

олардың кіріктірілген сенсорларын біріктірудің озық тәжірибесінің мысалдарын талқыланды.

**Тірек сөздер:** домбыра, акустикалық талдау, смартфон, амплитуда, осциллограф, дыбыс.

МРНТИ 38.63.51

**И. Д. Гуц**<sup>1</sup> (<https://orcid.org/0000-0001-8693-4127>)  
**М. И. Никитенко**<sup>2</sup> (<https://orcid.org/0000-0003-0856-0208>)

<sup>1</sup>Старший преподаватель, <sup>2</sup>Д. т. н., профессор  
<sup>1</sup>УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Беларусь,  
e-mail: [gr\\_un@mail.ru](mailto:gr_un@mail.ru), [michnikit@gmail.com](mailto:michnikit@gmail.com)

### О ПОВЫШЕНИИ ДОСТОВЕРНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОДУЛЯ ОБЩЕЙ ДЕФОРМАЦИИ ГРУНТА

**Аннотация.** Достоверность определения модуля общей деформации грунта непосредственно влияет на прогноз конечной осадки фундамента. Поскольку расчет по 2-группе предельных состояний оснований является решающим при назначении размеров фундаментов, решение данного вопроса является весьма актуальным. В статье исходя из анализа условий взаимодействия системы «грунт основания-фундамент» рассматриваются пути повышения достоверности определения модуля общей деформации слоев грунтов по глубине сжимаемой толщи.

**Ключевые слова:** грунт, деформация, испытания, метод, модуль, осадка, основание, слой, суммирование, сжимаемость, толщина, фундамент, штамп.

**Введение.** При проектировании оснований и фундаментов их расчеты выполняют по двум предельным состояниям [1-4]: 1-я по несущей способности (устойчивости), 2-я по деформациям. Для назначения размеров фундаментов мелкого заложения [1, 4] решающим является расчет по деформациям (осадкам), используя для каждого слоя грунта значения его модуля общей деформации  $E_0$ , определяемого по результатам лабораторных (компрессионных) или полевых испытаний (штамповых, зондированием, прессиометрией).

При компрессионных испытаниях образец грунта подвергают одноосному сжатию без возможности бокового расширения, приводя его к спрессовыванию за счет более плотной упаковки частиц, что может характеризовать поведение грунтов под фундаментами только при малых давлениях, а с их увеличением не отражает реального сжатия.

Результаты зондирования (более достоверно статическое) грунтов позволяют оценить их свойства в конкретных инженерно-геологических условиях в виде сопротивлений вдоль боковой поверхности муфты трения и под острием погружаемого зонда по глубине основания. Поскольку при этом грунт раздвигается в стороны и находится уже в предельной фазе потери прочности, его сжимаемость оценивается косвенно исходя из корреляции между деформационными и прочностными характеристиками. В таком

случае не отражается зависимость между давлениями и деформациями, что отрицательно сказывается на достоверности определения значений  $E_o$ .

Прессиометрические испытания в конкретных грунтовых условиях с действительными их свойствами позволяют отразить зависимость между сжимающими давлениями на грунт и его деформациями, но в горизонтальном направлении при расширении камеры прессиометра в скважине на соответствующих глубинах. Это не в полной мере отражает процесс вертикального сжатия грунта, внося погрешности в оценку значений  $E_o$ .

Более достоверное определение модуля деформации грунта  $E_o$  обеспечивают полевые штамповые испытания в конкретных грунтовых условиях с действительными их свойствами. При вдавливании штампа в грунт с его сжатием в вертикальном направлении аналогично фундаментам имеется возможность вытеснения грунта в стороны за счет всех возникающих в основании компонент напряжений (сжимающих и сдвигающих).

Ниже остановимся на анализе напряженно-деформированного состояния (НДС) в грунтовом основании по мере увеличения передаваемого вдавливаемым штампом давления с интерпретацией получаемой зависимости его осадок  $S$  от величин этих давлений  $P$  при определении значения модуля деформации  $E_o$  испытываемого грунта.

**Сущность определения модуля деформации грунта по штамповым испытаниям.** Как известно, в нормативных документах СНГ, включая Республику Беларусь [1, 2, 4], при расчете осадок фундаментов используют преимущественно так называемый *метод послойного суммирования*. Он базируется на условии простого одноосного уплотнения слоев грунта в сжимаемой толще основания за счет вертикальных сжимающих напряжений от передачи фундаментом вдавливающих нагрузок. Для простоты вычислений возникающие в грунте горизонтальные сжимающие и касательные (сдвигающие) напряжения при этом не принимаются во внимание, а их влияние учитывается корректирующим коэффициентом  $\beta$  в формуле простого одноосного сжатия каждого слоя:

$$S_i = \beta \cdot \sum \frac{P_i \cdot h_i}{E_o} \quad (1)$$

где  $S$  – осадка фундамента (штампа);  $P_i$  – сжимающее давление на слой грунта, кПа;  $h_i$  – толщина слоя грунта, м;  $E_o$  – модуль общей деформации грунта, кПа;  $\beta$  – коэффициент, принимаемый для всех грунтов равным 0,8, хотя ранее учитывали его разным в зависимости от коэффициента бокового расширения (Пуассона)  $\nu$  соответствующего грунта.

