Открытое акционерное общество
«Научно-исследовательский центр «Строительство»

ОАО «НИЦ «Строительство»

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

Деформационные и прочностные характеристики юрских глинистых грунтов Москвы

СТО 36554501-020-2010

Москва
2010

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Сведения о стандарте:

1 РАЗРАБОТАН И ВНЕСЕН лабораторией электротехнических технологий (зав. лабораторией — канд. техн. наук *Х.А. Джантимиров*) НИИОСП им. Н.М. Герсеванова — института ОАО «НИЦ «Строительство» вед. науч. сотр., канд. техн. наук *О.И. Игнатовой*

2 РЕКОМЕНДОВАН К ПРИНЯТИЮ секцией механики грунтов и исследования свойств грунтов НТС НИИОСП им. Н.М. Герсеванова

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ приказом генерального директора ОАО «НИЦ «Строительство» от 10 февраля 2010 г. № 27

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Замечания и предложения следует направлять в НИИОСП им. Н.М. Герсеванова — институт ОАО «НИЦ «Строительство»: тел. 8-499-170-27-35.

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве нормативного документа без разрешения ОАО «НИЦ «Строительство».

Применение настоящего стандарта следует осуществлять на базе договора с НИИОСП им. Н.М. Герсеванова — институтом ОАО «НИЦ «Строительство», что определено положениями ГОСТ Р 1.4—2004.

© ОАО «НИЦ «Строительство», 2010

Содержание

Введение IV
1. Область применения 1
2. Нормативные ссылки 1
3. Общие положения 2
4. Определение модуля деформации по физическим характеристикам 2
5. Определение модуля деформации по данным статического зондирования 3
6. Коэффициенты перехода от компрессионного модуля деформации к штамповому 4
7. Определение прочностных характеристик по физическим характеристикам 6
Список литературы 7
Приложение А. Условные обозначения 8
Приложение Б. Методика статистической обработки опытных данных 9

Введение

В связи с интенсивным развитием в последние годы строительства в Москве зданий повышенной этажности и высотных с глубокой подземной частью и подземных сооружений возникла необходимость в оценке строительных свойств грунтов, залегающих на больших глубинах. К этим грунтам относятся грунты юрского, мелового и каменноугольного периодов.

Оценка характеристик этих грунтов на основе статистического обобщения накопленных архивных данных инженерно-геологических изысканий является актуальной задачей.

Для выполнения работы был проведен сбор архивных материалов лабораторных и полевых испытаний дочетвертичных грунтов Москвы из отчетов по инженерно-геологическим изысканиям 40 организаций, проводящих изыскательские работы на территории города, поступивших в институт по конкретным объектам проектирования.

В настоящем стандарте приводятся результаты исследований для юрских J_3 глинистых грунтов.

Собраны результаты лабораторных испытаний грунтов на компрессию и одноплоскостной срез и результаты полевых испытаний штампом и прессиометром, а также данные статического зондирования зондом II типа по 187 площадкам изысканий.

Характеристики грунтов: модуль деформации E, угол внутреннего трения φ и удельное сцепление c были подвергнуты статистической обработке с целью установления корреляционных связей этих параметров с физическими характеристиками, а для модуля деформации еще и с удельным сопротивлением грунта под конусом зонда q при статическом зондировании. Кроме того, были выполнены исследования для получения коэффициентов перехода от компрессионного модуля деформации к штамповому. Отдельные изыскательские организации для этой цели используют корректировочные коэффициенты, полученные для четвертичных грунтов, что неправомерно.

При исследованиях был использован аппарат корреляционно-регрессионного анализа.

Касаясь истории вопроса, следует отметить, что статистические обобщения результатов изысканий и исследования корреляционных взаимосвязей между показателями свойств грунтов проводились и ранее. Так, в 60-е годы XX столетия подобная работа была выполнена в НИИОСП для четвертичных грунтов, результатом чего явились таблицы СНиП 2.02.01-83* и корректировочные коэффициенты к компрессионным модулям деформации для четвертичных грунтов (СП 50-101-2004).

Результаты исследований связи модуля деформации по данным штамповых испытаний с удельным сопротивлением грунта под конусом зонда для юрских глин Москвы приведены в работе [1], но они основывались на небольшом статистическом материале.

На основе проведенных исследований для юрских глинистых грунтов составлены таблицы нормативных и расчетных значений прочностных и деформационных характеристик и установлены коэффициенты перехода от компрессионных модулей деформации к штамповым. Для этих грунтов получено также уравнение для оценки модуля деформации по результатам статического зондирования. Результаты проведенных исследований опубликованы в работе [2].

