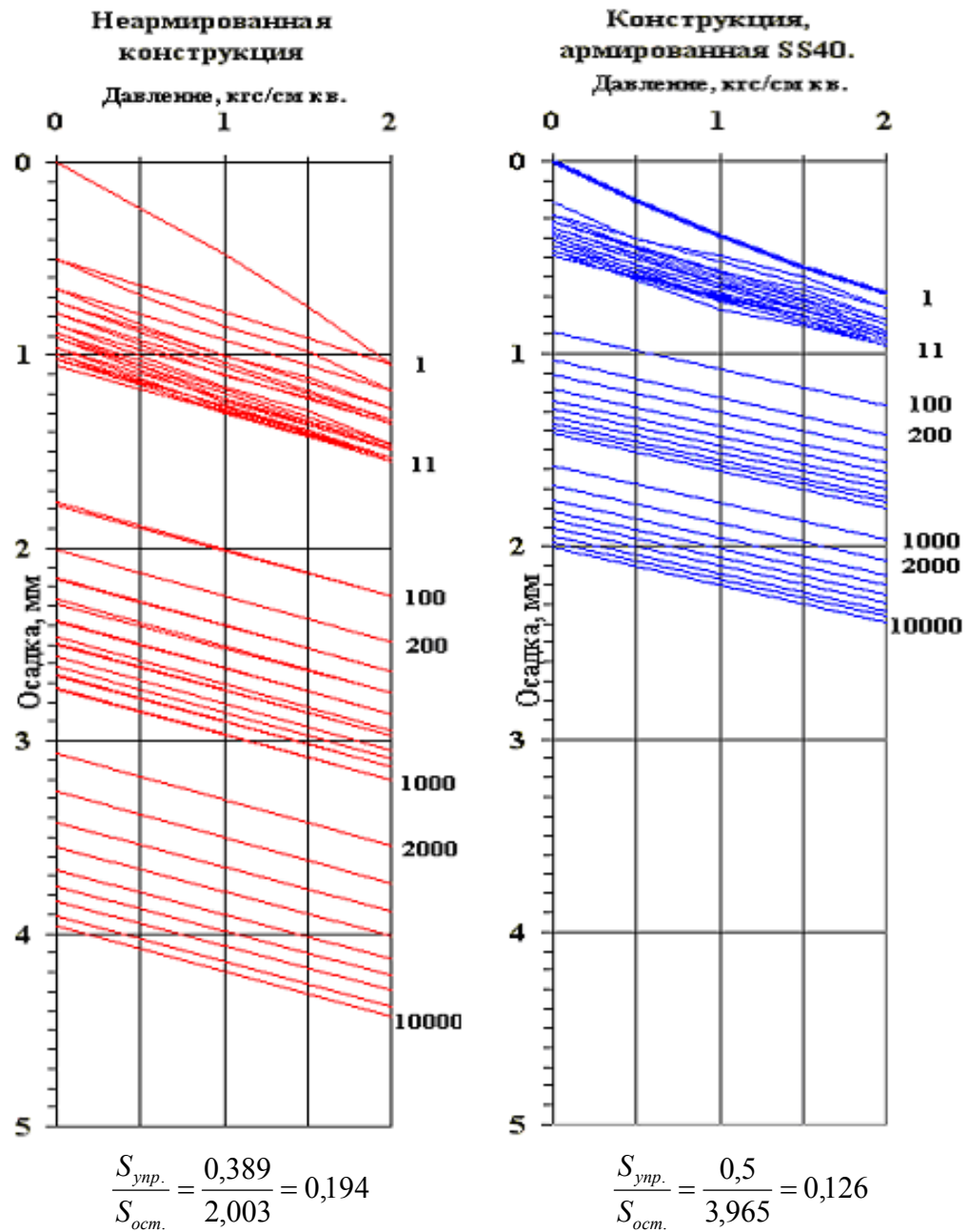


Рис. 4. Сравнительные графики деформаций конструкций

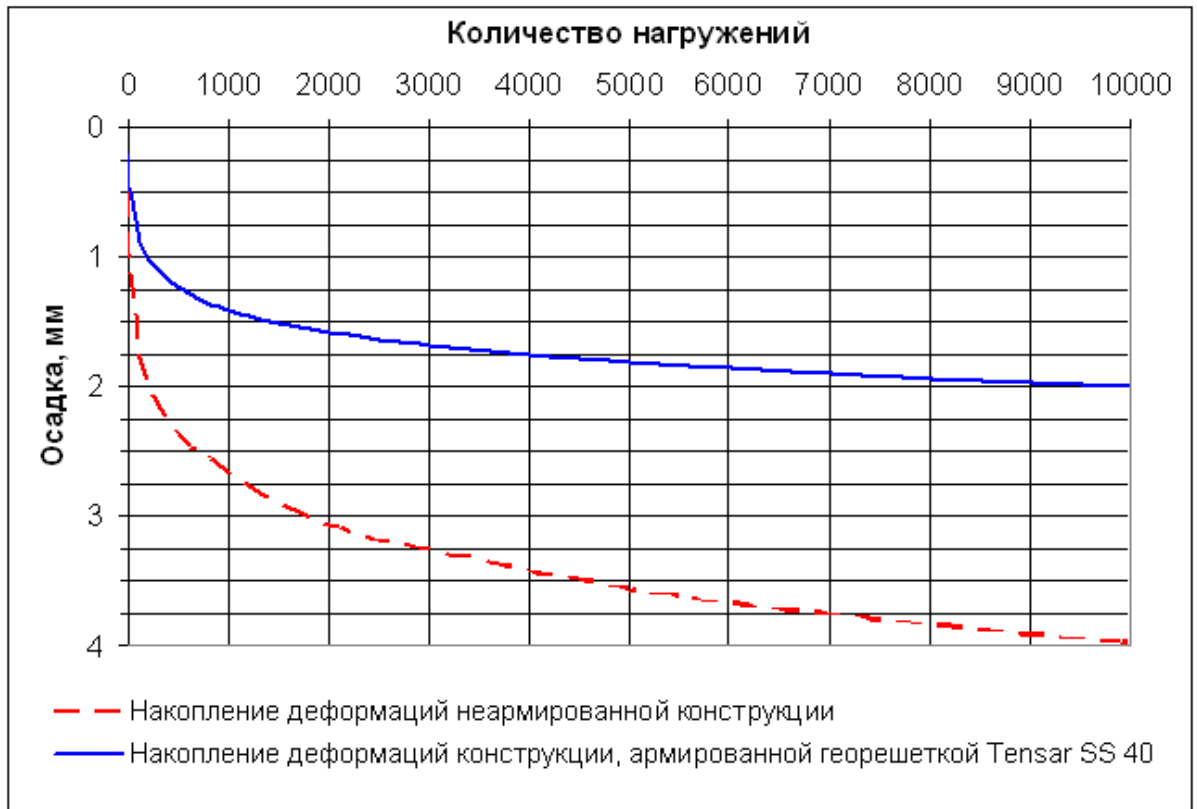


Рис. 5. Сравнительные графики накопления остаточных деформаций конструкций при воздействии многократных кратковременных нагрузок

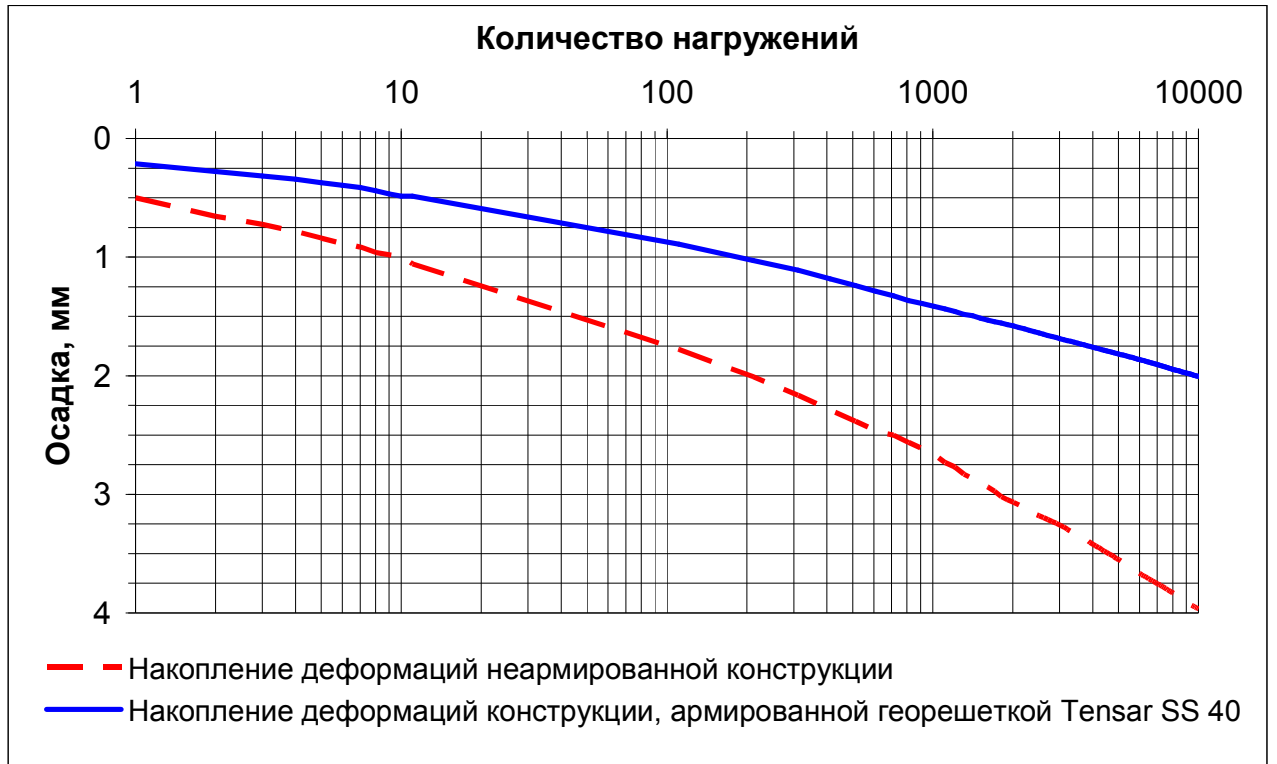


Рис. 6. Сравнительные графики накопления остаточных деформаций конструкций при воздействии многократных кратковременных нагрузок (в полулогарифмическом масштабе)