Как видим, в формуле (1) осадка при сжатии слоя грунта пропорциональна действующему на него сжимающему давлению. Такое соотношение характерно закону Гука в теории упругости, используемой в механике грунтов для оценки НДС в основании.

При известном значении осадки штампа по результатам испытания на вдавливание в грунт по формуле (1) обратным пересчетом определяют значение  $E_o$  при интерпретации получаемых экспериментально результатов.

Метод послойного суммирования исходит из наличия в пределах сжатой зоны основания ниже подошвы фундамента разных грунтовых толщ со своими значениями  $E_o$  при изменяющихся сжимающих напряжениях  $\sigma_z$  по глубине и ширине. Пример такого их распределения для полосовой

равномерной нагрузки у поверхности грунта представлен на рис.1. В решениях теории упругости при оценке НДС делается предположение об однородности (изотропности) свойств грунта в основании по всем направлениям.

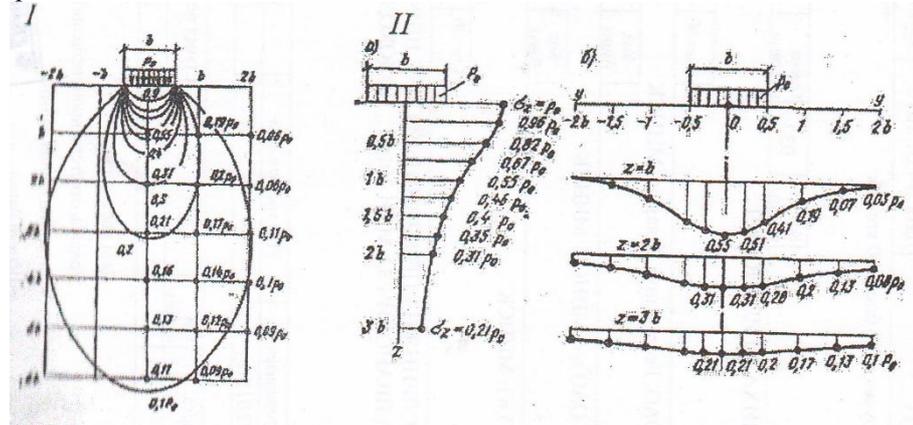


Рис. 1. Распределение вертикальных сжимающих напряжений  $\sigma_z$  в грунте:  
 I – линии одинаковых значений  $\sigma_z$  (изобары) по глубине и ширине основания;  
 II– эпюры распределения  $\sigma_z$ : а – по вертикальной оси, б – на горизонтальных уровнях

Метод послойного суммирования исходит из наличия в пределах подверженной сжатию зоны основания ниже подошвы фундамента разных грунтовых толщ со своими значениями  $E_o$ , при наличии в них изменяющихся сжимающих напряжений  $\sigma_z$  по глубине и ширине данной зоны. Помимо этого принято условие, что на каждом горизонтальном уровне по ширине значения  $\sigma_z$  одинаковы и соответствуют величинам по вертикальной оси (эпюры позиции II)(см. рис.1). Такое их фактическое отличие(см. рис. 1, II б), а также игнорирование значениями  $\sigma_x, \sigma_y$  и  $\tau$  нивелируется коэффициентом  $\beta$ .

При определении значений  $\sigma_z$  по глубине основания толщи грунтов в пределах сжимаемой зоны разбиваются на элементарные слои мощностями по 0,2 от ширины  $b$  фундамента (штампа). Мощность сжимаемой зоны  $h_c$  ниже подошвы фундамента в отечественной и зарубежной геотехнической практике традиционно принимают соответствующей тому уровню в основании, где напряжения от передаваемого фундаментом дополнительного (сверх природного  $\sigma_{zg}$  от собственного веса толщ грунтов) давления составляют доли: при  $E_o > 5$  МПа – 0,2  $\sigma_{zg}$ , а при  $E_o < 5$  МПа – 0,1  $\sigma_{zg}$ . [3]

В отечественной практике инженерно-геологических изысканий при испытаниях грунтов используют шурфаштамп жесткие круглые с диаметрами 5000 см<sup>2</sup>, 2500 см<sup>2</sup>, а в скважинах на больших глубинах – 600 см<sup>2</sup>. При этом получают зависимость (рис. 2) осадки грунта  $S$  под штампом от прилагаемого им давления, т.е.  $S = f(P)$ .

