

ВДАВЛИВАНИЕ ЖЕСТКИХ КРУГЛЫХ И КОЛЬЦЕВЫХ ШТАМПОВ В ПЕСЧАНОЕ ОСНОВАНИЕ

Бугаев В.Т., Гоменюк А.О. (Одесский национальный морской университет, г. Одесса)

Дано описание методики экспериментального исследования деформаций песчаного основания круглых и кольцевых штампов, нагруженных осевой нагрузкой. Приведены некоторые результаты испытаний.

Фундаменты кольцевой в плане формы широко используются при строительстве высотных и глубоководных отдельно стоящих сооружений. Большой вклад в разработку теории расчета таких фундаментов внесли ученые НИИОСП им. Н.М. Герсевича. Наиболее известны теоретические исследования проблемы К.Е. Егорова, основные результаты которых приведены в сборнике его статей «К расчету деформаций оснований», выпущенной в 2002 г. отдельным изданием [1]. Решению этой задачи посвящены исследования Бородин М.А., Шаповала В.Г., Швеца В.Б. [2, 3] (ПГАСА), а также Тугаенко Ю.Ф., Гришина В.А. [4] (ОГАСА).

Основной целью экспериментальных исследований являлось установление закономерностей деформаций песчаного основания под жестким круглым и кольцевым штампами в процессе нагружения от весьма малых и до предельных по прочности основания нагрузками в условиях пространственной осесимметричной задачи.

Экспериментальные исследования проводились в лаборатории портовых гидротехнических сооружений ОНМУ на специальной установке [5], включающей грунтовый лоток, модели жестких круглых и кольцевых штампов, устройство для создания нагрузки, измерительную и регистрирующую аппаратуру.

Грунтовый лоток представляет собой жесткий металлический каркас высотой 115 см, шириной 75 см и длиной 80 см. Боковые стенки лотка выполнены из листов полированного стекла толщиной 15 мм и закреплены по периметру к металлическому каркасу лотка. Для изучения кинематики перемещения частичек песка, происходящих

в процессе нагружения штампов, на боковых стеклянных стенках нанесена сетка с ячейками 5х5 см.

Передняя стенка лотка представляет собой жесткую металлическую плиту, которая закреплена болтами к каркасу. По вертикальной оси плиты предусмотрены гнезда диаметром 65 мм для установки датчиков давления с шагом 15 см для измерения бокового давления грунта на стенку.

Задняя стенка лотка разборная и состоит из отдельных деревянных брусков шириной 100 мм и толщиной 40 мм, которые закрепляются по концам в предусмотренные направляющие в каркасе лотка. Такая конструкция стенки позволяет легко опорожнить лоток от песка и одновременно определять его угол естественного откоса, который, как известно, для сухого песка равен углу внутреннего трения.

Моделью основания в опытах выбран песчаный грунт, который является одним из типичных грунтов естественных оснований. Песчаный грунт можно от опыта к опыту доводить до одинакового начального состояния и выполнять закладку приборов с минимальными нарушениями однородности массива.

Испытания проводились в такой последовательности. Лоток заполнялся на всю высоту мелкозернистым песком с объемным весом $\gamma=15,5 \text{ кН/м}^3$, плотностью $\rho=26,5 \text{ кН/м}^3$, углом внутреннего трения $\phi=33^\circ$, коэффициентом пористости $e=0,5$, естественной влажности. Опыты проводились на уплотненном и рыхлом (без уплотнения) песке. Плотность песка при послойной укладке перед опытом контролировалась иглой-плотномером. После опыта плотность измерялась непосредственно под штампом. На выровненную поверхность песка укладывался жесткий круглый или кольцевой штамп. Осевая нагрузка на штамп прикладывалась с помощью загрузочного устройства рычажного типа ступенями, величина которых задавалась для каждой серии опытов. Осадки штампов измерялись в трех точках по периметру штампа при помощи индикаторов часового типа с ценой деления 0,01 мм.

