

ОТ ЦЕЛОГО К ЧАСТНОМУ

ВАЖНЫЕ «МЕЛОЧИ» ПРИ РАСЧЕТЕ КОНСТРУКЦИЙ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД С ПОКРЫТИЕМ ИЗ КАМНЕЙ/ПЛИТ МОЩЕНИЯ



Иван Резяпкин
ведущий инженер компании «Миаком»

Проектирование дорожной одежды представляет собой единый процесс конструирования и расчета конструкции по прочности, морозостойчивости и осушению.

Необходимо заранее выбрать покрытие (в нашем случае это камень мощения или плита мощения). Назначить число конструктивных слоёв и выбрать вид материала, из которого будет состоять каждый конструктивный элемент с привязкой к наличию их в регионе. Подобрать минимально необходимую толщину, как для обеспечения прочности конструкции, так и для защиты от морозного пучения грунта и обеспечения дренажных функций.

Перед началом работы следует оценить полноту исходных данных. Требуется достаточно исчерпывающая информация о грунте основания земляного полотна. Помимо основных его прочностных характеристик (модуля упругости, коэффициента сцепления и угла внутреннего трения) стоит оценить, влажность, степень пучинистости грунта, глубину залегания грунтовых вод и т.д.. Полнота исходных данных может существенно повлиять на конечную толщину конструктивных слоёв. К примеру, суглинок лёгкий пылеватый по СП 34.13330.2012 и ОДН 218.046-01 относится к группе «чрезмерно пучинистых» грунтов. Лабораторные испытания показали, что грунт обладает низким числом пластичности « $I_p=0,10$ », что в соответствии с положением ГОСТ 25100-95 таблица Б.27 – грунт можно отнести к слабо пучинистому. В расчёте по морозному пучению, грунт принят, как слабо пучинистый, что существенно снижает толщину дополнительного слоя основания и итоговую толщину дорожной одежды.

Не редки случаи, когда в исследованиях предоставляют данные по модулю деформации в место модуля упругости. В таких ситуациях можно воспользоваться либо типовыми характеристиками грунта исходя из ОДН 218.046-01, либо обратиться к СП 22.13330.2011 пункт 10.12 «Модуль упругости грунта может быть получен с помощью геофизических исследований, при их отсутствии допускается принимать $E = 5E_{деф}$ для скальных грунтов и $E = 8E_{деф}$ для нескальных грунтов» и произвести перевод деформативной характеристики в упругую.

Так же следует внимательно отнестись к назначению интенсивности движения. Даже при проектировании закрытых пешеходных зон всё равно следует учитывать, что по данному покрытию может осуществляться движение уборочная и обслуживающая техника, автотранспортные средства курьерских служб и заезд аварийных или служб экстренного реагирования. За частую данные по интенсивности движения внутридворовой территории отсутствуют. За основу можно взять количество циклов уборки совершаемой техники за год работы. Среднее значение «частоты приложения нагрузки» в расчёте для подобных случаев можно принимать равным $\sum Np = 15840$ единиц. Так же рекомендуется делать отдельный расчёт на проверку сдвигоустойчивости (статики) в грунте и подстилающем слое от нагрузки приходящейся на выносную опору пожарной техники.

В качестве вариантов в таблице 1 приведенные расчетные нагрузки.

Таблица 1

Нагрузка на ось, кН	Нормативная статическая нагрузка на поверхность покрытия от колеса расчетного автомобиля, Q_p , кН.	Расчетные параметры нагрузки	
		, МПа p	, см D (стат/динам)
35	17,5	0,5	21/24
50	25	0,5	25/29
100	50	0,6	33/37
Нагрузка от пожарной техники*			
160	80	0,8	36/41
Нагрузка от выносных опор пожарной техники*			
-	200	1	25

* - Значения для пожарной техники приняты по положению документа МГСН 3.01-01, приложение 3.

После сбора информации о районе проектирования, грунте и расчётной нагрузки на конструкцию можно приступать к расчёту.

Первично необходимо вычислить значение модуля упругости на поверхности.

Данные вычисления производятся по номограмме из ОДН 218.046-01 или по формуле из МОДН 2-2001, для вычисления эквивалентного модуля, которая имеет общий вид:

$$E_0^э = \frac{E_i}{0.71 \times \sqrt[3]{\frac{E_{общ}^{(i+1)}}{E_i} \arctg\left(\frac{1.35h_э}{D}\right) + \frac{E_i}{E_{общ}^{(i+1)}} \times \frac{2}{\pi} \arctg \frac{D}{h_э}}}$$

Приведение многослойной конструкции к эквивалентной однослойной конструкции осуществляют послойно, начиная с рабочего слоя.

