

ОТЧЕТ

по теме:

Расчет значений допустимой толщины защитного слоя над плитами XPS

Договор № ФЛ-ТНСС/53 от 17.08.2018

Исполнители:



Е.С. Пшеничникова, к.т.н



И.Ж.Хусаинов, к.т.н

Москва 2018

РЕФЕРАТ

Объем работы 19 стр., в том числе 6 табл.

Разработаны методы расчета значений допустимой толщины защитного слоя над плитами XPS, впервые для неуплотненного насыпного грунта над плитами. На основе выполненных расчетов составлены таблицы для практического применения.

СОДЕРЖАНИЕ

1 ВВЕДЕНИЕ.....	4
2 РАСЧЕТ РАДИУСА СЛЕДА КОЛЕСА.....	6
3 РАСЧЕТ ВЕРТИКАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ УПРУГОМ СОСТОЯНИИ ГРУНТА (УПЛОТНЕННЫЙ ГРУНТ).....	6
4 РАСЧЕТ ВЕРТИКАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ПРЕДЕЛЬНОМ СОСТОЯНИИ ГРУНТА (НЕУПЛОТНЕННЫЙ ГРУНТ).....	8
5 ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА	10
ПРИЛОЖЕНИЯ	13
ЛИТЕРАТУРА.....	19

1 ВВЕДЕНИЕ

Для работы плит XPS в дорожной конструкции без возникновения в них деформаций требуется обеспечение такой толщины защитного слоя над плитами, при которой напряжения от транспортной нагрузки не превысят прочность плиты на сжатие.

В настоящей работе вертикальные напряжения от действующей на поверхности грунтового слоя нагрузки рассчитаны по формулам теории упругости для уплотненного грунта и по полуэмпирическим зависимостям для неуплотненного грунта, находящемся в состоянии предельного напряжения.

Если в какой-либо точке рассматриваемого слоя возникает предельное напряжение, то в этой точке происходит смещение одной части грунта по другой. В этом случае напряжения и деформации не связаны между собой какой-либо однозначной зависимостью, так как деформации растут при постоянной величине напряжения. При таком напряженном состоянии не только неприменим закон Гука, но и любой однозначной зависимости между напряжениями и деформациями не существует.

Вследствие сложности решения смешанной задачи теории упругости, теории предельного равновесия и теории пластичности, представляющей практический интерес при уплотнении грунта, а также необходимости определения большого числа параметров, определяющих поведение грунта, для определения напряженного состояния иногда все же применяют решения теории упругости, несмотря на то, что эти решения не соответствуют напряженному состоянию. Кроме того, для определения напряженного состояния используют и различные упрощенные приемы. Их применение обосновывается тем, что упрощенные приемы, как и применение решений теории упругости, приводят к более или менее равноценным результатам.

В теории упругости известны решения для плоской и пространственной задачи. В настоящей работе оценка напряженно-деформированного состояния в грунте, создаваемого колесом, и, соответственно, расчет толщины защитного слоя, рассматривается как пространственная задача.

Для определения допустимой толщины защитного слоя над плитами прежде всего следует оценить действующую нагрузку. На самом деле это не простая задача, поскольку вес нагруженного транспортного средства фактически никогда не распределяется равномерно по осям этого средства, при этом большая часть нагрузки приходится на заднюю ось автосамосвала и на переднюю ось погрузчика. Т.е. нагрузку на колесо нельзя рассчитывать, как

общий вес транспортного средства (вес средства + вес груза), деленный на количество колес.

В сложившейся ситуации этот вопрос может быть решен несколькими способами. В первом случае нагрузку на заднюю ось следует принимать максимально допустимой по нормативным документам, исходя из того, что транспортное средство с перегрузом не сможет прибыть на строительную площадку. Таблица с максимальной нагрузкой на ось транспортных средств приведена в Приложении А.

Второй способ заключается в приближенном расчете, в соответствии с которым нагрузка на заднюю ось автосамосвала (и на переднюю ось погрузчика) принимается, как 75% веса автомобиля с грузом.

Третий вариант - расчет радиуса следа колеса по глубине колеи после прохода катка или транспортного средства, расчетная формула приведена в настоящей работе. Зная радиус следа, можно вычислить нагрузку.