В данных экспериментальных исследованиях рассматривались две задачи:

1. Установление зависимости средней осадки круглых и кольцевых штампов от среднего давления.

2. Изучение кинематики перемещения частичек песка на разной глубине в процессе нагружения круглых и кольцевых штампов осевой нагрузкой.

Результаты опытов по первой задаче представлены в табл. 1 и на рис. 1 и 2.

Таблица 1
Результаты испытаний на осевую нагрузку жестких круглых и кольцевых штампов
на песчаном основании

№ п/п	Серия № 1					Серия № 2					Серия № 3					Серия № 4					Серия № 5				
	Круглый штамп D=115 мм, d=0, F=104 см ²					Кольцевой штамп D=115 мм, d=105 мм, d/D=0,9, F=16 см ²					Кольцевой штамп D=115 мм, d=55 мм, d/D=0,65, F=79 см ²					Кольцевой штамп D=115 мм, d=75 мм, d/D=0,5, F=59 см ²					Кольцевой штамп D=115 мм, d=35 мм, d/D=0,3, F=94 см ²				
	P, кг	σ, кПа	S, мм	$\bar{S}$		P, кг	σ, кПа	S, мм	$\bar{S}$		P, кг	σ, кПа	S, мм	$\bar{S}$		P, кг	σ, кПа	S, мм	$\bar{S}$		P, кг	σ, кПа	S, мм	$\bar{S}$	
1	21	20	0,08	1,0		3,2	20	0,04	0,50		15,8	20	0,03	0,4		11,8	20	0,02	0,30		28,2	20	0,02	0,21	
2	38	36	0,23	1,0		5,8	36	0,12	0,52		28,4	36	0,09	0,4		21,2	36	0,07	0,31		33,8	36	0,06	0,24	
3	46	44	0,31	1,0		7,0	44	0,17	0,54		34,8	44	0,14	0,45		26,0	44	0,1	0,36		41,4	44	0,07	0,23	
4	54	52	0,42	1,0		8,3	52	0,21	0,50		41,1	52	0,18	0,42		30,7	52	0,15	0,35		48,9	52	0,11	0,27	
5	62	60	0,56	1,0		9,6	60	0,31	0,55		47,4	60	0,24	0,43		35,4	60	0,19	0,34		56,4	60	0,16	0,29	
6	70	67	0,67	1,0		10,7	67	0,39	0,58		53,0	67	0,31	0,46		39,5	67	0,25	0,37		63,0	67	0,15	0,25	
7	78	75	0,92	1,0		12,0	75	0,48	0,52		59,0	75	0,40	0,43		44,2	75	0,34	0,37		70,5	75	0,25	0,28	
8	86	83	1,18	1,0		13,3	83	0,65	0,57		65,6	83	0,58	0,49		49,0	83	0,42	0,35		78,0	83	0,34	0,29	
9	94	90	1,84	1,0		14,4	90	0,98	0,53		71,0	90	0,83	0,45		53,1	90	0,74	0,40		84,6	90	0,43	0,26	
10	102	98	2,59	1,0		15,7	99	1,56	0,61		77,4	98	1,35	0,52		57,8	98	1,11	0,43		94	100	0,85	0,35	
11	107	103		потеря ус- тойчивости		16,8	105		потеря ус- тойчивости		86,9	110		потеря ус- тойчивости		63,0	107		потеря ус- тойчивости		63,0	107		потеря ус- тойчивости	

Примечание: $\bar{S}$ – относительная осадка – осадка штампа кольцевой формы, отнесенная к осадке сплошного штампа.

