

8. ДСТУ Б В.2.1-4-96 (ГОСТ 12248-96). Грунти. Методи лабораторного визначення характеристик міцності і деформативності. – К.: Мінрегіонбуд України, 1996. – 102 с.

9. Зоценко, М.Л. Пенетраційні експрес-методи визначення фізико-механічних властивостей зв'язних ґрунтів / М.Л. Зоценко, А.В. Яковлев, Ю.Л. Винников // Диагностика в строительстве: сб. науч. тр. – Дн.: ПГАСА, 2002. – Вып. 18. – С. 234–241.

10. Zotsenko, M. Modern practice of determination of strength characteristics of cohesive soils by penetration methods / M. Zotsenko, Y. Vynnykov, A. Yakovlev // Proc. of the XIV Danube – European Conf. on Geotechnical Engineering. – Bratislava. – 2010. – P. 245 – 253.

Надійшла до редакції 18.03. 2011

© Н.Л. Зоценко, Ю.Л. Винников, А.В. Яковлев, Р.А. Повзик, А.В. Суходуб

ПРАКТИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЧНОСТИ СВЯЗНЫХ ГРУНТОВ ПЕНЕТРАЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ

Выполнено сотни комплексов пенетрационно-сдвиговых испытаний глинистых грунтов. Их результаты использованы для определения показателей прочности грунта. Выявлена взаимосвязь между удельными сопротивлениями сдвигу τ и пенетрации R .

Ключевые слова: *связные грунты, одноплоскостной срез, пенетрация, угол внутреннего трения, удельное сцепление, взаимосвязь.*

PRACTICE OF DETERMINATION OF STRENGTH PROPERTIES OF COHESIVE SOILS BY PENETRATION METHODS

A few hundred complex penetration-shear tests of different clay soils were performed. Its results were used for determination of soil strength indexes. Interaction between unit shear resistance τ and penetration R was found.

Key words: *cohesive soils, direct shear test, penetration, angle of internal friction, unit cohesion, interaction.*

РАСЧЕТ ФУНДАМЕНТОВ МЕЛКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЛИНЕЙНОГО МЕТОДА, БАЗИРУЮЩЕГОСЯ НА РЕЗУЛЬТАТАХ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Предложена методика расчета фундаментов мелкого заложения с использованием нелинейного подхода и оценки надежности методом статистического анализа.

Ключевые слова: *нелинейный расчет осадок, надежность, статистический анализ.*

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными практическими заданиями. Известно применение различных нелинейных методов расчета, позволяющих рационально использовать несущую способность фундаментов, однако практическое их применение сдерживается из-за отсутствия достаточной апробации. Таким образом, развитие нелинейных методик в проектировании фундаментов требует продолжения исследований, особенно в направлении обеспечения надежности проектных решений.

Анализ последних исследований и публикаций, в которых начато решение данной проблемы. Сопоставление результатов расчетов нелинейных осадок фундаментов мелкого заложения с опытными данными показало, что они не всегда сходятся и требуют уточнения [1]. Разработанные эмпирические уравнения [2] показателя нелинейности зависимости $S = f(p)$ позволяют повысить точность расчета нелинейных осадок по методу М.В. Малышева [3]. Ранее были определены резервы несущей способности в нелинейной области нагружения без угрозы разрушения основания и чрезмерных осадок фундамента [4]. Исследования [5] позволили классифицировать грунты с точки зрения их особенности работы в нелинейной фазе. Вопросы оценки надежности [6] имеют ключевое значение для применения указанного подхода.

Выделение не решенных ранее частей общей проблемы, которым посвящается статья. Необходимо усовершенствовать методику расчета нелинейных осадок фундаментов мелкого заложения, которая будет базироваться на статистическом анализе для оценивания надежности конструкции.

Постановка задания. Опираясь на результаты исследований предложить метод расчета фундаментов мелкого заложения с использованием нелинейного метода.