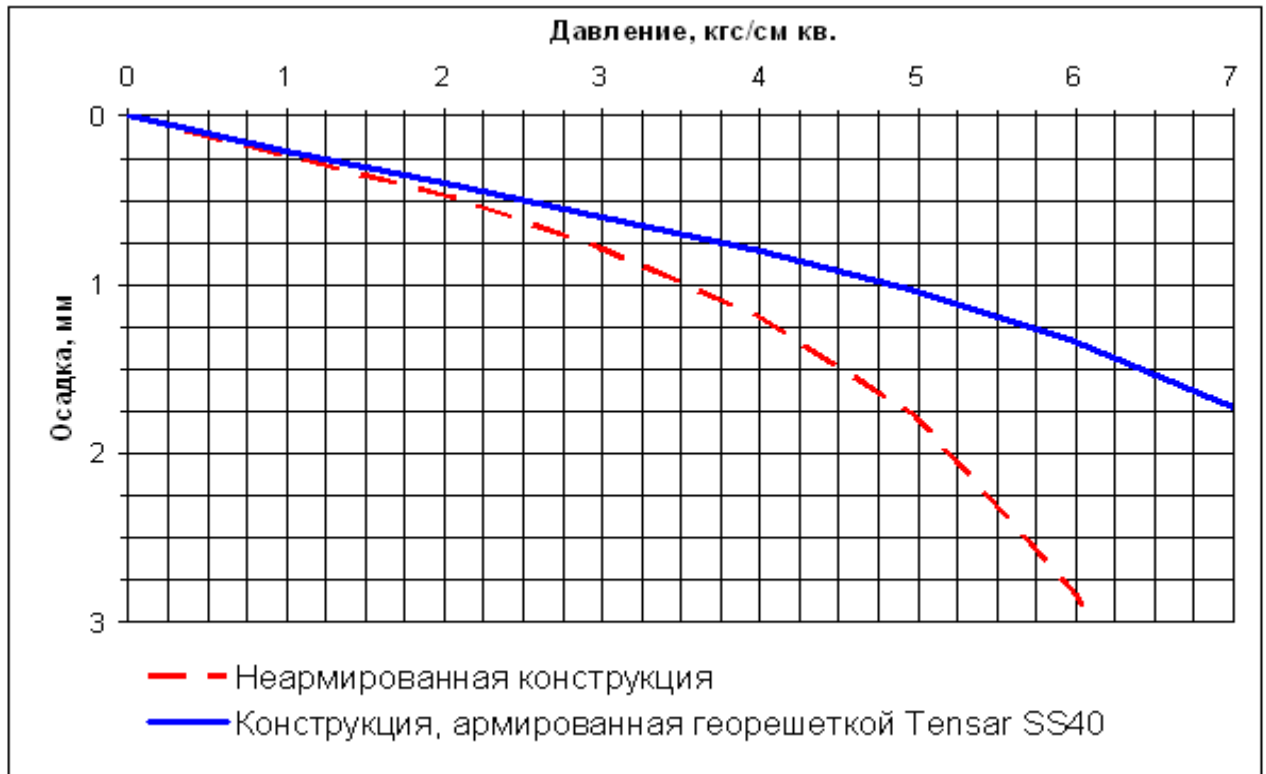


Рис. 7. Сравнительные графики несущей способности конструкций

2. Расчет дорожной одежды

(осевая нагрузка «А-3» – 13 т)

2.1 Тип 1. Подстилающий грунт – торф среднеразложившийся очень влажный (ИГЭ – 6в)

Предлагается следующая конструкция, армированная георешеткой Tensar SS (рис. 8):

- | | |
|---|-------------------|
| 1.Щебень гранитный, марки 1200,
фр. 20÷40 мм с расклинцовкой по ГОСТ 25607-94,
ГОСТ 8267-93, $K_{упл} = 0,98$ | t = 80 см |
| 2.Песок мелкий по ГОСТ 8736-93,
$K_{упл} = 0,98, K_{ф} \geq 3$ м/сут | t = 125 см |
| 3.Щебень гранитный, марки 1200,
фр. 20÷40 мм с расклинцовкой по ГОСТ 25607-94,
ГОСТ 8267-93, $K_{упл} = 0,98$ | t = 15 см |
| 4.Георешетка Tensar SS 40 | |
| 5.Грунтовое основание – торф среднеразложившийся (ИГЭ–6в [10]) | |

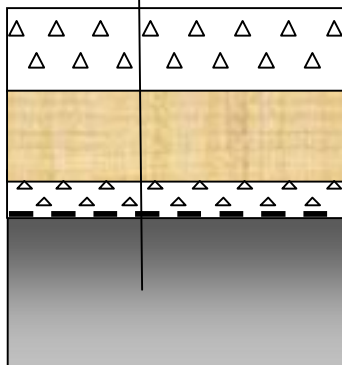


Рис. 8 Конструкция дорожной одежды

Примечание: Высотная отметка площадки варьируется **увеличением** толщины слоя щебня (1).

В основу расчета дорожных конструкций легла методика, изложенная в ОДН 218.046-01 «Проектирование нежестких дорожных одежд» [4], ВСН 84-89 «Изыскания, проектирование и строительство автомобильных дорог в районах распространения вечной мерзлоты» [3] и ВСН 26-90 «Инструк-

ция по проектированию и строительству автомобильных дорог нефтяных и газовых промыслов Западной Сибири» [2]. Расчет производился с использованием программных пакетов, реализующих точное решение теории упругости для многослойных сред, разработанных А.К. Приварниковым и на кафедре «Аэродромов и дорог. Оснований и фундаментов» в ВИТУ в 2001-2005 гг. Деформационные характеристики конструктивного слоя, образующегося в результате совместной работы щебня и геосинтетического материала, приняты по результатам экспериментальных и теоретических исследований, проведенных в ВИТУ в 2001-2005 гг. В качестве подстилающего слоя проектируемой дорожной одежды выбран слой торфа среднезаторфованного (ИГЭ - бв) и суглинка тяжелого мягкопластичного (ИГЭ - 42г) [10].

Исходные данные для расчетов сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Расчет нежестких дорожных одежд на прочность		
Исходные данные		Варианты
		армированная конструкция
<i>Категория дороги</i>	1...5	4
<i>Дорожно-климатическая зона</i>	1...5	1
<i>Тип дорожной одежды</i>	к - капит. о - облегч. п - перех.	п
<i>Давление воздуха в шине расчетного автомобиля</i>	Р МПа	0,6
<i>Нагрузка на колесо расчетного автомобиля</i>	Q т	6,5
<i>Кол-во осей (расчетных)</i>		1
<i>Кол-во колес на полуоси</i>	1 или 2	2
<i>Расстояние между осями (для многоосных)</i>	Бм	0
<i>Расчетная нагрузка на колесо</i>	Qрасч. т	6,5

Расчетный диаметр отпечатка колеса	D м	0,42
Коэффициент надежности	K_н	0,8
Расчетный срок службы, лет	T_{сл}	10
Приведенная интенсивность движения автомобилей на последний год службы	N_р , авт/сут	50
Изменение интенсивности	q	1,02
Число расчетных дней в году	T_{рдг}	135
Суммарное приведенное количество проходов расчетного автомобиля	Σ N_р авт.	50218,22
Грунтовое основание	торф средне-затофованный (ИГЭ-6в) [9]	
Расчетные характеристики грунтового основания		
Модуль деформации	E_{гр} МПа	0,15
Удельное сцепление	C_{гр} МПа	0,012
Угол внутреннего трения	φ_{гр} град	1
Статический угол внутреннего трения	φ_{ст} град	1

Расчетные характеристики материалов дорожной одежды		
Щебень	E МПа	350
	γ кгс/см ³	0,002
Георешетка Tensar SS	Тип	40
Песок	E МПа	100
	C МПа	0.004
	φ град	21
	φ_{ст} град	31
	γ кгс/см ³	0.0017
Толщины конструктивных слоев дорожной одежды		
Щебень	h м	0,95
Георешетка Tensar SS	Тип	40
Песок		1,25
Общая толщина дорожной одежды	h_{общ} м	2,20

2.1.1 Расчет по допускаемому упругому прогибу

Результаты расчета сведены в таблицу 2, 3 (рис. 9) и приложение 1.

