

Методика ідентифікації деформаційних параметрів глинистого ґрунтового масиву

Анна Галета¹

Київський національний університет будівництва і архітектури
31, просп. Повітрофлотський, Київ, Україна, 03037,

¹ anna_haleta@ukr.net, orcid.org/0000-0001-7558-0853

DOI: 10.32347/0475-1132.44.2022.67-78

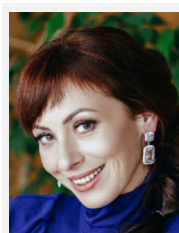
Анотація. Дана тема передбачає порівняння результатів, визначених характеристик глинистих ґрунтів відповідно до національних норм та за Єврокодами.

В роботі, заплановано два варіанти розрахунків за допомогою числового моделювання за методом скінченних елементів: 1) з використанням характеристик ґрунтів, визначених в лабораторних умовах; 2) з використанням характеристик ґрунтів, які визначені польовими методами.

При порівнянні результатів проведених польових і лабораторних випробувань глинистих ґрунтів встановлювалась достовірність їх величин в зіставленні із найбільш достовірними стандартними методами.

Випробування проведено відповідно до національних нормативів у польових умовах за допомогою зондів різного діаметру, натурних та інвентарних паль і штампів площею 5000 кв.см та 600 кв.см. Отримані дані можуть відрізнитися по величині від результатів, отриманих за вимогами ЄС. Тому, виникає необхідність провести порівняння величин характеристик згідно національних норм та за Єврокодами.

Експериментальні дослідження були виконані на об'єктах в різних містах України. При виборі об'єктів для порівняння приділялася увага схожості геологічного походження ґрунтів. В роботі, частково, використані матеріали, по визначенню характеристик ґрунтів, кафедраю в минулих роках. У статті розглянуті точки з експериментальних об'єктів вишукувань. Опрацьовані інженерно-геологічні елементи (ІГЕ) глинистих ґрунтів, які залягають на території обраних майданчиків.



Анна Галета
аспірант кафедри
геотехніки.

Приведено узагальнюючу таблицю усереднених фізико-механічних характеристик глинистих ґрунтів по об'єктах дослідження та наведено результати випробувань глинистих ґрунтів за лабораторними і польовими методами, які дозволили встановити наступне: залежності зміни модуля деформації для піщаних і глинистих ґрунтів відмінні. Приведено результати випробувань ґрунтів штампами та інвентарною випробувальною палею (ІВП-127), а також їх порівняння. Обґрунтовано використання ІВП-127 на практиці як надійний метод визначення параметрів ґрунтів.

Ключові слова. Ідентифікація параметрів ґрунтів масиву, глинисті ґрунти, статичне зондування, компресійні випробування, штампові випробування.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Існує декілька методів визначення деформації ґрунтової основи та її несучої здатності. Це методики, які впроваджуються шляхом проведення випробувань ґрунтів компресійними приладами у лабораторних умовах та проведенням статичного зондування у польових умовах. Таким чином, виникає необхідність визначитись, яка методика є більш надійною у порівнянні із

стандартами Єврокодів. При виборі методики визначення різних характеристик ґрунтів необхідно враховувати відмінності визначення залежностей для глинистих ґрунтів.

АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Питання визначення фізико-механічних параметрів ґрунтів польовими та лабораторними методами було висвітлено й аналізовано в робочих матеріалах багатьох науковців [1, 4, 8, 10]. В даній роботі використані табличні дані, які наведені у нормативних документах [2, 3, 5-7, 9].

Вище вказані матеріали були досліджені в рамках виконання поставленої задачі.

МЕТА РОБОТИ

Проведення дослідження та порівняння отриманих результатів забезпечать можливість виявити залежності між опором та модулем деформації ґрунту основи, також дадуть змогу підвищити достовірність результатів досліджень та зможуть забезпечити надання надійних рішень при проектуванні основ і фундаментів.

Наукові результати, отримані в дисертації, в майбутньому, можуть бути впроваджені в нормативні та методичні документи й використовуватися на виробництві.

ОСНОВНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження проведені на реальних експериментальних майданчиках - будівельних об'єктах. Інженерно-геологічні вишукування та відбір зразків ґрунту виконані згідно вимог ДСТУ Б.В. 2.1-8-2001, ДСТУ Б.В. 2.1-9-2016, ДСТУ Б.В.2.1.-3-96, ДСТУ Б.А.2.4.-13-97, ДСТУ Б.В.2.1-1-95, ДСТУ Б.В.2.1-17-2009, ДСТУ Б.В.2.1-19-2009 та ін. нормативних документів.

Експериментальний майданчик №1 – Інженерно-геологічні вишукування на ділянці житлових будинків №74а по пр. 40-річчя Жовтня та №№45,45б,43 по вул. Деміївській, в м.Києві.

Інженерно-геологічні умови майданчика: безпосередньо з поверхні лежить ПЕ №1-шар рослинного ґрунту незначної товщини від 0,2 до 0,6 м. Подекуди на поверхні знаходиться ПЕ №2 – шар насипного ґрунту товщиною від 0,2 до 1,2 м. Нижче розташований потужний ПЕ №3 – шар лесовидного супіску. Товщина цього шару становить 13,0..16,0 м. Під ним ПЕ №4 – шар суглинку, товщиною 1,0...5,0 м. Далі лежить ще одна різновидність суглинку невеликої потужності ПЕ №5, а під ним знаходиться шар піску дрібного ПЕ №6.

На майданчику проводились інженерно-геологічні дослідження – буріння свердловин, відбір зразків ґрунту для лабораторних досліджень, компресійні випробування, зсув зразків ґрунтів у зсувних приладах; проведено статичне зондування ґрунту зондами різних діаметрів, випробування штампамі, площею 600 кв.см та 5000 кв.см на різних глибинах. Результати випробувань приведені в Табл.1.

У дослідницькій роботі проведено лабораторними методами компресійні випробування міцності супісків. Для компресійних випробувань були відібрані зразки у 3-х точках.

