

УДК 624.15.001

Шаповал В.Г., д.т.н., проф. каф. СГГМ, Легенченко В.А., асп. каф. СГГМ, Булич И.Ю., асп. каф. СГГМ, Государственный ВУЗ «НГУ», Днепропетровск, Мирошниченко И.В., асп. (Полтавский национальный университет имени Юрия Кондратюка, г. Полтава), Украина

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОБВОДНЕННЫХ ЛЕССОВЫХ ГРУНТОВ ПОЛТАВЫ

Набивные сваи в пробитых скважинах (НСПС) рационально использовать в лессовых макропористых грунтах природной влажности при возведении жилых зданий с ленточными ростверками. Эти грунты распространены на 65 – 70% территории Украины преимущественно на надпойменных и водораздельных террасах рек. Однако из-за повышения уровня грунтовых вод и замачивания массивов «сверху» на значительных, особенно в городе, территориях лессы «деградируют» и снижают свои механические свойства [1].

Водонасыщенные лессовые грунты проявляют реологические свойства, которыми нельзя пренебрегать, прогнозируя осадки и крены зданий и сооружений. В настоящей работе представлены материалы исследований, направленные на определение реологических свойств замоченных глинистых (лессовых) оснований НСПС в составе ленточных ростверков.

Одно из известных направлений определения реологических свойств грунтовых оснований базируется на предположении, что взаимосвязь между деформациями основания и действующими в нем напряжениями описывается с использованием уравнений интегральных Вольтерра второго рода [2 – 5].

Однако, корректность этого направления для прогноза во времени осадок зданий на НСПС в составе ленточных ростверков, основанием которых являются замоченные лессовые грунты, пока не проверялась.

Отсюда цель настоящих исследований – определение реологических свойств замоченных лессовых оснований НСПС в составе ленточных ростверков.

Исследуемыми натурными объектами, за которыми ведутся длительные геодезические наблюдения (организованные проф. Н.Л. Зоценко), являются жилые здания на НСПС в составе ленточных ростверков, расположенные в г. Полтава по ул. Курчатова, 17 и по ул. Степного Фронта, 29 [6].

При определении осадок фундаментов нами была использована изложенная в [7] методика и зависимость вида

$$S(t) = S^y(t) + \int_0^t K(t, \tau) \cdot S^y(\tau) \cdot d\tau \quad (1)$$

где $S(t)$ – осадка фундамента в момент времени t ; $S^y(t)$ – то же, обусловленная упругими свойствами основания; $K(t, \tau)$ – ядро ползучести грунтового скелета; τ – параметр, имеющий размерность времени.

Поскольку нагрузка на основание имеет вид неубывающей функции, в ходе обработки экспериментальных данных ядро ползучести было принято в виде

$$K(t, \tau) = K(t - \tau) \quad (2)$$

Для удобства анализа представленные на рис. 1 и рис. 2 зависимости были представлены в безразмерном виде (рис. 3 и рис. 4).

Для того, чтобы установить насколько отличаются грунтовые условия на различных площадках строительства, представленные на рисунках 3 и 4 данные были сведены вместе (рис. 5).

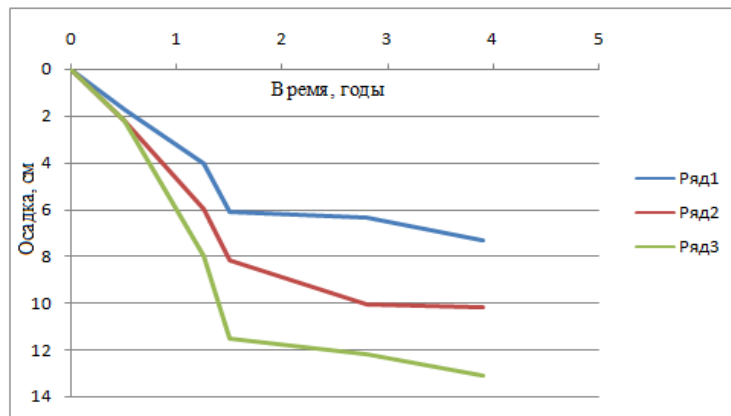


Рис. 1. Графики развития минимальных (ряд 1), средних (ряд 2) и максимальных (ряд 3) осадок стеновых марок 9-ти этажного общежития, ул. Курчатова, 17 в г. Полтава (фрагмент)

