

вая деформирования имеет больший угол наклона к оси l/h . Упругие деформации интенсивно изменяются при увеличении удельной нагрузки до 0,15 МПа. При дальнейшем увеличении удельной нагрузки изменения упругих деформаций не отмечалось. Кривая изменения упругих деформаций почти параллельна оси p .

Практический интерес представляет также изменение упругих деформаций от влажности гидролизного лигнина. Установлено, что при влажности 50–60 % зависимость между упругой деформацией и удельной нагрузкой носит линейный характер в диапазоне нагрузок 0–0,10 МПа. При влажности гидролизного лигнина 70 % данный диапазон составляет 0–0,20 МПа. В силу этого по результатам компрессионных испытаний были подсчитаны модули упругости гидролизного лигнина по формуле

$$E_y = (ph_i) / l_i, \quad (1)$$

где p – удельная нагрузка, МПа ($p = p_i - p_0$); p_i – удельная нагрузка на данной ступени нагрузки, МПа; p_0 – удельная нагрузка, равная давлению от вышележащих слоев дорожной одежды, МПа; h_i – начальная высота образца, м; l_i – упругая деформация, м.

Модуль упругости, рассчитанный по формуле (1), изменялся при влажности $W = 50$ % от 2,40 до 5,63 МПа, при $W = 60$ % – от 2,27 до 6,90 МПа, при $W = 70$ % – от 4,62 до 8,44 МПа.

Таким образом, для гидролизного лигнина при его использовании в дорожном строительстве уплотняющая нагрузка должна быть при влажности 50–60 % не менее 0,1 МПа, при влажности 70 % – 0,2 МПа. Модуль упругости гидролизного лигнина $E = 6,90$ МПа при $W = 60$ % и $E = 8,44$ МПа при $W = 70$ %.

Литература

1. Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа. ВСН 46–83. М., 1985.
2. Павлов Ф.А. Покрытия лесных дорог. М., 1980.

УДК 625.733

Е.П.КАЧУРОВСКИЙ (БТИ)

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НАПРЯЖЕНИИ–ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ГРУНТОВ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА НА ПРОЦЕСС ВЛАГОНАКОПЛЕНИЯ ДРЕНИРУЮЩИХ СЛОЕВ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Определяющая роль в обеспечении прочности дорожной конструкции принадлежит земляному полотну. В расчетный период (оттаивание грунта) несущая способность дорожной одежды может снижаться до 30 % [1]. Данные процессы в основном обусловлены водным режимом грунтов – перераспределением и отжатием воды. Поэтому одно из эффективных решений по обеспечению прочности грунтов земляного полотна – своевременное их осушение. Однако существующие принципы и методы назначения данных мероприятий физически необоснованы, приблизительны и не учитывают основных фак-

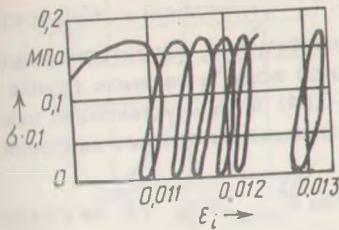


Рис. 1. Зависимость деформации от напряжения при действии нагрузки $\sigma_i = \sigma_0 + \frac{\sigma_1}{2} (1 + \sin \omega T)$

$$\sigma_i = \sigma_0 + \frac{\sigma_1}{2} (1 + \sin \omega T)$$



Рис. 2. Изменение параметра "м" в процессе циклических воздействий на грунт ($W = 0.8W_L$; $\sigma = 0.04$ МПа)

торов, обусловливающих перераспределение и отжатие воды. Поэтому целью данной статьи является оценка влияния напряженно-деформированного состояния грунта на общие и удельные притоки, поступающие в дренирующие слои дорожных одежд.