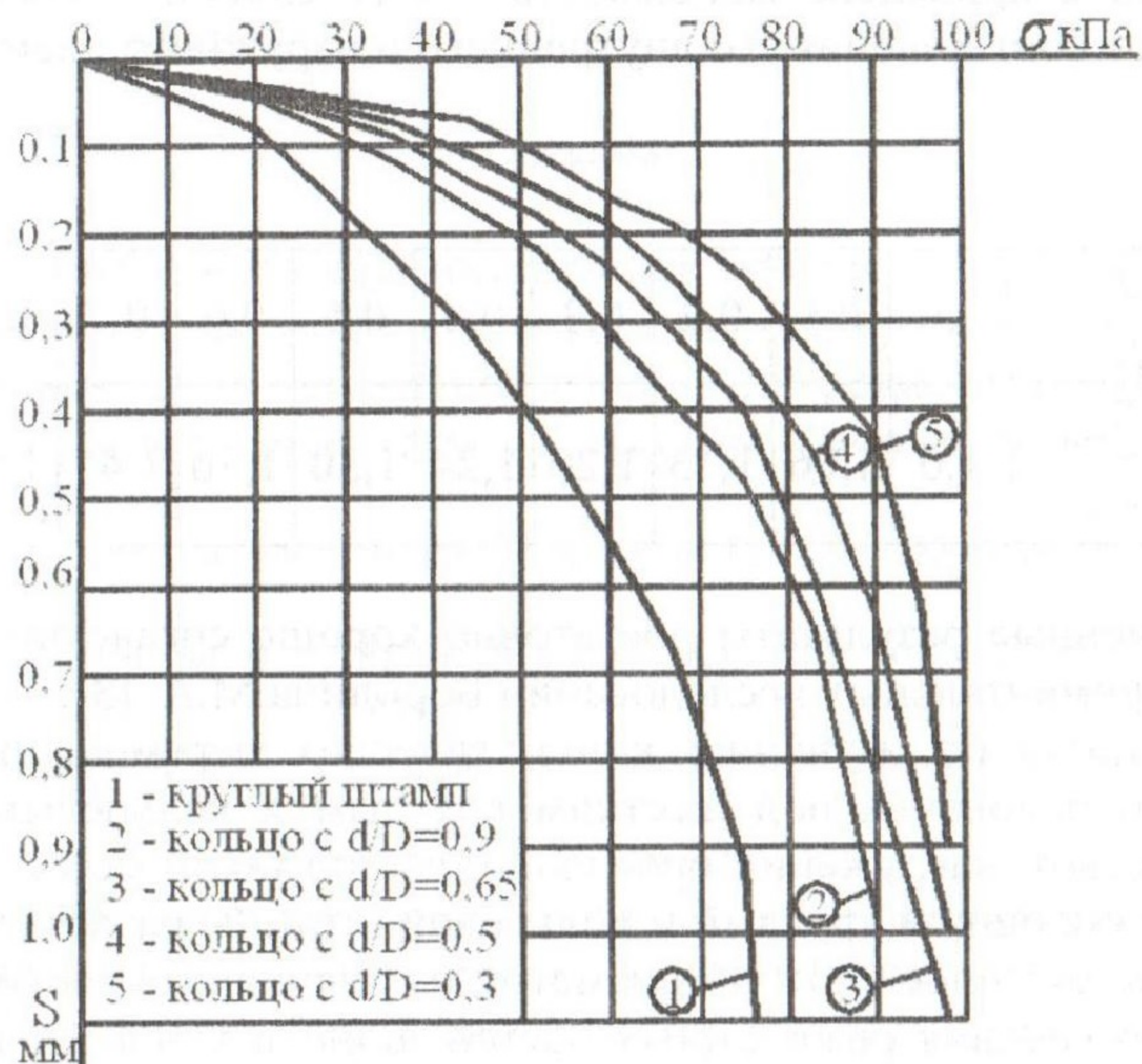


Рис. 1. Зависимости «Средняя осадка – среднее давление»

