



ШАПОВАЛ АНДРЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ

Кандидат технических наук, старший научный сотрудник комплексной лаборатории обеспечения надежности зданий и сооружений.

Основные направления работы: численное моделирование совместной работы системы "основание - фундамент - здание".

Автор 8 статей.

E-mail: niisk@mail.ru



КРЫСАН ВИТАЛИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ

Директор ООО «Паритет».

Основные направления работы – проектирование и устройство фундаментов и оснований фундаментов в сложных геологических условиях.

Автор 5 статей.

E-mail: vavilon1612@mail.ru



КРЫСАН ВЛАДИМИР ИВАНОВИЧ

Кандидат технических наук, член Украинского общества по механике грунтов, геотехнике и фундаментостроению. Директор ООО НПО «РемБуд».

Основные направления научной деятельности: исследования в области устройства оснований и фундаментов в сложных геологических условиях.

Автор 12 научных статей.

E-mail:krysan.v@mail.ru

УДК 624.15.001

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВРЕМЕНИ СТАБИЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПОЛЗУЧЕСТИ ГРУНТА В ХОДЕ ЕГО ШТАМПОВЫХ ИСПЫТАНИЙ ДИНАМОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Ключевые слова: ползучесть грунта, штамповые испытания, напряженно-деформированное состояние

У рамках моделей пружньо- в'язко- пластичної і спадково- повзучої основ виявлено залежність осідання від часу ґрунту, що знаходиться в просторового напружено- деформованого стану, в ході його випробувань динамометричним способом. Порівняно з традиційним методом виявлено суттєве зменшення часу стабілізації процесу повзучості.

В рамках моделей упруго- вязко- пластического и наследственно- ползучего оснований рассчитана зависимость осадки находящегося в условиях пространственного напряженно- деформированного состояния ґрунта от времени в ходе его испытаний динамометрическим способом. Установлено существенное уменьшение времени стабилизации процесса ползучести.

In the framework of models of elastic-viscoplastic and hereditary bases of creeping calculated the sediments located in komperssii lot of time in the course of its testing dynamometer method. A significant decrease in the time of stabilization of the creep process.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ В ОБЩЕМ ВИДЕ И ЕЕ СВЯЗЬ С ВАЖНЫМИ ПРАКТИЧЕСКИМИ ЗАДАЧАМИ.

Испытания грунта на длительную ползучесть могут продолжаться недели, месяцы, а в некоторых случаях - годы [1].

При этом продолжительность стандартных штамповых испытаний некоторых видов грунтов с целью определения их деформационных свойств также может составлять недели и месяцы.

Поэтому проблема сокращения времени испытаний грунта является насущной и нуждается в решении.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ, В КОТОРЫХ ПОЛОЖЕНО НАЧАЛО РЕШЕНИЮ ДАННОЙ ПРОБЛЕМЫ.

Попытка решения проблемы сокращения времени испытаний грунта предпринималась авторами работ [1, 2, 3]. На наш взгляд, из рассмотренных в этих работах вариантов ее решения наибольшего внимания заслуживает предложенный С. С. Вяловым т.н. динамометрический метод, суть которого заключается в создании нагрузки на грунт с использованием специальной пружины (рис. 1).

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ.

В данном случае проблема заключается в том, что в литературе имеются только лишь экспериментальные данные относительно эффективности динамометрического способа испытаний грунта. В этой связи представляют интерес теоретические оценки. Задача исследований была сформулирована так. К поверхности неводонасыщенного грунтового основания через жесткий штамп приложена нагрузка. В свою очередь, к штампу с использованием пружины, имеющей жесткость приложена сосредоточенная нагрузка. Взаимосвязь между действующим в некоторой точке образца напряжением и его деформацией выражается с использованием интегрального уравнения Вольтерра второго рода [1, 3, 4, 5]. Требуется оценить, насколько динамометрический способ испытания грунта эффективнее общепринятого (т.е. способа его испытания ступенчато-возрастающей нагрузкой).

Цель работы - оценка эффективности динамометрического способа испытания грунта.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА ИССЛЕДОВАНИЯ.

Рассмотрим расчетную схему испытания грунта динамометрическим способом (рис.1).