Помимо нагрузки от транспорта, на плиту действует нагрузка от веса грунта защитного слоя. Предварительные расчеты показали, что вес грунта составляет незначительную часть от веса уплотняющих средств и увеличивает суммарную нагрузку на плиту в общем случае на 1 - 2 %, поэтому в настоящей работе вес грунта защитного слоя не учитывается.

На основе приведенных в настоящей работе расчетных методов были составлены таблицы значений допустимой толщины защитного слоя над плитами XPS в зависимости от величины нагрузки на колесо для 10 типов транспортных средств. Был рассмотрен уплотненный и неуплотненный грунт защитного слоя. Давление в шине колеса транспортного средства в соответствии с действующими нормативными документами было принято 0,6МПа [ОДН 218.046-01], угол распределения напряжений в неуплотненном слое грунта $\alpha = 45^\circ$ (Приложение Б).

Однако как транспортные нагрузки, так и угол распределения напряжений в неуплотненном слое грунта могут быть другими. Для определения допустимой толщины защитного слоя в этом случае составлены таблицы В1, В2, В3 (Приложение В).

2 РАСЧЕТ РАДИУСА СЛЕДА КОЛЕСА

2.1 Расчет радиуса следа колеса по давлению в шинах.

Для транспортного средства с пневматическими шинами определим радиус r (м) следа в форме круга. Давление в шинах обозначим p_0 (т/м²), нагрузку на колесо через N (т), тогда

$$r = \sqrt{\frac{N}{\pi p_0}} \quad (\text{м}). \quad (2.1)$$

2.2 Расчет радиуса следа колеса по глубине колеи после прохода катка или транспортного средства.

Если известна глубина следа (колеи) δ_g от колеса или вальца, то радиус следа r равен:

$$\begin{aligned} r &= \sqrt{R_s^2 - (R_s - \delta_g)^2} = \sqrt{R_s^2 - R_s^2 + 2R_s\delta_g - \delta_g^2} = \\ &= \sqrt{2R_s\delta_g - \delta_g^2} \approx \sqrt{2R_s\delta_g} \end{aligned} \quad (2.2)$$

где R_s (м) - радиус шины автомобиля или радиус вальца катка.

3 РАСЧЕТ ВЕРТИКАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ УПРУГОМ СОСТОЯНИИ ГРУНТА (ГРУНТ УПЛОТНЕН)

Принимаем распределение напряжений соответствующим упругому или линейно-деформируемому полупространству, нагрузку интенсивностью p_0 (т/м²), распределённой по кругу радиуса r (м), соответствующему следу колеса (спаренных колес).

В соответствии с решением теории упругости [1] для пространственной задачи максимальное вертикальное напряжение q_z (т/м²) на глубине z (м) в центре круга радиусом r (м) равно:

$$q_z = p_0 \left[1 - \frac{z^3}{(r^2+z^2)^{\frac{3}{2}}} \right] \quad (\text{т/м}^2). \quad (3.1)$$

Вводим коэффициент запаса k . Тогда расчетное значение максимального вертикального напряжения $q_p = kq_z$ для толщины защитного слоя $z = h$:

$$q_p = kp_0 \left[1 - \frac{h^3}{(r^2 + h^2)^{\frac{3}{2}}} \right] \quad (\text{т/м}^2). \quad (3.2)$$

Если известна прочность материала плиты на сжатие σ (т/м²), необходимую минимальную толщину слоя грунта h (м) определим следующим образом. Примем, что на глубине $z = h$ максимальное вертикальное напряжение равно прочности плиты на сжатие σ , т.е. $q_z = \sigma$. Введя указанную замену переменных в (3.2) и выполнив преобразования, получим:

$$\frac{1}{\left(1 + \frac{h^2}{r^2}\right)^{\frac{3}{2}}} = \left(1 - \frac{\sigma}{p_0}\right); \quad (3.3)$$

$$\left(\frac{r}{h}\right)^2 = \frac{1}{\left(1 - \frac{\sigma}{p_0}\right)^{\frac{2}{3}}} - 1; \quad (3.4)$$

тогда

$$h = \frac{r}{\sqrt{\frac{1}{\left(1 - \frac{\sigma}{p_0}\right)^{\frac{2}{3}}} - 1}}} \quad (\text{м}). \quad (3.5)$$