Таблица 2

Минимальный требуемый общий модуль упругости конструкции	E_{\min} МПа	113,53
Требуемый коэффициент прочности	$K_{пр I}$	1.02
Общий модуль упругости	$E_{\text{общ}}$ МПа	147,95
Фактический коэффициент прочности	$E_{\text{общ.}} / E_{\min}$	1.303
Выполнение критерия по упругому прогибу		да

Таблица 3

E , кгс/см ²	$\gamma_{\text{слоя}}$, кгс/см ³	h , см	D , см	σ_1 , кгс/см ²	σ_3 , кгс/см ²	σ_{zp} , кгс/см ²	σ_R , кгс/см ²	S , см	$E_{\text{упр}}$, кгс/см ²
3500	0,0018	0	42	6.000	5.2666	6.000	5.2666	0.155	1479,48
3500	0,0018	20	42	3.99497	0.67367	3.99497	0.67367		
3500	0,0018	20	42	3.99498	0.67367	3.99498	0.67367		
3500	0,0018	40	42	1.71905	0.0824	1.71905	0.0824		
3500	0,0018	40	42	1.71905	0.0824	1.71905	0.0824		
3500	0,0018	60	42	0.75007	-0.12884	0.75007	-0.12884		
3500	0,0018	60	42	0.75007	-0.12884	0.75007	-0.12884		
3500	0,0018	80	42	0.35026	-0.47997	0.35026	-0.47997		
1000	0,0017	80	42	0.35026	-0.02991	0.35026	-0.02991		
1000	0,0017	90	42	0.27985	-0.02381	0.27985	-0.02381		
1000	0,0017	100	42	0.22741	-0.02057	0.22741	-0.02057		
1000	0,0017	110	42	0.18697	-0.01913	0.18697	-0.01913		
1000	0,0017	120	42	0.15481	-0.01883	0.15481	-0.01883		
1000	0,0017	205	42	0.01232	-0.02932	0.01232	-0.02932		
18000	0,0018	205	42	0.01232	-0.61755	0.01232	-0.61755		
18000	0,0018	220	42	0.00037	-1.08758	0.00037	-1.08758		
1,5	0,00112	220	42	0.00037	0.00006	0.00037	0.00006		
1,5	0,00112	230	42	0.00035	0.00005	0.00035	0.00005		
1,5	0,00112	240	42	0.00034	0.00005	0.00034	0.00005		
1,5	0,00112	250	42	0.00033	0.00004	0.00033	0.00004		
1,5	0,00112	260	42	0.00032	0.00004	0.00032	0.00004		
1,5	0,00112	320	42	0.00027	0.00001	0.00027	0.00001		

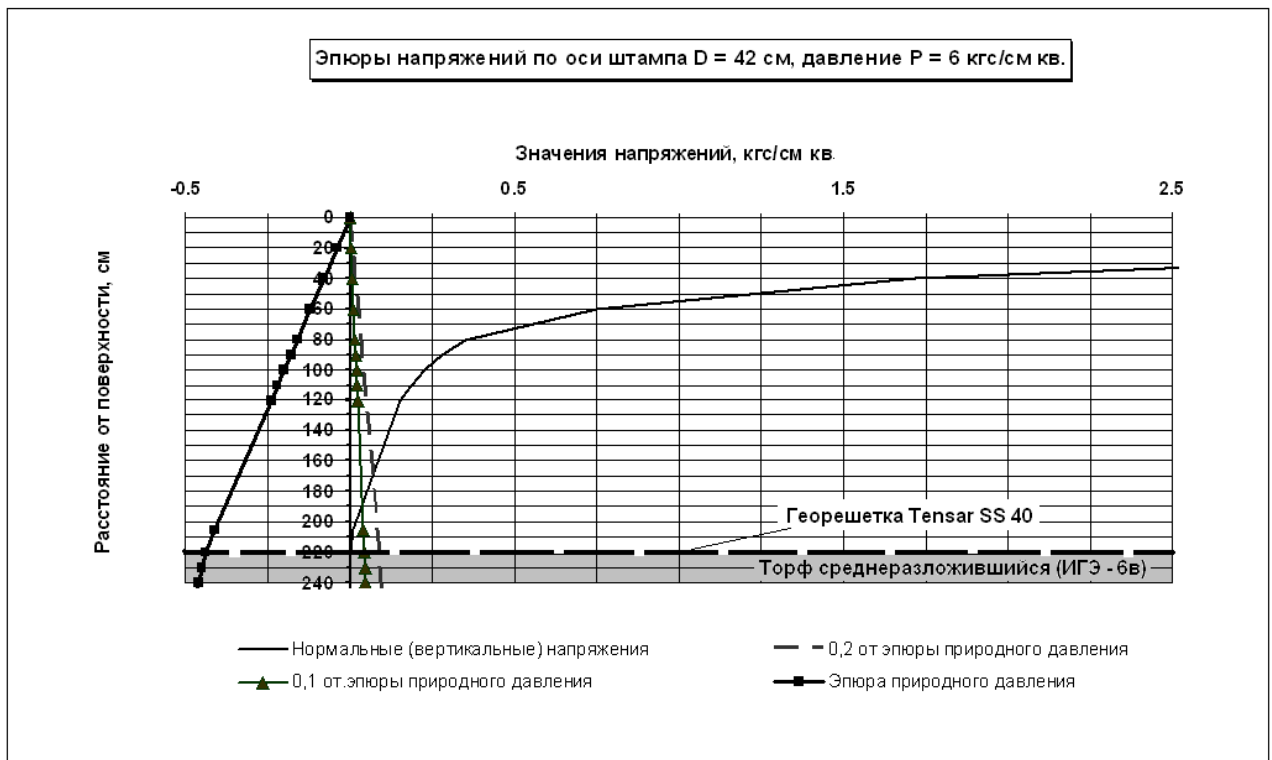


Рис.9 Эпюры вертикальных напряжений от действующей нагрузки и собственного веса дорожной одежды

2.1.2 Расчет по условию сдвигоустойчивости слабосвязного слоя дорожной одежды и подстилающего грунта

Недопустимые деформации сдвига в конструкции не будут накапливаться, если в слабосвязном слое дорожной одежды и подстилающем грунте обеспечено условие:

$$K_{пр} \geq \frac{\tau_{пр}}{\tau_{акт}}$$

где $K_{пр}$ - требуемый коэффициент прочности по данному критерию. $K_{пр} = 0,87$.

$\tau_{акт}$ - расчетное активное напряжение сдвига в слабосвязном слое дорожной одежды или грунте от действующей нагрузки, кгс/см²;

τ_{np} – предельная величина активного напряжения сдвига, превышение которой вызывает нарушение прочности на сдвиг, кгс/см².

Действующие в грунте активные напряжения сдвига $\tau_{акт}$ определены по зависимости:

$$\tau_{акт} = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3) - (\sigma_1 + \sigma_3) \sin \varphi}{2 \cos \varphi},$$

где σ_1 – максимальное главное напряжение;

σ_3 – минимальное главное напряжение;

φ – угол внутреннего трения грунта.

Главные напряжения σ_1 и σ_3 вычислены с использованием точного решения осесимметричной задачи теории упругости.

Предельная величина активных напряжений сдвига τ_{np} определена по зависимости:

$$\tau_{np} = \kappa_0 (c + \gamma_{cp} z_{оп} \operatorname{tg} \varphi_{cm}),$$

где c – сцепление в грунте, МПа;

$z_{оп}$ – глубина расположения поверхности слоя, проверяемого на сдвигоустойчивость (от верха конструкции), см;

γ_{cp} – средневзвешенный вес конструктивных слоев, расположенных выше проверяемого слоя, кгс/см³;

φ_{cm} – расчетный угол внутреннего трения материала проверяемого слоя при статическом действии нагрузки, град;

κ_0 – коэффициент, учитывающий особенности работы конструкции на границе подстилающего слоя с нижним слоем несущего основания.

Для слабосвязного слоя дорожной одежды $\kappa_0 = 1$;

Для подстилающего слоя $\kappa_0 = 4$.

Результаты расчетов сведены в таблицу 4 (рис. 10) и приложение 1.

E, кгс/см ²	Услоя кгс/см ³	h, см	D, см	σ_1 , кгс/см ²	σ_3 , кгс/см ²	φ , град	σ_{zp} , кгс/см ²	$\sigma_{в}$, кгс/см ²	$\tau_{акт}$, кгс/см ²	$\tau_{пр}$, кгс/см ²	$\varphi_{сл}$, град
3500	0,0018	0	42								
3500	0,0018	20	42								
3500	0,0018	20	42								
3500	0,0018	40	42								
3500	0,0018	40	42								
3500	0,0018	60	42								
3500	0,0018	60	42								
3500	0,0018	80	42								
1000	0,0017	80	42	0.350	-0.030	21	0.350	-0.030	0.142	0.156	31
1000	0,0017	90	42	0.280	-0.024	21	0.280	-0.024	0.113	0.170	31
1000	0,0017	100	42	0.227	-0.021	21	0.227	-0.021	0.093	0.184	31
1000	0,0017	110	42	0.187	-0.019	21	0.187	-0.019	0.078	0.198	31
1000	0,0017	120	42	0.155	-0.019	21	0.155	-0.019	0.067	0.212	31
1000	0,0017	205	42	0.012	-0.029	21	0.012	-0.029	0.026	0.329	31
18000	0,0018	205	42								
18000	0,0018	220	42								
1,5	0,0011	220	42	0.0004	0.00006	1	0.0004	0.00006	0.0002	0.511	1
1,5	0,0011	230	42	0.0004	0.00005	1	0.0004	0.00005	0.0001	0.512	1
1,5	0,0011	240	42	0.0003	0.00005	1	0.0003	0.00005	0.0001	0.512	1
1,5	0,0011	250	42	0.0003	0.00004	1	0.0003	0.00004	0.0001	0.513	1
1,5	0,0011	260	42	0.0003	0.00004	1	0.0003	0.00004	0.0001	0.514	1
1,5	0,0011	320	42	0.0003	0.00001	1	0.0003	0.00001	0.0001	0.519	1

Для слабосвязного слоя $\tau_{акт} = 0,142 < \tau_{пр} = 0,156$

Для подстилающего слоя $\tau_{акт} = 0,0002 < \tau_{пр} = 0,511$

Условия прочности выполнены.



