

10. ДСТУ Б В.2.1-4-96. Грунти. Методи лабораторного визначення характеристик міцності і реформованості / Державний комітет України у справах містобудування та архітектури. – К.: МНТКС, 1997. – 101 с.

Получено 18.05.2012

УДК 624.131.55

В.А.АЛЕКСАНДРОВИЧ

*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

## **ПРИНЦИП НАСЛЕДСТВЕННОСТИ БОЛЬЦМАНА-ВОЛЬТЕРРА ДЛЯ ОПИСАНИЯ ПРОЦЕССА ПОЛЗУЧЕСТИ ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ**

Рассматривается применение теории наследственной ползучести при определении осадки фундамента, подверженного динамической нагрузке.

Розглядається застосування теорії спадкової повзучості при визначенні осідання фундамента, підданого динамічному навантаженню.

Heritable creep theory application to estimate settling of foundation exposed to dynamic loading is considered.

*Ключевые слова:* виброползучесть, грунт, фундамент.

Динамическая нагрузка, передаваемая работающей машиной через фундамент на основание, в некоторых случаях способна привести к длительной медленно-затухающей осадке фундамента. Такое явление, имеющее название виброползучесть, имеет место, в случае если основание сложено мелкозернистым песком (особенно водонасыщенным) и если амплитуда колебаний при действующем статическом давлении превышает некоторую величину, именуемую критической.

В работах [1, 2] при рассмотрении данного вопроса использовались понятия коэффициента виброползучести грунтов и была предпринята первая попытка применения теории наследственной ползучести с использованием только ядра Абея, которые приводят к описанию процесса с помощью степенного закона

Рассмотрим, подробнее, применение аппарата наследственной ползучести для учета дополнительной осадки фундамента вследствие виброползучести.

Любая механическая модель деформируемого тела может быть представлена как некоторая система, состоящая из упругих и вязких элементов [3]. Упругий элемент схематически можно изобразить в виде пружины (рис.1, а). В этом случае удлинение элемента пропорционально приложенной силе  $P$ , т.е.

$$\delta_y = k_1 P. \quad (1)$$

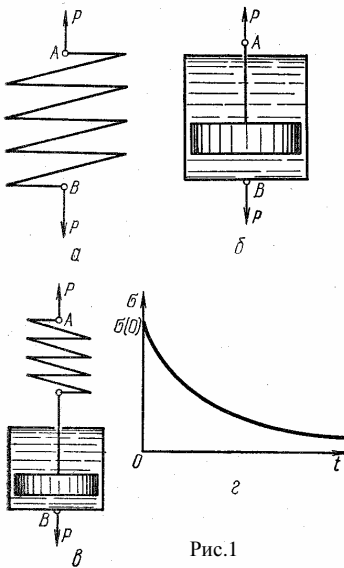


Рис.1

Вязкий елемент схематически можно представити в виде цилиндра, заповненого жидкостью, внутри которого перемещается поршень (рис.1, б). В этом случае скорость перемещения  $\frac{d\delta_b}{dt}$  поршня относительно цилиндра пропорциональна силе  $P$ , т.е.

$$\frac{d\delta_b}{dt} = k_2 P, \quad (2)$$

где  $k_1$  и  $k_2$  – коэффициенты пропорциональности. Пусть упругий и вязкий элементы соединены последовательно (рис.1, в). Такая конструкция элементов принята Максвеллом для модели вязкоупругого тела. В этом случае изменение расстояния между

точками (А и В) приложения силы будет равно сумме удлинения пружины  $\delta_y$  и перемещения поршня относительно цилиндра  $\delta_b$ , т.е.  $\delta = \delta_y + \delta_b$ . После дифференцирования данного выражения получаем

$$\frac{d\delta}{dt} = k_1 \frac{dP}{dt} + k_2 P. \quad (3)$$

Заменяя перемещения и силы соответственно на деформации и напряжения, а коэффициенты  $k_1$  и  $k_2$  – соответственно на  $1/E$  и  $1/\eta$  имеем

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{1}{E} \frac{d\sigma}{dt} + \frac{\sigma}{\eta}, \quad (4)$$

где  $\eta$  – коэффициент вязкости.

Уравнение (4) устанавливает связь между деформацией, напряжением и временем для вязкоупругого тела Максвелла. Из анализа (4) следует, что при  $\sigma = const$  деформация растет с постоянной скоростью,

т.е.  $\frac{d\varepsilon}{dt} = \sigma \frac{1}{\eta}$ , причем скорость деформации пропорциональна напря-

жению. Таким образом, для данной модели деформируемого тела материал течет подобно вязкой жидкости. Из уравнения (4) при  $\varepsilon = const$  получаем

$$\frac{1}{E} \frac{d\sigma}{dt} + \frac{\sigma}{\eta} = 0. \quad (5)$$

После интегрирования, поскольку при  $t = 0$   $\sigma = \sigma(0)$  (начальное условие), находим

$$\sigma = \sigma(0) \exp\left(-\frac{t}{\eta/E}\right). \quad (6)$$

Величина  $\eta/E = T_p$  называется временем релаксации, т.е. временем, в течение которого начальное напряжение  $\sigma(0)$  уменьшится в  $e=2,718$  раз. Для вязкоупругого тела Максвелла напряжение при постоянной деформации уменьшается с течением времени по экспоненциальному закону, стремясь в конечном счете к нулю (рис.1, з).