Деформирование грунтов в процессе воздействия на них циклических нагрузок, как показал эксперимент, сопровождается интенсивным оттоком воды. Этот фактор обуславливает изменение физико-механических характеристик среды. Проводя рассуждения в рамках линейной механики грунтов, можно из диаграммы $\epsilon = f(\sigma)$ (см. рис. 1) наблюдать, что модуль деформации E не равен модулю упругости E_y в процессе воздействия нагрузки. Характер такого изменения показан на рис. 2. Физический смысл параметра "м" заключается в том, что он характеризует степень уплотнения грунта. Различие модулей деформации (ветвь нагрузки) и упругости (ветвь разгрузки) определяется в основном такими факторами, как движение воды, вязкость пленок, взаимосвязь частиц и агрегатов и т.д. По мере отжатия воды из грунта происходит уменьшение порового давления ($P^b \rightarrow 0$, т.е. "м" $\rightarrow 1$). В момент, когда "м" = 1 ($E_d = E_y$), грунт работает в стадии, близкой к упругой, и движение свободной воды прекращается. Следовательно, параметр "м" является характеристикой состояния грунта в условиях циклического воздействия.

Аналогичные рассуждения можно провести в отношении деформационного $(\epsilon_{iy}/\epsilon_{общ})$ — отношение упругой деформации цикла к общей деформации цикла) и напряженного $(\sigma_{ск}^i/\sigma$ — отношение эффективного напряжения цикла в скелете грунта к общему напряжению цикла) состояний. Следовательно, представляется возможным связать физическое и напряженно-деформированное состояние грунта. Выражая количество воды Q в грунте через его влажность, данные закономерности нами предлагается искать в форме

$$Q_i = V p_{вл} a (\epsilon_{общ} W_L - \epsilon_{iy} (W_L - b W_L)) / \epsilon_{общ}, \quad (1)$$

$$Q_i = V p_{вл} W_L \left(\frac{1}{\beta} P_i^b + b \sigma - \frac{b}{\beta} P_i^b \right) / \sigma, \quad (2)$$

где V – объем грунта; $\rho_{\text{пл}}$ – плотность грунта; a – переводной коэффициент ($a = 0,01$); W_L – предел текучести; b – коэффициент, характеризующий окончание процесса перераспределения свободной воды в связном грунте в интервале действующих напряжений $\sigma = (0,01 \div 0,04)$ МПа, – установлен нами из лабораторных испытаний – $b = 0,67$; β – коэффициент порового давления; P_i^B – поровое давление в грунте.

Анализ зависимости (1) показывает, что при $\epsilon_{i\text{общ}} = \epsilon_{iy}$, т.е. на стадии, близкой к упругой, количество воды Q в грунте равно количеству прочно-связанной воды ($Q = 0,67W_L V \rho_{\text{пл}} a$), процесса перераспределения воды и отжатия не будет. Аналогичный вывод следует и для выражения (2), когда $P_i^B = 0$.

Закономерности изменения $\epsilon_{i\text{общ}}$ и ϵ_{iy} целесообразно представить в форме моделей, учитывающих такие определяющие факторы, как уровень напряжения σ , число циклов нагружения N , физическое состояние грунта W_i/W_L ,

т.е. $\epsilon_{i\text{общ}} = f(\sigma, N, \frac{W_i}{W_L})$ и $\epsilon_{iy} = f(\sigma, N, W_i/W_L)$. Для супесей и суглинков в интервалах напряжения $\sigma = (0,01 \div 0,04)$ МПа и влажности $W_i = (0,65 \div 0,9) W_L$ данные закономерности представлены нами в форме регрессионных моделей:

$$\epsilon_{iy} = K_c (\exp(6,107) T^{-0,918} \sigma^{-0,084} (W_i/W_L)^{2,83}),$$

$$\epsilon_{i\text{общ}} = K_c (\exp(5,92) T^{-0,908} \sigma^{0,118} (W_i/W_L)^{2,9}),$$

где K_c – переводной коэффициент ($K_c = 4,46 \cdot 10^{-3}$). Размерность следующая; T – с; σ – МПа; W – %.

Данные модели были получены нами на основе поиска поверхностей отклика, представленные в виде линейного, степенного, полиномиального и экспоненциального уравнений. Наиболее полно деформационные процессы, как показал анализ, описываются степенным уравнением.