Рис. 10. Эпюры действующих и допускаемых активных касательных напряжений ($\tau_{акт}$) в слабосвязном слое дорожной одежды и подстилающем грунте

2.1.3 Прогноз полной осадки и времени консолидации подстилающего грунта

В связи с тем, что в отчете об инженерно-геологических изысканиях [10] отсутствуют данные о компрессионных и консолидационных испытаниях торфа среднеразложившегося (ИГЭ - 6в), исходные данные для расчета были выбраны из технической литературы [1, 5, 6, 7]. В основу расчета легла методика, изложенная в технической литературе [1, 5, 6]. Расчетная схема представлена на рисунке 11.

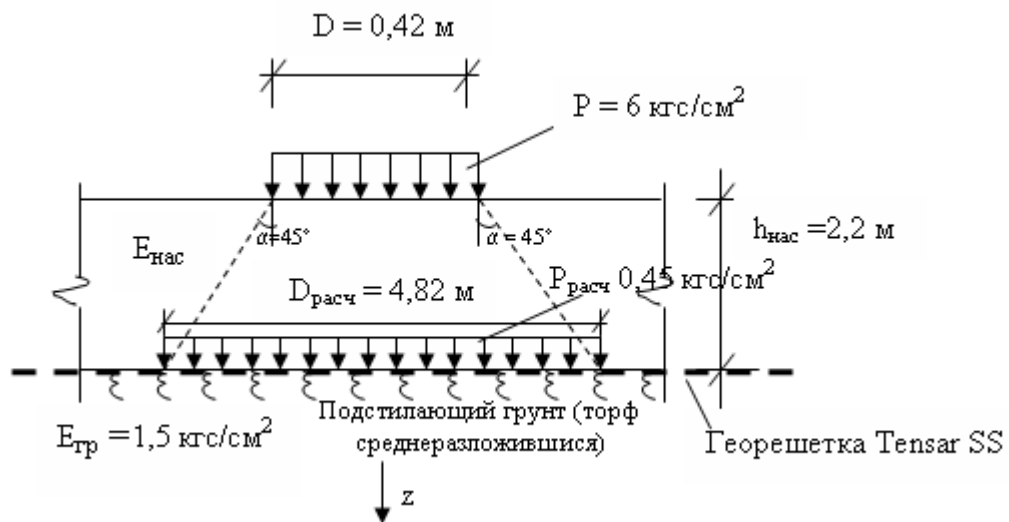


Рис. 11 Расчетная схема

2.1.3.1 Исходные данные:

1. Торф среднеразложившийся (ИГЭ - 6в) [10]:

-модуль деформации - $E_d = 0,15$ МПа [10];

-коэффициент относительной сжимаемости

$m_v = 6.67$ м²/МН [10];

-коэффициент фильтрации $K_f = 0,18 \times 10^{-4}$ см/с [7].

2.1.3.2 Результаты расчета

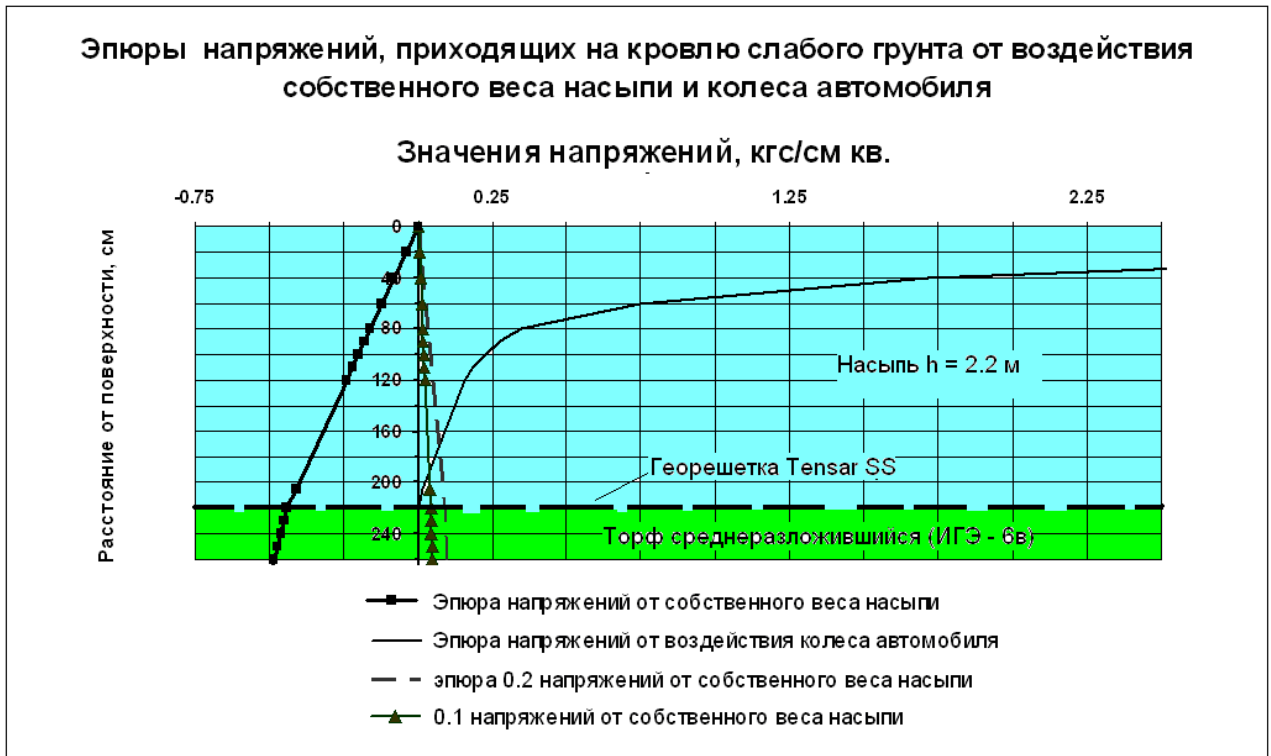


Рис. 12 Эпюры напряжений

1. В соответствии с п.3.20 [5], в качестве нижней границы сжимаемой толщи ($H_{акт}$) была принята кровля мерзлого малосжимаемого грунта (ИГЭ - мл18е) [10]. Таким образом, $H_{акт} = H_{торфа} = 1,3$ м. Расчетные значения внешней нагрузки, приходящей на кровлю слабого грунта были определены из выражения (2):

$$P_{расч} = \sigma_{zg} + \sigma_z = 0,44 + 0,004 \approx 0,45 \text{ кгс/см}^2 \quad (2)$$

где σ_{zg} -напряжения от собственного веса насыпи (рис.12);

σ_z - напряжения от колеса автомобиля (рис.12), определенные на программном пакете, реализующим точное решение теории упругости при осесимметричной деформации (решение А.К. Приварникова).

В соответствии с п. 3.43 [5], осадка слабой толщи в пределах активной зоны рассчитывается по формуле (3).

$$S_{\text{кон}} = \frac{P_{\text{расч}} \cdot H_{\text{акт}}}{E_{\text{ср}}}, \quad (3)$$

где $H_{\text{акт}}$ – мощность сжимаемой толщи, см;

$P_{\text{расч}}$ – нагрузка на поверхности толщи, кгс/см²;

$E_{\text{ср}}$ – средневзвешенный модуль деформации сжимаемой толщи, кгс/см².

$$S_{\text{кон}} = \frac{0,45 \cdot 130}{1,5} = 39 \text{ см}$$

2. Ожидаемое время консолидации **торфа среднеразложившегося** (ИГЭ – бв), соответствующее 0,8 от полной осадки [1, 5]:

а) Определим коэффициент консолидации C_v , учитывая, что $1 \text{ см/с} \approx 3 \times 10^{-7} \text{ см/год}$;

$$C_v = \frac{K_\phi}{m_v \gamma_w} = \frac{3 \cdot 10^{-7} \cdot 0,18 \cdot 10^{-4}}{6,67 \cdot 10^{-2} \cdot 9,81 \cdot 10^{-3}} = 0,83 \cdot 10^6 \text{ см}^2 / \text{год}$$

б) Определим время консолидации t ;

$$t = \frac{4h^2}{\pi^2 C_v} \cdot N = \frac{4 \cdot 130^2}{9,87 \cdot 0,83 \cdot 10^6} \cdot 1,64 \approx 1 \text{ месяц}$$

где N – постоянный множитель, определяемый по табличным данным, в зависимости от степени консолидации и вида эпюры уплотняющих давлений [1, 5];

h – толщина слоя, см.

2.1.3.3 Итог

1. Ожидаемая полная осадка – $S_{\text{п}} = 39 \text{ см}$.

2. Ожидаемое время консолидации, соответствующее 0,8 от полной осадки – $S_{t0,8} \approx 1 \text{ месяц}$.

2.1.4. Проверка устойчивости слабого основания

Устойчивость основания оцениваем по величине коэффициента безопасности (4) в соответствии с п.3.6 [6]. Расчетная схема представлена на рисунке 13.

$$k_{без} = P_{без} / P_{расч} \quad (4)$$

Расчет на быструю отсыпку проводим следующим образом. Расчетная нагрузка составит:

$$P_{расч} = \gamma_n (h_{расч} + S_{кон}) = 0,002 \cdot (220 + 39) = 0,518 \text{ кгс/см}^2 ;$$

где γ_n – удельный вес грунта насыпи;

$h_{расч}$ – расчетная высота насыпи;

$S_{кон}$ – конечная осадка основания насыпи.

Безопасная нагрузка (5) для условий быстрой отсыпки, исходя из прочностных свойств грунта, равна:

$$P^{нач}_{без} = (C_{нач} + \gamma z \text{tg} \varphi_{нач}) / \beta ; \quad (5)$$

где $C_{нач}$ и $\varphi_{нач}$ – сцепление и угол внутреннего трения грунта при природной влажности;

γ – средневзвешенный удельный вес толщи;

z – глубина расположения рассматриваемого горизонта от поверхности земли;

β – функция $\varphi_{нач}$, формы эпюры нагрузки $2a/B$ и относительной глубины z/b .