А) Св.№1, глибина відбору 4,0м. Супісок. $\rho=1,70$ г/см³; $e=0,734$; $W_p=0,19$; $W_L=0,25$; $I_p=0,06$; $W=0,104$; $\rho_s=2,67$ (щільність частинок ґрунту).

$$e=(1+W)\rho_s/\rho-1;$$

$$0,734=(1+0,104)2,67/1,70-1;$$

$$\text{при } P_2=2\text{кгс/см}^2, e_2=0,615;$$

$$\text{коефіцієнт стисливості:}$$

$$C_c=e_1-e_2/P_2-P_1=0,7-0,615 / 2-1 = 0,085;$$

$$\text{Приведений коефіцієнт стисливості:}$$

$$C_0=C_c / 1+e_1= 0,085 / 1+0,71=0,0497$$

Модуль деформації в інтервалі тиску 1-2 кгс/см² – $E_k=4,83$ МПа

Б) Св.№1, глибина відбору 6,0м. Супісок $\rho=1,84$ г/см³; $e=0,669$; $W_p=0,19$; $W_L=0,26$; $I_p=0,07$; $W=0,149$ $\rho_s=2,673$;

$$e=0,675=(1+0,149)2,673/1,84-1;$$

$$C_c=0,655-0,605 / 2-1 = 0,050;$$

$$C_0= 0,050 / 1+0,655=0,302$$

Модуль деформації в інтервалі тиску 1-2 кг/см² – $E_k=8,0$ МПа.

В) Св.№1, глибина відбору 8,0м. Супісок $\rho=1,94 \text{ г/см}^3$; $e=0,628$; $W_p=0,18$; $W_L=0,25$; $I_p=0,07$; $W=0,184$

Модуль деформації в інтервалі тиску 1-2 кг/см^2 – $E_k= 12,33 \text{ МПа}$.

На Рис. 1 наведено залежність відносно-го стиснення ґрунту від тиску.

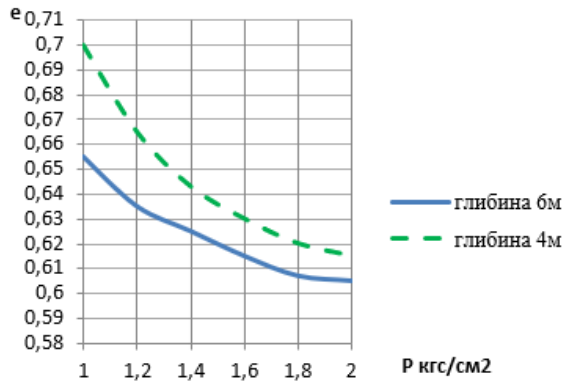


Рис.1. Залежність відносного стиснення ґрунту від тиску.

Fig.1. Graph of the dependence of relative soil compression on pressure.

Експериментальний майданчик №2 – житловий комплекс з підземними гаражами по вул. Копиленко-4, Печерський р-н м. Києва.

Геологічна будова майданчика складена супісками, суглинками і глинами, які пере-

криті зверху насипним ґрунтом.

За даними інженерно-геологічних вишукувань і лабораторних аналізів на майданчику виділені наступні інженерно-геологічні елементи:

ІГЕ-76 Насипний ґрунт – супісок з вмістом будівельного сміття, товщиною шару до 1,5м; ІГЕ-13 Суглинок буровато-сірий, напівтвердий, товщиною шару 1,0м; ІГЕ-3 Супісок палево-жовтий, лесовидний, просідний, твердої консистенції, товщина шару до 4м; ІГЕ-12 Супісок сірувато-жовтий, лесовидний, непросідний пластичної і плинної консистенції ($I_L > 0,75$), залягає до глибини 15м; ІГЕ-16 Суглинок бурий, червоно-бурий, з включенням гравію і гальки до 10%, з лінзами піску, м'якопластичної консистенції (морена), розташований на глибині від 15м до 27,5м. Далі розташовані глинисті шари глини бурої, сірої, щільної, напівтвердої – ІГЕ-24.

Нижче (Табл.2) приведені фізичні, нормативні та розрахункові характеристики ґрунтів.

Табл. 1. Показники фізико-механічних параметрів ґрунтів. Майданчик №1
Table 1. Indicators of physical and mechanical parameters of soils. Site №1

№ ІГЕ	Нормативні значення												Розрахункові значення						
	Щільність ґр., г/см^3	Щільність частинок ґр., г/см^3	Питома вага ґр., кН/м^3	Питома вага част. ґр., кН/м^3	Вологість	Волог. на межі розкочування	Волог. на межі текучості	Число пластичності	Показник текучості	Коеф. пористості	Модуль деформації, кгс/см^2	Питома зчеп., кгс/см^2	Кут вн. тертя, град.	Щільність ґр., г/см^3	Щільність ґр., г/см^3	Питома зчеплення, кПа	Питома зчеплення, кПа	Кут вн. тертя, град.	Кут вн. тертя, град.
	ρ	ρ_s	γ	γ_s	W	W_p	W_L	I_p	I_L	e	E	c	ϕ	ρ_I	ρ_{II}	c_I	c_{II}	ϕ_I	ϕ_{II}
2	1,66	2,69	16,6	26,9	0,1			0,06	<0	0,78	9	7	26	1,67	1,66	5	7	23	26
3	1,78	2,69	17,8	26,9	0,12	0,19	0,26	0,07	<0	0,70	18	20	27	1,79	1,78	13	20	23	27
4	1,82	2,70	18,2	27,0	0,17	0,14	0,25	0,11	0,02... 0,27	0,75	22	30	24	1,83	1,82	15	22	21	24
5	1,90	2,70	19,0	27,0	0,16	0,14	0,26	0,12	0,02... 0,27	0,65	20	30	21	1,92	1,90	20	30	18	21
6	1,80	2,63	18,0	26,3	0,14	-	-	-	-	0,65	28	2	30	1,81	1,80	1	2	27	30

Табл. 2. Фізичні, нормативні та розрахункові характеристики ґрунтів. Майданчик №2
Table 2. Physical, regulatory and design characteristics of soils .Site №2