Изложение основного материала исследования. При проектировании фундаментов мелкого заложения с учетом нелинейного нагружения особое значение приобретает обеспечение надежности оснований. В работе А.К. Бугрова [6] рассмотрена возможность оценки надежности по осадке упруго-пластического основания методом статистических испытаний. Данная методика при достаточно большом числе определений каких-либо характеристик в процессе изысканий позволяет учитывать неоднородность массива грунта, а также вероятность того, что может быть допущена ошибка и физико-механические характеристики приняты несколько отличающимися от фактических. Одним из свойств этого метода является моделирование случайных переменных разными видами функций распределения случайной величины. Каждая характеристика грунта моделируется приближенным распределением нормального закона в виде

$$x = M_x (1 + V_x \xi_x), \quad (1)$$

где M_x – математическое ожидание характеристики;

V_x – коэффициент вариации случайной характеристики x ;

ξ_x – случайное число, распределенное по нормальному закону.

Через случайные величины X методами нелинейной механики грунтов вычисляются осадки при соответствующих им нагрузках. Проверяются условия достоверности значений переменных, то есть выявляются грубые отклонения m значений X_i . Затем проверяется условие ненаступления предельного состояния. Если условие выполняется k раз из n возможных, то надежность вычисляется по формуле теории вероятности – отношение количества благоприятных исходов к общему числу исходов

$$H = \frac{k}{n - m}. \quad (2)$$

Представляется возможным выполнять расчет по первой и второй группе предельных состояний с учетом случайных изменений характеристик оснований, используя коэффициенты вариации, а оценку надежности производить по формуле (2). В предложенном методе использованы условия надежности, предписанные нормами: обеспечение прочности по первой группе предельных состояний и ограничение нелинейных осадок допускаемой величиной.

Мы [2] выполнили исследования с целью развития нелинейного метода расчета осадок [3] путем разработки эмпирических уравнений, характеризующих нелинейность зависимости $S = f(p)$. Для этого была разработана программа на ЭВМ для поиска эмпирического параметра n , характеризующего нелинейность графика зависимости осадки фундаментов от давления путем сопоставления получаемых осадок с опытными данными по графику $S = f(p)$. Методом корреляционно-регрессионного анализа отобраны факторы для модели, влияющие на показатель n , и построены уравнения регрессии, отражающие зависимости параметра n от характеристик основания и фундамента.

Нелинейную осадку фундамента следует определять по формуле

$$S = S_R \left\{ 1 + \left(\frac{P_u - R}{P_u - P} \right)^n \cdot \frac{P - R}{R - \sigma_{zg,0}} \right\}, \quad (3)$$

где S_R – осадка, соответствующая расчетному сопротивлению R ;

P_u – предельное сопротивление основания;

P – среднее давление по подошве фундамента при $R < P < P_u$;

$\sigma_{zg,0}$ – напряжение от собственного веса грунта на уровне подошвы фундамента;

n – параметр нелинейности графика $S = f(p)$.

Предложено определять n по эмпирическим формулам (4), (5). Для фундаментов, расположенных на песчаных грунтах,

$$n = -0,789 + 1,172P_u + 0,334 \frac{d}{b} + 0,195P_u^2 - 0,802P_u \frac{d}{b} + 0,509 \left(\frac{d}{b} \right)^2, \quad (4)$$

где d и b – глубина заложения и ширина подошвы фундамента. Для фундаментов, расположенных на глинистых грунтах,

$$n = 0,682 - 0,210P_u + 1,866b + 0,202P_u^2 + 1,078P_u b - 1,377b^2. \quad (5)$$

Результаты исследований позволяют предложить методику расчета и проектирования фундамента мелкого заложения при нелинейном нагружении, блок-схема которой приведена на рис. 1.