Эти результаты рекомендуется использовать в практике инженерно-геологических изысканий, проектирования и устройства оснований и фундаментов, что позволит повысить достоверность деформационных и прочностных характеристик, используемых в расчетах оснований.

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

ДЕФОРМАЦИОННЫЕ И ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЮРСКИХ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ МОСКВЫ

Deformation and strength characteristics of Jurassic clay soils in Moscow

Дата введения 2010—02—25

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт распространяется на определение деформационных и прочностных характеристик юрских J_3 глинистых грунтов Москвы. Эти грунты были представлены следующими отложениями: J_3v — волжский ярус; J_3ox — оксфордский ярус и J_3cl — келловейский ярус. В табл. 1 приведены диапазоны изменения и средние значения основных физических характеристик грунтов указанных отложений.

1.2 Стандарт предназначен для определения нормативных и расчетных значений деформационных и прочностных характеристик грунтов по таблицам и уравнениям в зависимости от их физических характеристик и данных статического зондирования.

1.3 Таблицы и уравнения для определения нормативных и расчетных значений деформационных и прочностных характеристик грунтов рекомендуется применять для предварительных расчетов оснований и фундаментов зданий и сооружений I уровня ответственности и окончательных расчетов оснований и фундаментов зданий и сооружений II и III уровней ответственности.

Таблица 1

Индекс	Характерные значения	ρ, т/м^3	e	w_L, %	I_p, %	I_L	h, м
J_3v	Min	1,72	0,48	20	5	−0,25	7
	Max	2,14	1,14	55	27	0,90	50
	Среднее	1,92	0,77	37	15	0,29	21
J_3ox	Min	1,62	0,82	39	18	−0,26	7
	Max	1,93	1,52	100	62	0,40	50
	Среднее	1,75	1,20	80	42	0,04	26
J_3cl	Min	1,74	0,60	33	13	−0,36	11
	Max	2,04	1,22	88	49	0,35	47
	Среднее	1,84	0,98	71	38	0,06	25

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие нормативные документы:

СП 50-101-2004 Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений

ГОСТ 5180—84 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик

ГОСТ 12248—96 Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости

ГОСТ 19912—2001 Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием

ГОСТ 20276—99 Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости

ГОСТ 20522—96 Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний

3 Общие положения

3.1 Настоящий стандарт предназначен для определения следующих характеристик юрских глинистых грунтов Москвы:

модуля деформации E по данным полевых испытаний грунтов штампом и прессиометром в зависимости от физических характеристик;

модуля деформации E по данным полевых испытаний грунтов штампом и прессиометром в зависимости от удельного сопротивления грунта под конусом зонда q при статическом зондировании;

коэффициента перехода от компрессионного модуля деформации к штамповому;

угла внутреннего трения φ и удельного сцепления c по данным испытаний на срез в зависимости от физических характеристик.

3.2 Испытания грунтов штампом выполнялись в скважинах площадью 600 см^2. Испытания прессиометром выполнялись в скважинах с использованием радиальных прессиометров и прессиометров с секторной нагрузкой на стенку скважины. Испытания проводились в соответствии с ГОСТ 20276.

Статическое зондирование грунтов выполнялось зондом II типа в соответствии с ГОСТ 19912.

Компрессионные испытания грунтов выполнялись в соответствии с ГОСТ 12248 для грунтов природной влажности. Для исследований были использованы результаты испытаний с конечной вертикальной нагрузкой $p \geq 0{,}5$ МПа. Значения компрессионных модулей деформации вычислялись в диапазоне нагрузок 0,2—0,5 МПа.

Значения φ и c определялись по данным консолидированно-дренированных испытаний на срез грунтов природной влажности в соответствии с ГОСТ 12248.

Физические характеристики грунтов определялись в соответствии с ГОСТ 5180.

3.3 Для составления таблиц нормативных и расчетных значений деформационных и прочностных характеристик грунтов при статистической обработке материалов использован аппарат корреляционно-регрессионного анализа, позволяющий установить корреляционные связи и уравнения регрессии между механическими характеристиками E, φ и c с одной стороны и физическими характеристиками и данными статического зондирования q с другой. Теснота связи характеризуется коэффициентом корреляции R и средним квадратическим (стандартным) отклонением S (приложение Б).

При корреляционном анализе использованы следующие физические характеристики: число пластичности I_p как показатель вида или глинистости грунта; коэффициент пористости e как показатель плотности грунта в природном залегании и показатель текучести I_L как показатель состояния грунта по консистенции.