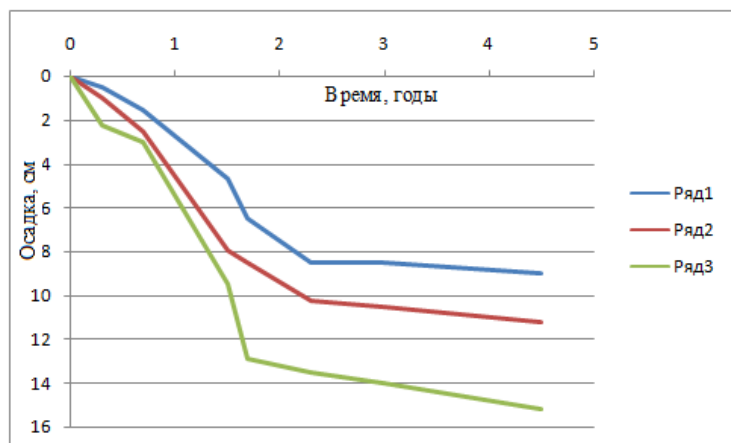


Рис. 2. Графики развития минимальных (ряд 1), средних (ряд 2) и максимальных (ряд 3) осадок стеновых марок 9-ти этажного общежития, ул. Степного Фронта, 29 в г. Полтава (фрагмент)

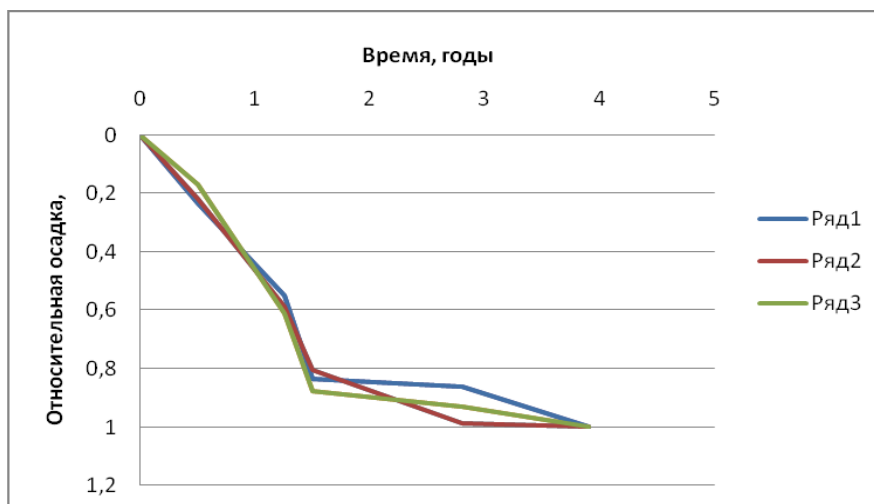


Рис. 3. Графики развития минимальных (ряд 1), средних (ряд 2) и максимальных (ряд 3) относительных осадок стеновых марок 9-ти этажного общежития, ул. Курчатова, 17 в г. Полтава (фрагмент)

Примечание. Настоящий рисунок читать совместно с рисунком 1.

Для этой цели нами была использована формула вида

$$\bar{S}(t) = S(t) / S_{\max} \quad (3)$$

где $S(t)$ – абсолютная осадка марки в момент времени t ; $\bar{S}(t)$ – то же, относительная, а S_{\max} – максимальная осадка за период наблюдений.

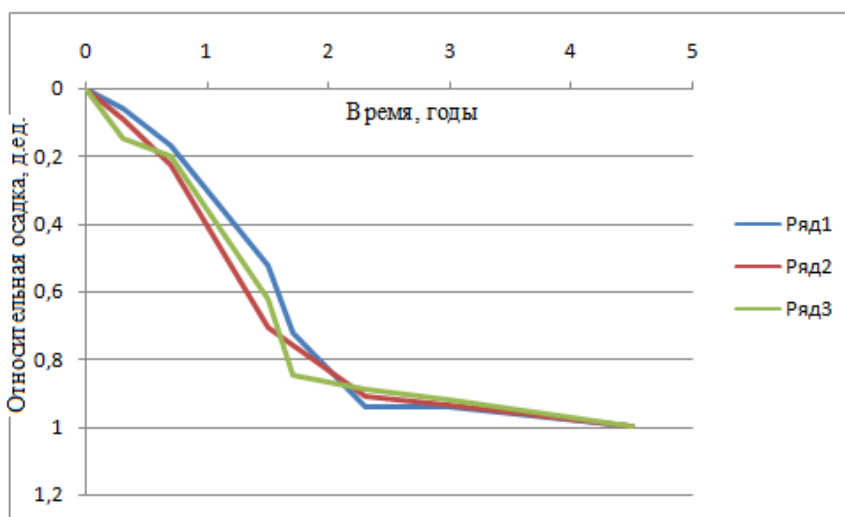


Рис. 4. Графики развития минимальных (ряд 1), средних (ряд 2) и максимальных (ряд 3) относительных осадок стеновых марок 9-ти этажного общежития, ул. Степного Фронта, 29 в г. Полтава (фрагмент)

Примечание. Настоящий рисунок читать совместно с рисунком 2.

