

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА РАСЧЕТА ОСНОВАНИЙ ФУНДАМЕНТОВ ПО ДЕФОРМАЦИЯМ

Тугаенко Ю.Ф., Ткалич А.П.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры. Украина

Н.М. Герсевановым (1930) и В.А. Флориным (1936) обоснована возможность применения теории упругости при расчете оснований фундаментов по деформациям, при давлениях, не превышающих предела пропорциональности наблюдаемой в первой фазе НДС грунтов оснований. В этом случае наблюдаемые осадки близко совпадают с расчетными. В высокопористых грунтах, при давлениях превышающих предел пропорциональности, измеренные осадки значительно превышают расчетные.

На рис.1,а представлены схемы фазового состояния грунтов в основании опытных штампов. В плотных низкопористых песчаных грунтах, до давления 0,7 МПа наблюдались две фазы НДС грунтов, с пределом пропорциональности для первой фазы около 0,4 МПа [1]. В высокопористом слое водонасыщенной лессовой супеси Одесского региона пределу пропорциональности соответствует давления 0,07...0,09 МПа [2].

На рис.1,б приведены графики зависимости осадки от давления в пределах первой фазы. При расчетных давлениях превышающих предел пропорциональности, значение модуля деформации определенные в пределах первой фазы деформирования грунта будут завышены, расчетные осадки ниже наблюдаемых (рис. 1,б). Несовпадение также наблюдается при определении глубины зоны деформации. Ее расчетная глубина в два и более раз превышает измеренные значения [1- 4].

На рис. 2 и в таблице 1 и приведены расчетные и измеренные деформации в основаниях фундаментных плит многоэтажных зданий, возведенных в г. Одессе.

В нормативном методе расчета все параметры, определяющие деформации являются условными. Ниже приведена оценка параметров грунтов, полученных по результатам исследований, выполненных в последние десятилетия.

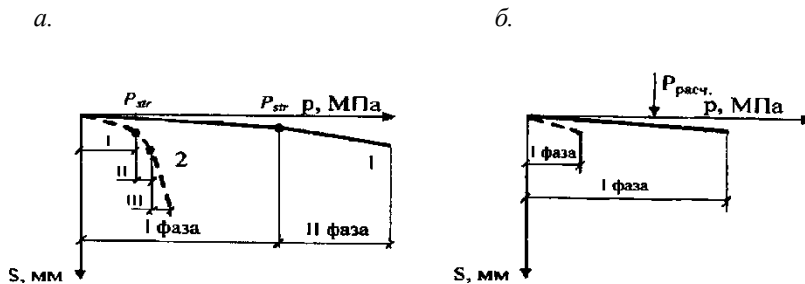


Рис.1. Фазы НДС грунтов в основаниях, сложенных низкопористыми (1) и высокопористыми (2) грунтами

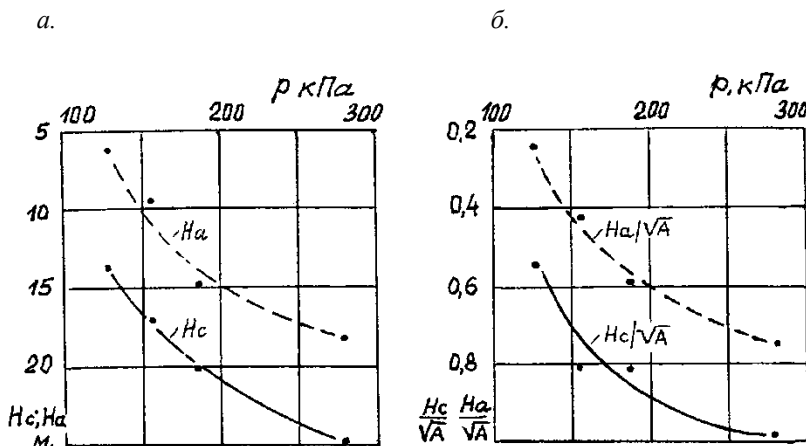


Рис. 2. Графики зависимости давления от расчетной (H_c) и измеренной (H_a) глубины зоны деформации в основаниях фундаментных плит многоэтажных зданий. Абсолютные (а) и относительные (б) глубины деформированного грунта

Таблица 1

Результаты определения деформаций в основаниях фундаментных плит многоэтажных зданий

$A,$ $м^2$	$p,$ $кПа$	$H_c,$ $м$	$H_a,$ $м$	H_c / H_a	$S_p,$ $см$	$S_{изм.},$ $см$	$S_p / S_{изм.}$	$T,$ $лет$
630	127	13,7	6,3	2,17	15,2	27,9	0,55	24
440	156	17,1	9,6	1,78	16,9	32	0,53	30
621	187	20,1	14,8	1,36	30,1	76,2	0,39	23
645	279	25	18,4	1,4	67,4	95,5	0,70	12

Примечание: T - длительность наблюдений.