Методика расчета и проектирования фундамента мелкого заложения при нелинейном нагружении:

1. Из анализа грунтовых условий определяется целесообразность применения модели нелинейно деформируемого основания.
2. Выполняется математическое моделирование характеристик грунтового основания.
3. Предварительно назначаются глубина заложения и размеры фундамента, определяется расчетное сопротивление и соответствующая ему осадка линейно деформируемого полупространства по нормам [7].
4. Назначается нагрузка и соответствующее давление в нелинейной области нагружения из условия обеспечения надежности фундамента.
5. Выполняется расчет осадок при нелинейном нагружении по формулам (3) – (5).
6. Выполняется анализ условий $S \leq S_u$; $R \leq R_u \frac{\gamma_c}{\gamma_n}$.
7. Проводится проверка надежности системы.

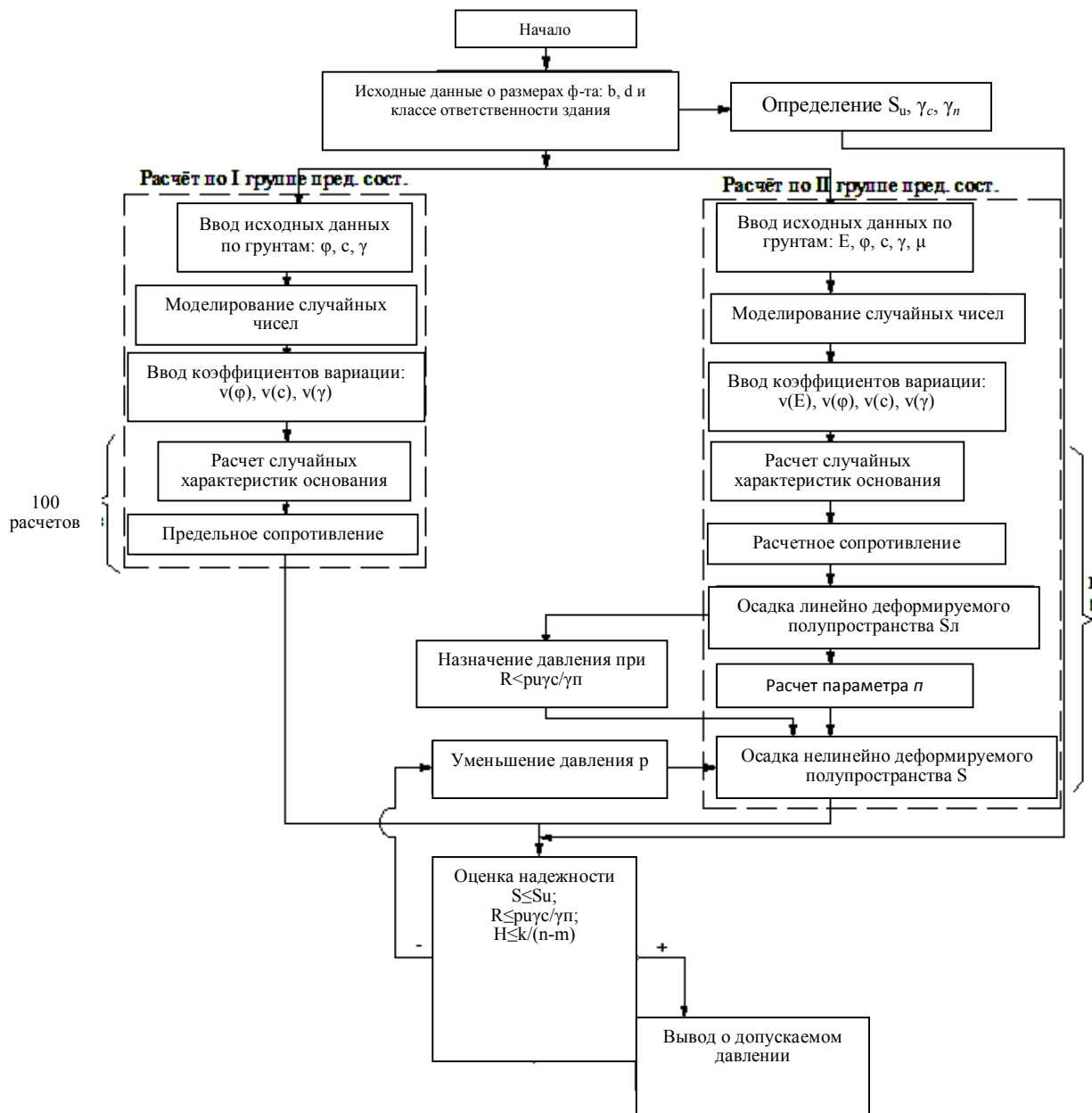


Рисунок 1 – Алгоритм расчета фундамента мелкого заложения с использованием нелинейного метода и оценки надежности методом статистического анализа

Выводы из данного исследования. В статье предложена нелинейная методика расчета фундаментов мелкого заложения и оценка надежности, что особенно важно при повышенном уровне их нагружения.

Литература

1. Киричек, Ю.А. Об адекватности нелинейных методов расчета осадок фундаментов мелкого заложения / Ю.А. Киричек, А.В. Трегуб // Тр. Международной конференции по геотехнике «Развитие городов и геотехническое строительство» / НПО «Геореконструкция-Фундаментпроект». – СПб, 2008. – Т. 3. – С. 183 – 186.
2. Трегуб, А.В. Развитие методики нелинейного расчета фундаментов мелкого заложения / А.В. Трегуб, Ю.А. Киричек // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. науч. трудов. Вып. №56. – Д.: ПГАСА, 2010. – С. 535 – 545.