Назва характеристик	Інженерно-геологічні елементи					
	ІГЕ-3 Супісок про- сідний	ІГЕ-12 Супісок з IL>0,75	ІГЕ-13 Суглинок	ІГЕ-16 Суглинок моренний	ІГЕ-24 Глина строката	ІГЕ-76 Насипний ґрунт
Природна вологість, W	0,16	0,25	0,17	0,18	0,19	-
Щільність ч-ок гр.-ту(ρ_s), г/см ³	2,67	2,67	2,67	2,69	2,72	-
Щільність (ρ), г/см ³	1,76	1,93	1,90	2,09	1,96	1,75
Щільність у сух-у стані , г/см ³	1,52	1,54	1,63	1,77	1,65	-
Коеф. пористості природ.ст, e	0,757	0,734	0,643	0,520	0,648	-
Пористість, %	43,1	42,3	39,1	34,2	39,3	-
Волог. на межі текучості, W _L	0,24	0,25	0,23	0,22	0,40	-
Волог. на межі пластич-ті W _p	0,20	0,20	0,17	0,13	0,16	-
Число пластичності, I _p	0,04	0,05	0,08	0,09	0,24	-
Показник текучості	<0	1,0	0	0,56	0,13	-
Ступінь вологості	0,564	0,909	0,702	0,931	0,798	-
Нормативні і розрахункові характеристики						
Щільність ґрунту, (ρ) г/см ³	1,76	1,93	1,90	2,09	1,96	-
- по деформації $\alpha=0,85$	1,76	1,93	1,90	2,09	1,96	-
- по несуч здатності $\alpha=0,95$	1,75	1,92	1,89	2,07	1,95	-
Модуль деформації (E), МПа	16	7	22	24	24	-
Питоме зчеплення (c), КПа	11	3	31	29	68	-
- по деформації $\alpha=0,85$	11	3	31	29	68	-
- по несучій зд-ті $\alpha=0,95$	7	2	27	19	45	-
Кут внутр.-го тертя (ϕ), градус	26	20	24	21	20	-
- по деформації $\alpha=0,85$	26	20	24	21	20	-
- по несучій зда-ті $\alpha=0,95$	22	17	21	18	17	-
Розрахунковий опір ґрунту R ₀ , кгс/см ²	3,5	1,8	2,0	2,5	3,0	-

Табл. 3. Результати компресійних випробувань, палею ІВП-127 та штампом. Майданчик №2
Table 3. Compression test results, pile ITP-127 and stamp . Site №2

Номер вироб- лення	Глибина відбору зразку, м	E_k	$E_{шт}$	$R_{IВП}$	$E_{IВП}$
		Компресійний мо- дуль деформації, МПа	Модуль дефор- мації штамп. пл. 5000кв.см	Опір під вістря палі, КПа	Модуль дефор- мації ІВП-127, МПа
Св.№1	3,5	65	210	30	210
	4,5	50	120	17,8	125
Св.№2	3,0	90	410	58	406
	5,0	60	240	34,3	240
Св.№3	3,5	42	140	20	140
	5,0	70	200	28,6	205

В період інженерно-геологічних вишукувань на даному об'єкті було виконано випробування ґрунтів інвентарною випробувальною палею (ІВП-127) в двох пунктах. Випробування проводились з інтервалом 1...2 м по глибині з роздільним визначенням опору ґрунту під вістрям палі і по бічній поверхні. Випробування виконані на глибину до 30,0м.

Результати випробування ґрунтів в польових та лабораторних умовах приведені в Табл.3. На Рис.2. зображено графік випробувань ґрунту палею ІВП-127 у точці 1 та точці 2.

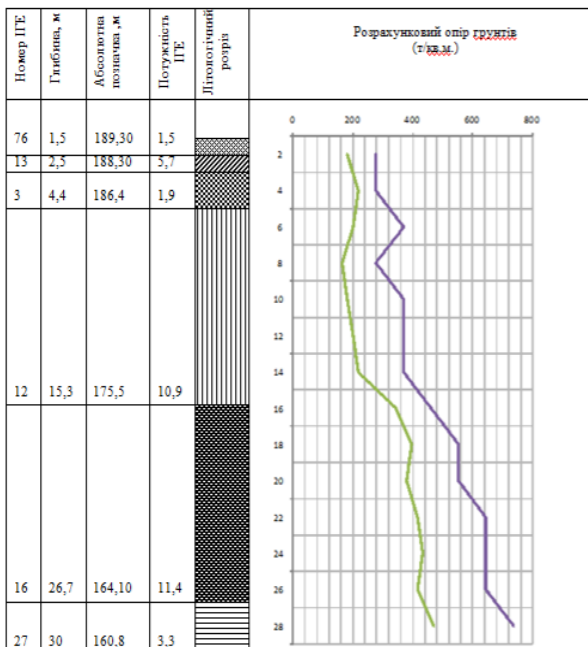


Рис.2. Випробування ґрунту палею ІВП-127 у тч.1 та тч.2. Майданчик №2.

Fig.2. Schedule of tests with inventory pile ITP-127 in point 1 and point 2. Site №2.

Експериментальний майданчик №3 – Будівництво ремонтно-котельного цеха заводу «Буддеталь», по вул. Жмеринській, м.Київ.

Геологічну будову майданчику представлено наступними напластуваннями ґрунтів: під шаром насипного піску, потужністю 1,5м, залягає шар заторфованого дрібно-го піску 0,5м, нижче якого йде шар дрібно-го піску, потужністю 3м, далі йде шар тугопластичного суглику, розвіданий до глиби-

ни 10м. Ґрунтові води виявлені на глибині 1,7м. На даному майданчику, на відстані 3,5м від точки випробування ІВП-127, було випробувано пробну натурну палею статичним навантаженням перерізом 35х35см, довжиною 6м. Забиту на глибину $L_{палі}=6,0$ м. (Підошва палі у суглинку тугопластичному). Критичне навантаження на пробну палею було доведено до 55 тс ($R_{кр}=55$ тс).

Несуча здатність палі:

$$R_c = 0,92 \times 0,8 \times 55 = 40,5 \text{ тс.}$$

Розрахунковий опір під вістрям палі:

$$R_{н.п.} = 3,76 \text{ МПа.}$$

Модуль деформації ґрунту при випробуваннях натурної палі розрахований за формулою $E_{шт.} = 26,10 \text{ МПа.}$

Заглиблення ІВП-127 здійснювалося за допомогою вібровдавлюючого агрегату ВВПС 32/19. З врахуванням розташування у верхній товщі насипних та заторфованих ґрунтів випробування палі ІВП-127 проводилось тільки на глибині 6 метрів від денної поверхні.

Розрахунковий опір під вістрям палі склав: $R_{ІВП-127} = 390 \text{ тс/м}^2 = 3,825 \text{ МПа.}$

Несуча здатність палі згідно даних випробування ІВП-127, становить: $R_u = 48 \text{ тс.}$

$$\text{Коефіцієнт } m = R_c / R_u = 40,5 / 48 = 0,85.$$

Модуль деформації ґрунту при випробуваннях ІВП розрахований за формулою $E = 7R = 7 \times 3,825 = 26,78 \text{ МПа.}$

Експериментальний майданчик №4 – Будівництво силосного корпусу комбикормового заводу, с. Копилів, обл. Київська.