Или, подставляя (2.1) в (3.5), получаем:

$$h = \frac{r}{\sqrt{\frac{1}{\left(1 - \frac{\sigma}{p_0}\right)^{\frac{2}{3}}} - 1}}} = \frac{\sqrt{\frac{N}{\pi p_0}}}{\sqrt{\frac{1}{\left(1 - \frac{\sigma}{p_0}\right)^{\frac{2}{3}}} - 1}}} \quad (\text{м}). \quad (3.6)$$

Для определения расчетной величины допустимой толщины защитного слоя h_p вводим коэффициент запаса k :

$$h_p = k \cdot h, \quad (3.7)$$

тогда

$$h_p = k \frac{r}{\sqrt{\frac{1}{\left(1 - \frac{\sigma}{p_0}\right)^{\frac{2}{3}}} - 1}}} \quad (\text{м}). \quad (3.8)$$

4 РАСЧЕТ ВЕРТИКАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ПРЕДЕЛЬНОМ СОСТОЯНИИ ГРУНТА (ГРУНТ НЕУПЛОТНЕН)

Как и ранее, положим, что нагрузка интенсивностью p_0 (т/м²) распределена по кругу радиуса r (м), соответствующему следу колеса (спаренных колес).

Для определения нормальных напряжений на различных глубинах z (м) принимаем, что нагрузка по глубине ограничивается предельными прямыми, наклоненными к вертикали под углом α (град) (рисунок 1). При этом предполагается, что напряжения за пределами рассматриваемой области, ограниченной предельными прямыми, пренебрежимо малы [2].

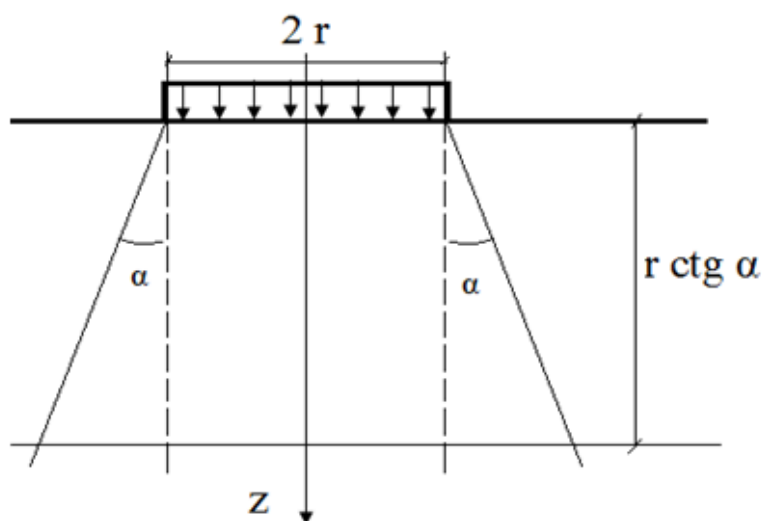


Рисунок 1 - Схема распределения в грунте напряжений от колеса

В зависимости от глубины расположения точки, в которой определяется напряжение, могут быть 2 случая напряженного состояния. При глубине z меньшей или равной $r \operatorname{ctg} \alpha$ давление от колеса на плиту q_z будет равно p_0 [2].

$$\text{Т.е при } z \leq r \operatorname{ctg} \alpha \quad q_z = p_0. \quad (4.1)$$

При глубине z большей $r \operatorname{ctg} \alpha$ максимальное давление от колеса для пространственной задачи [2]:

$$\text{т.е при } z > r \operatorname{ctg} \alpha \quad q_z = \frac{3p_0}{\left(\frac{z \operatorname{tg} \alpha}{r} + 1\right)^2} \quad (4.2)$$

Приняв $\alpha = 45^0$ ($\text{tg } 45^0 = 1$), $z = h$, получим

$$q_z = \frac{3p_0}{\left(1 + \frac{h}{r}\right)^2} \quad (\text{т/м}^2). \quad (4.3)$$

Для определения расчетной величины напряжения q_p , вводим коэффициент запаса k ; $q_p = k \cdot q_z$:

$$q_p = k \frac{3p_0}{\left(1 + \frac{h}{r}\right)^2} \quad (\text{т/м}^2). \quad (4.4)$$

Примечание. Для песков угол $\alpha = 45^0$, для плотных глин малой влажности $\alpha = 50^0$, для слабых грунтов - илов, глин и суглинков повышенной влажности $\alpha = 30^0$ [2].

