

В.Г. ТАРАНОВ, В.А. АЛЕКСАНДРОВИЧ

Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.Н.Бекетова,
Харьков

И.Я. ЛУЧКОВСКИЙ, С.А. ПЛАШЧЕВ

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, Харьков

Н.В. КОРНИЕНКО, О.О. АРЕШКОВИЧ

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

УДК 624/131/52

ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ СИСТЕМЫ «СООРУЖЕНИЕ-ОСНОВАНИЕ» ПРИ СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ

Ключевые слова: грунт, фундамент, виброползучесть.

Установлено влияние критического времени нагружения на конструкции которые контактируют с грунтом исходя в зависимости от реологических свойств бетона и грунта. Рассматривается осадка фундаментов при динамических нагрузках. Предлагается использовать наследственную теорию ползучести для прогнозирования осадки при динамических нагрузках. Определена близкая сходимост экспериментальных и теоретических данных, полученных при помощи наследственной теории ползучести.

Встановлено вплив критичного часу навантажень на конструкції які контактують із грунтом виходячи залежно від реологічних властивостей бетону й ґрунту. Розглядається осідання фундаментів при динамічних навантаженнях. Пропонується використовувати спадкоємну теорію повзучості для прогнозування осідання при динамічних навантаженнях. Визначена близька збіжність експериментальних і теоретичних даних, отриманих за допомогою спадкоємної теорії повзучості.

Influence of critical time of a weighting on designs which is established contact to a ground proceeding depending on rheological properties of concrete and a ground. Depth of immersion of the bases is considered at dynamic loadings. It is offered to use the hereditary theory of creep for forecasting of depth of immersion at dynamic loadings. Close convergence of the experimental and theoretical data received by means of the hereditary theory of creep is defined.

1. КРИТИЧЕСКОЕ ВРЕМЯ НАГРУЖЕНИЯ СИСТЕМЫ «ОСНОВАНИЕ-ФУНДАМЕНТ», ДЕФОРМИРУЮЩЕЙСЯ ВО ВРЕМЕНИ

Напряженно-деформированное состояние системы «основание-фундамент» в начальный момент времени соответствует упругой конструкции на упругом основании, а при дальнейшем деформировании постоянной внешней нагрузкой – той же конструкции, но с длительными модулями деформации материалов фундамента и основания. При этом А.Р. Ржанициным [2], как и другими авторами, принимается, что невыгоднейшие значения усилий в фундаментной конструкции выявляются из упруго-мгновенного решения и решения теории ползучести при максимально отдаленном от момента нагружения времени $t \rightarrow \infty$. Нами же в работе [1] на примере Винклеровой модели было показано, что в силу различных скоростей натекания ползучести в фундаментной конструкции (бетоне) и основании, самые невыгоднейшие усилия проявляются через некоторое, достаточно короткое время после начала загрузки фундамента, которое является «критическим временем загрузки» системы «основание-фундамент-сооружение».

С целью обобщения закономерностей выявленного явления для случая грунтового основания, обладающего распределительной способностью, рассмотрим основание, выбрав в качестве модели разработанную нами дискретную модель (плоский вариант) [1].

Учет реологических свойств фундаментной конструкции и основания выполняется нами с использованием алгебраизации интегральных уравнений теории ползучести [1], [3]. Например, при использовании допущений теории «старения» и функции напряжений $f[\sigma]$ в виде

$$f[\sigma] = \sigma + \beta \cdot \sigma^2, \quad (1)$$

временный модуль деформации одноосно деформируе-

мого матеріала E_t можна представити залежністю

$$E_t = \frac{2E_0}{\varphi_t \left(\frac{\sigma_0}{\sigma_t} + 1 + \frac{2}{\varphi_t} + 2\beta\sigma_0 \right)} \quad (2)$$

В приведених нижче дослідженнях нами прийнято:

- для бетону фундаменту – $\varphi_\infty=3,0$; $b=0,04$ сутки⁻¹; $\beta=0$; $E_0=23000$ МПа;
- для ґрунту основи – $\varphi_\infty=2,0$; $b=0,325$ сутки⁻¹; $\beta=5$ МПа⁻¹; $E_0=10$ МПа.

Розглянуто послідовально три процеси деформування системи «основание-фундамент»:

- при урахуванні лінійної повзучості матеріалу фундаменту;
- при проявленні нелінійної повзучості ґрунту основи;
- при одночасній повзучості матеріалів фундаменту і ґрунтового масиву.

Всі розрахунки виконані численно для різних моментів часу тривалого навантаження постійною навантаженням. При цьому в проміжку $0 \leq t \leq 20$ суток розрахунки виконувалися через 1 сутки, а потім – через кожні 10 суток в теченні півроку.

