



2

**НЕФТЕПРОМЫСЛОВЕЕ
СТРОИТЕЛЬСТВО**

МОСКВА-1974

МИНИСТЕРСТВО НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ОРГАНИЗАЦИИ,
УПРАВЛЕНИЯ И ЭКОНОМИКИ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

НЕФТЕПРОМЫСЛОВЕЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

РЕФЕРАТИВНЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
СБОРНИК

2

Москва
ВНИИОЭНГ 1974

Научно-техническая
библиотека
Российский фонд
научных исследований

УДК 622.323:625.731

НОМОГРАММА ДЛЯ РАСЧЕТА ДЕФОРМАЦИЙ МНОГОСЛОЙНЫХ ДОРОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ НЕСВЯЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ

А. Э. ЮНИЦКИЙ, В. А. СЕМЕНОВ

(Тюменский инженерно-строительный институт)

В связи с необходимостью снижения стоимости и повышения надежности нефтепромысловых дорог Западной Сибири в последнее время уделяется большое внимание вопросам расчета их конструкций. Около 40% нефтепромысловых дорог проходит по болотам, остальные — по обычным минеральным грунтам. Поэтому необходимо разработать универсальный метод, позволяющий рассчитывать дорожные конструкции в обоих указанных случаях.

Для расчета конструкций нефтепромысловых дорог рекомендуется использовать точное решение многослойной системы, полученное на основе механики зернистых сред [1] и подтвержденное многочисленными опытами исследователей (Б. С. Радовского, В. Ф. Царева и др.).

Цель настоящей работы — составление универсальной номограммы (см. рисунок), позволяющей использовать полученное точное решение. Номограмма составлена для многослойной системы. Учитывая, что в последнее время расчет конструкций производится по упругим осадкам или радиусам кривизны поверхности, номограмма позволяет достаточно просто определять радиус кривизны и осадку в любой точке многослойной системы при повышенной точности подсчета.

Осадка определяется по формуле

$$W = 2pR \sum_{i=1}^n \frac{F_i - F_{i-1}}{E_i}, \quad (1)$$

где p — давление по подошве круглого штампа радиусом R ;

F_i — функциональный коэффициент, получаемый по рисунку, в зависимости от вспомогательной величины K_i ;

$$K_i = 0,575 \frac{H_i}{R}, \quad (2)$$

где H_i — расстояние от нагрузки до низа i -го слоя.