Больцман обобщил соотношение (6), указав, что убывание происходит не обязательно по экспоненциальному закону [4]. Основная идея теории ползучести Больцмана состоит в том, что при каждой ступени нагрузки процесс протекает независимо от того, какая нагрузка была до этого, но считается, что от всех предыдущих ступеней нагрузки процесс не завершился. Поэтому процесс как бы ступенчатого сдвинул, а конечный результат, поскольку уравнение линейно, является суммой (интегралом) результатов всех предшествующих нагружений. Впервые сформулированная Больцманом теория, учитывающая историю нагружения, получила название *линейная теория наследственности*. На рис.2 приведен график, иллюстрирующий процесс деформирования, описываемый теорией наследственной ползучести, где 1 – кривая деформирования под давлением  $p$  при  $t < t_1$  (продолжение процесса ползучести); 2 – та же кривая при  $t > t_1$  – продолжение процесса ползучести; 3 – если бы деформации от  $p = p_1$  стабилизировались при  $t = t_1$ , то график следовал бы по этой линии; 4 – график ползучести при нагрузке  $p_2$ , если бы стабилизация деформации произошла при  $t = t_1$ ; 5 –

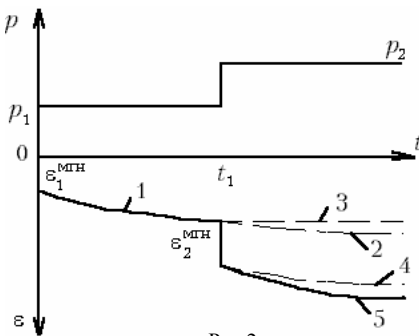


Рис.2

график, показывающий наследственную ползучесть. Линейная наследственная теория, предложенная Больцманом, развита Вольтерра. Им

предложены интегральные соотношения, обобщающие уравнения Больцмана. Поэтому часто данная теория называется теорией Больцмана-Вольтерра. Для одномерной задачи зависимость между напряжением и деформацией принималась Вольтерра в виде:

$$\varepsilon(t) = K\sigma(t) + \int_{t_0}^t M(t, s)\sigma(s)ds + \frac{1}{1 \cdot 2} \int_{t_0}^t \int_{t_0}^t M(t, s_1, s_2)\sigma(s_2)ds_1ds_2 + \dots \quad (7)$$

Применение данного уравнения к решению каких-либо задач связано с большими математическими сложностями. Поэтому используют другие варианты нелинейных интегральных соотношений: теория наследственной пластичности, которая записывается выражением

$$\varphi[\varepsilon(t)] = \sigma(t) + \int_0^t K(t - \tau)\sigma(\tau)d\tau, \quad (8)$$

и теория нелинейной наследственности, которая имеет вид:

$$\varepsilon(t) = \frac{\sigma(t)}{E_0} + \int_0^t K(t - \tau)f[\sigma(\tau)]d\tau. \quad (9)$$

При постоянной нагрузке ( $\sigma = const$ ) из выражения (9) получаем

$$\varepsilon(t) = \sigma \left[ \frac{1}{E} + \int_0^t K(t - \tau)d\tau \right], \quad (10)$$

где  $K(t - \tau)$  – ядро ползучести, характеризующее скорость деформации при постоянном напряжении  $\sigma = 1$ .

Уравнения наследственной ползучести обладают большой общностью и при соответствующем выборе ядра  $K(t - \tau)$  дают различные законы деформирования. Ядро ползучести  $K(t - \tau)$  получается экспериментальным путем.

Сложный вид уравнений теории наследственной ползучести типа (7) послужил, по-видимому, причиной критического отношения некоторых исследователей к целесообразности использования этой теории в механике грунтов вообще. Однако следует иметь в виду, что такой сложный вид уравнений вовсе не является обязательным для наследственной теории.

Эта теория просто позволяет учитывать ряд факторов (наследование предшествующего нагружения, переменность нагрузок, разгрузку, старение материалов и т. д.). И, конечно, чем большее количество факторов будет учитываться, тем больше надо вводить параметров и тем

сложнее получится исходное уравнение [5]. Если же такие факторы не учитывать, то уравнения наследственной теории приводятся к весьма простому виду. Реологическое уравнение состояния в таких случаях предстает в виде связи между деформацией, напряжением и временем. А при постоянстве нагрузок уравнения этой теории совпадают с простейшими эмпирическими уравнениями, типа:

$$S_n = \alpha \ln(t) + c ; \quad (11)$$

$$S_n = kt^n \quad (12)$$

и т.п. в зависимости от выбранного ядра ползучести.