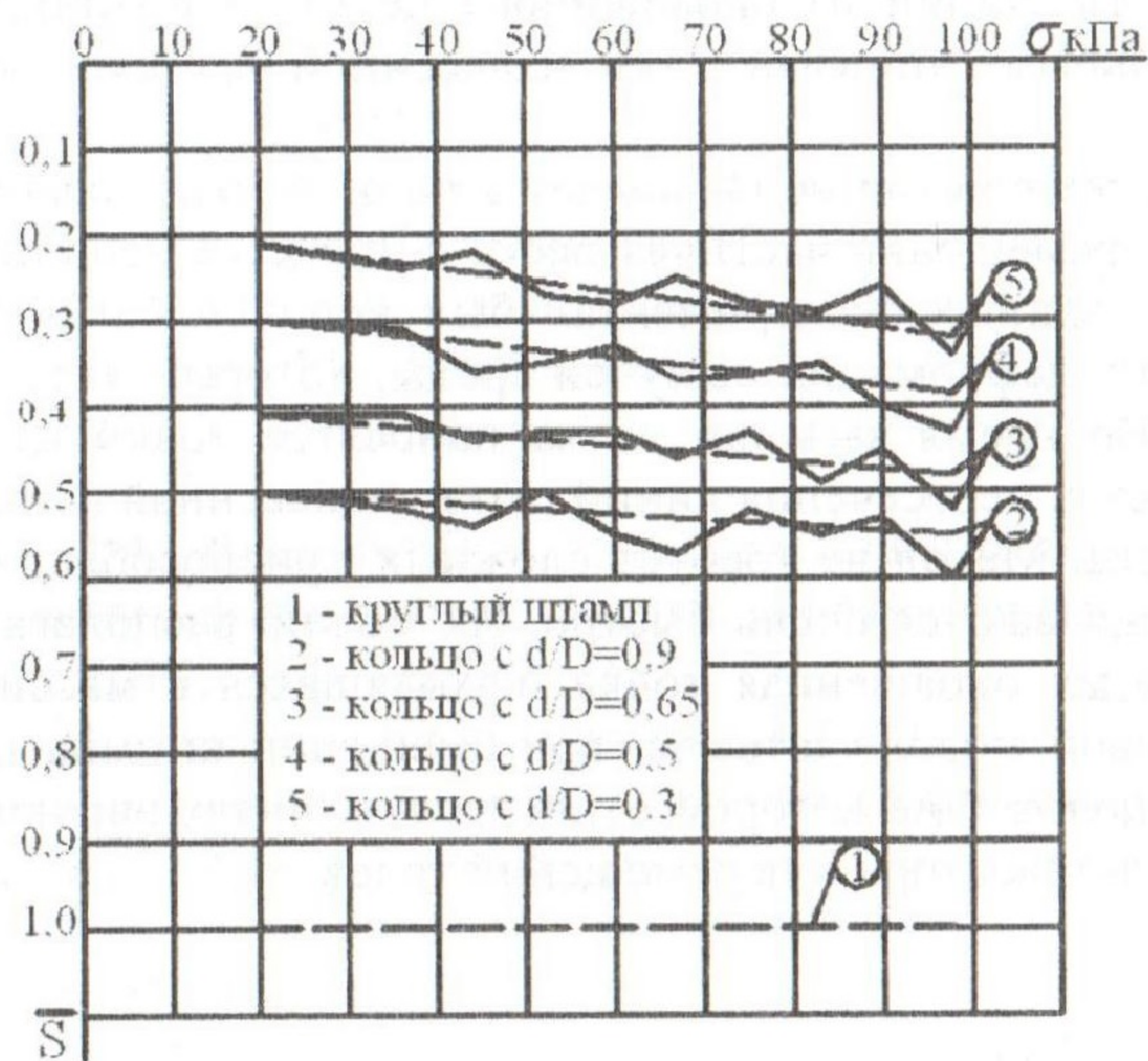


Рис. 2. Зависимости «Относительная осадка – среднее давление»

В табл. 2 приведена зависимость относительной осадки кольцевого штампа от соотношения его внутреннего и наружного диаметров.

