

*М.В. Марченко, к.т.н., доцент  
Ю.Ф. Тугаенко, д.т.н., профессор*

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры*

## **ОЦЕНКА БОКОВОГО ДАВЛЕНИЯ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ**

*Приведена методика и результаты определения бокового давления в полевых условиях. Исследования выполнены на грунтовой массиве с разрушенной структурой с различным «возрастом» после его изготовления.*

**Ключевые слова:** боковое давление, структурная прочность, поперечные деформации.

*М.В. Марченко, к.т.н., доцент  
Ю.Ф. Тугаенко, д.т.н., профессор*

*Одеська державна академія будівництва та архітектури*

## **ОЦІНКА БІЧНОГО ТИСКУ В ПОЛЬОВИХ УМОВАХ**

*Наведено методику й результати визначення бічного тиску в польових умовах. Дослідження виконано на ґрунтовому масиві зі зруйнованою структурою з різним «віком» після його виготовлення.*

**Ключові слова:** бічний тиск, структурна міцність, поперечні деформації.

*M.V. Marchenko, Ph.D.*

*Y.F. Tugaenko, Doctor, Prof.*

*Odessa state academy of building and architecture*

## **AN ESTIMATION OF LATERAL PRESSURE IS IN THE FIELD TERMS**

*A method and results of determination of lateral pressure is resulted in the field terms. Researches are executed on a ґрунтовом array with the blasted structure with different «age» after his making.*

**Keywords:** lateral pressure, structural durability, transversal deformations.

**Постановка проблемы в общем виде и её связь с важными практическими задачами.** Наличие бокового давления привлекло исследователей к его определению в лабораторных условиях для различных видов грунтов. Полученные значения не реализованы в практике расчетов деформаций в грунтах оснований.

**Обзор последних источников исследований и публикаций, в которых начато решение этой проблемы.** Впервые определение бокового давления в лабораторных условиях выполнено К. Терцаги в 20-х годах прошлого столетия. В дальнейшем этим вопросом занимались многие ученые. Выполнен комплекс исследований с песчаными, глинистыми и лессовыми грунтами [1, 2].

В настоящее время боковое давление при расчете деформаций оснований не учитывается, хотя его величина влияет на развитие поперечных деформаций. Поперечные деформации за пределы вертикальной поверхности, проведенной по периметру фундамента, начинают нарастать при боковых давлениях, превышающих структурную прочность грунта, окружающего сжимаемый объем под площадью подошвы фундамента (штампа) [6].

**Выделение нерешенных ранее задач общей проблемы, которым посвящена статья.** Боковое давление является параметром, который следует учитывать при разработке методов расчета деформаций основания в пределах нелинейной зависимости осадки от давления. Его величина определяет наличие или отсутствие поперечных деформаций.

**Целью данной работы** является разработка методов оценки бокового давления по результатам полевых исследований процессов деформирования грунтов.

**Изложение основного материала исследований.** Изучение развития деформаций выполнены опытным штампом площадью  $0,03 \text{ м}^2$  в полевых условиях [2, 3]. Опыты проведены на искусственно приготовленном грунтовом массиве с целью получения однородной грунтовой среды.

В шурф глубиной 1 м с размерами в плане 1Ч1м сливалась грунтовая пульпа, приготовленная из лессового суглинка путем его размельчения, перемешивания с водой и последующим процеживанием через сито. Образованный таким образом грунтовой массив защищался от атмосферных воздействий. Испытания проведены через 3; 10; 23 и 33 месяца после его изготовления.

Штамп оборудован отверстием в центре, через которое в основание погружались магнитные марки [5] через 5 см по глубине. Перемещения марок измерялись измерительным комплексом, снабженным герконовым датчиком со световой индикацией при его прохождении через магнитное поле марки [4]. Статическая нагрузка прикладывалась путем укладки тарированных гирь массой 20 кг.

При испытаниях применена методика циклически возрастающей нагрузки. Каждая ступень представляла самостоятельный цикл, включающий приложение нагрузки, выдерживание ее до стабилизации деформаций и полную разгрузку. Это позволило измерить полную величину осадки штампа и грунтовых марок, их остаточную и упругую составляющие.

*Результаты исследований.* Учитывая однородность искусственно приготовленной грунтовой массы, принято допущение о равенстве структурной прочности в вертикальном и горизонтальном направлениях.