Далее на примерно линейном начальном отрезке графика выбирается диапазон давлений  $\Delta P$  с соответствующим ему изменением осадки  $\Delta S$  для такого диапазона вычисляется модуль деформации  $E_o$  по формуле:

$$E_o = (1 - \nu^2) \cdot \frac{\pi \cdot d}{4} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta S}, \tag{2}$$

где:  $\nu$  – коэффициент Пуассона грунта;  $d$  – диаметр штампа, м;

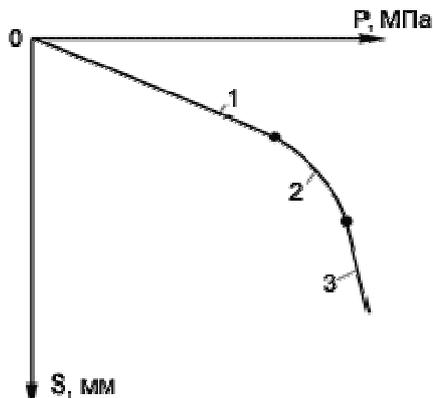


Рис. 2. Зависимость осадки  $S$  грунта под штампом от передаваемого им давления  $P$ :

1- фаза уплотнения; 2 – фаза сдвигов; 3 – фаза выпора.

При сильном уменьшении возникающих в грунте сжимающих напряжений  $\sigma_z$  (см. рис. 1), определяемых умножением передаваемого подошвой фундамента давления  $p_0$  на коэффициент рассеивания  $\alpha$ , возникает необходимость в каждом уровне сжимаемой толщи учитывать свой расчетный (кусочно-линейный на фактически криволинейном графике) диапазон давлений  $\Delta P$  и для него вычислять модуль деформации грунта  $E_0$ .

Важно также не забывать, что напряжения по глубине и мощность сжимаемой толщи в основании линейно увеличиваются соразмерно ширине (рис. 3) фундамента (штампа)  $b$ , что неизбежно сказывается и на значении определяемого модуля общей деформации  $E_0$  каждого слоя грунта на соответствующем уровне такой толщи.

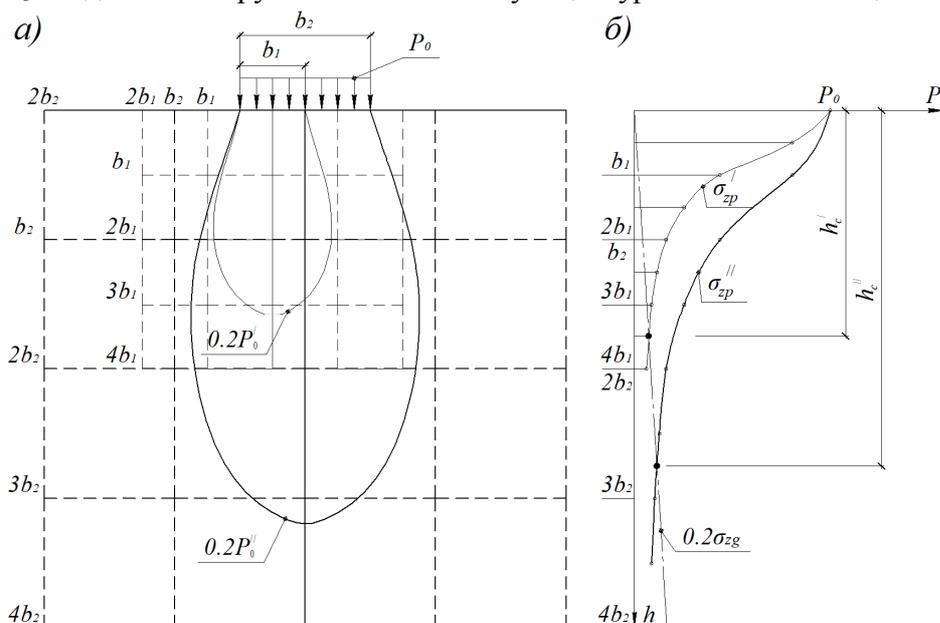


Рис. 3. Характер распределения вертикальных сжимающих напряжений  $\sigma_{zp}$  по глубине однородного основания под подошвами фундаментов с разными ширинами  $b$  при передаче ими одинаковых давлений интенсивностью  $P_0$ : а – линии равных напряжений интенсивностью  $\sigma_{zp} = 0,2P_0$ ; б – изменение по глубине напряжений под центрами подошв фундаментов  $\sigma_{zp}$  от давления  $P_0$  и долей  $0,2\sigma_{zg}$  от собственного веса однородного грунта (условно) при определении границ сжимаемых зон  $h_c$ ; 1 – при  $b_2$ , 2 – при  $b_2 = 2b_1$

Традиционно при оценке распределения в грунтовом массиве сжимающих напряжений (обычно при определении его осадок под фундаментом учитывают только вертикальные сжимающие  $\sigma_{zp}$ ) делается допущение об однородности (изотропности) грунтов. Фактически они обладают анизотропией, т.е. различием свойств, особенно фильтрационных, в разных направлениях (рис. 4), что сильно сказывается на распределении  $\sigma_{zp}$  [5, 6] и мощности сжимаемой зоны  $h_c$  ниже подошв фундаментов. Поэтому у ленточных глин значения  $h_c$  сильно уменьшаются, а в лессах они достигают больших глубин, способствуя чрезмерному увеличению осадок и являясь решающим фактором проявления просадок.