Положим жесткость пружины динамометра равной k , а упругие константы штампа с площадью подошвы A примем равными соответственно E и ν . Здесь E - модуль общей деформации грунта, а ν - его коэффициент Пуассона.

Вначале найдем решение в рамках модели упругого неводонасыщенного основания.

Из рисунка 1 вытекает, что удлинение пружины равно $\varepsilon = \Delta - S$. Величина возникшей при этом силы равна

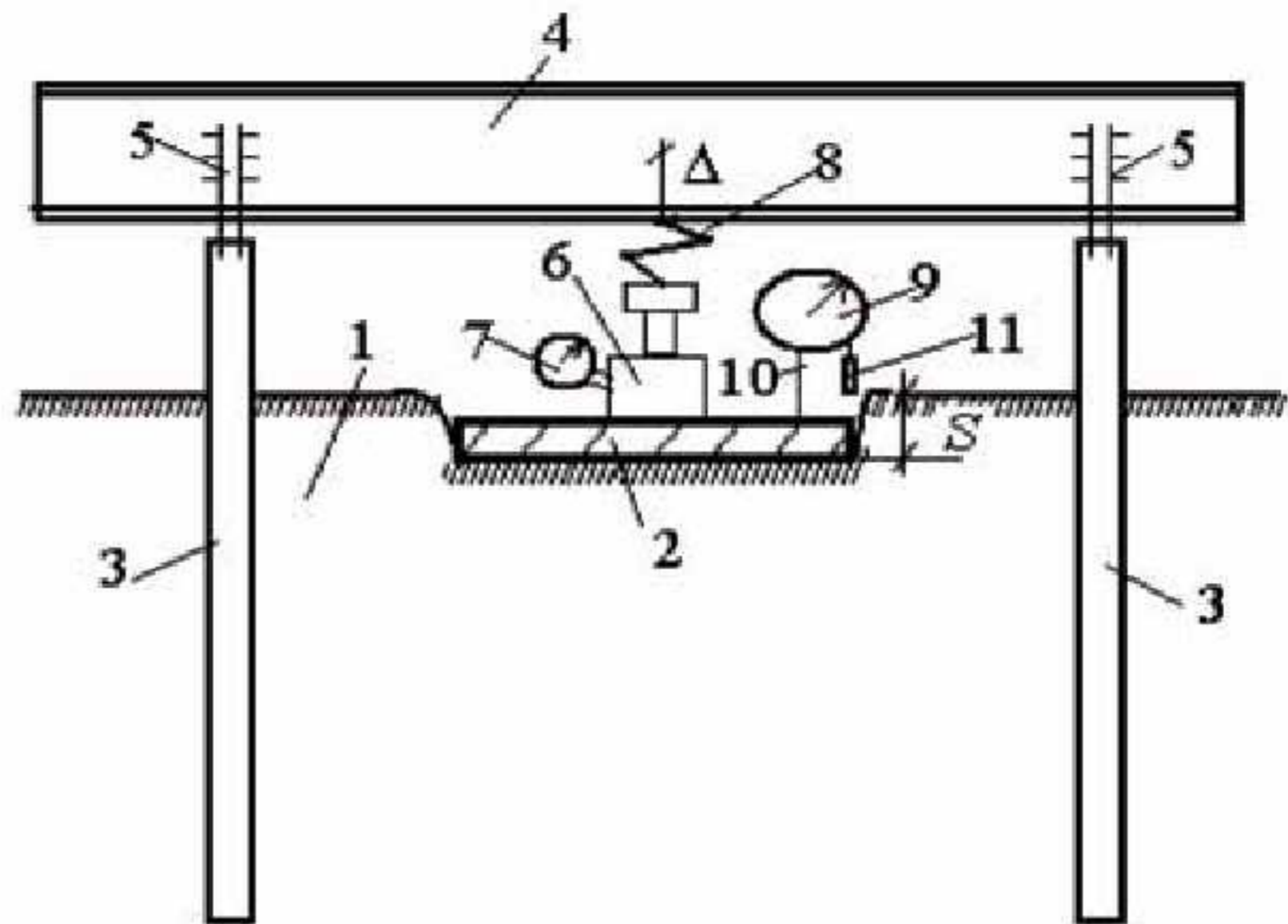


Рис. 1. Динамометрический способ испытания грунта жесткими штампами (схема). 1- основание; 2- штамп; 3- анкерные сваи; 4- упорная балка; 5- выпуски арматуры из анкерных свай (приварены к упорной балке); 6- гидравлический домкрат; 7- манометр; 7- пружина динамометра; Δ - начальное пружины динамометра; S - осадка штампа.