*Принципы и методы оценки процесса деформаций,* нарастающих в основании штампа. По результатам измерений осадки штампа и перемещений магнитных марок для каждой ступени нагрузки строятся эпюры полных (1) и остаточных (2) деформаций по глубине (рис. 1, а).

Для каждого сжимающегося слоя, находящегося между смежными марками, определяется относительное значение остаточных деформаций по зависимости  $e_0 = \Delta s_0 / \Delta h$  и по их значениям строится эпюра относительных деформаций по глубине (рис. 1, б).

Остаточные деформации нарастают при давлениях, превышающих структурную прочность в пределах II и III фаз НДС грунтов основания [6]. В пределах II фазы в интервале давлений  $p_{str} \geq p_q$  деформации нарастают под площадью штампа без поперечного расширения сжимаемого объема грунта (см. рис. 1, в). Давление  $p$  по подошве штампа является предельным, при котором боковое давление  $q$  равно структурной прочности грунта окружающего сжимаемый объем

$$q = op, \quad (1)$$

где  $o$  – коэффициент бокового давления.

В этом интервале давлений, эпюра послойных относительных деформаций имеет прямолинейный характер (рис. 1, б – 3).

III фаза характеризуется уплотнением сжимаемого объема и его поперечным расширением. Происходит искривление эпюры относительных послойных деформаций по глубине. Поперечное расширение наблюдается не по всей глубине зоны остаточных

деформаций. Оно не зафиксировано в непосредственной близости от подошвы штампа и нижней части зоны деформации.

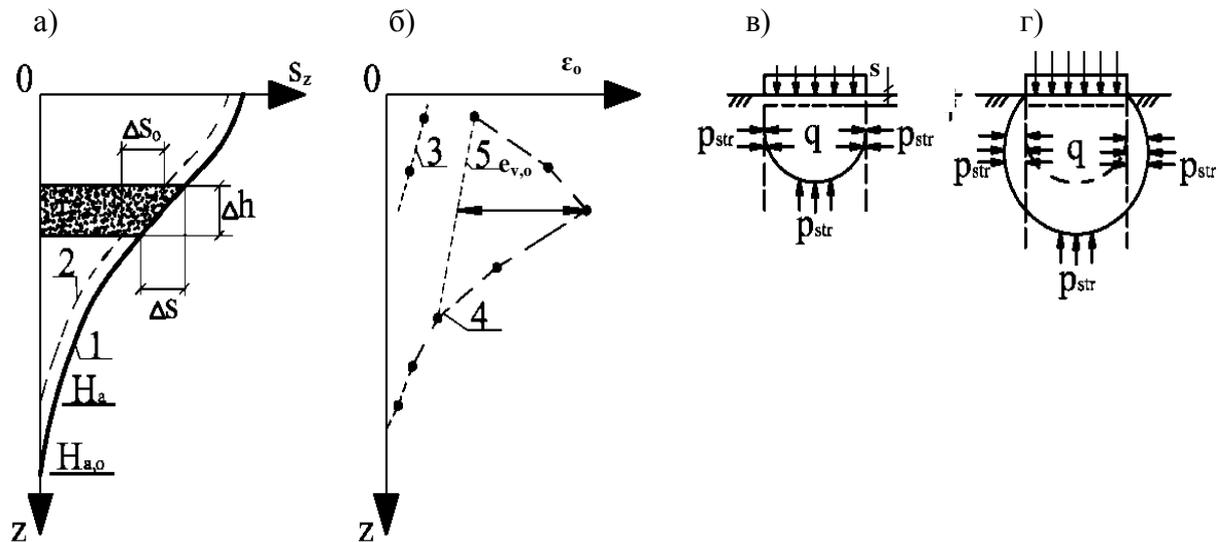


Рисунок 1 – Эпюры: а) – полных (1) и остаточных (2) деформаций по глубине основания; б) – относительных значений остаточных деформаций: (3) – при  $q \leq p_{str}$ ; (4) – при  $q > p_{str}$ ; схемы деформирования грунта при:  $q \leq p_{str}$  (v) и  $q > p_{str}$  (z)

Графики относительных деформаций отражают их вертикальное значение вдоль оси  $z$ . Если относительные деформации уплотнения нарастают в вертикальном направлении, то поперечное расширение является следствием горизонтальных перемещений, возникающих в результате изменения объема уплотняемого грунта – пластических деформаций. В данной работе пластические деформации определены в направлении оси  $z$  по величине осадки, возникшей в результате поперечного расширения.