Определим из уравнения (4.3) допустимую толщину отсыпаемого слоя для пространственной задачи, приняв $q_z = \sigma$:

$$h = r \left[\left(\frac{3p_0}{\sigma} \right)^{\frac{1}{2}} - 1 \right] \quad (\text{м}). \quad (4.5)$$

Условие ($q_z = \sigma$) означает, что для обеспечения отсутствия деформаций плиты напряжение от действующей нагрузки на поверхности плиты XPS должно быть равно прочности плиты на сжатие.

Для определения расчетной величины допустимой толщины защитного слоя h_p вводим коэффициент запаса, $h_p = kh$:

$$h_p = kr \left[\left(\frac{3p_0}{\sigma} \right)^{\frac{1}{2}} - 1 \right] \quad (\text{м}) \quad (4.6)$$

5 ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА

Пример1. Расчет радиуса следа колеса по давлению в шинах.

Исходные данные:

давление в шинах автомобиля $p_0 = 0,6 \text{ МПа} = 60 \text{ (т/м}^2\text{)}$;

нагрузка на колесо $N=7,5 \text{ т}$.

Требуется определить радиус следа колеса по давлению в шинах.

Расчет.

Для катков на пневмошинах или транспортного средства с пневматическими шинами определим радиус r (м) следа в форме круга:

$$r = \sqrt{\frac{N}{\pi p_0}} \text{ (м)} = \sqrt{\frac{7,5}{3,14 \cdot 60}} = 0,20 \text{ (м)};$$

Ответ: радиус следа колеса равен 0,20(м).

Пример 2. Расчет радиуса следа колеса по глубине колеи после прохода транспортного средства.

Исходные данные:

глубина колеи $\delta_g = 0,04 \text{ (м)}$;

радиус колеса $R_s = 0,4 \text{ (м)}$;

Требуется определить радиус следа колеса по глубине колеи.

Расчет.

$$r \approx \sqrt{2R_s \delta_g} = \sqrt{2 \cdot 0,4 \cdot 0,04} = 0,18 \text{ (м)}.$$

Ответ: радиус следа колеса равен 0,18 (м).

Пример 3 Определение напряжений, действующих на плиту XPS от колеса автомобиля, для уплотненного грунта. Проверка прочности плиты и определение допустимой толщины защитного слоя.

Исходные данные:

толщина отсыпанного уплотненного слоя грунта над плитой XPS

$h = 0,3 \text{ (м)}$;

нагрузка на колесо автомобиля $N = 7,5 \text{ (т)}$;

прочность плиты XPS на сжатие $\sigma = 0,3 \text{ МПа} = 30 \text{ (т/м}^2\text{)}$;

давление в шинах автомобиля $p_0 = 0,6 \text{ МПа} = 60 \text{ (т/м}^2\text{)}$;

коэффициент запаса $k = 1,3$.

Расчет.

1. Определяем напряжения, действующие от колеса транспортного средства на плиту XPS, расположенную на глубине $h = 0,3$ м по формуле (3.2):

$$q_p = k p_0 \left[1 - \frac{h^3}{(r^2 + h^2)^{3/2}} \right] = 1,3 \cdot 60 \left[1 - \frac{0,3^3}{(0,2^2 + 0,3^2)^{3/2}} \right] = \\ = 1,3 \cdot 60 \left[1 - \frac{0,027}{(0,13)^{3/2}} \right] = 1,3 \cdot 60 \left[1 - \frac{0,027}{0,047} \right] = 78 [1 - 0,43] = 33,19 \text{ (т/м}^2\text{)}.$$

Радиус следа колеса $r = 0,2$ (м) принят на основе расчета в примере 1.

2. Оцениваем допустимую для плиты XPS нагрузку.

По условию прочности:

$$\sigma \geq q_p \\ 30 < 33,19 \text{ (т/м}^2\text{)}.$$

Следовательно, плита XPS не выдержит нагрузку от колеса.

3. Определяем допустимую толщину слоя отсыпаемого грунта для обеспечения проезда автомобиля с учетом приведенных выше данных по формуле (3.8):

$$h_p = k \frac{r}{\sqrt{\frac{1}{(1-\frac{\sigma}{p_0})^2} - 1}} = 1,3 \frac{0,2}{\sqrt{\frac{1}{(1-\frac{30}{60})^2} - 1}} = 1,3 \frac{0,2}{\sqrt{\frac{1}{(0,5)^2} - 1}} = 1,3 \frac{0,2}{\sqrt{0,587}} = 0,34 \text{ (м)}.$$

Ответ: толщины защитного слоя 0,30 м при данных условиях (прочность плиты, нагрузка на колесо) не достаточно, нагрузка превышает прочность плиты. Допустимая толщина защитного слоя составляет 0,34 м.