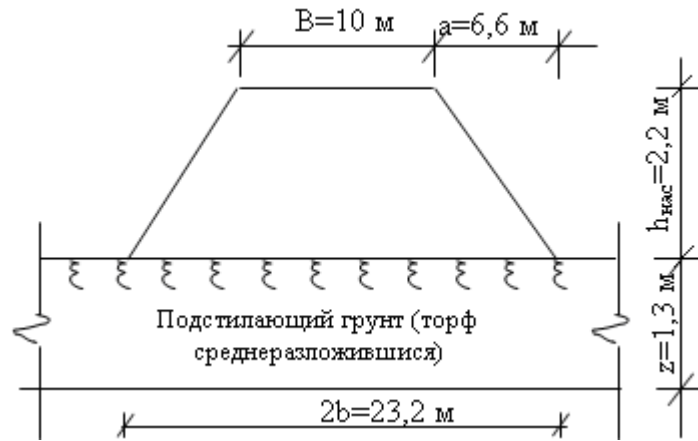


Рис. 13 Расчетная схема

Так как плотность торфа во взвешенном состоянии близка к нулю, то в данном случае формула упрощается (6):

$$P^{\text{нач}}_{\text{без}} = c_{\text{нач}} / \beta \quad (6)$$

Для определения β необходимо рассчитать $2a/V$ и z/b (рис. 12). В данном случае их величины составят:

$$2a/V = 2 \cdot 6,6/10 = 1,32$$

$$z/b = 1,3/11,6 = 0,112$$

В природном состоянии влажность торфа составляет $w = 1178\%$ [9]. По графикам (рис.14 прил. 3 [6]) значения сцепления и угла внутреннего трения, соответствующие указанной влажности, составляют:

$$c_{\text{нач}} = 0,05 \text{ кгс/см}^2;$$

$$\varphi_{\text{нач}} = 5^\circ.$$

Далее (по граф. 6 и 7 [6]) определяем для $2a/V = 1,32$ и $z/b = 0,112$ коэффициент $\beta = 0,09$. За расчетный коэффициент β может быть принят $\beta = 0,09$ для $z = 1,3 \text{ м}$, так как эта величина максимальная для всего слоя.

Безопасная нагрузка для слоя торфа составит:

$$P_{\text{без}} = 0,05/0,09 = 0,55 \text{ кгс/см}^2.$$

Коэффициент безопасности в данном случае равен:

$$k_{\text{без}} = 0,55/0,518 = 1,06 > 1 - \text{устойчивость насыпи при быстрой отсыпке обеспечена.}$$

2.1.5 Динамический расчет насыпи

В соответствии с приложением 4 ВСН 26-90 [2], для толщины торфяного слоя $h_{\text{тор}} = 1,3$ м динамическая устойчивость насыпи будет обеспечена при ее высоте более 1,65 м. Таким образом, в нашем случае **динамическая устойчивость насыпи обеспечена**, так как $h_{\text{нас}} = 2,2$ м.

2.2 Тип 2. Подстилающий грунт – суглинок тяжелый мягко-пластичный (ИГЭ – 42г)

Предлагается следующая конструкция, армированная георешеткой Tensar SS (рис. 14):

- | | |
|---|-------------------|
| 1.Щебень гранитный, марки 1200,
фр. 20÷40 мм с расклинцовкой по ГОСТ 25607-94,
ГОСТ 8267-93, $K_{упл} = 0,98$ | t = 80 см |
| 2.Песок мелкий по ГОСТ 8736-93,
$K_{упл} = 0,98, K_{ф} \geq 3$ м/сут | t = 105 см |
| 3.Щебень гранитный, марки 1200,
фр. 20÷40 мм с расклинцовкой по ГОСТ 25607-94,
ГОСТ 8267-93, $K_{упл} = 0,98$ | t = 15 см |
| 4.Георешетка Tensar SS 40 | |
| 5.Грунтовое основание – суглинок тяжелый (ИГЭ – 42г [10]) | |

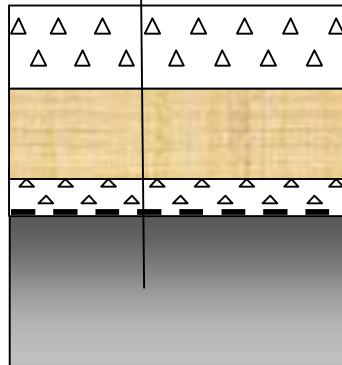


Рис. 14 Конструкция дорожной одежды

Примечание: Высотная отметка площадки варьируется **увеличением** толщины слоя щебня (1).

Исходные данные для расчетов сведены в таблицу 5.

Расчет нежестких дорожных одежд на прочность		
Исходные данные		Варианты
		армированная конструкция
Категория дороги	1...5	4
Дорожно-климатическая зона	1...5	1
Тип дорожной одежды	к - капит. о - облегч. п - перех.	п
Давление воздуха в шине расчетного автомобиля	P МПа	0,6
Нагрузка на колесо расчетного автомобиля	Q т	6,5
Кол-во осей (расчетных)		1
Кол-во колес на полуоси	1 или 2	2
Расстояние между осями (для многоосных)	Бм	0
Расчетная нагрузка на колесо	Q_{расч.} т	6,5
Расчетный диаметр отпечатка колеса	D м	0,42
Коэффициент надежности	K_н	0,8
Расчетный срок службы, лет	T_{сл}	10
Приведенная интенсивность движения автомобилей на последний год службы	N_р, авт/сут	50
Изменение интенсивности	q	1,02
Число расчетных дней в году	T_{рдг}	135
Суммарное приведенное количество проходов расчетного автомобиля	Σ N_р авт.	50218,22
Грунтовое основание		суглинок тяжелый (ИГЭ-42г) [10]
Расчетные характеристики грунтового основания		
Модуль деформации	E_{гр} МПа	9
Удельное сцепление	C_{гр} МПа	0,01
Угол внутреннего трения	φ_{гр} град	13
Статический угол внутреннего трения	φ_{ст} град	13

Расчетные характеристики материалов дорожной одежды		
Щебень	E МПа	350
	γ кгс/см ³	0,002
Георешетка Tensar SS	Тип	40
Песок	E МПа	100
	C МПа	0.004
	φ град	21
	$\varphi_{ст}$ град	31
	γ кгс/см ³	0.0017
Толщины конструктивных слоев дорожной одежды		
Щебень	h м	0,95
Георешетка Tensar SS	Тип	40
Песок		1,05
Общая толщина дорожной одежды	h_{общ} м	2,00

2.2.1 Расчет по допускаемому упругому прогибу

Результаты расчета сведены в таблицу 6, 7 (рис. 15) и приложение 2.

Таблица 6

Минимальный требуемый общий модуль упругости конструкции	E_{min} МПа	113,53
Требуемый коэффициент прочности	K_{пр I}	1.02
Общий модуль упругости	E_{общ} МПа	160,36
Фактический коэффициент прочности	E_{общ.} / E_{min}	1.41
Выполнение критерия по упругому прогибу		да

E , кгс/см ²	$\gamma_{\text{слоя}}$ кгс/см ³	h , см	D , см	σ_1 , кгс/см ²	σ_3 , кгс/см ²	σ_{zp} , кгс/см ²	σ_R , кгс/см ²	S , см	$E_{\text{упр}}$, кгс/см ²
3500	0,0018	0	42	6.000	5.21645	6.000	5.21645	0.143	1603,64
3500	0,0018	20	42	3.99512	0.63348	3.99512	0.63348		
3500	0,0018	20	42	3.99513	0.63348	3.99513	0.63348		
3500	0,0018	40	42	1.7196	0.0519	1.7196	0.0519		
3500	0,0018	40	42	1.7196	0.0519	1.7196	0.0519		
3500	0,0018	60	42	0.75114	-0.1498	0.75114	-0.1498		
3500	0,0018	60	42	0.75114	-0.1498	0.75114	-0.1498		
3500	0,0018	80	42	0.35183	-0.49138	0.35183	-0.49138		
1000	0,0017	80	42	0.35183	-0.03269	0.35183	-0.03269		
1000	0,0017	90	42	0.28162	-0.02543	0.28162	-0.02543		
1000	0,0017	100	42	0.22936	-0.02101	0.22936	-0.02101		
1000	0,0017	110	42	0.18905	-0.01833	0.18905	-0.01833		
1000	0,0017	120	42	0.15693	-0.01673	0.15693	-0.01673		
1000	0,0017	205	42	0.03334	-0.01082	0.03334	-0.01082		
18000	0,0018	205	42	0.03334	-0.43769	0.03334	-0.43769		
18000	0,0018	220	42	0.01753	-0.93701	0.01753	-0.93701		
90	0,00112	220	42	0.01753	0.00331	0.01753	0.00331		
90	0,00112	230	42	0.01686	0.0028	0.01686	0.0028		
90	0,00112	240	42	0.0162	0.00239	0.0162	0.00239		
90	0,00112	250	42	0.01557	0.00205	0.01557	0.00205		
90	0,00112	260	42	0.01497	0.00176	0.01497	0.00176		
90	0,00112	320	42	0.01203	0.00074	0.01203	0.00074		