Геологічна будова майданчика: з поверхні залягає рослинний ґрунт потужністю 0,5м, нижче до глибини 3,7м розташований шар пластичного супіску; далі до глибини 10,5м йде нашарування супісків й суглинків з консистенцією від 0,5 до 1,0 м. Під ними залягає шар суглинку напівтвердого потужністю 2,5м, нижче якого лежить пісок середньої щільності.

У результаті випробувань ґрунту другого шару (супісок пластичний) штампом площею 5000 кв.см. на глибині 1,3м від денної поверхні визначений модуль деформації $E_{шт.} = 6,0 \text{ МПа.}$

Біля штампових випробувань у тому ж

виді ґрунту проведено випробування ІВП-127. Розрахунковий опір ґрунту під вістря палі становить: $R = 0,95$ МПа.

Модуль деформації розрахований за формулою $E=7R=7 \times 0,95 = 6,65$ МПа.

Експериментальний майданчик №5: обраний об'єкт знаходиться у м. Омськ, р-н Центральний, 9-ти поверховий житловий будинок №1, по вулиці Фрунзе. Бурова Св. №8979.

Геологічні умови: ІГЕ №1 – рослинний, товщиною 0,5м. ІГЕ №2 – пісок дрібний пилюватий, водонасичений, середньої щільності, товщиною шару 3,5м. ІГЕ №3 – суглинок м'якопластичний, товщиною 0,7м. ІГЕ №4 – глина тверда й напівтверда, товщиною шару 10,0м.

Проведено випробування ґрунту штампом 600кв.см, на глибині 5,3м. Ґрунт під підошвою штампу – глина тверда й напівтверда.

За результатами випробувань визначено модуль деформації ґрунту. При глибині установки штампу 5,3м $E_{шт} = 13,0$ МПа.

Випробування палею ІВП-127 (Рис.3.) на тій же глибині – 5,3м дало показник $R = 2,1$ МПа (де R - розрахунковий опір ґрунту під вістря палі). Заглиблення в ґрунт й витягування палі виконувалося установкою АВБ-2М.

Модуль деформації ґрунту при випробуваннях ІВП розрахований за формулою $E=7R=7 \times 2,1 = 14,7$ МПа.

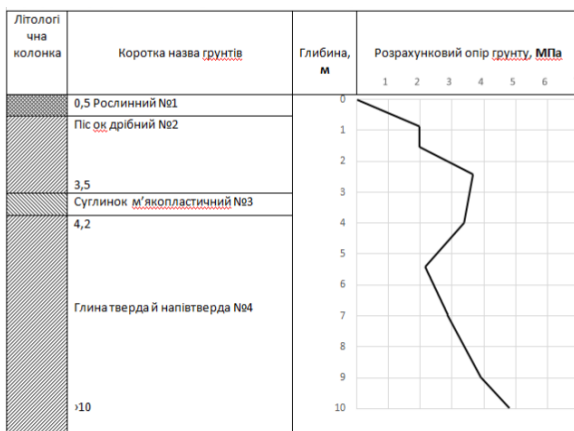


Рис.3. Випробування ґрунту палею ІВП-127.
Fig.3. Schedule of tests with inventory pile ITP-127.

Експериментальний майданчик №6: Будівництво конструкторського бюро заводу «Жовтневої революції», м. Омськ.

Ґрунтові умови будівельного майданчику по Св. №10443 представлені наступними шарами: ІГЕ №1 – насипний ґрунт, товщиною 1,5м; ІГЕ №2 – супісок пластичний, товщиною 2,8 м; ІГЕ №3 - суглинок м'якопластичний на розвідану значну глибину.

На даному майданчику проведено випробування ґрунтів ІГЕ №3 штампом площею 600кв.см (Рис.5.), на глибині – 6,0м.

За результатами випробувань ґрунтів визначений модуль деформації $E_{шт} = 5,0$ МПа.

На цьому ж майданчику проведені випробування палею ІВП-127 ІГЕ №3 на глибині 6,0м. Занурення в ґрунт й витягування палі виконувалося установкою АВБ-2М.

Розрахунковий опір ґрунту під вістря палі становить: $R = 0,8$ МПа.

Модуль деформації, розрахований за формулою $E=7R=7 \times 0,8 = 5,6$ МПа.

Експериментальний майданчик №7: Содовий завод, м. Омськ.

Геологічна будова майданчику біля Св.№12244 представлена наступними шарами ґрунту: ІГЕ №1 – рослинний, товщиною 0,5м; ІГЕ №2 – суглинок текуче пластичний до 5,0м; ІГЕ №3 - суглинок тугопластичний потужністю до 12,0м.

На майданчику проведено випробування ґрунтів штампом площею 600кв.см. (Рис.5.) на глибині 6,5м у тугопластичному суглинку. За результатами штампових випробувань ґрунтів визначений модуль деформації $E_{шт} = 10,2$ МПа.

На цьому ж майданчику проведені випробування палею ІВП-127 (Рис.4.), ІГЕ №3, на глибині 6,5м. Заглиблення в ґрунт й витягування палі виконувалося установкою АВБ-2М. Розрахунковий опір ґрунту під вістря палі становить: $R = 1,3$ МПа. Модуль деформації, розрахований за формулою $E=7R=7 \times 1,3 = 9,1$ МПа.

На робочому майданчику біля Св.№12243а на глибині 4,0м в шарі текуче-пластичного суглинку випробуваний штамп площею 600кв.см. За результатами штампових випробувань ґрунтів визначений мо-

дуль деформації $E_{шт}=5,6$ МПа.

Також були проведені випробування палею ІВП-127 ґрунт ІГЕ №2 – суглинок текучопластичний на глибині 4,0м. Заглиблення в ґрунт й витягування палі виконувалося установкою АВБ-2М.

Розрахунковий опір ґрунту під вістрям палі становить: $R=0,82$ МПа. Модуль деформації, розрахований за формулою $E=7R=7 \times 0,8 = 5,74$ МПа.

Експериментальний майданчик №8: Будівництво ТРЦ, Центральний район, м.Омськ.