3.4 Исследования корреляционных связей выполнены между нормативными значениями механических и физических характеристик и сопротивления зондированию q, определенными как среднее арифметическое значение частных значений для выделенных при изысканиях инженерно-геологических элементов (ИГЭ) (ГОСТ 20522).

Для определения нормативных и расчетных значений E, φ и c по таблицам и уравнениям необходимо использовать нормативные значения физических характеристик и сопротивления зондированию q для ИГЭ.

4 Определение модуля деформации по физическим характеристикам

4.1 Нормативные значения полевого модуля деформации E следует принимать по уравнению (1) или табл. 2, составленных на основе статистической обработки результатов испытаний грунтов штампом и прессиометром (рис. 1).

$$E = 34{,}30 - 8{,}84e - 16{,}50I_L \quad (R = 0{,}75;\ S = 3{,}5 \text{ МПа}). \qquad (1)$$

Таблица 2

Показатель текучести I_L	Нормативные значения модуля деформации E, МПа, при коэффициенте пористости e, равном				
	0,6—0,7	0,8—0,9	1,0—1,1	1,2—1,3	1,4—1,5
$-0,25 \le I_L \le 0$	30	28	26	24	22
$0 < I_L \le 0,25$	26	24	22	20	18
$0,25 < I_L \le 0,5$	22	20	18	16	14
$0,5 < I_L \le 0,75$	18	16	—	—	—

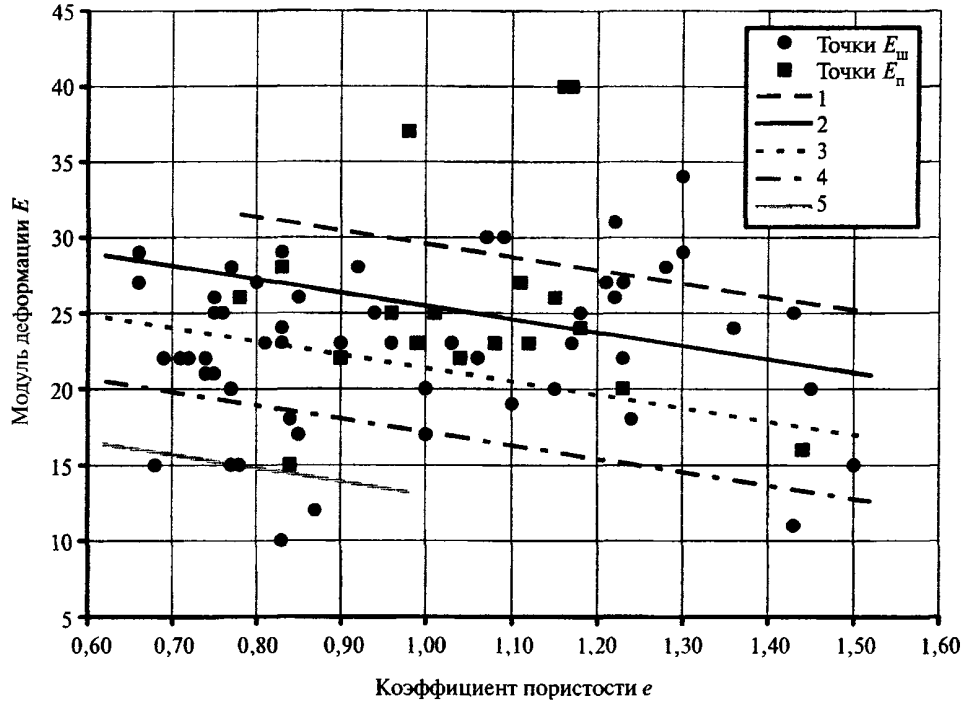

***Рисунок 1* — Зависимость модуля деформации по данным штамповых ($E_ш$) и прессиометрических ($E_п$) испытаний ($n_{ИГЭ} = 75$; $n_i = 280$) от коэффициента пористости e и показателя текучести I_L для юрских глинистых грунтов:**
I_L: *1* — (–0,25); *2* — 0,0; *3* — 0,25; *4* — 0,5; *5* — 0,75

5 Определение модуля деформации по данным статического зондирования

5.1 Нормативные значения полевого модуля деформации E следует принимать в зависимости от удельного сопротивления грунта под конусом зонда q по уравнению (2), полученному на основе статистической обработки результатов испытаний грунтов штампом, прессиометром и статическим зондированием (рис. 2).