Значение порового давления как функции действующей нагрузки σ , времени T , толщи грунта H , влажности K_{W_L} , т.е. $P_i^B = f(\sigma, T, H, K_{W_L})$, найдено нами также в форме регрессионной модели на основе обработки многочисленных натуральных данных, полученных проф. А.Я.Тулаевым и его учениками [2]. В результате

$$\begin{aligned} P_i^B = & k_1 10^{-3} (5,067 - 0,867T - 1,81H + 97,12\sigma + 0,55T^2 + \\ & + 6,16H^2 + 352,53\sigma^2 - 0,157TH - 17,42T\sigma + \\ & + 21,42\sigma H - 18,64T\sigma H), \end{aligned}$$

где k_1 – коэффициент, учитывающий начальную влажность грунта (рис. 3). Размерность следующая: T – сут; σ – МПа; H – м.

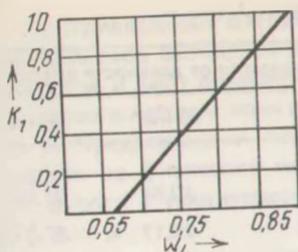


Рис. 3. Значения коэффициента k_1 , учитывающего влажность грунта при определении порового давления

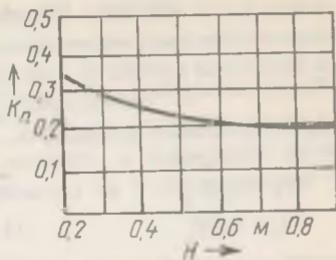


Рис. 4. Значения коэффициента k_n , учитывающего площадь отжатия воды в зависимости от толщины слоя грунта

Соответственно расходы, подлежащие отжатию из грунта на заданные моменты времени,

$$\left. \begin{aligned} Q_{pi1} &= (Q_0 - Q_{i+1}) \\ &\dots \\ Q_{pi+n} &= (Q_{i+(n-1)} - Q_{i+n}) \end{aligned} \right\},$$

где Q_0 – количество воды в рассматриваемом объеме грунта ($Q_0 = W_L V \rho_{вл} a$); Q_{i+1} – количество воды в грунте на последующие моменты времени.

Общий приток в дренирующий слой дорожной одежды за расчетный период из верхней части земляного полотна оценивается по формуле

$$Q_p = k \int_T Q_{pi} dT,$$

где k – коэффициент, учитывающий пространственные и физические особенности процесса перераспределения воды в связном грунте.

Значение коэффициента k мы предлагаем определять по зависимости

$$k = k_n k_\phi = k_n (k_\phi^v / k_\phi^h),$$

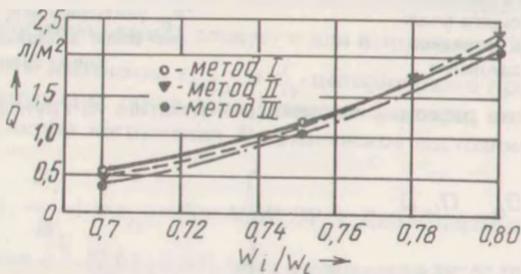
где k_n – коэффициент, учитывающий площадь отжатия воды через границу раздела "связный грунт – несвязный грунт" (в зависимости от толщины грунта показан на рис. 4 – установлен нами на базе лабораторных исследований); k_ϕ – коэффициент, учитывающий фильтрационную способность грунта (определяется отношением вертикального и горизонтального коэффициентов фильтрации).

Кроме того, в целях получения количественной закономерности процесса отжатия воды в зависимости от физического и напряженного состояний и их любых комбинаций предлагается нами регрессионная модель

$$Q = \exp(-2.42) \sigma^{1.09} W_L^{1.09} (W/W_L)^{10.94} H^{0.909}.$$

Таблица 1. Общий экономический эффект \mathcal{E} , тыс. р.

Расчетный вариант	\mathcal{E} на 1 км дороги в зависимости от дальности возки			
	10 км	15 км	25 км	50 км
$W_1 = 0,7W_L$	7,23	9,0	12,54	21,42
$W_3 = 0,8W_L$	12,96	16,03	22,17	37,5

Рис. 5. Значения притоков из слоя грунта $H = 60$ см при уровне напряжений $\sigma = 0,02$ МПа

Размерность следующая: σ — кг/см²; W_L — %; H — см.