На графике полных послойных значений относительных деформаций по глубине проводится линия, соединяющая верхнее значение у подошвы штампа с нижним, линейным участком эпюры (на рис. 1, б – 5), которая представляет эпюру относительных деформаций уплотнения. Для всех ступеней нагрузки определяется максимальное значение относительных деформаций поперечного расширения  $e_{v.o}$ . По результатам определений для каждого опыта строится зависимость  $e_{v.o} = f(p)$ .

Ее пересечение с осью  $p$  определяет предельную величину давления, при котором поперечная составляющая вертикального давления  $q$  равна структурной прочности. В этом случае коэффициент бокового давления можно определить по зависимости

$$o = \frac{p_{str}}{p_q}, \text{ при } q = p_{str}. \quad (2)$$

*Анализ обработки опытных данных.* Ниже приведены результаты четырех исследований, проведенных с разными интервалами времени, после изготовления грунтовой среды (объема) с нарушенной структурой.

На рис. 2 приведены эпюры относительных деформаций по глубине в опыте №2 для четырех ступеней нагрузки.

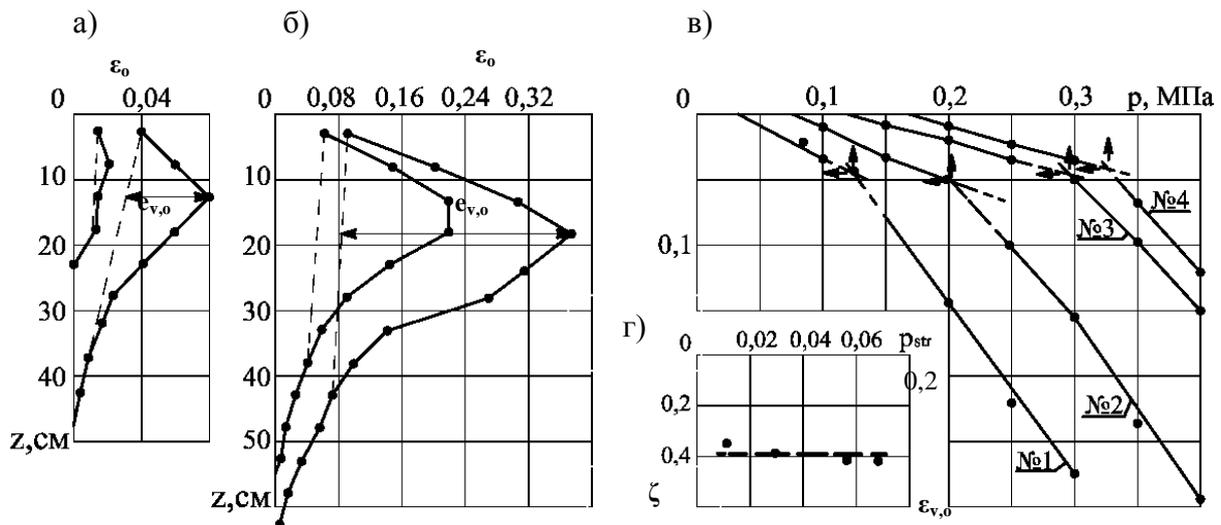


Рисунок 2 – Графики зависимостей: а) и б) – относительных деформаций по глубине при давлениях 0,1; 0,2; 0,3 и 0,4 МПа в опыте №2;

в) – относительных деформаций  $\epsilon_{v,o}$  от давления по подошве штампа;

г) – коэффициента бокового давления от величины структурной прочности

По графикам определены максимальные значения  $\epsilon_{v,o}$  для каждой ступени нагрузки. В табл. 1 приведены результаты определений для четырех опытов.