Возможность усложнения этих уравнений при необходимости учета ряда дополнительных факторов является положительной стороной наследственной теории. Вместе с тем следует предостеречь от чрезмерного желания учесть как можно больше различных факторов и составить всеобъемлющее уравнение деформирования. Такое стремление приводит к излишне сложным формулам с большим количеством параметров, определение которых лежит за пределами реальных возможностей.

В настоящее время проводится экспериментальная работа с целью подтверждения применимости аппарата наследственной ползучести в расчетах дополнительной осадки фундамента вследствие виброползучести. Первые эксперименты, при постоянной частоте колебаний, амплитуде и статическом давлении, показали, что на начальном участке процесс развития осадки во времени достаточно удовлетворительно описывается степенным законом (11), что согласуется с выводами фундаментальной работы [6] и указанными выше работами [1, 2]. Однако при значительной длительности эксперимента характер исследуемой зависимости приобретает явно выраженный логарифмический вид (12). Это свидетельствует о недостаточной точности существующих методов аппроксимации опытных данных и прогнозирования осадки виброползучести, которые приводят к описанию процесса при помощи одного степенного закона. Дальнейшие исследования в этом направлении имеют целью определить минимально необходимое время проведения испытаний для последующей аппроксимации опытных данных с достаточной точностью, учитывая, что на начальном участке осадка подчиняется степенному закону, а в дальнейшем – логарифмическому, и подтвердить полученные результаты для других параметров динамической и статической нагрузки, а также различных типов грунтов.

1.Филлипов О.Р. Экспериментальные исследования осадки штампов на водонасыщенном песчаном грунте при вибрациях / О.Р. Филлипов // Динамика оснований и сооружений / Под. ред. Д.Д. Баркан [и др.]. – Ташкент, 1977. – 300 с.

2.Хаин В.Я. Теоретический анализ длительных осадок фундаментов при действии

статической и динамической нагрузок / В.Я. Хаин // Динамика оснований и сооружений / Под. ред. Д.Д. Баркан [и др.]. – Ташкент, 1977. – 300 с.

3.Писаренко Г.С. Уравнения и краевые задачи теории пластичности и ползучести / Г.С. Писаренко, Н.С. Можаровский. – К.: Наук. думка, 1981. – 496 с.

4.Гольдштейн М.Н. Механические свойства грунтов. – 2-е изд., перераб. – М., 1971. – 368 с.

5.Теория наследственной ползучести. [WWW документ] URL <http://gruntag.ru/vidy-gruntov/96-teoriya-nasledstvennoj-polzuchesti.html> (13.02.2012 г.).

6.Работнов Ю.Н. Элементы наследственной механики твердых тел. – М.: Наука, 1977. – 752 с.

*Получено 16.03.2012*

УДК 69.022.32

А.И.МЕНЕЙЛЮК, д-р техн. наук,

И.Н.БАБИЙ, А.А.БОРИСОВ, кандидаты техн. наук, В.К.ВОЛКАНОВ

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры*

### **ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИКЛЕИВАНИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ УТЕПЛЕНИИ ФАСАДОВ**

Рассмотрены основные технологические способы крепления утеплителя в конструкциях теплоизоляционных фасадных систем с отделкой штукатурками. Показано, что оптимальным, по параметру экономической и эксплуатационной эффективности, является нанесение клея на пенополистирольный утеплитель сплошным способом, используя при этом размер зуба шпателя 4 мм.

Розглянуто основні технологічні способи кріплення утеплювача в конструкціях теплоізоляційних фасадних систем з обробкою штукатурками. Показано, що оптимальним, за параметром економічної та експлуатаційної ефективності, є нанесення клею на утеплювач суцільним способом, використовуючи при цьому розмір зуба шпателя 4 мм.

The article describes the main technological methods of fastening insulation in the construction of insulating facade systems with finishing plaster. It is shown that the optimal parameter for the economic and operational efficiency is the adhesive on the foam insulation is a continuous way, using a spatula the size of the tooth 4 mm.

*Ключевые слова:* технологический перерыв, утепление фасадов, теплоизоляция, экономический эффект, полимерцементные клеи.

При строительстве новых зданий и термомодернизации эксплуатируемых, в современной практике в большинстве случаев используются конструкции наружных стен с фасадной теплоизоляцией и отделкой штукатурками. Доля таких конструкций в общем объеме теплоизоляции зданий составляет более 53% [1, 2].

Несмотря на столь широкомасштабное использование таких систем, в большинстве случаев, устройство осуществляется без учета нормативных требований [3]. Детальное обследование конструкций теплоизоляции выявило существенные резервы в технологии их крепления.