$N = k \cdot \varepsilon = k \cdot (\Delta - S)$. В этой связи среднее давление под подошвой штампа равно

$$p = \frac{N}{A} = \frac{k \cdot \varepsilon}{A} = \frac{k \cdot (\Delta - S)}{A} \tag{1}$$

Для определения осадки штампа используем известную формулу Шлейхера [4, 5]:

$$S = \omega \cdot (1 - \nu^2) \cdot \frac{p \cdot d}{E} \tag{2}$$

где ω - коэффициент формы штампа, d - его диаметр а p - среднее давление под подошвой штампа [4, 5].

Из (2) найдем осадку испытываемого образца S . Имеем:

$$S = \frac{\omega \cdot (1 - \nu^2) \cdot d \cdot k \cdot \Delta}{A \cdot E + \omega \cdot (1 - \nu^2) \cdot d \cdot k} \tag{3}$$

Из (3) в частности вытекает, что при неограниченной жесткости пружины (т.е. при $k \rightarrow \infty$) имеет место равенство $S = \Delta$. Иными словами, чем больше жесткость пружины k , тем динамометрический способ испытания грунта опытными штампами ближе к способу его испытаний на релаксацию.

Далее найдем решение для обладающего свойством ползучести грунта. В соответствии с принципом Вольтерра заменим упругие материальные константы интегральными операторами [4, 5]. Имеем:

$$S = \frac{\omega \cdot (1 - \nu^2) \cdot d \cdot k \cdot \Delta}{\frac{A \cdot E}{1 + \tilde{K}} + \omega \cdot (1 - \nu^2) \cdot d \cdot k} = \frac{1 + \tilde{K}}{1 + \mu \cdot \tilde{K}} \cdot \mu \cdot \Delta, \tag{4}$$

где $\mu = \frac{\omega \cdot (1 - \nu^2) \cdot d \cdot k}{A \cdot E + \omega \cdot (1 - \nu^2) \cdot d \cdot k}$ - безразмерный параметр, зависящий от жесткости пружины k , диаметра образца d , его площади A , а также деформационных характеристик грунта E и ν . Здесь $\tilde{K} \equiv K(t, \tau)$ - ядро ползучести грунтового скелета [4, 5]. Решение (4) имеет вид:

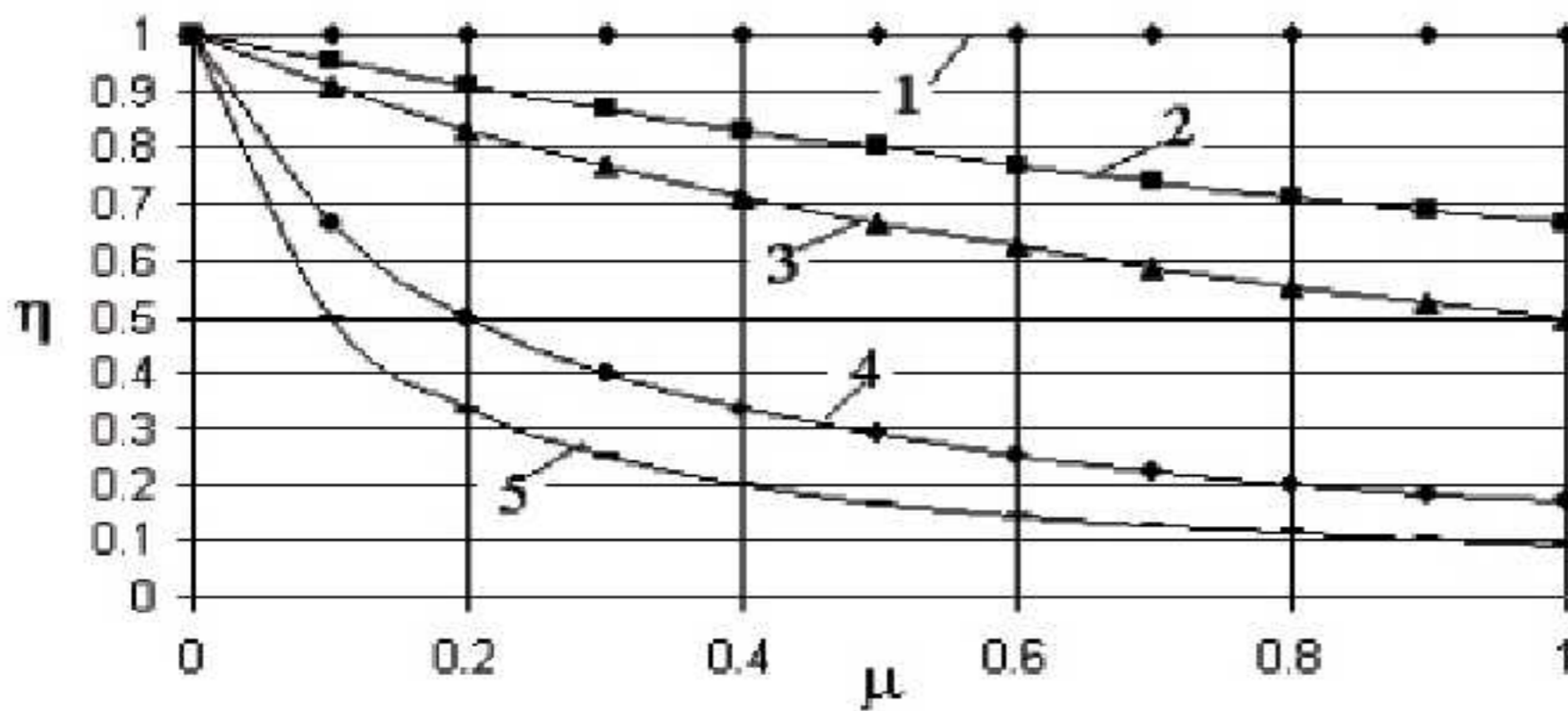


Рис. 2. Отношение времен достижения заданной степени консолидации
1- отношение параметров ползучести $\chi = \delta/\delta_1 = 0$; 2- то же, $\chi = \delta/\delta_1 = 0,5$; 3- то же, $\chi = \delta/\delta_1 = 1$; 4- то же, $\chi = \delta/\delta_1 = 5$; 5- то же, $\chi = \delta/\delta_1 = 10$.

$$S = \mu \cdot \Delta \left(1 + 2 \cdot \sum_{i=1}^{\infty} \mu^i \cdot \tilde{K}^i \right) \quad (5)$$

Запись правой части ряда (5) означает [6]:

$$\left. \begin{aligned} \tilde{K} &= K_1(t, \tau) = K(t, \tau); \\ \tilde{K}^2 &= \int_{\tau}^t K_1(t, \xi) \cdot K(\xi, \tau) \cdot d\xi; \\ &\dots \\ \tilde{K}^i &= \int_{\tau}^t K_{i-1}(t, \xi) \cdot K(\xi, \tau) \cdot d\xi; \\ &\dots \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

При этом запись вида $\mu^i \cdot \tilde{K}^i$ означает:

$$\mu^i \cdot \tilde{K}^i = \mu^i \cdot \int_0^t d\tau \int_{\tau}^t K_{i-1}(t, \xi) \cdot K(\xi, \tau) \cdot d\xi \quad (7)$$

Если ядро ползучести $K(t, \tau)$ может быть представлено в виде $K(t, \tau) = K(t - \tau)$, то решение (5) соответствует модели наследственно-ползучего основания, если $K(t, \tau) = K(\tau)$ то решение (5) соответствует модели пластического основания, а если ядро ползучести имеет структуру $K(t, \tau) = K_1(t - \tau) + K_2(\tau)$ то решение (5) соответствует модели вязкоупругопластичного основания [5].