Заметим, что в практике инженерных изысканий и проектирования указанные особенности пока не учитываются (игнорируются), а определяемые значения модулей деформации грунтов  $E_0$  фактически получают ошибочными. В этой связи весьма актуален вопрос повышения достоверности определения  $E_0$  по результатам полевых штамповых испытаний в конкретных инженерно-геологических условиях с учетом отмеченных выше особенностей взаимодействия с грунтами штампов и проведения с этой целью необходимых теоретических и экспериментальных исследований.

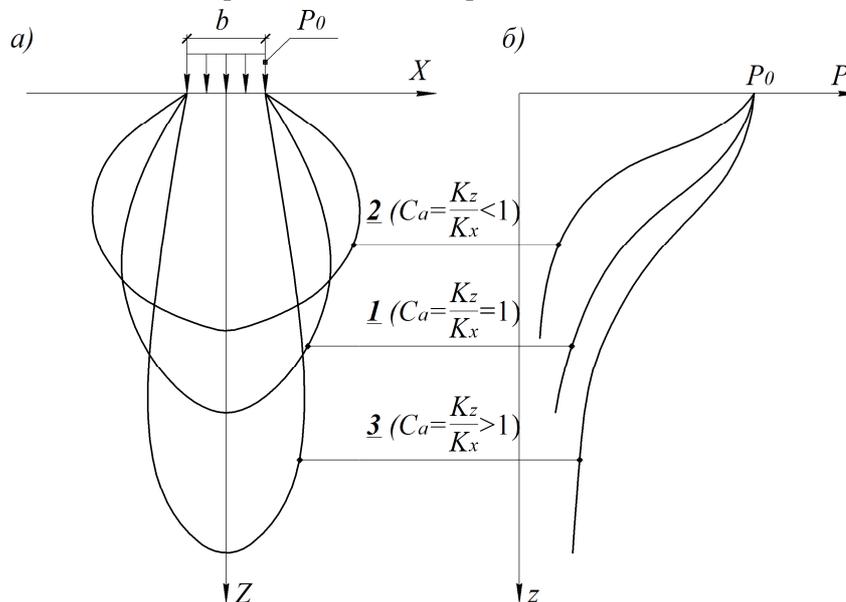


Рис. 4. Характер распределения вертикальных сжимающих напряжений  $\sigma_{zp}$  по глубине анизотропных по фильтрации оснований [5, 6] под подошвами фундаментов с одинаковыми их ширинами  $b$  и передаваемыми давлениями интенсивностью  $P_0$ :

а – линии равных напряжений  $\sigma_{zp} = 0,2P_0$ ; б – изменение по глубине напряжений под центрами подошв фундаментов  $\sigma_{zp}$  от давления  $P_0$ ; 1 –

для однородного (изотропного –  $C_a = 1$ ) грунта; 2 – для грунта с горизонтальной анизотропией (ленточные глины –  $C_a < 1$ ); 3 – то же с вертикальной (лессы –  $C_a > 1$ ):  $C_a = K_z / K_x$  – коэффициент анизотропии, т.е. соотношение коэффициентов фильтрации по вертикали  $K_z$  и горизонтали  $K_x$ .

**Пример определения модуля общей деформации грунта в разных диапазонах  $\Delta P$ .** Поскольку природное (бытовое) давление  $\sigma_{zg}$  с глубиной увеличивается, а дополнительное  $\sigma_{zp}$  при рассеивании в толще грунта затухает, можно предположить, что модуль общей деформации  $E_o$  для каждого нижележащего элементарного слоя имеет тенденцию к увеличению по глубине в силу резкого уменьшения диапазонов  $\Delta P$ .

В качестве исходных данных для пересчета модуля  $E_o$  воспользуемся результатами полевых штамповых испытаний (см. табл.1 и рис.5), выполненных компанией ООО «Инженерные изыскания» в декабре 2020 года в г. Минске [7]. В основании залегал песчаный грунт ( $\gamma = 16 \text{ кН/м}^3$ ,  $\nu = 0,3$ ), штамп (фундамент) круглый площадью  $A = 2500 \text{ см}^2$  ( $d = 0,564 \text{ м} = 56,4 \text{ см}$ ), его глубина заложения  $h = 0,3 \text{ м}$ , давление  $P = 250 \text{ кПа}$ .