Ґрунтові умови будівельного майданчику по Св. №3031 представлені наступними шарами: ІГЕ №1 – насипний ґрунт товщиною 2,0м; ІГЕ №2 – супісок пластичний з прошарками піску товщиною 1,5м; ІГЕ №3 – суглинок тугопластичний товщиною 1,5м; ІГЕ №4 – глина напівтверда з прошарками алевритового суглинку товщиною 5,0м.

На даному майданчику проведено випробування ґрунтів ІГЕ №4 штапом площею 600кв.см на глибині – 6,0м.

За результатами випробувань ґрунтів визначений модуль деформації $E_{шт}=6,0$ МПа.

На цьому ж майданчику проведені випробування палею ІВП-127 (Рис.4.) ІГЕ №4 на глибині 6,0м.

Розрахунковий опір ґрунту під вістрям палі становить: $R=1,12$ МПа. Модуль деформації, розрахований за формулою $E=7R=7 \times 1,12 = 7,84$ МПа.

Експериментальний майданчик №9: Будівництво ТРЦ, Центральний район, м. Омськ.

Ґрунтові умови будівельного майданчику по Св.№3026: ІГЕ №1 – насипний ґрунт товщиною 1,3м; ІГЕ №2 – супісок пластичний з прошарками суглинку товщиною 1,7м; ІГЕ №3 – суглинок тугопластичний з прошарками алевритового суглинку, потужністю до 2,0м; ІГЕ №4 – глина напівтверда з прошарками алевритового суглинку, потужністю $> 5,0$ м.

На даному майданчику проведено випробування ґрунтів статичним навантаженням штапом площею 600кв.см. (Рис.5.) на глибинах 2,5м, 4,0м,6,0м.

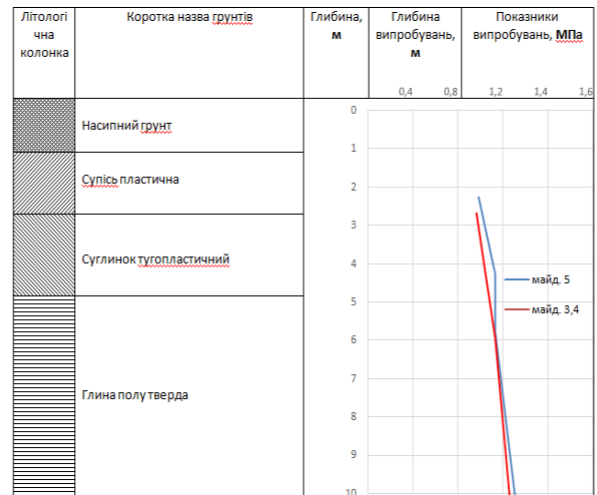


Рис.4. Випробування ґрунту палею ІВП-127. Майданчики №7,№8,№9.

Fig.4. Schedule of tests ITP-127. Sites №7, №8, №9.

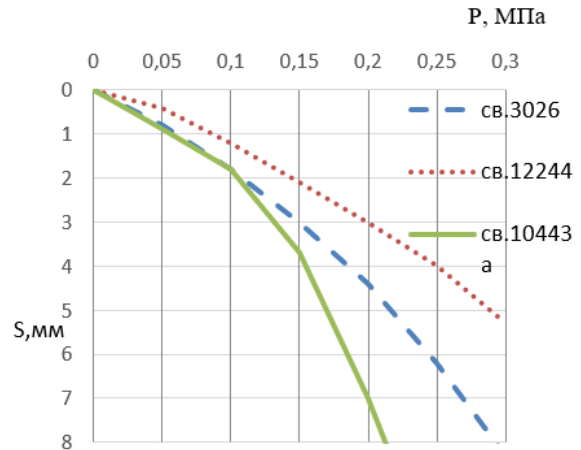


Рис.5. Залежність осадки штапу від навантаження. Майданчики №№9,7,6.

Fig.5. Graph of the dependence of the sediment of the stamp on the R, MPa. Sites №№9,7,6.

За результатами випробувань ґрунтів визначений модуль деформації $E_{шт}=9,6$ МПа на глибині 2,5м.

На цьому ж майданчику проведені випробування палею ІВП-127 (Рис.4.) в ґрунті ІГЕ №2 на глибині 2,5м. Занурення в ґрунт й витягування палі виконувалося установкою АВБ-2М.

Розрахунковий опір ґрунту під вістрям палі становить: $R=0,9$ МПа. Модуль деформації розрахований за формулою $E=7R=7 \times 0,9 = 6,3$ МПа.

На робочому майданчику біля Св.№3026 на глибині 4,0м (ІГЕ №3) випробуваний штамп площею 600кв.см. За результатами штампових випробувань ґрунтів визначений модуль деформації $E_{шт}=8,0$ МПа.

Проведені випробування палею ІВП-127 в ґрунті ІГЕ №3 на глибині 4,0м.

Розрахунковий опір ґрунту під вістрям палі становить: $R=1,08$ МПа. Модуль деформації розрахований за формулою $E=7R=7 \times 1,08 = 7,56$ МПа.

На даному майданчику біля Св.№3026 було випробувано штамп площею 600 кв.см на глибині 6,0м (ІГЕ №4). За результатами штампових випробувань ґрунтів визначений модуль деформації $E_{шт}=8,0$ МПа.

Також були проведені випробування палею ІВП-127 (ґрунт ІГЕ №4) на глибині 6,0м. Розрахунковий опір ґрунту під вістрям палі становить: $R=1,10$ МПа. Модуль деформації розрахований за формулою $E=7R=7 \times 1,10 = 7,7$ МПа.

Експериментальний майданчик №10 – будівництво силосних корпусів Чернігівського пивзаводу, м. Чернігів.

ґрунтові умови будівельного майданчику: ІГЕ №1 – рослинний, товщиною до 0,5м; ІГЕ №2 – супісок пластичний, товщиною 1,2...1,6 м; ІГЕ №3 – м'якопластичний суглинок товщиною 4,0...5,0 м, нижче розташований ІГЕ №4 – тугопластичний суглинок товщиною 8,0 м; далі до глибини 25,0 м - напівтверда глина.

На майданчику №10 проведено 2 штампових випробування штампом площею 5000 кв.см. (Рис.9.) Для запобігання «випору» ґрунту з-під штамп, у відповідності з нормами, було виконано привантаження навколо штамп рівне природному тиску на глибині установки штамп. Навантаження на штамп створювалося за допомогою спеціальної навантажувальної платформи з рухомим пристроєм.