Довготривала жорсткість B_t фундаментної балки з одностороннім армуванням $A_s=40$ см² сеченням $b=1$ м; $h=0,35$ м, визначалася по формулі, отриманій І.І.Улицьким[3]

$$B_t = A_s \cdot E_s \cdot h_0 \left(h_0 - \frac{x_0}{3} \right) \eta_t \quad (3)$$

Зміна в часі характеристик повзучості бетону і ґрунту, представлена на рис.1, показує, що швидкість повзучості основи значно опередує швидкість повзучості бетону, що і визначає характер зміни напружено-деформованого стану контактуючої системи. Якщо, в відповідності з залежністю (2), представити жорсткість фундаменту і основи в вигляді

$$B_t = \bar{B}_t \cdot B_0; \quad E_t = \bar{E}_t \cdot E_0, \quad (4)$$

то нетрудно записати їх співвідношення

$$\frac{E_t}{B_t} = K_t \cdot \frac{E_0}{B_0}, \quad (5)$$

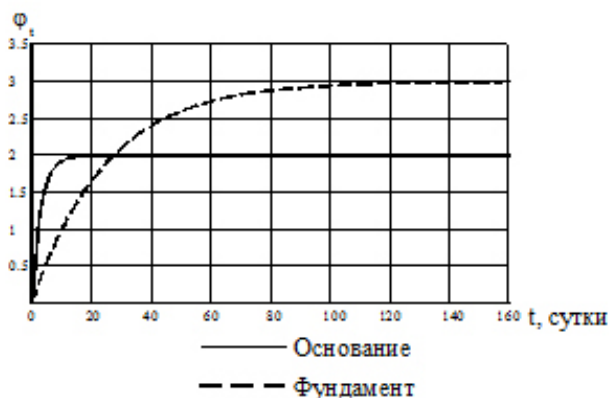


Рис.1. Графік зміни характеристик повзучості ґрунту основи і бетону фундаменту в часі.

де K_t – коефіцієнт зміни співвідношення жорсткостей основи і фундаменту в часі, залежний від швидкості настання повзучості в фундаменті і основі, від рівня їх напруженого стану, тривалості навантаження і др.

Якщо, наприклад, прийняти для розглянутого фундаменту середнє напруження в ґрунті рівним $\sigma=0,2$ МПа, то для трьох розглянутих процесів навантаження системи «основание-фундамент» отримаємо різний характер зміни коефіцієнта K_t в часі (рис.2).



Рис.2. Коефіцієнт зміни співвідношення жорсткостей основи і фундаменту в часі.

Нетрудно помітити, що при розвитку повзучості матеріалу фундаменту $K_t \geq 1$ в часі зростає, при проявленні повзучості (консолідації) основи $K_t \leq 1$ – зменшується, а при одночасному проявленні реологічних властивостей фундаменту і основи існує деяке критичне час навантаження $t_{кр}$, відповідне мінімальному значенню $K_t = K_{min}$. Отже, найнеблагоприятнішим з точки зору розподілу сил в системі може бути момент тривалого навантаження, відповідний критичному часу $t = t_{кр}$.

2 ОСАДКА ФУНДАМЕНТІВ ПРИ ДИНАМІЧЕСЬКИХ НАВАНТАЖЕННЯХ

Динамічні навантаження, викликані роботою машин, можуть призводити до слабозатухаючим осадкам фундаментів, які, зазвичай, можуть бути тривалими і нерівномірними.

Існуючі експериментальні дані і отримані в результаті спостереження в цехах підірваних динамічними навантаженнями демонструють, що такі осадки можуть призводити до пошкодження будівель і споруд, а також виходу з ладу машин об'єднаних одним технологічним процесом [4].

Прогнозування осадки фундаменту з використанням спадкової теорії повзучості

В динамічних задачах ґрунтовий масив наділяється лінійністю, а його реологічні властивості визначаються рішенням рівнянь енергетичного балансу або спадкової механіки деформованих тіл.

Тут розглядається другий випадок. Згідно з принципом Вольтерра, допускаючого трактування операторів як постійних величин, рішення шукається в формі проінтегрованої функції пружних констант і координат на функцію часу.

Опираючись на відоме рішення Шлейхера, залеж-

мость осадки штампа на линейно - деформируемом наследственном полупространстве, при постоянной статической нагрузке, записывается в виде:

$$S(t) = \frac{\omega b(1-\nu^2)\sigma_{cm}}{E} \left[1 + \int_0^t K(t-\tau) d\tau \right], \quad (6)$$

где – ядро ползучести [5, 6].