Таблица 2

$\frac{d}{D}$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$\bar{S} = \frac{S_{\text{кольц.}}}{S_{\text{кргл.}}}$	1,0	1,06	1,13	1,20	1,24	1,30	1,36	1,41	1,52	1,68

Полученные результаты достаточно хорошо согласуются с данными экспериментальных исследований Бородина М.А. [3].

Испытания по изучению кинематических перемещений частичек песчаного основания под жестким круглым и кольцевым штампами при их осевом нагружении производились по такой методике. Предварительно сплошной круглый и кольцевой штампы разрезались перпендикулярно его плоскости по диаметру на две равные части. Торцы поперечного сечения разрезанных частей шлифовались. Полуштамп отшлифованным торцом укладывался впритык к стеклянной стенке лотка на подготовленную поверхность песчаного основания.

В предыдущих опытах при засыпке лотка песком устраивались горизонтальные линии из окрашенного песка. Эти линии совпадали с горизонтальными линиями сетки, нанесенной на стекле боковой стенки лотка.

Однако этот метод не позволяет в полной мере зафиксировать траекторию перемещений частичек песка в процессе испытаний штампов. Поэтому в данных экспериментах был использован точечный метод определения деформации сыпучей среды, который заключается в следующем. Во время засыпки лотка наносятся точки из окрашенного песка в местах пересечения линий сетки, нанесенной на стекле боковой стенки лотка. Метод не требует сложных приспособлений и навыков. Точки укладываются очень быстро. Их можно располагать как угодно часто. Каждая окрашенная точка, находящаяся в массиве основания под подошвой модели штампа, при смещении штампа перемещается, фиксируя положение которой относительно неподвижной сетки, можно получить траекторию перемещений точек.

Анализируя данные табл. 1 и 2, а также графики на рис. 1 и 2, можно сделать следующие

выводы:

1. Осадка сплошного круглого штампа больше осадки любого кольцевого штампа одинаковой площади основания (кривая 1 рис. 1).

2. Зависимости относительной осадки от среднего давления носят линейный характер. При этом их уровень зависит от соотношения внутреннего и наружного диаметров кольца ($\frac{d}{D}$). Кроме того, прямые $\bar{S} = f(G)$ наклонены к горизонтальной оси под определенным углом, величина которого зависит также от соотношения $\frac{d}{D}$: чем оно больше, тем меньше угол наклона $\bar{S} = f(G)$ к оси абсцисс.

3. Использованный при проведении данных опытов точечный метод определения деформаций сыпучей среды является очень простым и наглядным, позволяет вести наблюдения за перемещениями точек в ходе эксперимента и построить их траекторию на каждом этапе испытаний.

Литература

1. Егоров К.Е. К вопросу расчета основания под фундаментом с подошвой кольцевой формы. К расчету деформаций оснований (сборник статей). НИИОСП им. Н.М. Герсевича, М., 2002, - 400 с.
2. Бородин М.А. Методика экспериментального исследования осадок оснований кольцевых фундаментов, нагруженных центральной внешней нагрузкой. Будівельні конструкції, випуск 53, книга I, Київ, НДІБК, 2000, - с. 343 – 346.
3. Бородин М.А., Шаповал В.Г., Швець В.Б. Особенности работы оснований кольцевых фундаментов. Будівельні конструкції, випуск 53, книга I, Київ, НДІБК, 2000, - с. 347 – 352.
4. Кушак С.И., Тугаенко Ю.Ф., Гришин В.А., Лакизо А.И. Давления и деформации в основании круглого и кольцевого фундаментов. Известия вузов: Строительство и архитектура, - 1986, - №12, с. 13-16.
5. Бугаев В.Т., Гоменюк А.О. Экспериментальные исследования взаимодействия центрально нагруженного кольцевого штампа с песчаным основанием. Вісник ОДАБА, випуск № 28, Одеса, 2007, - с. 53-57.