Випробування в точці №1 проводилося у ІГЕ №3 на глибині 2,9м. У результаті штампового випробування визначено модуль деформації ґрунту у межах навантаження $\sigma_{zg,0} = 0,044$ МПа до $P_1 = 0,194$ МПа, який складає $E_{шт} = 11,6$ МПа.

У точці №2 також виконано випробування у ґрунтах ІГЕ №3 на глибині 2,7 м від поверхні. Модуль деформації у межах навантажень 0,05...0,175 МПа складає: $E_{шт} = 10,5$ МПа.

Паралельно зі штамповими випробуваннями виконане статичне зондування ґрунту установкою С-832 (площею 10кв.см). За результатами випробувань наближений модуль деформації ґрунту згідно рекомендацій СН 448-72 $E_z = 7g$ - для глин та суглинків, де E_z – модуль деформації зондування.

ТЗ – точка зондування.

ТЗ – 1 $g = 1,2$ МПа, $E_z = 7 \times 1,2 = 8,4$ МПа

ТЗ – 2 $g = 0,75$ МПа, $E_z = 5,25$ МПа

ТЗ – 3 $g = 1,1$ МПа, $E_z = 7,7$ МПа

ТЗ – 4 $g = 1,0$ МПа, $E_z = 7,0$ МПа

ТЗ – 5 $g = 0,8$ МПа, $E_z = 5,6$ МПа

Таким чином модуль деформації суглинку м'якопластичного поряд з випробуванням штамп №1 складає $E_z = 7,0$ МПа. А поряд з випробуванням штамп №2 - $E_z = 6,0$ МПа.

На цьому ж випробувальному майданчику для порівняння проведено випробування палею ІВП-127 (Рис.6.) на глибині 2,7м.

В точці №1 на глибині 2,7м розрахунковий опір ґрунту під вістрям палі становить: $R = 1,52$ МПа. Модуль деформації розрахований за формулою $E = 7R = 7 \times 1,52 = 10,64$ МПа.

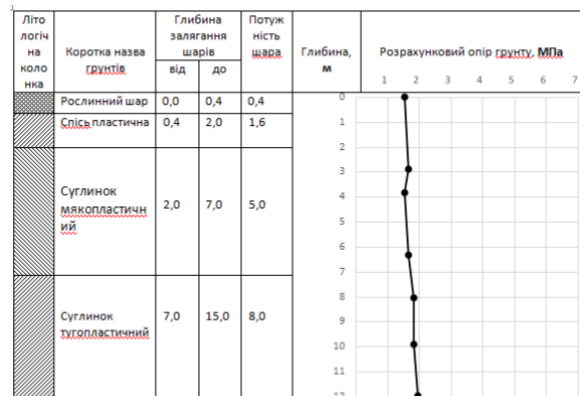


Рис.6. Випробування ґрунту палею ІВП-127, тчк.№1. Майданчик №10.

Fig.6. Schedule of testing pile IVP-127, tchk.№1. Site №10.

В точці № 2 проведені випробування ІВП-127 (Рис.7.) на тій же глибині - 2,7м. $R = 1,52$ МПа. Модуль деформації розрахований за формулою $E = 7R = 7 \times 1,52 = 10,64$ МПа.

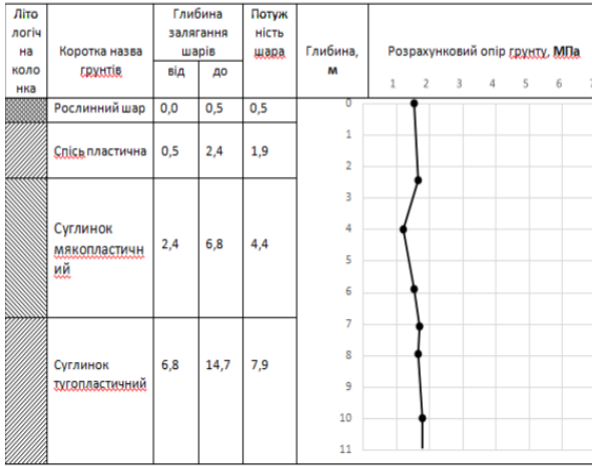


Рис.7. Випробування ґрунту палею ІВП-127, точка №2. Майданчик №10.
Fig.7. Schedule of testing pile IVP-127, tchк.№2. Site №10.

Експериментальний майданчик №11 – Комбікормовий завод, м. Козелець.

На майданчику, де побудований Козелецький комбікормовий завод (Чернігівської області), був проведений комплекс випробувань. Ґрунти були випробувані штампами площею 5000кв.см (Рис.9.) – 3шт та палями ІВП-127 (Рис.8.) - 2шт.

Ґрунтові умови будівельного майданчику: ІГЕ №1 – рослинний, товщиною 0,4м; ІГЕ №2 – супісок лесовидний товщиною 0,8м; ІГЕ №3 – пісок дрібний товщиною 1,7м, ІГЕ №4 – тугопластичний суглинок товщиною 1,5м; ІГЕ №5 – суглинок тугопластичний бурий товщиною 2,1м; ІГЕ №6 – пісок дрібний товщиною 2,3м; ІГЕ №7 – суглинок замулений товщиною 1,0м; ІГЕ №8 – пісок дрібний на значній глибині.

Результат випробувань $E_{шт} = 14,87$ МПа.

На глибині 4,6м розрахунковий опір ґрунту під вістря палі $R = 2,0$ МПа. Модуль деформації $E = 7R = 14,0$ МПа.

В точці №2 штампом випробуваний ґрунт ІГЕ №4 на глибині 4,2м. Результат випробувань $E_{шт} = 13,6$ МПа. При цьому $R =$

1,82 МПа. Модуль деформації розрахований за формулою $E = 7R = 7 \times 1,82 = 12,74$ МПа. Та результат випробувань $E_{шт} = 13,7$ МПа. При цьому $R = 1,88$ МПа. Модуль деформації розрахований за формулою $E = 7R = 7 \times 1,88 = 13,16$ МПа.