$$E = 8,5 + 5q \quad (R = 0,79;\ S = 4,0 \text{ МПа}). \qquad (2)$$

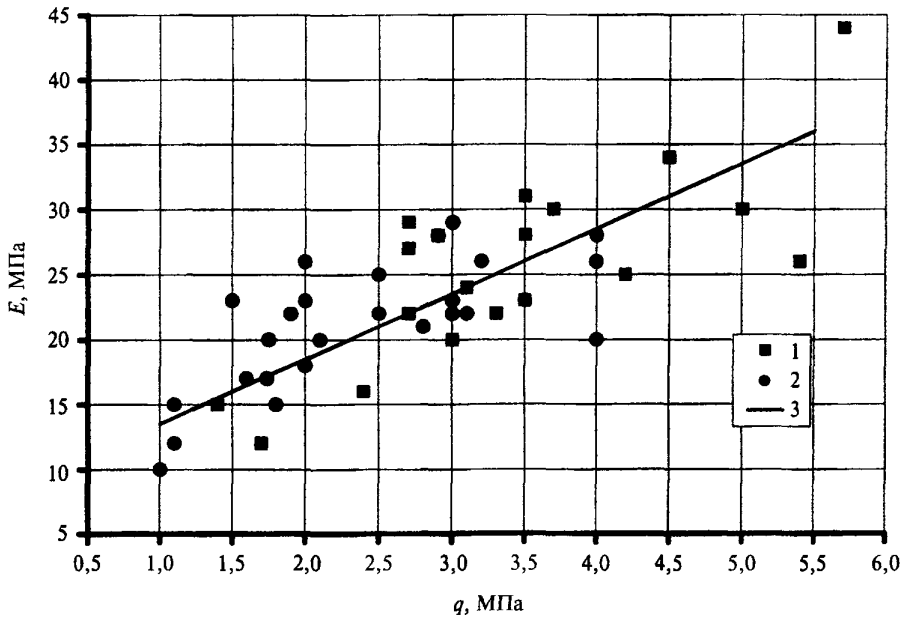

***Рисунок 2* — Зависимость модуля деформации *E* по данным штамповых и прессиометрических испытаний от удельного сопротивления грунта под конусом зонда *q* для юрских глинистых грунтов:**

экспериментальные точки: *1* — для J_3ox; *2* — для J_3v; *3* — зависимость $E = f(q)$

6 Коэффициенты перехода от компрессионного модуля деформации к штамповому

6.1 Коэффициенты перехода m_k от компрессионного модуля деформации к штамповому следует принимать или в зависимости от коэффициента пористости *e* и показателя текучести I_L (табл. 3), или в зависимости от числа пластичности I_p и показателя текучести I_L (табл. 4).

Табл. 3 и 4 составлены на основе статистической обработки результатов параллельных определений модуля деформации по испытаниям штампом $E_ш$ и на компрессию E_k, при этом $E_ш$ и E_k представляют собой нормативные значения для ИГЭ.

Экспериментальные значения коэффициента $m_k = E_ш / E_k$ приведены на рис. 3 и 4.

Таблица 3

Показатель текучести I_L	Значения коэффициента m_k при коэффициенте пористости *e*, равном		
	0,6—0,8	0,9—1,1	1,2—1,5
–0,25	—	3,4	3,6
0	2,8	3,0	3,2
0,25	2,4	2,6	2,8
0,5	2,0	2,2	2,4
0,75	1,6	—	—

Таблица 4

Показатель текучести I_L	Значения коэффициента m_k при числе пластичности I_p, равном			
	≤ 7	8—17	18—30	31—50
–0,25	—	3,1	3,3	3,6
0	—	2,8	3,0	3,3
0,25	2,3	2,5	2,7	3,0
0,5	2,0	2,2	2,4	2,7
0,75	1,7	1,8	—	—