Сравнение притоков, рассчитанных по различным методам (в зависимости от деформационного, напряженного состояний грунта и регрессионной модели), представлено на рис. 5 для слоя грунта толщиной $H = 60$ см и действующего напряжения $\sigma = 0,02$ МПа.

В свою очередь, проводя сравнение притоков, полученных нами, с нормативными их значениями, приходим к выводу, насколько необоснованы существующие методы определения Q . Это приводит к перерасходу дефицитного материала — песка. Например, для дороги I технической категории с шириной проезжей части $B = 15$ м (II дорожно-климатическая зона) при расчетных влажностях $W_1 = 0,7W_L$, $W_2 = 0,75W_L$, $W_3 = 0,8W_L$ толщина дренирующего слоя $h_1 = 23$ см, $h_2 = 25$ см, $h_3 = 27$ см. При нормативных значениях $Q = 130$ л/м² и $q = 4,5$ л/м² по ВЗН 46–83 толщина слоя $h = 40$ см. Так, общая экономическая эффективность только за счет экономии несвязанного грунта (песка) и связанные с ним затраты на транспортировку, заработную плату водителям и рабочим в зависимости от дальности возки для различных вариантов приведена в табл. 1.

Таким образом, можно сделать следующие выводы.

1. Разработанные методы расчета на основе учета напряженно-деформированного состояния грунта и основных факторов, обуславливающих процесс отжатия воды, доказывают, что в зависимости от их комбинации и соотношения нормативные значения общих и удельных притоков по ВЗН 46–83 превышают физически обоснованные в 1,3–1,9 раза.

2. Приведенные методы позволяют отказаться от схемы дифференцирования избытков свободной воды в зависимости от типов увлажнения местности и грунтов и дают возможность назначать притоки от любых сочетаний данных факторов в каждом конкретном случае проектирования.

3. Предложенный подход показывает, насколько неэффективны мероприятия на физически необоснованных принципах, и позволяет, например, для дороги I технической категории сэкономить на 1 км дороги от 7,2 до 37,5 тыс. р.

Литература

1. Тулаев А.Я. Конструкция и расчет дренажных устройств. М., 1980.
2. Абеков Т.У. Исследование образования избытка свободной воды в донасыщенных оттаявших грунтах и способ их эффективного осушения: Дис. ... канд. техн. наук: 05.23.14. М., 1973.

УДК 630.378.2.002.5

С.СЛЕБЕДЬ, канд.техн. наук (БТИ)

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЗАГРУЗОЧНЫХ УСТРОЙСТВ

Основным исполнительным органом загрузочных устройств конвейерноманипуляторного типа [1, 2], предназначенных для поштучной выдачи круглых лесоматериалов и других заготовок цилиндрической формы в зону обработки, является кривошипно-кулисный захватный механизм. Для обеспечения нормальной его работы необходимо выполнять следующее условие: в процессе раскрытия захватного механизма (рис. 1) превышения кулисы и кривошипа над направляющими слегами (НС) остаются равными между собой, т.е.

$$h_1 = h_2 \quad (1)$$

где h_1, h_2 – соответственно превышения кулисы и кривошипа.

Значения радиусов кулисы $R_{\text{кл}}$ и кривошипа $R_{\text{кр}}$ различные и, как правило, $R_{\text{кл}} < R_{\text{кр}}$. Из рис. 1 $h_1 = R_{\text{кр}} \sin \alpha - H$; $h_2 = R_{\text{кл}} \sin \beta - H$ и условие (1) принимает следующий вид:

$$R_{\text{кр}} \sin \alpha = R_{\text{кл}} \sin \beta$$

или

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{R_{\text{кл}}}{R_{\text{кр}}} \sin \beta\right). \quad (2)$$

Из рис. 1 видно, что угол, образованный радиусом-вектором ползуна $R_{\text{пз}}$ с линией OO_1 , $\alpha_{\text{пз}} = \alpha - \Delta \alpha_{\text{пз}}$, или с учетом формулы (2)