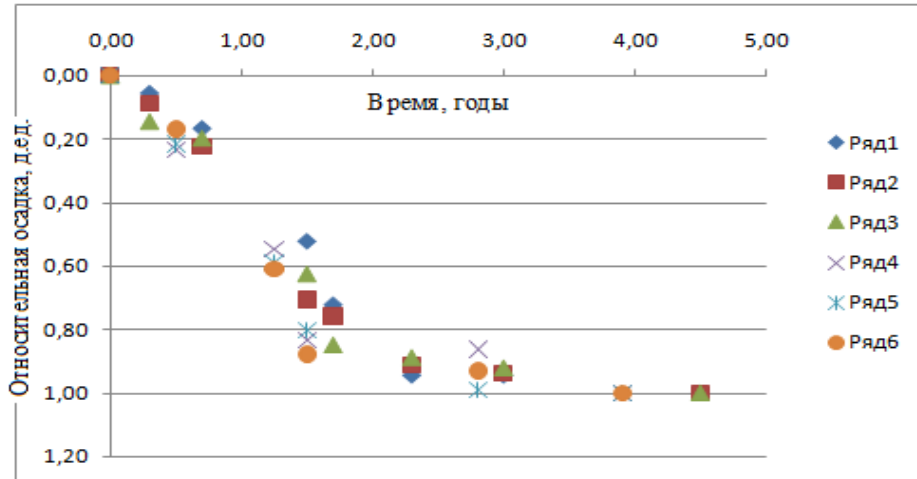


Рис. 5. Графики развития относительных осадок стеновых марок
Примечание. Настоящий рисунок читать совместно с рисунками 3 и 4

Ядро ползучести основания было принято в виде

$$K(t - \tau) = \delta \cdot \exp[-\delta_1 \cdot (t - \tau)] , \quad (4)$$

где δ и δ_1 – подлежащие определению параметры ползучести имеют размерность 1/год.

Зависимость «упругая осадка – время» была принята в виде

$$S^y(t) = \begin{cases} \frac{S_0^y}{t_c} \cdot t - n_{pu} & t \leq t_c; \\ S_0^y - n_{pu} & t > t_c. \end{cases} \quad (5)$$

где S_0^y – максимальная упругая осадка основания; t_c – время строительства сооружения (точнее, время приложения к основанию нагрузки).

Далее подставим (5) в уравнение (1). Имеем

$$S(t) = S_0^y \cdot \left\{ \left[\frac{t}{t_c} + \delta \cdot \frac{\delta_1 \cdot t + \exp(-\delta_1 \cdot t)}{t_c \cdot \delta_1^2} \right] \cdot [1 - U(t - t_c)] + U(t - t_c) \cdot \left[\frac{t_c \cdot \delta_1^2 - \delta + t \cdot \delta \cdot \delta_1^2 + \delta \cdot \exp(-\delta_1 \cdot t)}{t_c \cdot \delta_1^2} + \frac{\delta \cdot [1 - \exp(-\delta_1 \cdot (t - t_c))]}{\delta_1} \right] \right\} , \quad (6)$$

где $U(t)$ – единичная ступенчатая функция Хэвисайда.

Параметры ядра ползучести δ и δ_1 , а также упругая компонента осадки S_0^y определялись по методике, изложенной в работе [3].

Для этой цели равенство (6) было представлено в виде

$$S(t) = A \cdot f_1(t) + B \cdot f_2(t); \quad A = S_0^y; \quad B = \delta \cdot S_0^y; \quad \left. \vphantom{S(t)} \right\}; \quad (7)$$

$$f_1(t) = U(t - t_c) + \frac{t}{t_c} \cdot [1 - U(t - t_c)]; \quad \left. \vphantom{f_1(t)} \right\}; \quad (8)$$

$$f_2(t) = U(t - t_c) \cdot \left[\frac{1 - e^{-\delta_1(t-t_c)}}{\delta_1} + \frac{-1 + t_c \cdot \delta_1 + e^{-\delta_1(t_c)}}{t_c \cdot \delta_1^2} \right] + [1 - U(t - t_c)] \cdot \frac{-1 + t \cdot \delta_1 + e^{-\delta_1(t_c)}}{t_c \cdot \delta_1^2} \quad \left. \vphantom{f_2(t)} \right\}. \quad (9)$$

Далее определялись параметры S_0^y, δ и δ_1 .