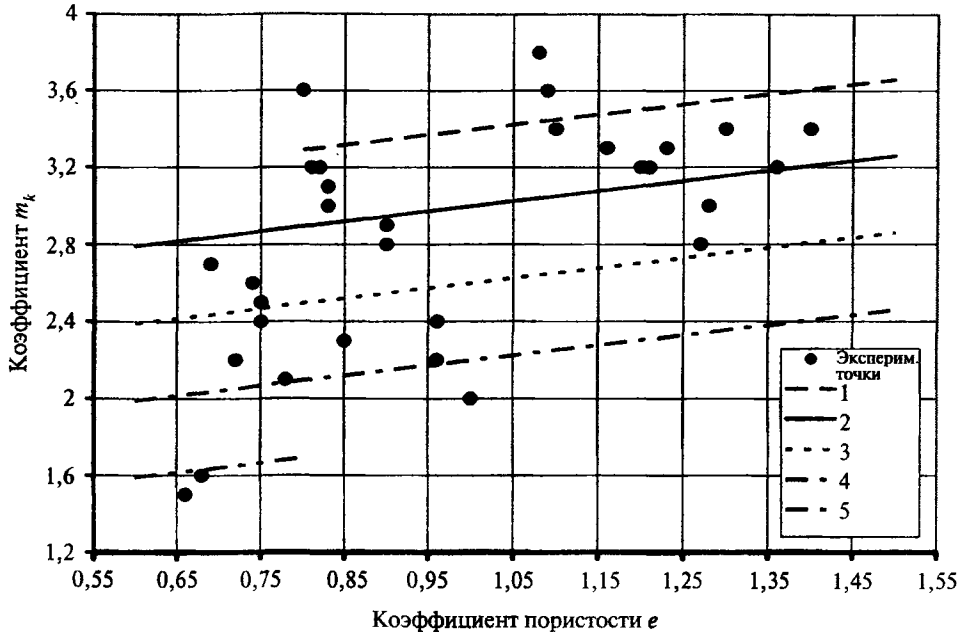

Рисунок 3 **— Зависимость коэффициента m_k от коэффициента пористости e и показателя текучести I_L для юрских глинистых грунтов ($n = 32$; $m_k = 2{,}47 + 0{,}53e - 1{,}60I_L$; $R = 0{,}79$; $S = 0{,}42$):**

I_L: 1 — (–0,25); 2 — 0,0; 3 — 0,25; 4 — 0,5; 5 — 0,75

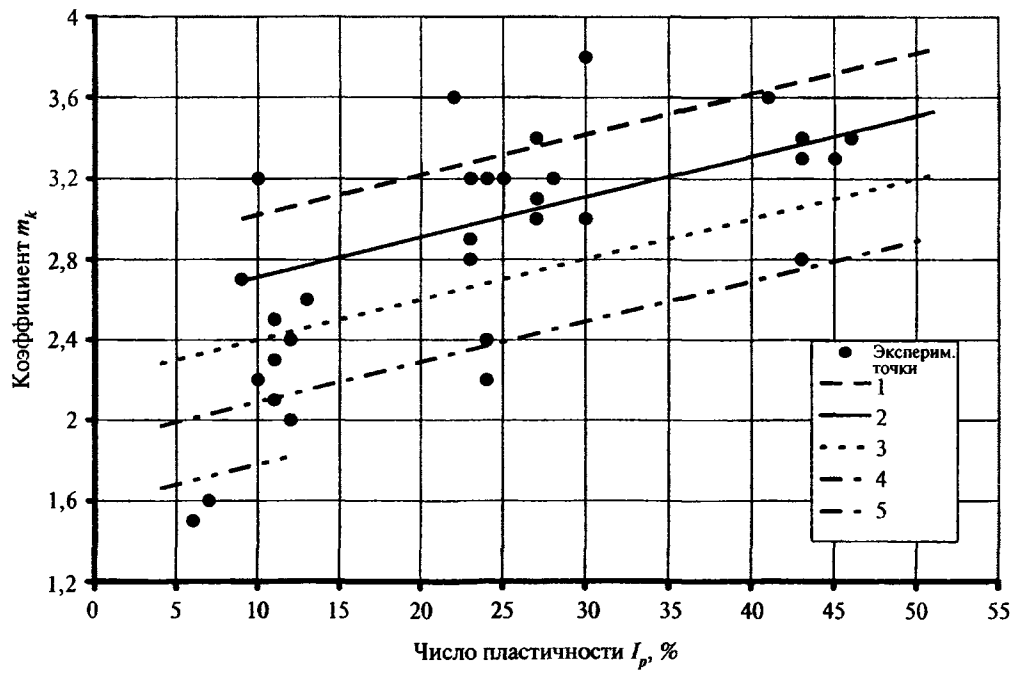

Рисунок 4 **— Зависимость коэффициента m_k от числа пластичности I_p и показателя текучести I_L для юрских глинистых грунтов ($n = 32$; $m_k = 2{,}51 + 0{,}02I_p - 1{,}24I_L$; $R = 0{,}83$; $S = 0{,}38$):**

I_L: 1 — (–0,25); 2 — 0,0; 3 — 0,25; 4 — 0,5; 5 — 0,75

При использовании коэффициентов m_k по табл. 3 и 4 для корректировки компрессионных модулей деформации последние должны вычисляться в диапазоне вертикальных давлений 0,2—0,5 МПа, а значения коэффициента β, учитывающего невозможность бокового расширения грунта в компрессионном приборе, составлять 0,4 — для глин, 0,62 — для суглинков и 0,72 — для супесей.