Таблица 1

Данные полевых штамповых испытаний

Глубина штампа, см	Площадь штампа, см <sup>2</sup>	Осадка штампа $S$ (см), при давлении $P$ (кПа)											
		0,00	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275
0,3	2500	0,00	0,10	0,22	0,36	0,52	0,69	0,89	1,06	1,26	1,47	1,69	2,22

С учетом данных табл. 1 и рис.5 определяем модуль  $E_o$  по формуле (2) в интервале напряжений от  $P_n = 25 \text{ кПа}$  до  $P = 250 \text{ кПа}$ :

$$E_o = (1 - 0,3^2) \cdot \frac{\pi \cdot 56,4}{4} \cdot \frac{250 - 25}{1,69 - 0,1} = 40,29 \cdot 141,5 = 5700 \text{ кПа};$$

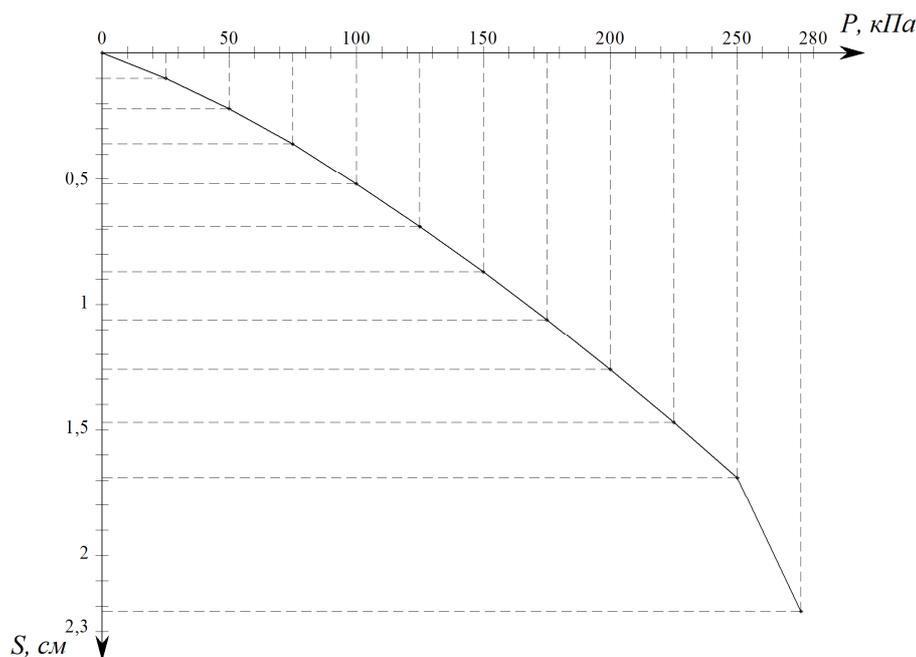


Рис. 5. График зависимости  $S_i = f(P_i)$ 

Определим бытовые и дополнительные напряжения в основании под штампом. Расчеты сводим в табл. 2 и строим графики их распределения по глубине (рис. 6) для определения мощности сжимаемой зоны  $h_c$ . Для этого расчленим грунт под фундаментом на элементарные слои толщиной  $0,2d$  ( $h_i = 0,2 \cdot 56,4 = 11,28$  см). Дополнительное вертикальное давление на основание в уровне подошвы фундамента составило  $P_o = P - \sigma_{zg,o} = 245,3$  кПа. Определим также напряжения от половины и четверти испытательного давления.

Таблица 2

Расчет бытового и дополнительного напряжений в основании под штампом

№ слоя	$h_i$ слоя, см	Глубина $z_i$ верха слоя, см	$\zeta = 2z/b$	$\alpha$	$\sigma_{zgi}$ , КПа	$0,2\sigma_{zg}$ $i$ , кПа	$\sigma_{zpi}$ , КПа	$0,5\sigma_{zp}$ $i$ , кПа	$0,25\sigma_{zpi}$ , кПа
1	11,28	0,00	0	1	4,7	0,94	245,3	122,6	66,3
2	11,28	11,28	0,4	0,949	6,5	1,30	232,8	116,4	58,2
3	11,28	22,56	0,8	0,756	8,3	1,63	185,4	92,7	46,4
4	11,28	33,84	1,2	0,547	10,0	2,00	134,2	67,1	33,6
5	11,28	45,12	1,6	0,39	11,8	2,36	95,7	47,8	23,9
6	11,28	56,40	2	0,285	13,6	2,72	69,9	35,0	17,5
7	11,28	67,68	2,4	0,214	15,3	3,06	52,5	26,3	13,1
8	11,28	78,96	2,8	0,165	17,1	3,42	40,5	20,3	10,1
9	11,28	90,24	3,2	0,13	18,9	3,78	31,9	16,0	8,0
10	11,28	101,52	3,6	0,106	20,6	4,12	26,0	13,0	6,5
11	11,28	112,80	4	0,087	22,4	4,48	21,3	10,7	5,4
11a		<b><math>h_c = 118,0</math></b>				<b>4,8</b>			<b>4,8</b>
12	11,28	124,08	4,4	0,073	24,2	4,84	17,9	9,0	4,5
13	11,28	135,36	4,8	0,062	26,0	5,20	15,2	7,6	3,8
14	11,28	146,64	5,2	0,053	27,7	5,54	13,0	6,5	3,2
14a		<b><math>h_c = 156,0</math></b>				<b>5,7</b>			<b>5,7</b>
15	11,28	157,92	5,6	0,046	29,5	5,90	11,3	5,6	2,3
16	11,28	169,20	6	0,04	31,3	6,26	9,8	4,9	2,4
17	11,28	180,48	6,4	0,036	33,0	6,60	8,8	4,4	2,2
18	11,28	191,76	6,8	0,031	34,8	6,96	7,6	3,8	1,9
18a		<b><math>h_c = 197,0</math></b>				<b>7,1</b>	<b>7,1</b>		
19	11,28	203,04	7,2	0,028	36,6	7,32	6,7	3,4	1,7