В действующем методе расчета величина осадки, в общем виде, зависит от следующих параметров:

$$s = f(\sigma_{zp}; H_c; E); \quad (1)$$

где: σ_{zp} – напряжение от дополнительной нагрузки:

$$\sigma_{zp} = f(A; p; \alpha) \quad (2)$$

A ; p – площадь фундамента и давление по его подошве; α – коэффициент убывания напряжений по глубине от дополнительной нагрузки. Его значение получено теоретически для упругого однородного, изотропного полупространства. Фактически на величину напряжения в грунтовой толще оказывают влияние состав и состояние грунтов. В высокопористых грунтах измеренные напряжения больше, а в низкопористых – меньше расчетных [4;5]; H_c – условная глубина сжимаемой толщи грунта. Ее нижняя граница определяется без учета деформативных свойств грунтов, по соотношению напряжений от собственного веса грунта и давления, передаваемого подошвой фундамента.

$$H_c = f(\sigma_{zp}; \sigma_{zg}) \quad (3)$$

σ_{zg} – напряжение от веса природного грунта; E – модуль общей деформации. Его значение получают по данным испытаний в лабораторных и в полевых условиях. По результатам полевых исследований, модуль деформации определяется в пределах первой фазы НДС грунтов основания и зависит от следующих параметров (рис.1,б):

$$E = f(A; \Delta p; \Delta s; \nu) \quad (4)$$

где: p и A – тоже, что в формуле (2); s – осадка; Δp и Δs – приращения давления и осадки в заданном интервале давлений; ν – коэффициент Пуассона. Является константой для данного вида грунта, не зависящей от его состава, состояния, размеров фундамента и др. факторов.

По результатам натурных исследований установлены параметры, которые следует применить в расчетной формуле при оценке деформаций в грунтах основания фундаментов. В общем виде величина осадки функционально зависит от следующих показателей:

$$s = f(\sigma_z; H_a; E_n; \nu) \quad (5)$$

где: $\sigma_z = \sigma_{zp} + \sigma_{zg}$ – среднее расчетное напряжение в пределах зоны деформации однослойного основания, либо каждого ИГЭ многослойного основания.

Напряжение в грунтах возникает на контактах между минеральными частицами скелета. Уплотнение грунта в процессе его деформирования увеличивает площадь их контактов, снижая напряжения. Исследования этих процессов только начаты [2], поэтому на данном этапе расчетные значения (σ_{zp} и σ_{zg}) следует применять:

– для однослойного основания фундаментов малой площади или опытных фундаментов равными: $\sigma_z = 0,5(p + p_{str})$;

– в многослойном основании среднее, для каждого слоя:

$$\sigma_{zi,cp.} = \sigma_{zpi,cp.} + \sigma_{zgi,cp.} :$$

$H_a = f(\sigma_{z,i}; p_{stn})$ – глубина зоны деформации. Ее граница принимается на глубине, где напряжения равны структурной прочности грунта. По результатам исследований измеренная глубина зоны деформации в 2 и более раз меньше расчетной глубины сжимаемой толщи [5-8].

Результаты измерений глубины зоны деформации в основаниях фундаментных плит, полученные в Одессе, приведены в таблице 1 и на рис. 2.

Деформативные свойства грунтов следует оценивать двумя показателями: модулем уплотнения (E_n) и коэффициентом поперечного расширения (ν).

Модуль уплотнения определяет сжимаемость грунта в результате повышения плотности его скелета, под влиянием приложенной нагрузки [9]. Его значение зависит от давления (p) и коэффициента уплотнения (ϵ_n)

$$E_n = f(p; \epsilon_n) \quad (6)$$

Коэффициент уплотнения (ϵ_n) определяется по величине плотности скелета природного (ρ_d) и уплотненного фундаментом грунта ($\rho_{d,com}$) по зависимости:

$$\epsilon_n = 1 - \rho_d / \rho_{d,com} \quad (7)$$

Его значение зависит от снижения пористости, а коэффициент относительной деформации (ϵ) определяется с учетом уплотнения и поперечного расширения $\epsilon = s / H_a$.

На рис. 3. приведены графики зависимости ϵ и ϵ_n от давления, полученные по результатам полевых исследований для слоя водонасыщенной лессовой супеси, выполненные в верхней половине ИГЭ-3 [2].