Следуя Больцману, впервые сформулировавшему принцип наследственности, предлагается использовать ядро в виде:

$$K(t-\tau) = \frac{c}{(t-\tau)}. \quad (7)$$

Использование ядра ползучести Больцмана выражается в логарифмическом развитии кривой осадки во времени [7]. При постоянном напряжении конечное уравнение отображающее развитие осадки во времени выглядит следующим образом:

$$S(t) = \ln(t) + c. \quad (8)$$

Данные полученные при помощи специальных виброштамповых испытаний в соответствии с методикой описанной в [8] подтверждают правомочность выра-

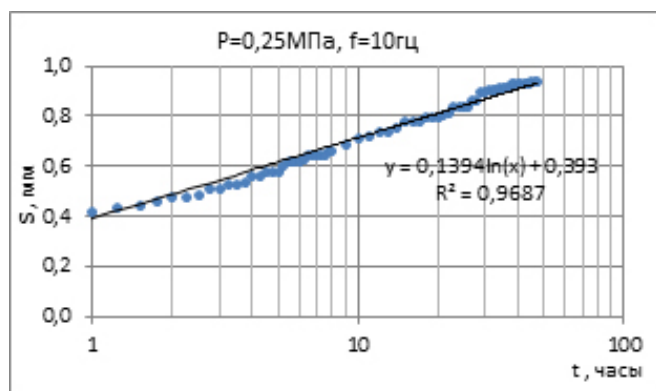


Рис.3. Кривая развития осадки во времени, $a_z = 5$ мм.

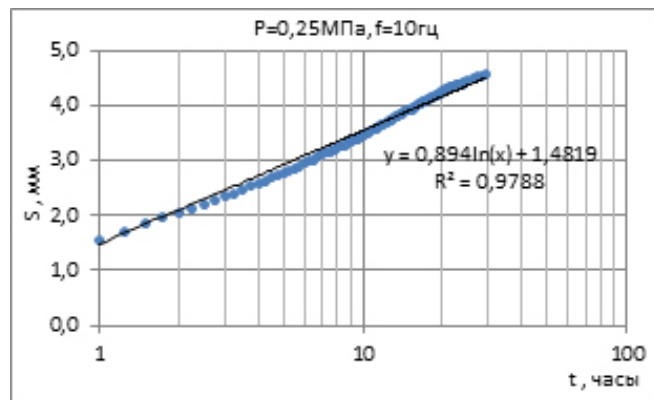


Рис.4. Кривая развития осадки во времени, $a_z = 10$ мм.

жения (8) для описания процесса деформации грунтового основания во времени в затухающей фазе ползучести (см. рис. 3; 4).

ВЫВОДЫ:

1. Проявление реологических свойств бетона и грунта следует учитывать для трех моментов времени загрузки: $t=0$; $t \rightarrow \infty$ и $t = t_{кр}$. Результаты проведенных исследований показывают, что система постепенно «приспосабливается» к длительной нагрузке, что приводит в первый период нагружения к росту усилий, а затем – к их снижению (на 20-25%). Следовательно, в длительно нагруженных сооружениях появится резерв для повышения нагрузки.
2. Известные повреждения зданий и сооружений так же как и выход из строя машин доказывает важность рассматриваемого вопроса. Проведенное исследование подтвердило возможность применения наследственной теории ползучести для определения величины осадки виброползучести. Достоверность $R_2=0,97-0,99$ аппроксимации экспериментальных данных логарифмической функцией подтверждает точность разработанной методики.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лучковский И.Я. Взаимодействие конструкций с основанием. Х. Изд-во ХГПУ. 2000.–263с.
2. Ржаницин А.Р. Некоторые вопросы механики систем, деформирующихся во времени. М.-Л. Стройиздат.1949.–252с.
3. Улицкий И.И. Теория и расчет железобетонных стержневых конструкций с учетом длительных процессов.–Изд-во «Будівельник», Киев, 1967–347с.
4. Aleksandrovych V.A. 2012. Concerning the Vibrocreep Issue. Proc. of the 22nd European Yong Geotechnical Engineers Conference, P.173-178.
5. 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, –С.206-209.
6. Савинов О.А. Современные конструкции фундаментов под машины и их расчет / О.А. Савинов. Ленинград, -1979, -200с
7. Работнов Ю.Н. Элементы наследственной механики твердых тел / Ю.Н. Работнов // «Наука», -М., -1977, -752 с.
8. Рекомендации по проведению полевых испытаний виброустойчивости оснований фундаментов турбоагрегатов / НИИОСП – ДИИТ. – М.: Производственные экспериментальные мастерские ВНИИИС Госстроя СССР, 1986. – 30 с.
9. Александрович В.А., Таранов В.Г. Виброустойчивость песчаных грунтовых оснований в диапазоне частот вынужденных колебаний 5 – 50 Гц // Галузеве машинобудування, будівництво : зб. наук. пр. Полтавського НТУ ім. Ю.Кондратюка. –Полтава, 2010. –Вип. 4(34). – С. 24-29.