7 Определение прочностных характеристик по физическим характеристикам

7.1 Нормативные значения прочностных характеристик юрских глинистых грунтов — угла внутреннего трения φ и удельного сцепления *c*, полученных по результатам консолидированно-дренированных (КД) испытаний грунтов на срез, следует определять в зависимости от числа пластичности I_p и показателя текучести I_L по уравнениям (3) и (4) или табл. 5 (рис. 5 и 6):

$$\varphi = 24{,}4 - 0{,}14I_p - 5{,}35I_L \ (n_{ИГЭ} = 81;\ R = 0{,}65;\ S = 2{,}3^\circ); \quad (3)$$

$$c = 49{,}63 + 0{,}53I_p - 44{,}74I_L \ (n_{ИГЭ} = 81;\ R = 0{,}82;\ S = 10\ кПа). \quad (4)$$

Таблица 5

Показатель текучести I_L	Обозначение характеристики	Нормативные значения φ° и *c*, кПа, при числе пластичности I_p, %, равном				
		≤ 7	8—17	18—30	31—40	41—50
$-0{,}25 \le I_L \le 0$	φ° *c*, кПа	— —	—	22 65	20 70	19 80
$0 < I_L \le 0{,}25$	φ° *c*, кПа		23 50	20 55	18 60	17 70
$0{,}25 < I_L \le 0{,}5$	φ° *c*, кПа	27 25	21 40	19 45	17 50	16 60
$0{,}5 < I_L \le 0{,}75$	φ° *c*, кПа	22 15	19 20	— —	— —	— —

7.2 Расчетные значения φ и *c* следует вычислять исходя из нормативных значений (табл. 5), уменьшая их на величину доверительного интервала Δ, вычисленного по методике прил. 2 СТО при доверительной вероятности α = 0,85 и α = 0,95 (СП 50-101).

Доверительный интервал Δ для φ и *c* составляет:

$\Delta\varphi = 1^\circ$ $\Delta c = 7$ кПа (при α = 0,85);

$\Delta\varphi = 2^\circ$ $\Delta c = 11$ кПа (при α = 0,95).

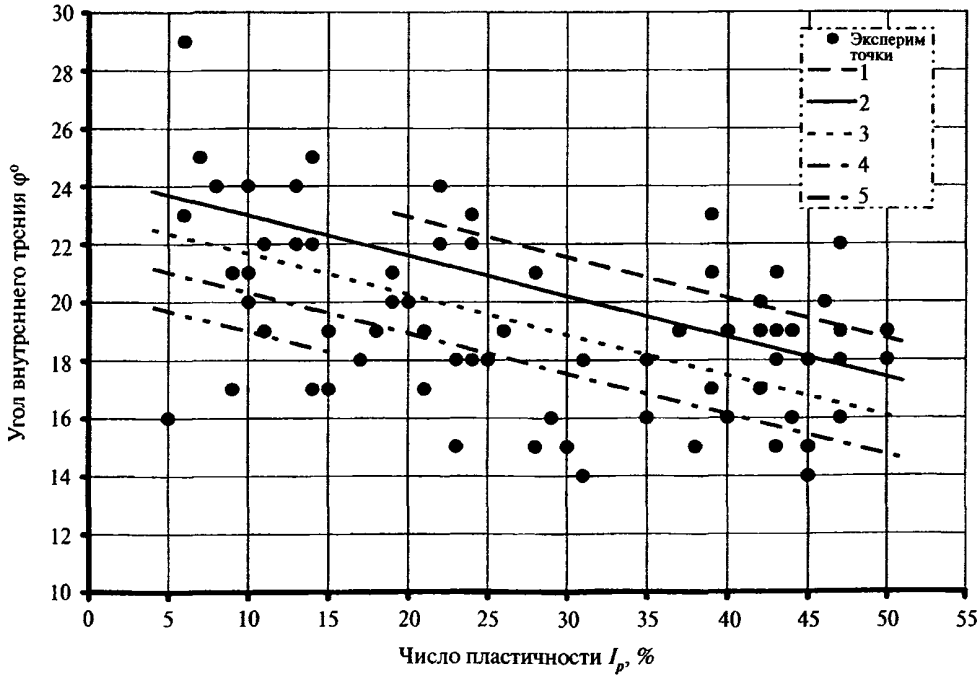

***Рисунок 5* — Зависимость угла внутреннего трения φ° от числа пластичности I_p и показателя текучести I_L для юрских глинистых грунтов; срез КД:**