На рис. 4 приведены графики зависимости относительной деформации (ϵ), полученные по результатам измерений послойных перемещений в основаниях фундаментных плит многоэтажных зданий [2].

Значения ϵ_n определенные в грунтах основания для штампов близко совпадают со значениями относительных деформаций фундаментных плит ϵ определенных в верхней половине ИГЭ-3, что может являться свидетельством практического отсутствия поперечных деформаций, в основании фундаментов большой площади.

Коэффициент поперечного расширения – $\nu = f(s; s_v)$. Его значение можно определить по отношению части осадки, вызванной поперечным расширением к двойному значению ее общей величины [10;11]:

$$\nu = s_v / 2s \quad (8)$$

где: $s_v = s - s_n$; s_v – составляющая часть осадки, вследствие поперечного расширения грунта; s – осадка штампа; s_n – составляющая часть полной осадки в результате уплотнения грунта ($s_n = \epsilon_n \cdot H_a$).

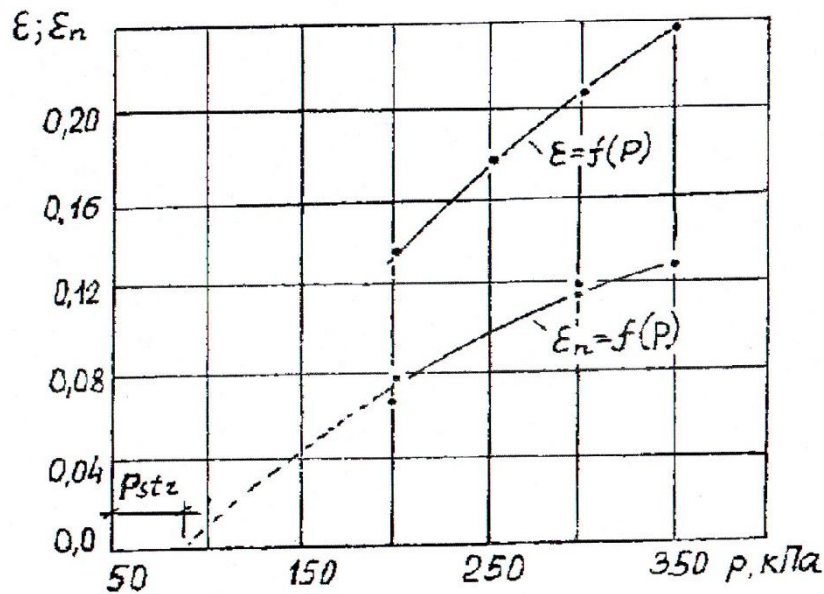


Рис. 3. Графики зависимости коэффициентов относительной деформации (ϵ) и уплотнения (ϵ_n) от давления по подошве опытных штампов

На значение коэффициента поперечного расширения существенное влияние оказывает форма и площадь

фундамента. С увеличением площади фундамента снижается его значение и для фундаментных плит большой площади приближается к нулю.

На рис. 5 приведен график изменения коэффициента поперечного расширения определенного для водонасыщенной лессовой супеси, по результатам испытаний грунтов штампами и фундаментами квадратной формы площадью от 0,04 до 2 м².

Применяя параметры, влияющие на деформирование грунтов, величину осадки для фундаментов с однослойным основанием можно определить по зависимости:

$$s = \sigma_{z,cp.} H_a / (1-2\nu) E_n; \quad (9)$$

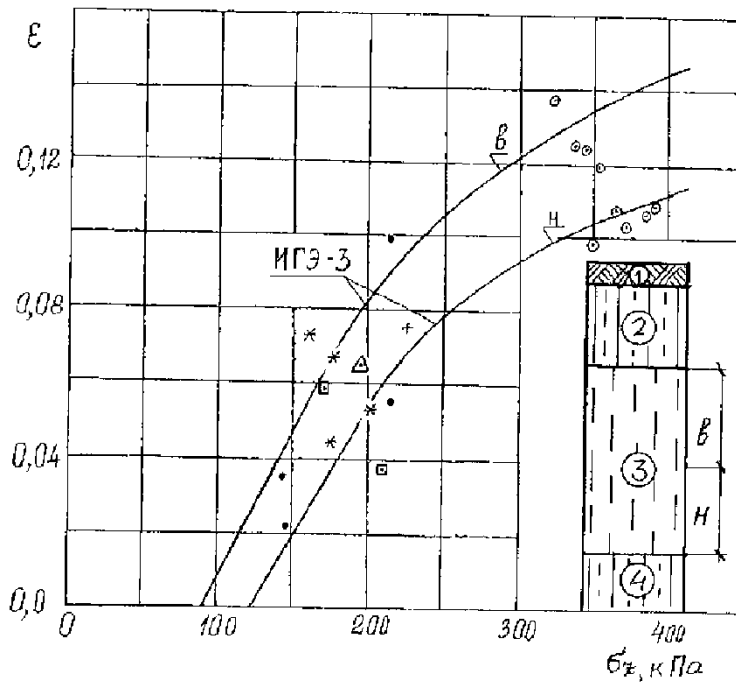


Рис. 4. Графики зависимости коэффициентов относительной деформации в верхней (v) и нижней (n) половине ИГЭ-3 от давления по подошве фундаментных плит