Таблица 1 – Координаты точек зависимостей  $\epsilon_{v,o} = f(p)$

№№ опыта	Максимальные значения зависимостей $\epsilon_{v,o}$ при $p$ , МПа								
	0,08	0,10	0,12	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
1	0,018	0,034	0,041	0,073	0,140	0,23	0,27	–	–
2	–	0,008	–	0,029	0,052	0,102	0,156	0,24	0,29
3	–	–	–	0,06	0,017	0,031	0,05	0,097	0,147
4	–	–	–	–	0,009	0,022	0,029	0,062	0,116

По полученным координатам построены графики зависимости относительных деформаций поперечного расширения  $\epsilon_{v,o}$  от давления по подошве фундамента, приведенные на рис. 2, в. Их пересечение с осью  $p$  определяет величину давления, при котором боковое давление  $q$  равно структурной прочности, т.е. предельное давление по подошве фундамента, когда еще отсутствуют поперечные деформации.

Таблица 2 – Результаты исследований деформативных свойств грунта

№№ опыта	$t$ , месяцев	Координаты точки перелома зависимостей $\epsilon_{v,o} = f(p)$				Параметры деформативных свойств грунтов				
		$p$ , МПа	$\epsilon_{v,o}$	$s_o$ , мм	$H_{a,o}$ , см	$p_{str}$ , МПа	$p_q$ , МПа	$o$	при $p_q$	
									$s_o$ , мм	$H_{a,o}$ , см
1	3	0,13	0,046	20	38	0,012	0,035	0,34	0,9	15
2	10	0,215	0,056	18	46	0,03	0,08	0,38	1,1	19
3	23	0,29	0,043	14	40	0,057	0,135	0,42	2,9	21
4	33	0,33	0,068	16	36	0,070	0,171	0,41	2,0	20

Для графиков зависимости  $e_{v.o} = f(p)$  характерно наличие точки перелома. На первой ветви при равном приращении давления, приращение относительной деформации меньше, чем на второй. Это можно объяснить изменением состояния грунта в процессе его деформирования. В начальном состоянии плотность его скелета –  $1,54 \text{ г/см}^3$  при степени влажности 0,87. В точке перегиба плотность скелета достигает  $1,6...1,63 \text{ г/см}^3$  при степени влажности близкой к единице. При этом снижается водопроницаемость. Все это может оказывать влияние на увеличение приращения боковых деформаций. Этот вопрос требует дополнительных исследований.

На рис. 2,  $\varepsilon$  приведены результаты полевых исследований по определению коэффициента бокового давления, которые показали близкое совпадение с данными его определения для лессовых грунтов, полученных в лабораторных условиях [2].

#### **Выводы из данного исследования.**

1. Коэффициент бокового давления – показатель, величину которого можно оценить по характеру процесса деформирования грунтов в основаниях фундаментов.

2. При боковом давлении, меньшем структурной прочности, уплотнение грунта происходит преимущественно под площадью подошвы фундамента. Увеличение его значения вызывает поперечные деформации.

3. В приведенных исследованиях величина коэффициента бокового давления не зависит от структурной прочности при прочих равных условиях.

#### *Литература*

1. Герсеванов, Н.М. *Теоретические основы механики грунтов и их практические применения* / Н.М. Герсеванов, Д.Е. Польшин. – М.: Стройиздат, 1948. – 248 с.

2. Григорян, А.А. *О боковом давлении в лессовых грунтах* / А.А. Григорян // *Основания, фундаменты и механика грунтов*. – 1960. – №4. – С. 20 – 21.

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

4. Тугаенко, Ю.Ф. *Некоторые особенности развития деформаций в основаниях опытных фундаментов* / Ю.Ф. Тугаенко, М.В. Марченко // *Инженерная геология*. – 1988. – №3. – С. 46 – 54.

5. *Глубинная марка. А.с. 1065531 СССР, МКИ Е 02D 1/00.* / Тугаенко Ю.Ф., Стоянова Т.И., Марченко В.М., Ткалич А.П. (СССР). – №3420907 / 29 – 33; заявлено 6.04.82; опубл. 07.01.84, Бюл. №1. – 2 с.ил.

6. Тугаенко, Ю.Ф. *Трансформация напряженно-деформируемого состояния грунтов основания и ее учет при проектировании фундаментов* / Ю.Ф. Тугаенко. – Одесса: Астропринт, 2011. – 120 с.

*Надійшла до редакції 18.09.2012*  
© М.В. Марченко, Ю.Ф. Тугаенко