Пример 4. Определение напряжений, действующих на плиту от колеса транспортного средства, для неуплотненного грунта над плитами XPS. Исходные данные:

Отсыпаемый грунт защитного слоя - песок, $\alpha = 45^\circ$;

радиус следа колеса $r = 0,2$ (м);

толщина слоя песка над плитами XPS $h = 0,3$ (м);

нагрузка от колеса $N = 7,5$ (т);

прочность плиты XPS на сжатие $\sigma = 0,3$ МПа = 30 (т/м²);

давление в шинах автомобиля $p_0 = 0,6$ МПа = 60 (т/м²);

коэффициент запаса $k = 1,3$.

Расчет.

Определяем величину $r \operatorname{ctg} \alpha$ и сравниваем ее с z , в данном случае $z = h$:

$$r \operatorname{ctg} \alpha = 0,2 \operatorname{ctg} 45^\circ = 0,2 \text{ (м)} < 0,30 \text{ (м)};$$

Так как толщина отсыпаемого слоя $h > r \operatorname{ctg} \alpha$, напряжения вычисляем по формуле (4.4):

$$q_z = k \frac{3p_0}{\left(1 + \frac{h}{r} \operatorname{tg} \alpha\right)^2} = 1,3 \frac{3 \cdot 60}{\left(1 + \frac{0,3}{0,2} \operatorname{tg} \alpha\right)^2} = 37,4 \text{ (т/м}^2\text{)};$$

Сравниваем действующую нагрузку с прочностью плиты XPS на сжатие.

Плита не выдержит нагрузку от колеса, так как:

$$30 < 37,4 \text{ (т/м}^2\text{)}.$$

Определяем минимальную допустимую толщину защитного слоя по формуле (4.6):

$$h_p = kr \left[\left(\frac{3p_0}{\sigma} \right)^{\frac{1}{2}} - 1 \right] = 1,3 \cdot 0,2 \left[\left(\frac{3 \cdot 60}{30} \right)^{\frac{1}{2}} - 1 \right] = 0,38 \text{ м}$$

Ответ: толщины защитного слоя 0,30 м при данных условиях (прочность плиты, нагрузка на колесо) не достаточно, нагрузка превышает прочность плиты. Допустимая толщина защитного слоя составляет 0,38 м.

Таблица А. 1 Допустимая нагрузка на грузовые автомобили.

(Федеральный закон "Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" от 08.11.2007 N 257-ФЗ, последняя редакция).

		Установленные нормы нагрузки в тоннах		
Вид разнесения осей	Расстояние в метрах между прилегающими осями	6 тонн на ось	10 тонн на ось	15 тонн на ось
Одиночные	не менее 2,5 м	5,5	9	10,5
Прицепы, грузовые авто, полуприцепы, сдвоенные машины	не более метра	8	10	11,5
	от 1 до 1,3	9	13	14
	от 1,3 до 1,8	10	15	17

Значения допустимой толщины защитного слоя
над плитами XPS

В соответствии с Договором были составлены таблицы значений допустимой толщины защитного слоя над плитами XPS для 4-х значений прочности плит XPS.

В соответствии с нормативными документами давление в шинах принимается 0,6 МПа. Исходя из этого были выполнены расчеты, приведенные в табл. Б1 и табл.Б2 для 10 типов транспортных средств.

Таблица Б 1. Допустимая толщина защитного слоя над плитами XPS.
Грунт защитного слоя уплотнен, коэффициент запаса $k=1,3$ давление в шинах транспортного средства $p_0 = 0,6$ МПа.