Из табл.2 и рис.6 видно, что граница сжимаемой толщи ниже подошвы штампа (с учетом условия  $\sigma_{zpi} = 0,2\sigma_{zgi}$ ) при давлении под ней 61,3 кПа составила **1,18** м, при давлении 122,6 кПа увеличилась до **1,56** м, а при 245,3 кПа достигла примерно **2,0** м. Как видим, глубины сжимаемых зон в основании штампа или фундамента с возрастанием передаваемых ими на грунт давлений увеличиваются нелинейно.

Согласно закону Гука сжатие элементарных слоев грунта в пределах деформируемых зон  $h_c$  происходит соразмерно действующим в каждом из этих слоев средними сжимающими напряжениями, которые по глубине затухают нелинейно.

В этой связи можно предполагать и о нелинейном изменении у однородного грунта модулей общей деформации  $E_o$  по мере увеличения мощности сжимаемой толщи  $h_c$ .

Ниже определим значения  $E_o$  для разных расчетных глубин  $h_c$ , и величин ступеней испытательных давлений под штампом диаметром 56,4 см, составивших  $0,25P_o=61,3$  кПа,  $0,5P_o=122,6$  кПа,  $P_o=245,3$  кПа и вызвавших, согласно табл. 1, осадки  $S_i$  соответственно 0,29 см, 0,69 см и 1,69 см:

$$E_{o1} = (1 - 0,3^2) \cdot \frac{\pi \cdot 56,4}{4} \cdot \frac{61,3}{0,29} = 40,29 \cdot 214,4 = 8516 \text{ кПа};$$

$$E_{o2} = (1 - 0,3^2) \cdot \frac{\pi \cdot 56,4}{4} \cdot \frac{122,6}{0,69} = 40,29 \cdot 177,7 = 7159 \text{ кПа};$$

$$E_{o3} = (1 - 0,3^2) \cdot \frac{\pi \cdot 56,4}{4} \cdot \frac{245,3}{1,69} = 40,29 \cdot 145,1 = 5848 \text{ кПа};$$

Как видим,  $E_o$  в однородном песке по мере роста ступеней давлений  $P_{oi}$  уменьшаются нелинейно соразмерно увеличению в основании под штампом сжимаемой толщи  $h_c$ .

Однако, здесь пока не учтен факт уменьшения давлений  $P_{oi}$  и соразмерно им деформаций сжатия  $S_i$  слоев грунта по глубине  $h_c$  ниже штампа, что несомненно должно сказаться и на адекватном изменении величин  $E_o$ .