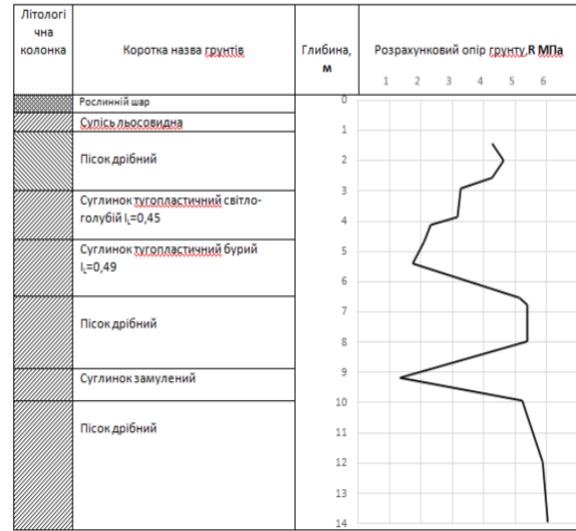


Рис.8. Випробування ґрунту палею ІВП-127, майданчик №11.
Fig.8. Schedule of testing pile ITP-127, site №11.

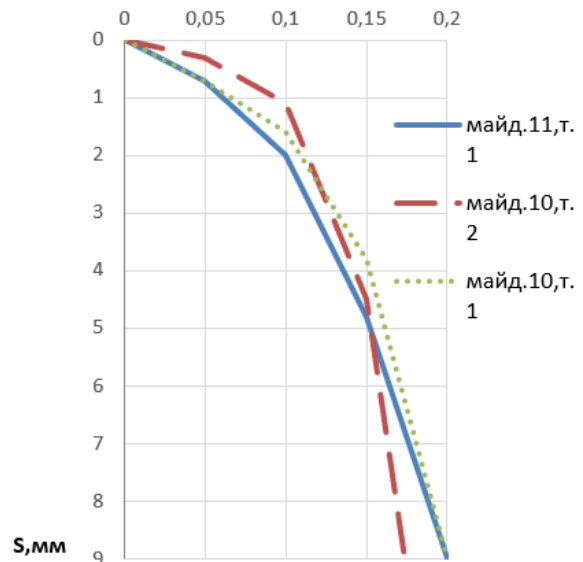


Рис.9. Залежність осадки штампів від навантаження. Майданчики №10, 11.
Fig.9. Dependence of stamp sediment on load. Sites №10, 11.

Табл. 4. Узагальнююча таблиця усереднених фізико-механічних характеристик глинистих ґрунтів природної вологості

Table 4. Summary table of averaged physical and mechanical characteristics of clay soils of natural moisture

№ГЕ Номер майданчика	Щіль- ність гр-ту, г/см ³	Во- лог.на м. розко- чуван- ня	Волог. на м.те- кучос- ті	При- родна воло- гість, д.о.	Ко- еф. по- рис- тості, д.о.	Кут вн. те- ртя, гра д	Пито- ме зчеп- лення, кПа	Мо- дуль деф- ції, лаб.ме тоди МПа	Модуль деформації, польові методи, МПа		
									Шт. 600 кв.см	Шт. 5000 кв.см	ІВП- 127
	ρ	W_p	W_L	W	e	φ	c	E_k	$E_{ум}$	$E_{ум}$	$E_{ІВП}$
1 Тчк.№1,глиб. відб. 4м	1,70	0,19	0,25	0,104	0,734	27	20	4,83			10,15
Тчк.№2,глиб. відб. 6м	1,84	0,19	0,26	0,149	0,669			8,00			13,02
Тчк.№3,глиб. відб.8м	1,94	0,18	0,25	0,184	0,628			12,33			16,30
2	1,90	0,20	0,25	0,24	0,722	22	21	18,00	29,00	34,00	32,00
3	1,76	0,19	0,26	0,123	0,719	25	23	21,37		26,10	26,78
4	1,92	0,20	0,27	0,22	0,731	27	26	4,87		6,00	6,65
5	1,83	0,17	0,24	0,15	0,693	23	20	9,00	13,00		14,70
6	1,84	0,21	0,28	0,16	0,701	25	22	3,78	5,00		5,60
7	1,92	0,22	0,25	0,19	0,722	24	23	8,91	10,20		9,10
8	1,91	0,16	0,31	0,37	0,689	25	23	5,00	6,00		7,84
9 -Випр. на глиб. 2,5м	1,89	0,15	0,29	0,20	0,732	27	24	5,89	9,60		6,30
-Випр. на глиб. 4,0м								6,21	8,00		7,56
-Випр. на глиб. 6,0м								6,54	8,00		7,70
10 Тчк.№1,на глиб.2,9м	1,99	0,18	0,30	0,22 0,25	0,720	24	23		9,60 8,00	11,60	10,64
Тчк.№2,на глиб.2,7м	1,98	0,18	0,31	0,24	0,729	24	22	7,27	9,94	10,50	10,64
11 Тчк.№1, на глиб.4,6м	1,95	0,17	0,34	0,26	0,687	23	21	11,53	13,95	14,87	14,00
Тчк.№2,на глиб.4,2м	1,93	0,19	0,32	0,24	0,705	24	23	10,84	12,41	13,7	13,16

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Проведені випробування глинистих ґрунтів за різними методами (лабораторними, польовими) дозволяють зробити наступні висновки:

Виконані дослідження підтвердили, що залежності для піщаних і глинистих ґрунтів

відмінні;

Виявлені коефіцієнти після накопичення даних в різних регіонах можуть бути узагальнені.

Проведені випробування в польових умовах з використанням інвентарної випробувальної палі ІВП-127 забезпечили отримання результатів значення модуля

деформації, де похибка не перевищує 5%, в порівнянні зі штамповими випробуваннями.

Порівняння вартості випробувань штампами та інвентарною випробувальною палею ІВП-127 для визначення модуля деформації економніше (дешевше) біля 3-х раз.

Для окремих регіонів проведення паралельних випробувань штампів, інвентарної випробувальної палі ІВП-127 та зондування дозволить встановити перехідні коефіцієнти між інвентарною випробувальною палею і зондом, що не вплине на точність визначення, але суттєво зменшить вартість.

Методика ідентифікації параметрів з допомогою інвентарної випробувальної палі ІВП-127 дає надійний результат.

Така модель палі найбільш наближена до тих параметрів, які можна використовувати на практиці.