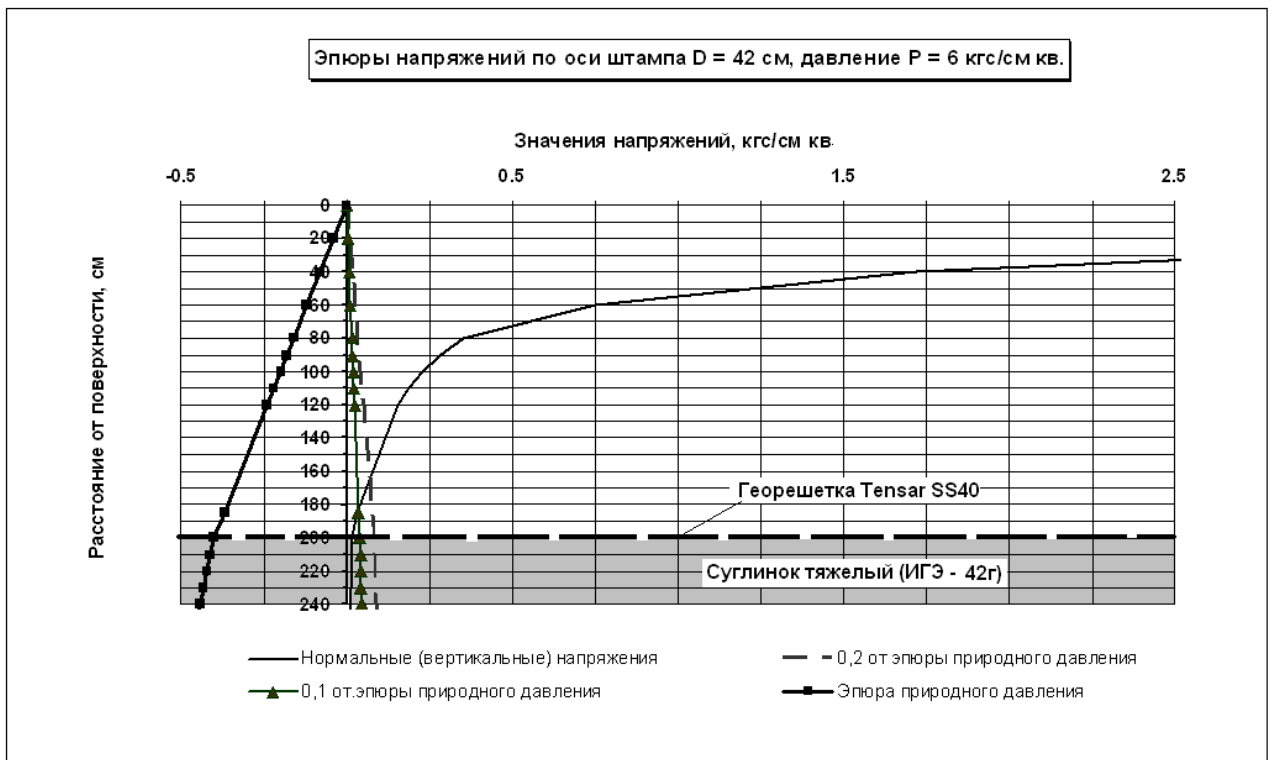


Рис.15 Эпюры вертикальных напряжений от действующей нагрузки и собственного веса дорожной одежды

2.2.2 Расчет по условию сдвигоустойчивости слабосвязного слоя дорожной одежды и подстилающего грунта

Для слабосвязного слоя дорожной одежды $k_0 = 1$;

Для подстилающего слоя $k_0 = 4$.

Результаты расчетов сведены в таблицу 8 (рис. 16) и приложение 2.

Таблица 8

E, кгс/см ²	γ _{слоя} , кгс/см ³	h, см	D, см	σ ₁ , кгс/см ²	σ ₃ , кгс/см ²	φ, град	σ _{зр} , кгс/см ²	σ _н , кгс/см ²	τ _{акт} , кгс/см ²	τ _{пр} , кгс/см ²	φ _{ст} , град
3500	0,0018	0	42								
3500	0,0018	20	42								
3500	0,0018	20	42								
3500	0,0018	40	42								
3500	0,0018	40	42								
3500	0,0018	60	42								
3500	0,0018	60	42								
3500	0,0018	80	42								
1000	0,0017	80	42	0.3518	-0.0327	21	0.3518	-0.0327	0.1447	0.1565	31
1000	0,0017	90	42	0.2816	-0.0254	21	0.2816	-0.0254	0.1153	0.1753	31
1000	0,0017	100	42	0.2294	-0.0210	21	0.2294	-0.0210	0.0941	0.1896	31
1000	0,0017	110	42	0.1891	-0.0183	21	0.1891	-0.0183	0.0783	0.2040	31
1000	0,0017	120	42	0.1569	-0.0167	21	0.1569	-0.0167	0.0661	0.2184	31
1000	0,0017	205	42	0.0333	-0.0108	21	0.0333	-0.0108	0.0193	0.3117	31
18000	0,0018	205	42								
18000	0,0018	220	42								
90	0,0011	220	42	0.0175	0.0033	13	0.0175	0.0033	0.0049	0.7694	13
90	0,0011	230	42	0.0169	0.0028	13	0.0169	0.0028	0.0049	0.7797	13
90	0,0011	240	42	0.0162	0.0024	13	0.0162	0.0024	0.0049	0.7901	13
90	0,0011	250	42	0.0156	0.0021	13	0.0156	0.0021	0.0049	0.8004	13
90	0,0011	260	42	0.0150	0.0018	13	0.0150	0.0018	0.0048	0.8108	13
90	0,0011	320	42	0.0120	0.0007	13	0.0120	0.0007	0.0043	0.8728	13

Для слабосвязного слоя $\tau_{акт} = 0,1447 < \tau_{пр} = 0,1565$

Для подстилающего слоя $\tau_{акт} = 0,0049 < \tau_{пр} = 0,7694$

Условия прочности выполнены.

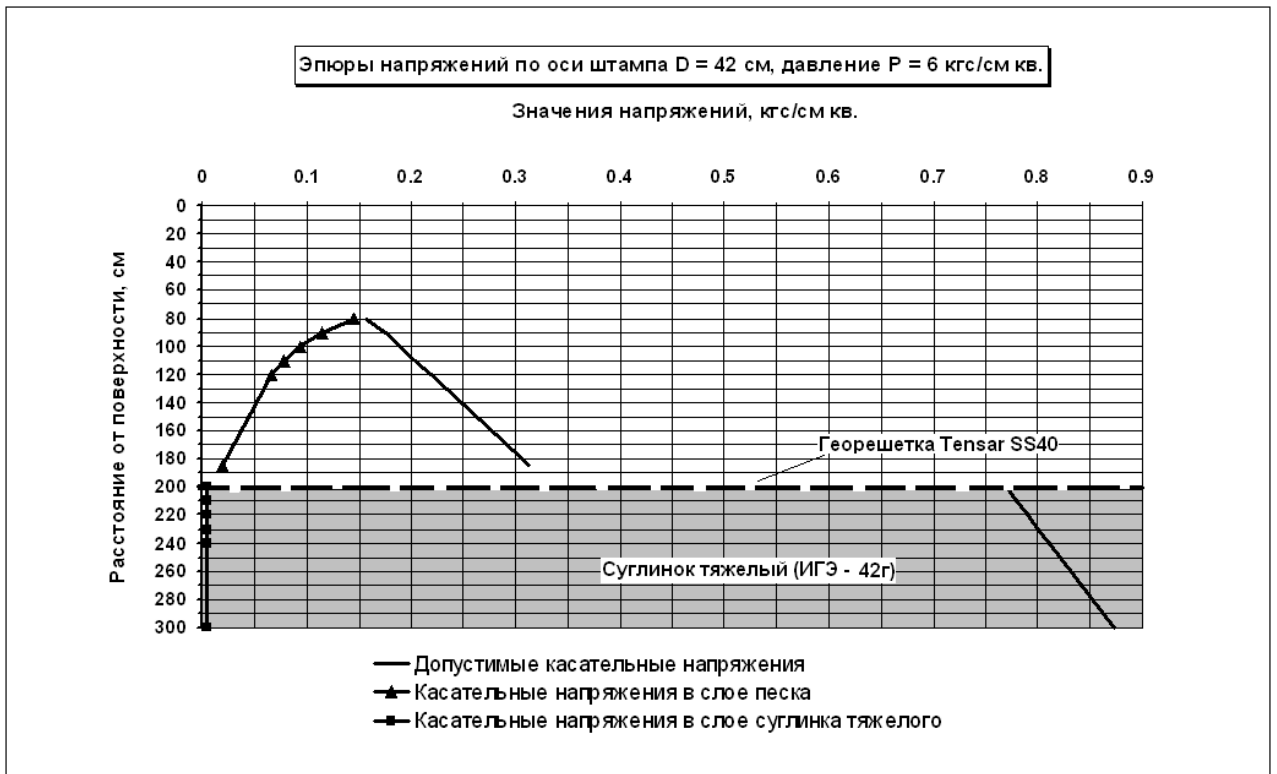


Рис. 16. Эпюры действующих и допускаемых активных касательных напряжений ($\tau_{\text{акт}}$) в слабосвязном слое дорожной одежды и подстилающем грунте

3. Выводы и рекомендации

1. Требуемые коэффициенты уплотнения K_y :
 - для щебеночных слоев – не менее 0,98.
 - для песчаных слоев – не менее 0,98.
2. Минимальная величина нахлеста полотен георешеток равна 30 см.
3. В расчетах конструкций на прочность и морозоустойчивость учтен эффект армирования, характеризующий работу георешеток Tensar SS в конструкциях дорожных одежд. Использование других материалов, в том числе обладающих идентичными физико-механическими характеристиками, не допускается.
4. Требуемую рабочую отметку продольного профиля автомобильной дороги достигать увеличением толщины слоя щебня (1).
5. Конечная величина осадки слабого основания составит 39 см. Время достижения 80%-ой консолидации слабого грунта составит около 1 месяца, однако армирование дорожной одежды георешетками Tensar SS позволит обеспечить равномерное протекание осадки во времени и требуемую прочность при эксплуатации.
6. Устойчивость слабого основания для насыпи высотой 2,2 м обеспечена.