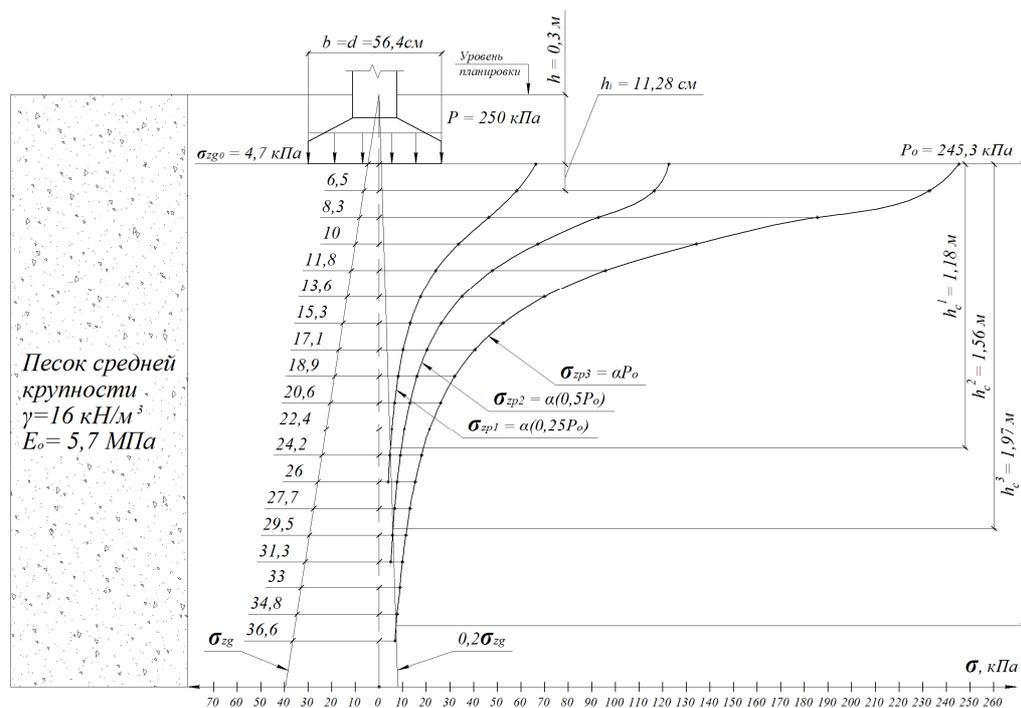


Рис. 6. Эпюры природного и дополнительных напряжений по глубине основания для приведенных исходных данных

Как известно, в существующей практике изысканий отмеченные особенности нелинейной изменчивости значений  $E_o$  фактически не учитываются.

Различия деформаций сжатия  $S_i$  элементарных слоев грунта в пределах каждой из сжимаемых толщ  $h_i$  в нашем случае нельзя определить без их измерений.

Попытка оценить аналитически, разделив общие деформации сжатия  $S$  в пределах всех глубин сжатия  $h_c$  на доли  $S_i$ , соразмерные средним сжимающим напряжениям в каждом элементарном слое  $h_i$  или их группах будет некорректной, о чем свидетельствует анализ формулы (2). У нее в числителе учтен диаметр штампа (фундамента) вместо отличающейся от него ширины сжимаемого слоя грунта на соответствующем уровне (см. рис.1, поз. I и II, б – эпюры изобар). При этом входящие в эту формулу значения  $\Delta S$  и  $E_i$  неизвестны. Если принять осадки соразмерно давлениям, то соотношение  $\frac{\Delta P}{\Delta S}$  становится постоянным, а все значения  $E_i$  для всех ступеней давления – тоже одинаковыми.

Такое противоречие обусловлено некорректностью формулы (2), поскольку она дает отличие значений  $E_i$  лишь за счет линейного изменения диаметра штампа, но не отражает роли увеличения его площади и формы, отличающейся от некруглой у фундаментов.

При изысканиях применяют разные диаметры штампов, но зависимости значений  $E_o$  для различных грунтов от размеров и площадей штампов с глубинами их погружения пока еще не исследованы. При интерпретации результатов испытаний делается грубое допущение о постоянстве  $E_o$  в широком диапазоне передаваемых штампом давлений без учета различий объемов сжатия массива по глубине и ширинам в двух направлениях.

Однако, по аналогии с приведенным примером, мы можем оценить качественный характер уменьшения  $E_o$  за счет увеличения сжимаемых глубин  $h_c$  соразмерно диаметрам штампов (см. рис.3), даже при равенстве передаваемых ими давлений  $p$ . Из рис. 4 также видно, что глубины  $h_c$  существенно уменьшаются при преобладании у слоев грунтов горизонтальной фильтрационной анизотропии (в ленточных глинах) и чрезмерно увеличиваются в случае большой вертикальной водопроницаемости (в лессах).

**Заключение.** При проектировании оснований и фундаментов по методу послойного суммирования актуален вопрос повышения достоверности определения значения модуля деформации грунта  $E_o$ . Приведенный выше пример учета одной из указанных выше особенностей взаимодействия с однородными грунтами вдавливаемого штампа позволил уточнить определяемую величину этого важного параметра деформационных свойств однородного грунта с его различиями при изменении диапазонов  $\Delta P$  соразмерно величинам ступеней передаваемых на грунт сжимающих давлений и глубин  $h_c$  сжимаемых зон в основании. Требуется также в дальнейшем подтвердить экспериментально изменчивость величин  $E_o$  ниже подошв штампов соразмерно их площадями диапазоном сжимающих напряжений  $\Delta P$  по глубинам в слоях грунтов, включая однородные и обладающие анизотропией механических и особенно фильтрационных свойств в вертикальном и горизонтальных направлениях, .

#### Список литературы

1. Технический кодекс установившейся практики. Фундаменты плитные. Правила проектирования. ТКП 45-5.01-67-2007 (02250). – Введ. 02.04.2007. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2007. – 140с.
2. Государственный стандарт Республики Беларусь. Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости. ГОСТ 20276–2012.

- Введ. 01.01.2016. – Минск: Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь, 2014. – 52с.
3. Механика грунтов, основания и фундаменты: практикум по дисциплине «Инженерная геология, гидрогеология, механика грунтов, основания и фундаменты» для студентов специальности 1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов» / сост.: С. В. Игнатов [и др.]; под ред. М. И. Никитенко. – Минск: БНТУ, 2014. – 184 с.
  4. Пойта П.С., Основания и фундаменты. П. С. Пойта, П.В. Шведовский., Д.Н. Клебанюк.– Минск, Высшая школа. 2020. - 400 с.
  5. Соболевский Ю.А. Водонасыщенные откосы и основания. Ю.А.Соболевский. – Минск, Высшая школа. 1975. – 398 с.
  6. Рыжков В.А. Исследование несущей способности быстроагружаемых анизотропных по водопроницаемости оснований: автореф.дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук по спец. 05.23.02. В.А.Рыжков. – Минск, 1973. – 24 с.
  7. Результаты испытания грунтов штампом на объекте «Многоквартирный жилой дом со встроенно-пристроенными объектами торгово-общественного назначения по ул. Купревича». – Минск: ООО «Инженерные изыскания», 2020.