Далее рассмотрим конкретный пример. Допустим, что ползучесть грунтового скелета описывается ядром вида

$$K(t, \tau) = \delta \cdot \exp[-\delta_1 \cdot (t - \tau)] \quad (8)$$

где δ и δ_1 - т.н. параметры ползучести (имеют размерность $1/c$).

В этом случае при неизменной во времени нагрузке на образец зависимость осадки от времени имеет вид [5]

$$S(t) = \frac{p \cdot h}{\lambda + 2 \cdot G} \cdot \left\{ 1 + \frac{\delta}{\delta_1} \cdot [1 - \exp(-\delta_1 \cdot t)] \right\} \quad (9)$$

а степень консолидации образца в некоторый момент времени t -

$$U_1 = \frac{S(t) - S(0)}{S(\infty) - S(0)} = 1 - \exp(-\delta_1 \cdot t) \quad (10)$$

Здесь U_1 - степень консолидации основания. Далее подставим (8) в (5). Имеем:

$$S(t) = \Delta \cdot \mu \cdot \left\{ \frac{\delta + \delta_1}{\mu \cdot \delta + \delta_1} + \frac{\delta \cdot (\mu - 1)}{\mu \cdot \delta + \delta_1} \cdot \exp[(\mu \cdot \delta + \delta_1) \cdot t] \right\} \quad (11)$$

Здесь μ - см. пояснения к формуле (4), а $S(t)$ - зависимость осадки от времени при испытаниях грунта динамометрическим образом. Далее из (11) найдем степень консолидации образца в момент времени t . Имеем:

$$U_2 = \frac{S(t) - S(0)}{S(\infty) - S(0)} = 1 - \exp[(\mu \cdot \delta + \delta_1) \cdot t] \quad (12)$$

Из (10) и (12) определим времена достижения образцом расчетной степени консолидации. Имеем:

$$\left. \begin{aligned} t_1 &= -\ln(1 - U_1) / \delta_1; \\ t_2 &= -\ln(1 - U_2) / (\delta_1 + \mu \cdot \delta). \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Для того, чтобы имелась возможность сравнивать времена достижения некоторой степени консолидации положим в (13) $U_1 = U_2 = U$ и найдем отношение t_1/t_2 . Кроме того, для удобства анализа полученных таким образом зависимостей положим $\xi = \delta/\delta_1$. Имеем:

$$\eta = \frac{t_1}{t_2} = \frac{\delta_1}{\delta_1 + \mu \cdot \delta} = \frac{1}{1 + \mu \cdot \xi} \quad (15)$$

На рисунке 2 представлены зависимости отношения времен достижения степенью консолидации грунтовых образцов заданного значения от параметров $\xi = \delta/\delta_1$ и

$$\mu = \frac{\omega \cdot (1 - \nu^2) \cdot d \cdot k}{A \cdot E + \omega \cdot (1 - \nu^2) \cdot d \cdot k}.$$

ВЫВОДЫ:

Представленные на рисунке 2 теоретические кривые, а также полученные нами аналитические зависимости позволили нам сделать такие выводы.

1. Время достижения грунтовым образцом проектной степени консолидации при его испытаниях общепринятым способом всегда больше, чем это имеет при испытании грунта динамометрическим способом.
2. Чем больше жесткость пружины динамометра, тем быстрее наступает время стабилизации осадок грунта при его испытаниях динамометрическим способом.
3. Время достижения грунтовым основанием проектной степени консолидации при его испытаниях динамометрическим способом зависит от геометрических размеров и формы штампа, жесткости пружины динамометра, модуля упругости и коэффициента Пуассона грунтового скелета, а при испытании грунта общепринятым способом - нет.
4. Решение уравнения (5) может быть представлено в стандартной форме [7]:

$$S(t) = \mu \cdot \Delta \cdot \left(1 - \int_0^t R_1(\chi, t, \tau) \cdot d\tau \right) \quad (16)$$

где $R_1(\lambda, t, \tau)$ - резольвента ядра ползучести $K_1(t, \tau) = (\mu - 1) \cdot K(t, \tau)$, а $\chi = \mu / (\mu - 1)$.