4. Перечень используемой литературы

1. Бартоломей А.А. Механика грунтов: Учеб.издание/АСВ, Москва, 2003. 304 стр.
2. ВСН 26-90 «Инструкция по проектированию и строительству автомобильных дорог нефтяных и газовых промыслов Западной Сибири».
3. ВСН 84-89 «Изыскания, проектирование и строительство автомобильных дорог в районах распространения вечной мерзлоты».
4. ОДН 218.046-01 «Проектирование нежестких дорожных одежд».
5. Пособие по проектированию земляного полотна автомобильных дорог на слабых грунтах. Министерство транспорта РФ Федеральное дорожное агенство.М.:2004.
6. Пособие по проектированию земляного полотна автомобильных дорог на слабых грунтах. (к СНиП 2.05.02-85). М.:1989.
7. Руководство по проектированию свайных фундаментов / НИИОСП им. Н. М. Герсеванова Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1980.
8. СНиП 2.05.02-85 «Автомобильные дороги».
9. СНиП 3.06.03-85 «Автомобильные дороги».
10. Отчет об инженерно-геологических изысканиях. Поперечный профиль автомобильной дороги ПК 294+0.00, ПК 610+85.

Расчет дорожной одежды на прочность (тип 1)

* ЗАДАЧА ПРИВАРНИКОВА *
* СОЮЗДОРНИИ Ленинград 1990г *

Исходные данные формируются предварительно в файле на диске

Пример: (запись с 1 позиции без комментариев)

разделитель между числами --> запятая

повторение чисел --> * (6*2. - 6 раз по 2.0)

1 <===== число слоев (N)
6 <===== кол-во номеров слоев (Q)
0.25,0.35 <==== коэфф. Пуассона слоев (N+1 чисел)
6*2. <==== номера слоев (Q чисел)
18.5 <==== радиус штампа (одно число)
1. <==== нагрузка P0 (одно число)
0.,18.5,37.,55.5,74.,111. <==== координаты R (Q чисел)
6*0.0 <==== координаты Z (Q чисел)
111. <==== толщины слоев (N чисел)
150.,30. <==== модули упругости (N+1 чисел)

Файл данных 1

	Число слоев	6					
Модули упругости слоев	3500.0	3500.0	3500.0	3500.0	1000.0	18000.0	1.
	5						
Толщины слоев	20.00	20.00	20.00	20.00	125.00	15.00	
Коэф. Пуассона слоев	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.3
	0						
Радиус штампа	21.00						
Нагрузка P0	6.00						

Ждите ...

Номер слоя: 1 Координаты точки: Z= .00 R= .00

Нормальные напряжения в точке: Z= 6.00000 R= 5.26660 T= 5.26660

Главные нормальные напряжения:...1: 6.00000 ...3: 5.26660

Касательные напряжения: RZ= .00000

Перемещения в точке: Z= -.15500 R= .00000

Номер слоя: 1 Координаты точки: Z= 20.00 R= .00

Нормальные напряжения в точке: Z= 3.99497 R= 0.67367 T= .67367

Главные нормальные напряжения:...1: 3.99497 ...3: .67367

Касательные напряжения: RZ= .00000

Перемещения в точке: Z= -.13271 R= .00000

Номер слоя: 2 Координаты точки: Z= .00 R= .00

 Нормальные напряжения в точке: $Z= 3.99498$ $R= 0.67367$ $T= .67367$
 Главные нормальные напряжения:...1: 3.99498 ...3: $.67367$
 Касательные напряжения: $RZ= .00000$
 Перемещения в точке: $Z= -.13271$ $R= .00000$

Номер слоя: 2 Координаты точки: $Z= 20.00$ $R= .00$

 Нормальные напряжения в точке: $Z= 1.71905$ $R= 0.08240$ $T= .08240$
 Главные нормальные напряжения:...1: 1.71905 ...3: $.08240$
 Касательные напряжения: $RZ= .00000$
 Перемещения в точке: $Z= -.11823$ $R= .00000$

Номер слоя: 3 Координаты точки: $Z= .00$ $R= .00$

 Нормальные напряжения в точке: $Z= 1.71905$ $R= 0.08240$ $T= .08240$
 Главные нормальные напряжения:...1: 1.71905 ...3: $.08240$
 Касательные напряжения: $RZ= .00000$
 Перемещения в точке: $Z= -.11823$ $R= .00000$

Номер слоя: 3 Координаты точки: $Z= 20.00$ $R= .00$

 Нормальные напряжения в точке: $Z= 0.75007$ $R= -0.12884$ $T= -.12884$
 Главные нормальные напряжения:...1: $.75007$...3: $-.12884$
 Касательные напряжения: $RZ= .00000$
 Перемещения в точке: $Z= -.11148$ $R= .00000$

Номер слоя: 4 Координаты точки: $Z= .00$ $R= .00$

 Нормальные напряжения в точке: $Z= 0.75007$ $R= -0.12884$ $T= -.12884$
 Главные нормальные напряжения:...1: $.75007$...3: $-.12884$
 Касательные напряжения: $RZ= .00000$
 Перемещения в точке: $Z= -.11148$ $R= .00000$

Номер слоя: 4 Координаты точки: $Z= 20.00$ $R= .00$

 Нормальные напряжения в точке: $Z= 0.35026$ $R= -0.47997$ $T= -.47997$
 Главные нормальные напряжения:...1: $.35026$...3: $-.47997$
 Касательные напряжения: $RZ= .00000$
 Перемещения в точке: $Z= -.10759$ $R= .00000$

Номер слоя: 5 Координаты точки: $Z= .00$ $R= .00$

 Нормальные напряжения в точке: $Z= 0.35026$ $R= -0.02991$ $T= -.02991$
 Главные нормальные напряжения:...1: $.35026$...3: $-.02991$
 Касательные напряжения: $RZ= .00000$
 Перемещения в точке: $Z= -.10759$ $R= .00000$

Номер слоя: 5 Координаты точки: $Z= 10.00$ $R= .00$

 Нормальные напряжения в точке: $Z= 0.27985$ $R= -0.02381$ $T= -.02381$

Главные нормальные напряжения:...1: .27985 ...3: -.02381
 Касательные напряжения: RZ= .00000
 Перемещения в точке: Z= -.10429 R= .00000

Номер слоя: 5 Координаты точки: Z= 20.00 R= .00

Нормальные напряжения в точке: Z= 0.22741 R= -0.02057 T= -.02057
 Главные нормальные напряжения:...1: .22741 ...3: -.02057
 Касательные напряжения: RZ= .00000
 Перемещения в точке: Z= -.10164 R= .00000

Номер слоя: 5 Координаты точки: Z= 30.00 R= .00

Нормальные напряжения в точке: Z= 0.18697 R= -0.01913 T= -.01913
 Главные нормальные напряжения:...1: .18697 ...3: -.01913
 Касательные напряжения: RZ= .00000
 Перемещения в точке: Z= -.09946 R= .00000

Номер слоя: 5 Координаты точки: Z= 40.00 R= .00

Нормальные напряжения в точке: Z= 0.15481 R= -0.01883 T= -.01883
 Главные нормальные напряжения:...1: .15481 ...3: -.01883
 Касательные напряжения: RZ= .00000
 Перемещения в точке: Z= -.09764 R= .00000

Номер слоя: 5 Координаты точки: Z= 125.00 R= .00

Нормальные напряжения в точке: Z= 0.01232 R= -0.02932 T= -.02932
 Главные нормальные напряжения:...1: .01232 ...3: -.02932
 Касательные напряжения: RZ= .00000
 Перемещения в точке: Z= -.09026 R= .00000

Номер слоя: 6 Координаты точки: Z= .00 R= .00

Нормальные напряжения в точке: Z= 0.01232 R= -0.61755 T= -.61755
 Главные нормальные напряжения:...1: .01232 ...3: -.61755
 Касательные напряжения: RZ= .00000
 Перемещения в точке: Z= -.09026 R= .00000

Номер слоя: 6 Координаты точки: Z= 15.00 R= .00

Нормальные напряжения в точке: Z= 0.00037 R= -1.08758 T= -1.08758
 Главные нормальные напряжения:...1: .00037 ...3: -1.08758
 Касательные напряжения: RZ= .00000
 Перемещения в точке: Z= -.08983 R= .00000

Номер слоя: 7 Координаты точки: Z= .00 R= .00

Нормальные напряжения в точке: Z= 0.00037 R= 0.00006 T= .00006
 Главные нормальные напряжения:...1: .00037 ...3: .00006
 Касательные напряжения: RZ= .00000

Перемещения в точке: Z= -.08966 R= .00000

Номер слоя: 7 Координаты точки: Z= 10.00 R= .00

 Нормальные напряжения в точке: Z= 0.00035 R= 0.00005 T= .00005
 Главные нормальные напряжения:...1: .00035 ...3: .00005
 Касательные напряжения: RZ= .00000
 Перемещения в точке: Z= -.08750 R= .00000

Номер слоя: 7 Координаты точки: Z= 20.00 R= .00

 Нормальные напряжения в точке: Z= 0.00034 R= 0.00005 T= .00005
 Главные нормальные напряжения:...1: .00034 ...3: .00005
 Касательные напряжения: RZ= .00000
 Перемещения в точке: Z= -.08538 R= .00000

Номер слоя: 7 Координаты точки: Z= 30.00 R= .00

 Нормальные напряжения в точке: Z= 0.00033 R= 0.00004 T= .00004
 Главные нормальные напряжения:...1: .00033 ...3: .00004
 Касательные напряжения: RZ= .00000
 Перемещения в точке: Z= -.08331 R= .00000