Транспортное средство	Вес, т	Кол-во колес ТС	Нагрузка от колеса ТС, кг	Допустимая толщина защитного слоя, см, при прочности на сжатие плиты XPS			
				0,25 МПа	0,30 МПа	0,40 МПа	0,50 МПа
Грузовой автомобиль	30	6	5600	35	30	22	15
Грузовой автомобиль	16	4	6000	36	31	22	16
Грузовой автомобиль	12	4	4500	31	27	20	14
Грузовой автомобиль	9	4	3388	27	23	17	12
Грузовой автомобиль	7	4	2630	24	21	15	11
Грузовой автомобиль	6	4	2550	23	20	15	10
Погрузчик	3,5	4	1490	18	16	12	8
Погрузчик	3,0	4	1280	17	14	11	8
Погрузчик	2,5	4	1060	15	13	10	7
Погрузчик	2,0	4	850	14	12	9	6

Таблица Б 2. Допустимая толщина защитного слоя над плитами XPS.
 Грунт защитного слоя не уплотнен, коэффициент запаса $k=1,3$ давление в шинах транспортного средства $p_0 = 0,6$ МПа, $\alpha = 45^\circ$.

Транспортное средство	Вес ТС, т	Кол-во колес	Нагрузка от колеса ТС, кг	Допустимая толщина защитного слоя, см, при прочности на сжатие плиты XPS			
				0,25 МПа	0,30 МПа	0,40 МПа	0,50 МПа
Грузовой автомобиль	30	6	5600	38	33	26	21
Грузовой автомобиль	16	4	6000	40	34	27	21
Грузовой автомобиль	12	4	4500	34	30	23	19
Грузовой автомобиль	9	4	3388	30	26	20	16
Грузовой автомобиль	7	4	2630	26	23	18	14
Грузовой автомобиль	6	4	2550	26	23	17	14
Погрузчик	3,5	4	1490	20	17	13	11
Погрузчик	3	4	1280	19	16	13	10
Погрузчик	2,5	4	1060	17	15	11	9
Погрузчик	2	4	850	15	13	10	8

Примечания.

1. Нагрузка на заднюю ось двухосного автосамосвала рассчитана как 75% общего веса транспортного средства с грузом.
2. Нагрузка на переднюю ось погрузчика рассчитана как 85% общего веса транспортного средства с грузом.
3. Нагрузка на заднюю ось трехосного автосамосвала весом 30 тонн была рассчитана следующим образом. 75% общего веса приходится на две задние оси, что составляет 22,5 т. Если считать, что нагрузка распределена равномерно между осями, то на заднее колесо приходится ее четверть, т.е. 5,625 т. Однако вследствие неравномерного распределения груза в кузове а также неисправности моста на заднюю ось может приходиться большая часть нагрузки, чем на среднюю. По этой причине нагрузку на колесо целесообразно принимать 6 т, и принимать допустимую толщину защитного слоя как для грузового автомобиля весом 16 т с двумя осями, (2-я строка таблиц Б1 и Б2).
4. Значения толщин защитного слоя в таблицах округлены в большую сторону.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблицы для определения значений допустимой толщины защитного слоя над плитами XPS.

Для использования таблиц необходимы следующие данные: прочность материала плиты на сжатие σ (т/м²), давление в шинах колеса транспортного средства p_0 (т/м²), нагрузка на колесо N (т), радиус следа колеса r (м).

По имеющимся данным вычисляем величину $s = \sigma/p_0$. По таблице определяем величину $t = h/r$, и, зная r , вычисляем h (см. примеры).

Таблица В.1 Грунт над плитами XPS уплотнен.

s	t	s	t	s	t	s	t
0.10	4.18	0.32	2.14	0.54	1.48	0.76	1.08
0.12	3.79	0.34	2.06	0.56	1.43	0.78	1.04
0.14	3.48	0.36	1.98	0.58	1.39	0.80	1.01
0.16	3.23	0.38	1.91	0.60	1.35	0.82	0.98
0.18	3.03	0.40	1.85	0.62	1.31	0.84	0.95
0.20	2.85	0.42	1.78	0.64	1.28	0.86	0.92
0.22	2.69	0.44	1.73	0.66	1.24	0.88	0.89
0.24	2.56	0.46	1.67	0.68	1.21	0.90	0.86
0.26	2.44	0.48	1.62	0.70	1.17	0.92	0.84
0.28	2.33	0.50	1.57	0.72	1.14	0.94	0.81
0.30	2.23	0.52	1.52	0.74	1.11	0.96	0.78
0.98	0.75	1.10	0.57	1.22	0.30		
1.00	0.72	1.12	0.50	1.24	0.20		
1.02	0.69	1.14	0.50	1.26	0.00		
1.04	0.66	1.16	0.46				
1.06	0.63	1.18	0.41				
1.08	0.60	1.20	0.36				