Для фундаментных плит большой площади, в пределах зоны деформации которых залегает несколько ИГЭ, величину осадки следует определять по зависимости:

$$s = \sum \frac{\sigma_{z,cp.,i} h_i}{(1-2\nu_i) E_{n,i}}; \quad (10)$$

Выводы

1. Параметры формулы по определению величины осадки фундамента являются условными. Их измеренные значения отличаются от расчетных.

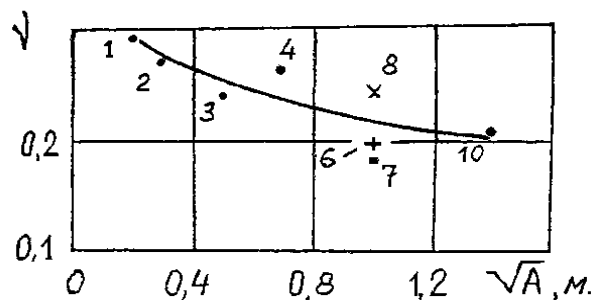


Рис.5. График зависимости коэффициента поперечного расширения грунта от площади фундамента. Цифрами показаны номера опытов приведенных в [10] для водонасыщенных лессовых супесей (ИГЭ-3)

2. В расчетную формулу следует включать параметры, определяемые в полевых и лабораторных условиях (p_{str} ; ε_n ; ν ; E_n) отражающих фактически процессы деформирования грунтов.

SUMMARY

Here is the assessment of the parameters adopted in the regulatory method for calculating the base plate in the deformations and the need to replace the indicators obtained as a result of comprehensive research in the field.

Литература

1. Ефремов М.Г., Коновалов П.А., Михеев В.В. К вопросу о распределении послойных деформаций грунта в сжимаемой толще глинистых и песчаных оснований // Основания фундаменты и механика грунтов. – 1963. – № 6. – С. 5 – 7.

2. Тугаенко Ю.Ф. Развитие деформаций в основаниях фундаментов, способы их ограничения и методы оценки. //Монография. – Астропринт, – Одесса . 2003 г. – 224с.

3. Раевский И.Е. Влияние размеров штампов на характер просадки лессовых грунтов //Основания фундаменты и механика грунтов – 1962. – №5 – С. 14 – 18.

4. Грицюк А.Ф. Исследование деформаций лессовых оснований по глубине под опытными фундаментами // Сборник научных трудов.: Основания, фундаменты и подземные сооружения. – М.: Высшая школа, 1967. – С. 49 – 54.

5. Тугаенко Ю.Ф., Марченко М.В. Методика определения параметров деформаций глинистых грунтов // Инженерная геология. – 1984. – №1. – С. 86 – 94.

6. Цытович Н.А. Вопросы теории и практики строительства на слабых глинистых грунтах // Материалы всесоюзного совещания по строительству на слабых водонасыщенных грунтах. – Таллинн, 1965. – С. 5 – 17.

7. Коновалов П.А. Экспериментальное исследование глубины сжимаемой толщи грунта // Труды первой научной конференции молодых ученых «Основания, фундаменты и подземные сооружения». – М., 1967. – С. 137 – 142

8. Егоров К.Е. Изучение послойной деформации основания дымовой трубы // Основания фундаменты и механика грунтов. – 1959. – № 4. – С. 4 – 7.

9. Тугаенко Ю.Ф. Модуль деформации в механике грунтов, методы его определения и их достоверность. // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – Випуск № 34. – Одеса, «Зовнішрекламсервіс». – 2009. – С. 538 – 544.

10. Тугаенко Ю.Ф. Коэффициент Пуассона в геомеханике. // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. –Випуск № 32, – Одеса, «Зовнішрекламсервіс». – 2008. – С. 306 – 312.

11. Ткалич А.П. Зависимость показателей деформативных свойств грунтов от способа их определения. //Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури/ - Випуск № 36. – Одеса, «Зовнішрекламсервіс». – 2009. – С. 400 – 407.