I_L: 1 — (−0,25); 2 — 0,0; 3 — 0,25; 4 — 0,5; 5 — 0,75

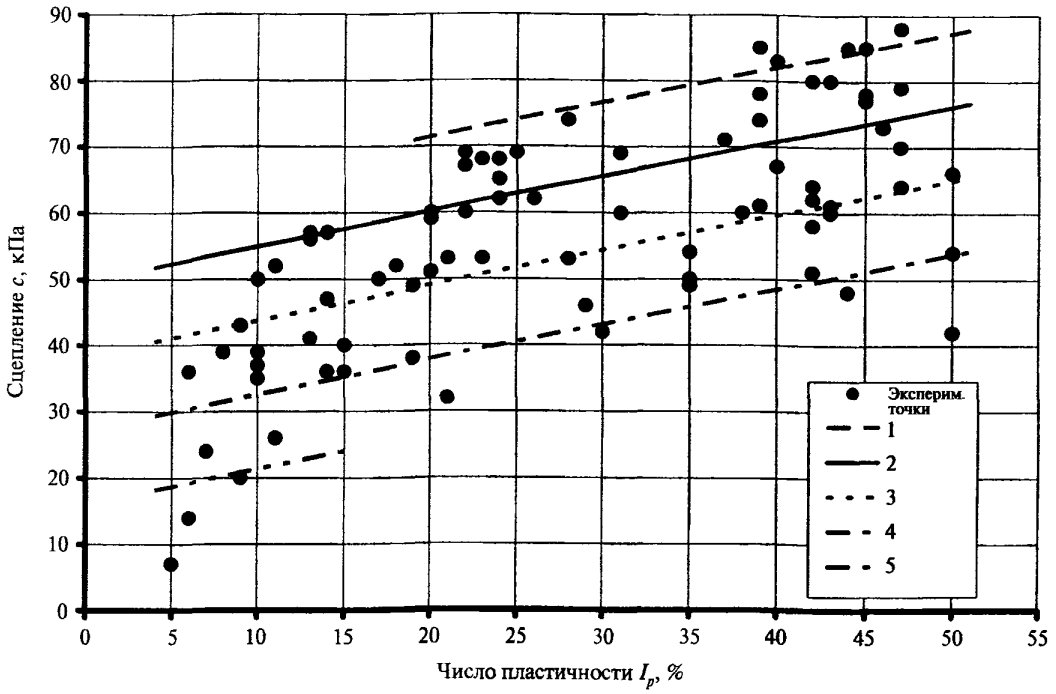

Рисунок 6 **— Зависимость сцепления *c* от числа пластичности I_p и показателя текучести I_L для юрских глинистых грунтов; срез КД:**

I_L: *1* — (–0,25); *2* — 0,0; *3* — 0,25; *4* — 0,5; *5* — 0,75

Список литературы

1. Зиангиров Р. С., Каширский В. И. Оценка деформационных свойств дисперсных грунтов по данным статического зондирования // Основания, фундаменты и механика грунтов. — 2005. — № 1. — С. 12—16.

2. Игнатова О.И. Деформационные характеристики юрских глинистых грунтов Москвы // Основания, фундаменты и механика грунтов. — 2009. — № 5. — С. 24—28.

3. Руководство по составлению региональных таблиц нормативных и расчетных показателей свойств грунтов. — М.: Стройиздат, 1981. — 54 с.

Приложение А

Условные обозначения

J_3v — верхнеюрские отложения волжского яруса
J_3ox — верхнеюрские отложения оксфордского яруса
J_3cl — верхнеюрские отложения келловейского яруса

ρ — плотность грунта
e — коэффициент пористости грунта
I_p — число пластичности грунта
I_L — показатель текучести грунта
h — глубина отбора образца грунта или испытания штампом (прессиометром)

$E_ш$ — модуль деформации по результатам штамповых испытаний
$E_п$ — модуль деформации по результатам прессиометрических испытаний
q — удельное сопротивление грунта под конусом зонда при статическом зондировании
КД — консолидированно-дренированный срез грунта

R — коэффициент корреляции
S — среднее квадратичное отклонение (стандартное отклонение)

Приложение Б

Методика статистической обработки опытных данных

Для исследования взаимосвязей между механическими y и физическими x_i характеристиками использовался аппарат корреляционно-регрессионного анализа. Вычисления производились на компьютере по стандартной программе, которая предусматривает построение методом наименьших квадратов линейной зависимости вида