3. Малышев, М.В. Прогноз осадок фундаментов неглубокого заложения с использованием обоих критериев предельных состояний / М.В. Малышев // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1996. – №1. – С. 2 – 4.
4. Киричек, Ю.А. Оценка несущей способности оснований фундаментов мелкого заложения / Ю.А. Киричек, А.В. Трегуб // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. науч. трудов. Вып. 48, ч. 3. – Д.: ПГАСА, 2009. – С. 213 – 218.
5. Трегуб, А.В. О возможности увеличения несущей способности фундаментов мелкого заложения за счет работы основания в нелинейной фазе деформаций / А.В. Трегуб, Ю.А. Киричек // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. науч. трудов. Вып. №50. – Д.: ПГАСА, 2009. – С. 585 – 592.
6. Бугров, А.К. Расчет надежности по осадке упругопластического основания методом статистических испытаний / А.К. Бугров, В.Г. Шилин // Реконструкция городов и геотехническое строительство. №3. С. – СПб, 2000. – С. 17 – 25.
7. ДБН В.2.1-10-2009. Основания и фундаменты сооружений / Минрегионстрой Украины. – К.: НИИСК, 2009. – 78 с.

Надійшла до редакції 07.04. 2011

© Ю. А. Киричек, А.В. Трегуб

РОЗРАХУНОК ФУНДАМЕНТІВ МІЛКОГО ЗАКЛАДЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЛІНІЙНОГО МЕТОДУ, ЩО БАЗУЄТЬСЯ НА РЕЗУЛЬТАТАХ СТАТИСТИЧНОГО АНАЛІЗУ

Запропоновано методику розрахунку фундаментів мілкоого заглиблення з використанням нелінійного підходу та оцінки надійності методом статистичного аналізу.

Ключові слова: *нелінійний розрахунок осідання, надійність, статистичний аналіз.*

THE SHALLOW FOUNDATIONS DESIGN USING NONLINEAR METHOD AND RESULTS OF STATISTICAL ANALYSIS

It is presented the design method of shallow foundations using non-linear approach and estimation of reliability by the method of statistic analysis.

Key words: *non-linear design of settlements, reliability, statistic analysis.*