Таблица В.2 Грунт над плитами XPS не уплотнен. Угол распределения напряжений в грунте $\alpha = 30^{\circ}$.

s	t	s	t	s	t	s	t
0.10	0.32	3.44	0.54	2.64	0.76	2.23	6.15
0.12	5.61	0.34	3.33	0.56	2.60	0.78	2.20
0.14	5.19	0.36	3.24	0.58	2.55	0.80	2.17
0.16	4.86	0.38	3.15	0.60	2.51	0.82	2.15
0.18	4.58	0.40	3.07	0.62	2.47	0.84	2.12
0.20	4.35	0.42	3.00	0.64	2.43	0.86	2.10
0.22	4.14	0.44	2.93	0.66	2.39	0.88	2.07
0.24	3.97	0.46	2.87	0.68	2.36	0.90	2.05
0.26	3.81	0.48	2.81	0.70	2.32	0.92	2.03
0.28	3.67	0.50	2.75	0.72	2.29	0.94	2.00
0.30	3.55	0.52	2.70	0.74	2.26	0.96	1.98
0.98	1.96	1.10	1.85	1.22	1.76		
1.00	1.94	1.12	1.84	1.24	1.75		
1.02	1.92	1.14	1.82	1.26	0.00		
1.04	1.91	1.16	1.80				
1.06	1.89	1.18	1.78				
1.08	1.87	1.20	1.77				

Таблица В.3 Грунт над плитами XPS не уплотнен. Угол распределения напряжений в грунте $\alpha=45^{\circ}$.

s	t	s	t	s	t	s	t
0.10	3.55	0.30	2.05	0.50	1.59	0.70	1.34
0.12	3.24	0.32	1.96	0.52	1.56	0.72	1.32
0.14	3.00	0.34	1.93	0.54	1.53	0.74	1.31
0.16	2.81	0.36	1.87	0.56	1.50	0.76	1.29
0.18	2.65	0.38	1.82	0.58	1.48	0.78	1.27
0.20	2.51	0.40	1.78	0.60	1.45	0.80	1.26
0.22	2.40	0.42	1.73	0.62	1.43	0.82	1.24
0.24	2.29	0.44	1.69	0.64	1.40	0.84	1.23
0.26	2.20	0.46	1.66	0.66	1.38	0.86	1.21
0.28	2.12	0.48	1.62	0.68	1.36	0.88	1.20
0.90	1.18	1.00	1.12	1.10	1.07	1.20	1.03
0.92	1.17	1.02	1.11	1.12	1.06	1.22	1.02
0.94	1.16	1.04	1.10	1.14	1.05	1.24	1.01
0.96	1.15	1.06	1.09	1.16	1.04	1.26	0.00
0.98	1.13	1.08	1.08	1.18	1.03		

Пример 1.

Исходные данные:

прочность плиты XPS на сжатие $\sigma=0,25$ МПа;

давление в шине транспортного средства $p_0 = 0,6$ МПа;

радиус отпечатка колеса $r = 0,19$ м;

грунт над плитами XPS уплотнен.

Требуется определить допустимую толщину защитного слоя h .

Решение.

Определяем отношение $s = \sigma/p_0 = 0,25/0,6 = 0,42$.

По табл. В1 для значения $s = 0,42$ находим $t = h/r = 1,78$. Зная r , вычисляем $h = t \cdot r = 0,34$ (м).

Пример 2.

Исходные данные:

прочность плиты XPS на сжатие $\sigma=0,5$ МПа;

давление в шине транспортного средства $p_0 = 0,6$ МПа;

радиус отпечатка колеса $r = 0,19$ м;

грунт над плитами XPS не уплотнен; $\alpha = 30^\circ$.

Требуется определить допустимую толщину защитного слоя h .

Решение.

Определяем отношение $s = \sigma/p_0 = 0,5/0,6 = 0,83$.

По табл. В2 для значения $s = 0,83$ находим $t = h/r = 2,135$. Зная r , вычисляем $h = t \cdot r = 0,41$ (м).

ЛИТЕРАТУРА

1. Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости, Изд-во “ Наука“, М., 2014 .
2. Флорин В.А. Основы механики грунтов, т 1 , Госстройиздат, Ленинград, Москва, 1959.