Они оказались равными

$$S_0^y = 0,532 \text{ д.ед.}; \quad \delta = 0,338 \frac{1}{\text{год}}; \quad \delta_1 = 0,515 \frac{1}{\text{год}}. \quad (10)$$

Далее была выполнена проверка на адекватность полученных нами теоретических параметров (10). Для этой цели нами были использованы формулы (7 – 9). На рисунке 6 теоретическая кривая представлена сплошной линией, а экспериментальные данные – точками.

Из рисунка вытекает, что расчетные и фактические зависимости осадок грунтовых марок от времени практически совпадают. Это позволило нам сделать вывод о том, что установленные нами реологические параметры ядра ползучести δ и δ_1 , а также упругая составляющая осадки S_0^y являются достоверными.

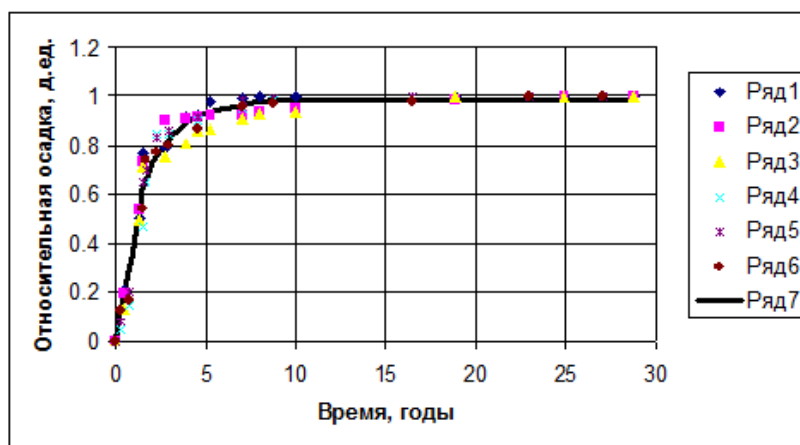


Рис. 6. Зависимости относительных осадок (формула 3) от времени
Ряды 1...6 – эксперимент; ряд 7 – теория

В этой связи сделан вывод о том, что полученные результаты могут быть корректно использованы для решения инженерных задач, в частности прогноза во времени осадок зданий на НСПС в составе ленточных ростверков, основанием которых являются замоченные лессовые грунты. На наш взгляд, материалы исследований представляют интерес и в том смысле, что упругая компонента осадки и реологические свойства таких оснований на базе наблюдений за деформациями конкретных объектов на НСПС получены, по-видимому, впервые.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Механіка ґрунтів. Основи та фундаменти. Підручник / В.Б. Швець, І.П. Бойко, Ю.Л. Винников, М.Л. Зоценко, О.О. Петраков, В.Г. Шаповал, С.В. Біда. – Дн-ськ: „Пороги”. – 2012. – 196 с.
2. Вольтерра В. Теория функционалов, интегральных и интегродифференциальных уравнений / В. Вольтерра. – М.: Наука, 1982. – 304 с.
3. Флорин В.А. Основы механики грунтов / В.А. Флорин. – Т. 2. – Л.-М.: Гостройиздат, 1961. – 543 с.
4. Зарецкий Ю.К. Лекции по современной механике грунтов / Ю.К. Зарецкий. – Ростов-на-Дону: РГУ, 1989. – 608 с.
5. Шаповал А.В. Теория взаимосвязанной фильтрационной консолидации: Монография / А.В. Шаповал, В.Г. Шаповал. – Дн-вск: Пороги, 2009. – 311 с.
6. Винников Ю.Л. Результати тривалих геодезичних спостережень за осіданнями будівель на набивних палях у пробитих свердловинах за умов замочених лесових ґрунтів / Ю.Л. Винников, І.В. Мірошниченко // Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. тр. Вып. 61. – Дн-вск.: ПГАСА, 2011. – С. 88 – 93.
7. Шаповал А.В. Теория взаимосвязанной фильтрационной консолидации: Монография / А.В. Шаповал, В.Г. Шаповал. – Дн-вск: Пороги, 2009. – 311 с.