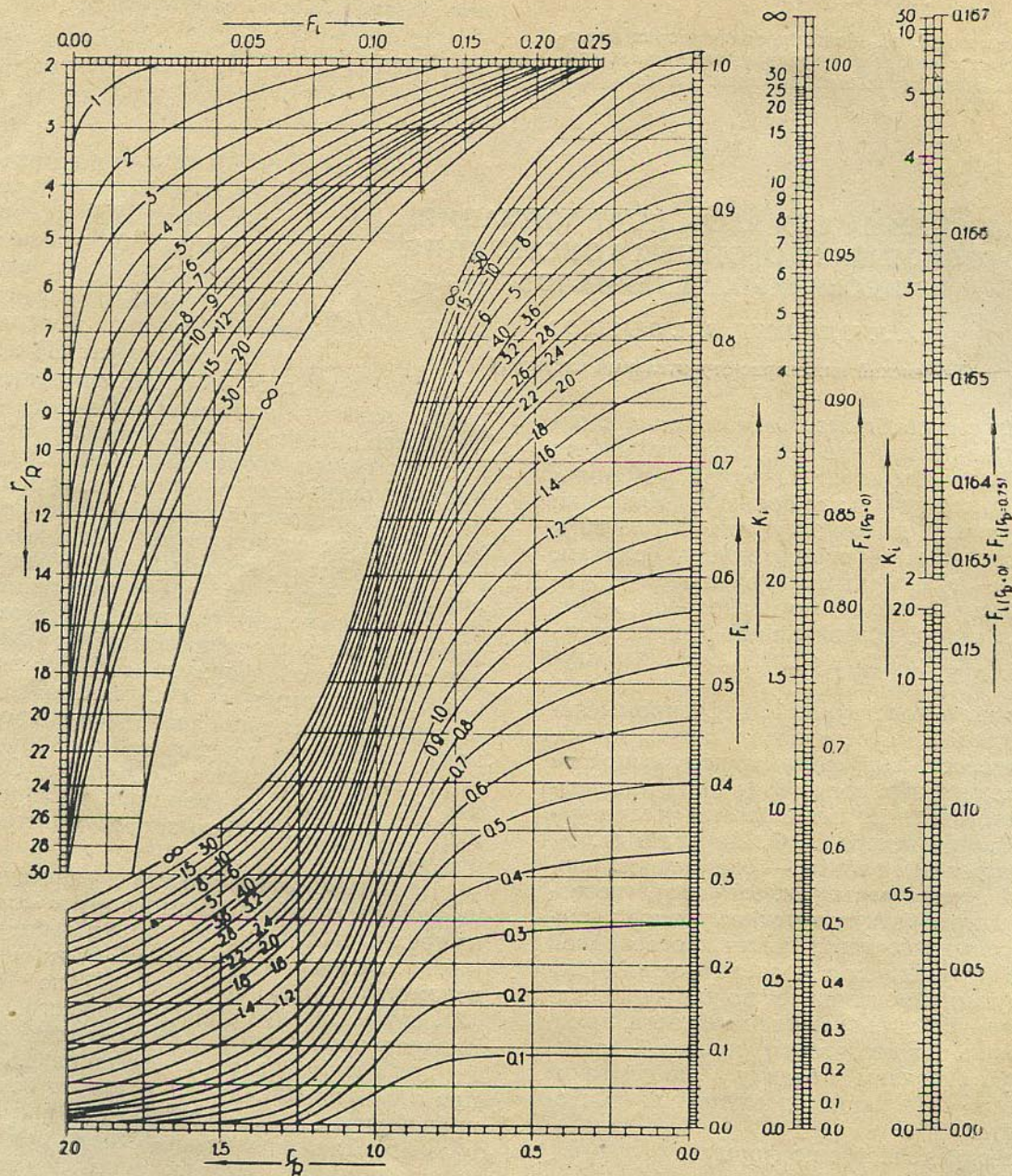
Суммирование деформаций по формуле (1) производится от низа грунтового основания до той точки, в которой определяется осадка. Каждый член суммы в формуле (1) представляет собой деформацию сжатия

слоя, расположенного между H_i и H_{i-1} , поэтому можно оценить долю деформации отдельных конструктивных слоев в общей осадке конструкции, что очень важно при конструировании и оптимизации конструкций. Данную номограмму можно использовать при расчете комбинированных систем, когда материал одного или нескольких слоев способен воспринимать растягивающие усилия при изгибе. В этом случае толщина таких слоев приводится к эквивалентной по известной формуле Г. И. Покровского. Структура формул (1) и (2) позволяет вводить ограничения активной зоны деформирования, в этом случае для грунтового основания вместо $H_n = \infty$ принимается $H_n = H_{\text{акт}}$. Ограничение активной зоны деформирования препятствует созданию лишнего запаса прочности конструкции.

Для выполнения расчета деформации и повышения его точности номограмма составлена из трех частей. Принцип определения F_i одинаков для всех частей номограммы: вычисляют вспомогательную величину K_i по формуле (2), затем для нужного радиального расстояния от центра штампа (r/R) находят значения F_i для верха и низа расчетного слоя. Причем при $r/R < 2$ рекомендуется пользоваться нижней правой, при $r/R > 2$ — верхней левой частью номограммы. Для определения осадки под центром круглого штампа можно использовать часть номограммы, показанную в виде вертикальной шкалы в центре рисунка.

Для определения наименьшего радиуса кривизны деформированной поверхности используют формулу, полученную на основе аппроксимации небольшого участка деформированной поверхности ($r/R = 0,75$) сферической поверхностью [2]:

$$\rho = \frac{0,563 R}{2p \sum_{i=1}^n \frac{F_i - F_{i-1}}{E_i}}, \quad (3)$$



Номограмма для расчета деформаций многослойных дорожных конструкций из несвязных материалов (цифры на кривых означают $K_i = \frac{V_{\gamma_i} H_i}{R}$)

Значения F_L , входящие в формулу (3), находят по правой вертикальной шкале номограммы (см. рисунок).