После вычисления эквивалентного модуля следует произвести оценку к какому типу относится конструкция.

К жестким следует относить дорожные одежды:

- из плит мощения конечной жесткости (когда ширина и длина плиты существенно превышает её толщину) на всех типах основаниях;
- из камней и плит мощения с несущим основанием из монолитных слоев (тощий и легкие, ячеистые бетоны и т.п.) с прочностью на растяжение при изгибе не менее 0,8 МПа.

Нежесткие дорожные одежды воспринимают растягивающие напряжения в меньшей мере. К нежестким следует относить дорожные одежды с покрытиями из камней мощения или абсолютно жестких плит на слабосвязных основаниях или монолитных основаниях не способных воспринимать растягивающие напряжения при изгибе (дисперсные грунты и связные с прочностью на растяжение при изгибе менее 0,8 МПа).

Определение жесткости плит мощения производится исходя из геометрических параметров плиты и определяются по следующему критерию:

- при $S \leq 0,5$ или при $r/h_{пл} \leq 2,5$ плиты относят к категории абсолютно жестких и на прочность т.е. на сопротивление растяжению при изгибе их не рассчитывают;
- при $0,5 < S \leq 10$ плиты относят к категории плит конечной жесткости и их рассчитывают на прочность т.е. на сопротивление растяжению при изгибе.

Показатель жесткости S плиты определяют по формуле

$$s = \frac{3 \times E_0^3}{E} \times \left(\frac{r}{h_{пл}} \right)^3$$

где r – радиус круглой плиты; радиус равновеликой по площади многоугольной плиты, половина стороны квадратной или полудлина прямоугольной, м;

$h_{пл}$ – толщина плиты, м;

E – расчетный модуль упругости бетона или природного камня плиты, МПа

E_0^3 – эквивалентный модуль упругости основания, МПа,

Отдельно стоит отметить расчёт покрытий из брусчатого камня (относящихся к категории абсолютно жестких) уложенных на монолитный слой на основе неорганического вяжущего. Ввиду сложности моделирования расчётной схемы конструкции (различные марки вяжущего подстилающего слоя, вариации элементов мощения), то за толщину плиты предлагается принимать «слой камня/плитки + подстилающий слой».

Расчёт на изгиб производится по «Методические рекомендации по проектированию жестких дорожных одежд».

Для абсолютно жестких плит и камней мощения прямоугольной формы назначается модуль упругости из «Руководство по конструкциям, технологии устройства и требованиям к дорожным покрытиям из искусственных камней» и дальнейший расчёт ведётся как для нежестких дорожных одежд.

Кпр	0,63	0,84	0,87	0,90	0,94	1	1,05
E1	2790	2437	2290	2126	1920	1620	1350

После получения результатов расчёта покрытия производится проверка сдвигустойчивости грунта земляного полотна и дополнительного слоя основания. В методике «ОДН 218.046-01» и «МОДН 2-2001» существует отличие в формуле определения активного предельного напряжения сдвига, которое может повлиять на итоговый результат. Особенно, если на границе слоёв была предусмотрена разделительная прослойка из геотекстиля.

С документы по конструкциям дорожных одежд с покрытием из камней/плит мощения Вы можете ознакомиться на сайте АПВИ www.АПВИ.рф в разделе “Документы”



Важно не только назначить конструкцию дорожной одежды, но и проконтролировать достижение требуемых характеристик конструктивных слоев основания в процессе строительства. Ознакомьтесь на сайте www.АПВИ.рф с документом «Методика контроля качества устройства слоев основания дорожной одежды с покрытием из камней мощения» – совместной работой АПВИ и компании «Строй-Импульс».



Конструкции дорожных одежд с покрытием из естественных каменных материалов с применением растворов на основе вяжущих tubag-trass можно посмотреть на сайте компании «Квик-микс» (www.quickmix.ru).

Вид формулы по ОДН 218.046-01

$$T_{пр} = k_d C_n + 0,1 \gamma_{ср} Z_{оп} tg \varphi_{сm}$$

Вид формулы по МОДН 2-2001

$$T_{пр} = k_d (C_n + 0,1 \gamma_{ср} Z_{оп} tg \varphi_{сm})$$

Коэффициент k_d может иметь значение от 3 до 4,5 в зависимости от наличия геосинтетического материала и грунта заполнителя.

Более корректной является формула по МОДН 2-2001.

Все представленные выше особенности расчёта могут сказаться на итоговом результате расчёта и позволят добиться оптимальной толщины конструкции при необходимой несущей способности.