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + ... + b_n x_n. \quad (Б.1)$$

Для аппроксимации нелинейной зависимости чаще всего используются полином 2-й или 3-й степени или уравнение (Б.2). Однако в связи с тем, что статистические оценки в теории корреляции разработаны только для линейных зависимостей, нелинейные зависимости должны быть преобразованы в линейные путем замены переменных.

$$y = 10^{(b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \cdot \cdot + b_n x_n)}. \quad (Б.2)$$

Зависимость (Б.2) преобразуется в логарифмически-линейную зависимость вида

$$\lg y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + ... + b_n x_n. \quad (Б.3)$$

Коэффициенты b определяются методом наименьших квадратов.

Для каждого уравнения связи определяются следующие статистические показатели: коэффициенты парной и множественной корреляции, характеризующие тесноту связи; среднее квадратичное (стандартное) отклонение зависимой переменной S_y от уравнения. Анализ полученных зависимостей позволяет выявить наилучшее сочетание факторов x_i, обеспечивающее наиболее тесную корреляционную связь. При этом анализе необходимо учитывать, что между самими переменными x_i существует корреляционная взаимосвязь (в некоторых случаях довольно тесная), характеризуемая коэффициентами парной корреляции. Так, очень тесно связаны влажность на границе текучести и число пластичности, плотность и коэффициент пористости, что учитывалось при выборе определяющих физических характеристик при статистической обработке.

В качестве факторов аргументов x_i при корреляционном анализе использовались следующие физические характеристики: число пластичности I_p как показатель вида или глинистости грунта; коэффициент пористости e как показатель плотности грунта в природном залегании и показатель текучести I_L как показатель состояния грунта по консистенции. Кроме того, была исследована зависимость модуля деформации по данным штамповых и прессиометрических испытаний от удельного сопротивления грунта под конусом зонда q при статическом зондировании.

Следует отметить, что корреляционные связи проявляются лучше в широком диапазоне изменения характеристик. При анализе следует обращать внимание не только на величину коэффициента корреляции, но и на стандартное отклонение.

Исследования корреляционных взаимосвязей согласно рекомендациям [3] выполнялись между нормативными значениями механических и физических характеристик для отдельных ИГЭ. Следует отметить, что эти взаимосвязи являются более тесными и достоверными, чем между частными значениями характеристик, полученными в отдельных точках. Кроме того, как известно, в расчетах оснований используются расчетные значения — производные от нормативных значений. В связи с этим при использовании полученных корреляционных зависимостей и таблиц для прогноза прочностных и деформационных характеристик грунтов необходимо применять также нормативные значения физических характеристик.

Для нахождения расчетных значений φ и c использована методика, изложенная в рекомендациях [3] и предусматривающая получение доверительного интервала для прогноза нового наблюдения для новой площадки изысканий. Доверительный интервал Δ вычисляется исходя из полученной для уравнения связи остаточной дисперсии S^2 с учетом среднего числа опытов и среднего стандартного отклонения для φ и c внутри инженерно-геологического элемента $S^2_{вн}$ по формуле

$$\Delta = t_\alpha S_0 \sqrt{1 + d^2 / n}, \quad (Б.4)$$

где $S_0^2 = S^2 - S_{вн}^2 / m$;

t_α — коэффициент, принимаемый по табл. 2 прил. Ж ГОСТ 20522;

m — среднее число определений φ и c в ИГЭ;

n — общее число нормативных значений φ и c (общее число ИГЭ);

d^2 — функционал, характеризующий изменение ширины доверительного интервала вдоль зависимости.

Следует отметить, что значение d^2 / n при тех значениях n, которые имели место в исследуемой выборке опытных данных, получалось пренебрежимо малым.

Расчетные значения φ и c вычислены при доверительных вероятностях $\alpha = 0,85$ и $\alpha = 0,95$, регламентированных СП 50-101.

УДК 624.131.54

Ключевые слова: деформационные и прочностные характеристики грунтов, юрские глинистые грунты, статистическая обработка.

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

ОАО «НИЦ «СТРОИТЕЛЬСТВО»

ДЕФОРМАЦИОННЫЕ И ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЮРСКИХ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ МОСКВЫ

СТО 36554501-020-2010

Ответственная за выпуск Л.Ф. Калинина

Формат 60×84 1/8. Тираж 100 экз. Заказ № 408.

Отпечатано в ОАО «ЦПП»

gost.e-ecolog.ru