Номограмма может быть широко использована в практике расчета дорожных одежд и круглых фундаментов сооружений. Ниже при-

водится пример расчета многослойной системы из несвязных материалов.

Пример. Определить осадку дорожной конструкции под центром и краем загруженного круглого штампа ($R=16,3$ см, $p=6$ кгс/см²) и минимальный радиус кривизны деформирован-

ной поверхности. Конструкция состоит из следующих слоев:

	Модуль упругости, кгс/см ²	Толщина слоя, см
Щебень	6000	20
Гравий	3000	20
Песок	1000	40
Супесь	300	∞

Решение. Материалы всех слоев не воспринимают растягивающие усилия при изгибе, поэтому приводить толщины к эквивалентным слоям нет необходимости. Найдем вспомогательные величины K_i для всех конструктивных слоев.

Для первого слоя из щебня

$$H_{i-1} = 0, H_i = 20 \text{ см}; \text{ тогда } K_{i-1} = 0, K_i = 0,575 \frac{20}{16,3} = 0,705.$$

Для второго слоя из гравия

$$H_{i-1} = 20 \text{ см}, H_i = 20 + 20 = 40 \text{ см}; K_{i-1} = 0,705, K_i = 0,575 \frac{40}{16,3} = 1,410.$$

Для слоя песка

$$H_{i-1} = 40 \text{ см}, H_i = 40 + 40 = 80 \text{ см}; K_{i-1} = 1,410, K_i = 2,820.$$

Для слоя супеси

$$H_{i-1} = 80 \text{ см}, H_i = \infty; K_{i-1} = 2,820, K_i = \infty.$$

H_i для слоя супеси можно ограничивать любой величиной. Например, по данным Н. Н. Миронова, глубина активной зоны деформирования для дорожных конструкций на минеральном грунтовом основании близка к $H_i = 10 R$.

Теперь по номограмме находим соответствующие значения F_i . Для нахождения осадки под центром штампа ($r/R=0$) воспользуемся средней вертикальной шкалой: $F_0=0, F_1=0,521, F_2=0,738, F_3=0,871, F_4=1,010$.

По формуле (1) определим осадку центра штампа:

$$W_0 = 2 \cdot 6 \cdot 16,3 \left[\frac{0,521 - 0,000}{6000} + \frac{0,738 - 0,521}{3000} + \frac{0,871 - 0,738}{1000} + \frac{1,010 - 0,871}{300} \right] = 0,148 \text{ см.}$$

Для определения деформации на расстоянии r/R находим значения функции F_i по найденным значениям K_i . Для этого воспользуемся нижней частью основной номограммы: $F_0=0, F_1=0,241, F_2=0,382, F_3=0,500, F_4=0,640$.

По формуле (1) определим значение осадки $W_R=0,132 \text{ см}$. Для определения минимального радиуса кривизны воспользуемся найденными значениями K_i и правой вертикальной шкалой номограммы: $\bar{F}_0=0, \bar{F}_1=0,1120, \bar{F}_2=0,1510, \bar{F}_3=0,1658, \bar{F}_4=0,1670$. По формуле (3) найдем

$$\rho = \frac{0,563 \cdot 16,3}{2 \cdot 6 \cdot \left[\frac{0,1120 - 0,0000}{6000} + \frac{0,1510 - 0,1120}{3000} + \frac{0,1658 - 0,1510}{1000} + \frac{0,1670 - 0,1658}{300} \right]} = 15200 \text{ см} = 152 \text{ м.}$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Семенов В. А. и др. Осадка многослойного зернистого основания от произвольно заданной вертикальной нагрузки в пространственной задаче. Сб. трудов ТИИ, вып. 10 «Проектирование и строительство автомобильных дорог», Тюмень, 1969.

2. Семенов В. А. и др. Критерий кривизны при расчете жестких дорожных одежд на торфяном основании. РНТС «Нефтепромышленное строительство», № 9, ВНИИОЭНГ, М., 1972.

[10/VII 1973]