ЛІТЕРАТУРА

1. Баркан Д.Д. О зависимости между упругими и прочностными характеристиками грунтов / Д.Д. Баркан, Ю.Г. Трофименков, М.Н. Голубцова // *Основания, фундаменты и механика грунтов*. - М.: Стройиздат – 1974. - №1. - с.29-31.
2. СНиП 2.02.01-83. Основания зданий и сооружений. – М.: Стройиздат, 1985. – 55с.
3. СНиП-15-74. Строительные нормы и правила. – М.: Стройиздат, 1975. – 86с.
4. Грутман М.С. Определение модуля деформации грунта с помощью крупноразмерного зонда / М.С. Грутман, И.П. Бойко, И.Ф. Потапенко, Л.А. Ходоркин // *Основания и фундаменты: Республиканский Межведомственный научно-технический сборник*. – К.: Будівельник. – 1974. – Вип. 7. – С. 29-31.
5. Єврокод 7. Геотехнічне проектування. Частина 1. Загальні правила (EN 1997-1-2004, IDT). ДСТУ-Н Б EN1997-1:2010. – К.: Будівельник, 2011р. – 158с.
6. ДСТУ Б В.2.1-09-2016. Грунти. Методи польових випробувань статичним і динамічним зондуванням. – К.: Мінрегіонбуд України, 2016. – 127с.
7. ДСТУ Б В.2.1-17-2009. Грунти. Методи лабораторного визначення фізичних характеристик. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 89с.
8. Визначення фізико-механічних властивостей намівених ґрунтів й параметрів фундаментів. Отчет по теме 89-75. Рукопис. – К.: КИСИ, 1978г.- №гос.рег.75060483, с. 139.
9. РСН – 229-80. Інструкція з визначення несучої здатності паль за результатами випробувань інвентарних паль. – К.: Мінрегіонбуд України, 1980. – 19с.
10. Трофименков Ю.Г. О точности определения несущей способности свай по результатам статического зондирования грунтов / Ю.Г. Трофименков. – М.: Стройиздат, 1981.- 212 с.

REFERENCES

1. Barkan D.D., Trofimenkov Y.G., Golubtsova M.N. (1974). O zavysymosti mezhdou uprugymy u prochnostnyy kharakterystykamy hruntov [On the relationship between the elastic and strength characteristics of soils]. *Osnovaniya, fundamente y mekhanyka hruntov*. Moskva: Strojizdat, 1, 29-31 (in Russian).
2. SNiP 2.02.01-83. (1985). *Osnovaniya zdaniy i sooruzheniy* [Foundations of buildings and structures]. Moskva: Strojizdat, 55 (in Russian).
3. SNiP-15-74. (1975). *Stroytelnye normy y pravyla* [Building norms and rules]. Moskva: Strojizdat, 86 (in Russian).
4. Hrutman M.S., Boyko I.P., Potapenko Y.F., Khodorkyn L.A. (1974). *Opredelenye modulja deformatsyy hrunta s pomoshchiu krupnorazmernoho zonda* [Determining the modulus of soil deformation using a large-scale probe]. *Osnovaniya y fundamente: Respublykanskiy Mezhdedomstvennyi nauchno-tekhnicheskiy sbornik*. Kiev: Budivelnyk, 7, 29-31 (in Russian).
5. Eurocode 7. (2011). *Heotekhnichne proektuvannia. Chastyna 1. Zahalni pravyla* [Geotechnical design. Part 1. Heading rules]. (EN 1997-1-2004, IDT). DSTU-N B EN1997-1: 2010. Kyiv: Budivelnyk, 158 (in Ukrainian).
6. DSTU B B.2.1-09-2016. (2016). *Hrunty. Metody polovykh vyprobuvan statychnym i dynamychnym zonduvanniam* [Soils. Methods of field tests by static and dynamic sounding]. Kyiv: Minregionbud Ukrayiny, 127 (in Ukrainian).
7. DSTU B B.2.1-17-2009. (2009). *Hrunty. Metody laboratornoho vyznachennia fizychnykh kharakterystyk* [Soils. Methods of

- laboratory determination of physical characteristics]. Kyiv: Minregionbud Ukrayiny, 89 (in Ukrainian).
8. Report on the topic 89-75. Manuscript. (1978). Vyznachennia fizyko-mekhanichnykh vlastyvostei namyvnykh hruntiv y parametriv fundamentiv [The designation of the physical and mechanical powers of the ground soils parameters of the foundations]. State registration No. 75060483. Kyiv: KYSY, 139 (in Ukrainian).
 9. RSN - 229-80. (1980). Instruktsiia z vyznachennia nesuchoi zdatnosti pal za rezultatamy vyprobuvan inventarnykh pal [Instructions on the value of bad health of fingers for the results of viprobauan inventory fingers]. Kyiv: Minrehionbud Ukrainy, 19 (in Ukrainian).
 10. Trofimenkov Yu.G. (1981). O tochnosti opredeleniya nesushchei sposobnosti svai po rezultatam statycheskoho zondirovaniya hruntov [On the accuracy of determining the bearing capacity of piles based on the results of static sounding of soils]. Moskva: Strojizdat, 212 (in Russian).

Eurocodes.

Experimental studies were carried out at facilities in various cities of Ukraine. When choosing objects for comparison, attention was paid to the similarity of the geological origin of the soils. In the work, in part, the materials used by the department for determining the characteristics of soils in the past years were used. The article examines points from experimental objects of searches. Processed engineering and geological elements (IGE) of clayey soils that lie on the territory of the selected sites.

A generalizing table of the averaged physical and mechanical characteristics of clayey soils by research objects is given and the results of tests of clayey soils by laboratory and field methods are given, which made it possible to establish the following: the dependences of the change in the modulus of deformation for sandy and clayey soils are excellent. The results of soil tests with stamps and an inventory test pile (ITP-127) are given, as well as their comparison. The use of ITP-127 in practice as a reliable method for determining soil parameters is substantiated.

Key words. Identification of massif soil parameters, clay soils, static sounding, compression tests, stamp tests.

Methodology of identification of deformation parameters of clay soil massif

Anna Haleta

Summary. This topic provides a comparison of the results, determined characteristics of clay soils in accordance with national standards and Eurocodes.

In the work, two variants of calculations using numerical modeling using the finite element method are planned: 1) using soil characteristics determined in laboratory conditions; 2) using soil characteristics determined by field methods.

When comparing the results of field and laboratory tests of clay soils, the reliability of their values was established in comparison with the most reliable standard methods.

The test was carried out in accordance with national standards in field conditions using probes of various diameters, live and inventory piles and stamps with an area of 5000 sq.cm and 600 sq.cm. The obtained data may differ in magnitude from the results obtained according to EU requirements. Therefore, there is a need to compare the values of characteristics according to national standards and