Номер слоя: 7 Координаты точки: Z= 40.00 R= .00

 Нормальные напряжения в точке: Z= 0.00032 R= 0.00004 T= .00004
 Главные нормальные напряжения:...1: .00032 ...3: .00004
 Касательные напряжения: RZ= .00000
 Перемещения в точке: Z= -.08130 R= .00000

Номер слоя: 7 Координаты точки: Z= 100.00 R= .00

 Нормальные напряжения в точке: Z= 0.00027 R= 0.00001 T= .00001
 Главные нормальные напряжения:...1: .00027 ...3: .00001
 Касательные напряжения: RZ= .00000
 Перемещения в точке: Z= -.07021 R= .00000

Ввести новые данные -?... 1 - да ... 0 - нет

Расчет дорожной одежды на прочность (тип 2)

* ЗАДАЧА ПРИВАРНИКОВА *
* СОЮЗДОРНИИ Ленинград 1990г *

Исходные данные формируются предварительно в файле на диске

Пример: (запись с 1 позиции без комментариев)

разделитель между числами --> запятая

повторение чисел --> * (6*2. - 6 раз по 2.0)

1 <===== число слоев (N)
6 <===== кол-во номеров слоев (Q)
0.25,0.35 <==== коэфф. Пуассона слоев (N+1 чисел)
6*2. <==== номера слоев (Q чисел)
18.5 <==== радиус штампа (одно число)
1. <==== нагрузка P0 (одно число)
0.,18.5,37.,55.5,74.,111. <==== координаты R (Q чисел)
6*0.0 <==== координаты Z (Q чисел)
111. <==== толщины слоев (N чисел)
150.,30. <==== модули упругости (N+1 чисел)

Файл данных 1

	Число слоев	6					
Модули упругости слоев	3500.0	3500.0	3500.0	3500.0	1000.0	18000.0	80.
	0						
Толщины слоев	20.00	20.00	20.00	20.00	105.00	15.00	
Коэф. Пуассона слоев	.30	.30	.30	.30	.30	.30	.3
	0						
Радиус штампа	21.00						
Нагрузка P0	6.00						

Ждите ...

Номер слоя: 1 Координаты точки: Z= .00 R= .00

Нормальные напряжения в точке: Z= 6.00000 R= 5.21645 T= 5.21645

Главные нормальные напряжения:...1: 6.00000 ...3: 5.21645

Касательные напряжения: RZ= .00000

Перемещения в точке: Z= -.13933 R= .00000

Номер слоя: 1 Координаты точки: Z= 20.00 R= .00

Нормальные напряжения в точке: Z= 3.99512 R= 0.63348 T= .63348

Главные нормальные напряжения:...1: 3.99512 ...3: .63348

Касательные напряжения: RZ= .00000

Перемещения в точке: Z= -.11688 R= .00000

Номер слоя: 2 Координаты точки: Z= .00 R= .00

 Нормальные напряжения в точке: $Z= 3.99513$ $R= 0.63348$ $T= .63348$
 Главные нормальные напряжения...1: 3.99513 ...3: $.63348$
 Касательные напряжения: $RZ= .00000$
 Перемещения в точке: $Z= -.11688$ $R= .00000$

Номер слоя: 2 Координаты точки: $Z= 20.00$ $R= .00$

 Нормальные напряжения в точке: $Z= 1.71960$ $R= 0.05190$ $T= .05190$
 Главные нормальные напряжения...1: 1.71960 ...3: $.05190$
 Касательные напряжения: $RZ= .00000$
 Перемещения в точке: $Z= -.10228$ $R= .00000$

Номер слоя: 3 Координаты точки: $Z= .00$ $R= .00$

 Нормальные напряжения в точке: $Z= 1.71960$ $R= 0.05190$ $T= .05190$
 Главные нормальные напряжения...1: 1.71960 ...3: $.05190$
 Касательные напряжения: $RZ= .00000$
 Перемещения в точке: $Z= -.10228$ $R= .00000$

Номер слоя: 3 Координаты точки: $Z= 20.00$ $R= .00$

 Нормальные напряжения в точке: $Z= 0.75114$ $R= -0.14980$ $T= -.14980$
 Главные нормальные напряжения...1: $.75114$...3: $-.14980$
 Касательные напряжения: $RZ= .00000$
 Перемещения в точке: $Z= -.09544$ $R= .00000$

Номер слоя: 4 Координаты точки: $Z= .00$ $R= .00$

 Нормальные напряжения в точке: $Z= 0.75114$ $R= -0.14980$ $T= -.14980$
 Главные нормальные напряжения...1: $.75114$...3: $-.14980$
 Касательные напряжения: $RZ= .00000$
 Перемещения в точке: $Z= -.09544$ $R= .00000$

Номер слоя: 4 Координаты точки: $Z= 20.00$ $R= .00$

 Нормальные напряжения в точке: $Z= 0.35183$ $R= -0.49138$ $T= -.49138$
 Главные нормальные напряжения...1: $.35183$...3: $-.49138$
 Касательные напряжения: $RZ= .00000$
 Перемещения в точке: $Z= -.09148$ $R= .00000$

Номер слоя: 5 Координаты точки: $Z= .00$ $R= .00$

 Нормальные напряжения в точке: $Z= 0.35183$ $R= -0.03269$ $T= -.03269$
 Главные нормальные напряжения...1: $.35183$...3: $-.03269$
 Касательные напряжения: $RZ= .00000$
 Перемещения в точке: $Z= -.09148$ $R= .00000$

Номер слоя: 5 Координаты точки: $Z= 10.00$ $R= .00$

 Нормальные напряжения в точке: $Z= 0.28162$ $R= -0.02543$ $T= -.02543$

Главные нормальные напряжения:...1: .28162 ...3: -.02543
 Касательные напряжения: RZ= .00000
 Перемещения в точке: Z= -.08816 R= .00000

Номер слоя: 5 Координаты точки: Z= 20.00 R= .00

Нормальные напряжения в точке: Z= 0.22936 R= -0.02101 T= -.02101
 Главные нормальные напряжения:...1: .22936 ...3: -.02101
 Касательные напряжения: RZ= .00000
 Перемещения в точке: Z= -.08548 R= .00000

Номер слоя: 5 Координаты точки: Z= 30.00 R= .00

Нормальные напряжения в точке: Z= 0.18905 R= -0.01833 T= -.01833
 Главные нормальные напряжения:...1: .18905 ...3: -.01833
 Касательные напряжения: RZ= .00000
 Перемещения в точке: Z= -.08328 R= .00000

Номер слоя: 5 Координаты точки: Z= 40.00 R= .00

Нормальные напряжения в точке: Z= 0.15693 R= -0.01673 T= -.01673
 Главные нормальные напряжения:...1: .15693 ...3: -.01673
 Касательные напряжения: RZ= .00000
 Перемещения в точке: Z= -.08145 R= .00000

Номер слоя: 5 Координаты точки: Z= 105.00 R= .00

Нормальные напряжения в точке: Z= 0.03334 R= -0.01082 T= -.01082
 Главные нормальные напряжения:...1: .03334 ...3: -.01082
 Касательные напряжения: RZ= .00000
 Перемещения в точке: Z= -.07516 R= .00000

Номер слоя: 6 Координаты точки: Z= .00 R= .00

Нормальные напряжения в точке: Z= 0.03334 R= -0.43769 T= -.43769
 Главные нормальные напряжения:...1: .03334 ...3: -.43769
 Касательные напряжения: RZ= .00000
 Перемещения в точке: Z= -.07516 R= .00000

Номер слоя: 6 Координаты точки: Z= 15.00 R= .00

Нормальные напряжения в точке: Z= 0.01753 R= -0.93701 T= -.93701
 Главные нормальные напряжения:...1: .01753 ...3: -.93701
 Касательные напряжения: RZ= .00000
 Перемещения в точке: Z= -.07480 R= .00000

Номер слоя: 7 Координаты точки: Z= .00 R= .00

Нормальные напряжения в точке: Z= 0.01753 R= 0.00331 T= .00331
 Главные нормальные напряжения:...1: .01753 ...3: .00331
 Касательные напряжения: RZ= .00000

Перемещения в точке: Z= -.07480 R= .00000

Номер слоя: 7 Координаты точки: Z= 10.00 R= .00

 Нормальные напряжения в точке: Z= 0.01686 R= 0.00280 T= .00280
 Главные нормальные напряжения:...1: .01686 ...3: .00280
 Касательные напряжения: RZ= .00000
 Перемещения в точке: Z= -.07288 R= .00000

Номер слоя: 7 Координаты точки: Z= 20.00 R= .00

 Нормальные напряжения в точке: Z= 0.01620 R= 0.00239 T= .00239
 Главные нормальные напряжения:...1: .01620 ...3: .00239
 Касательные напряжения: RZ= .00000
 Перемещения в точке: Z= -.07101 R= .00000

Номер слоя: 7 Координаты точки: Z= 30.00 R= .00

 Нормальные напряжения в точке: Z= 0.01557 R= 0.00205 T= .00205
 Главные нормальные напряжения:...1: .01557 ...3: .00205
 Касательные напряжения: RZ= .00000
 Перемещения в точке: Z= -.06919 R= .00000

Номер слоя: 7 Координаты точки: Z= 40.00 R= .00

 Нормальные напряжения в точке: Z= 0.01497 R= 0.00176 T= .00176
 Главные нормальные напряжения:...1: .01497 ...3: .00176
 Касательные напряжения: RZ= .00000
 Перемещения в точке: Z= -.06743 R= .00000

Номер слоя: 7 Координаты точки: Z= 100.00 R= .00

 Нормальные напряжения в точке: Z= 0.01203 R= 0.00074 T= .00074
 Главные нормальные напряжения:...1: .01203 ...3: .00074
 Касательные напряжения: RZ= .00000
 Перемещения в точке: Z= -.05790 R= .00000

ВВести новые данные -?... 1 - да