*Материал поступил в редакцию 09.07.21*

**И. Д. Гуц<sup>1</sup>, М. И. Никитенко**

<sup>1</sup> "Беларусь мемлекеттік ауыл шаруашылығы академиясы" БМ  
Горки, Беларусь

#### **ТОПЫРАҚТЫҢ ЖАЛПЫ ДЕФОРМАЦИЯСЫ МОДУЛІН АЙҚЫНДАУДЫҢ СЕНІМДІЛІГІН АРТТЫРУ ТУРАЛЫ**

**Аннотация.** Топырақтың жалпы деформация модулін анықтаудың сенімділігі іргетастың түпкілікті жауын-шашынының болжамына тікелей әсер етеді. Негіздердің шекті күйлерінің 2-тобын есептеу іргетастардың өлшемдерін тағайындау кезінде маңызды болғандықтан, бұл мәселені шешу өте өзекті. Мақалада "топырақ негізі-іргетас" жүйесінің өзара әрекеттесу жағдайларын талдауға сүйене отырып, сығылатын қалыңдықтағы топырақ қабаттарының жалпы деформация модулін анықтаудың сенімділігін арттыру жолдары қарастырылады.

**Түйінді сөздер:** топырақ, деформация, сынау, әдіс, модуль, тұнба, негіз, қабат, жинақтау, сығылу, қалыңдық, іргетас, штамп

**I. D. Huts<sup>1</sup>, M. I. Nikitenko**

<sup>1</sup>UE "Belarusian State Agricultural Academy", Gorki, Belarus,

#### **OF INCREASING THE RELIABILITY OF DETERMINING THE MODULUS OF TOTAL SOIL DEFORMATION**

**Abstract.** The reliability of determining the modulus of total soil deformation directly affects the forecast of the final foundation precipitation. Since the calculation of the 2-group limit states of the foundations is crucial in determining the size of the foundations, the solution of this issue is very relevant.

In this article, based on the analysis of the conditions of interaction of the system "ground base-foundation", the ways of increasing the reliability of determining the modulus of the total deformation of soil layers in the depth of the compressible thickness are considered.

**Keywords:** soil, deformation, tests, method, modulus, sediment, base, layer, summation, compressibility, thickness, foundation, stamp.

#### References

1. Tekhnicheskij kodeks ustanovivshejsyapraktiki. Fundamentyplitnye. Pravilaproektirovaniya. TKP 45-5.01-67-2007 (02250). – Vved. 02.04.2007. – Minsk: Ministerstvoarhitekturyistroitel'stvaRespubliki Belarus', 2007. – 140s.
2. Gosudarstvennyj standart Respubliki Belarus'. Grunty. Metodypolevogoopredeleniyaharakteristikprochnostiideformiruемости. GOST 20276–2012. – Vved. 01.01.2016. – Minsk: Gosudarstvennyj komitet postandartizacii Respubliki Belarus', 2014. – 52s.
3. Mehanikagruntov, osnovaniyaifundamenty: praktikumpo discipline "Injenernayageologiya, gidrologiya, mehanikagruntov, osnovaniyaifundamenty" dlyastudentovspecial'nosti 1-70 04 03 "Vodosnabjenie, vodootvedenieiohranavodnyhresursov" / sost. S. V. Ignatov [i dr.]; pod red. M. I. Nikitenko. – Minsk: BNTU, 2014. – 184 s.
4. Pojta P. S. Osnovaniyaifundamenty. P.S. Pojta, P.V. Shvedovskij, D.N.Klebanyuk. – Minsk: Vyshejsheyashkola. 2000.–400 s.
5. Sobolevskij Ju. A. Vodonasyshchennyetkosyiosnovaniya. Ju.A.Sobolevskij. – Minsk: Vyshejsheyashkola. 1975/ - 398 s.
6. Ryzhkov V.A. Issledovaniyesushchejsposobnostibystrozagruzhaemyhanizotropnyhpovodopronic aemostiosnovaniy: avtoref. diss. nasoisk. uch. st.kand. tehn. naukpo spec. 05.23.02. V.A. Ryzhkov. – Minsk, 1973/ - 24 s/
7. Rezul'tatyispitaniyagruntovshtampomnaob`ekte "Mnogokvartirnyjjiloydomsovstroeno-pristroennymiob`ektamitorgovo-obshchestvennogonaznacheniyapoul. Kuprevicha". – Minsk: OOO "Injenerneyizyskaniya", 2020.