В целом, изложенные в настоящей работе материалы исследований позволяет сделать вывод о перспективности определения упругих и реологических свойств неводонасыщенного грунта динамометрическим способом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вялов С.С. Реологические основы механики грунтов. - М.: Высш. шк., 1978. - 447 с.
2. Роман Р.Т. Сопоставительный анализ результатов прогноза длительной деформируемости мерзлых грунтов различными методами // Тезисы четвертого симпозиума по реологии грунтов. - Самарканд, 1982. - С. 145-146.
3. Шаповал В.Г. Ускоренное определение реологических свойств водонасыщенных глинистых оснований: Диссертационная работа на соискание ученой степени кандидата технических наук. - Днепропетровск, 1984. - 179 с.
4. Зарецкий Ю.К. Теория консолидации грунтов. - М.: Наука. 1967 - 270 с.
5. Шаповал А.В., Шаповал В.Г. Теория взаимосвязанной фильтрационной консолидации: Монография. - Днепропетровск: Пороги, 2009-311 с.
6. Шаповал В.Г., Седин В.Л., Шаповал А.В., Моркляник Б.В., Андреев В.С. Механика грунтов. Учебник. Днепропетровск: Пороги, 2010-168 с.
7. Корн Г. и Корн Т. Справочник по математике. - М.: Наука, 1974. - 840 с.

ABSTRACT

D.V. Bazilivich, A.M. Bambura, P.M. Kozeleckiy, P.I. Krivosheev, V.G. Tarasuk **IProblems and prospects of development of standard base in building** //The world of geotechnik.- 2011.- №1.- P.4-6.

History, state-of-the art and development perspectives for normative base in Ukrainian construction engineering are presented in paper.

K.V. Egupov, Yu.I. Nemchinov **Complex estimation of vulnerability of reinforced-concrete buildings at seismic impacts** //The world of geotechnik.- 2011.- №1.- P.7-11.

In given article features of an estimation of vulnerability taking into account teamwork 3d a rein-concrete framing and non-uniformity of a field of accelerations under a construction are considered.

P.I. Bakin, Yu.I. Nemchinov, V.G. Poklonskiy, R.V. Rasuk, V.G. Tarasuk, O.A. Fisenko **Definition of fire resistance of building designs by settlement methods according to standards which introduce eurocodes**//The world of geotechnik.- 2011.- №1.- P.12-15.

This article contains basic regulations of national standards DSTU-N-P B.V.2.6-157, DSTU-N-P B.V.2.6-158 and DSTU-N-P B.V.2.6-159 concerning structural fire design of timber, masonry, composite steel and concrete structures, respectively.

P.V. Popruga, L.O. Sheinich, N.G. Mikolaez, I.O. Kirichenko, Yu.I. Lisak **Strengthening of a bearer №7 zhelezodorozhno-automobile bridge transitions through Dnepr in Kiev** //The world of geotechnik.- 2011.- №1.- P.16-20.

Issue of bridge №7 footing strengthening for railway and road bridge across Dnieper river in Kiev in the railway section Kiev Moscovskiy- Darnitsa is considered in the paper.

V.G. Kvasha, M.D. Klimpush, V.S. Rachkevich, Yu.M. Sobko **Strengthening of concrete bridges by carbon composites cfrp** //The world of geotechnik.- 2011.- №1.- P.21-25.

Field-test data of bridge girder investigation before and after its strengthening by composites and strengthening of bridge span are described

I.V. Melnik, A.Ya. Murin **Offers concerning calculations and experimental check of durability normal перепезов the reinforced concrete beams strengthened carbons** //The world of geotechnik.- 2011.- №1.- P.26-29.

Calculation method for determination of strength of normal sections of reinforced-concrete beams, strengthened by carbon fiber reinforced plastics, with the use of parameters of deformation model and him experimental verification is given.

A.V. Shapoval, V.V. Krisan, V.I. Krisan **To definition of time of stabilisation of process of creep of a ground during it динамометрическим a method** //The world of geotechnik.- 2011.- №1.- P.30-33.

In the framework of models of elastic-viscoplastic and hereditary bases of creeping calculated the sediments located in komperssii lot of time in the course of its testing dynamometer method. A significant decrease in the time of stabilization of the creep process.