

УДК 692.115

***ВЛИЯНИЕ АРМИРОВАНИЯ НА НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ  
ПЕСЧАНОГО ОСНОВАНИЯ***

***Довгалиук А. С.***

*магистрант,*

*Тамбовский государственный технический университет,*

*Тамбов, Россия*

***Леденев В. В.***

*доктор технических наук, профессор,*

*Тамбовский государственный технический университет,*

*Тамбов, Россия*

***Струлев В. М.***

*кандидат технических наук, доцент,*

*Тамбовский государственный технический университет,*

*Тамбов, Россия*

**Аннотация**

В работе проведены экспериментальные исследования определения оптимальных конструктивных решений для штампов с одинаковой площадью контакта, но с различным отношением внутреннего диаметра к наружному круглых и кольцевых фундаментов

Для проведения экспериментов было изготовлено изготовлены пять моделей круглых и кольцевых фундаментов с одинаковой площадью контакта и один квадратный штамп. По результатам исследований на рисунках были представлены результаты экспериментов и сделаны выводы.

**Ключевые слова:** круглые фундаменты, кольцевые фундаменты, армирование, осадка, несущая способность основания, нагрузка.

# ***THE EFFECT OF REINFORCEMENT ON THE SAND BASE BEARING CAPACITY***

***Dovgalyuk A. S.***

*undergraduate,*

*Tambov State Technical University,*

*Tambov, Russia*

***Ledenyov V.V.***

*doctor of technical sciences, professor,*

*Tambov State Technical University,*

*Tambov, Russia*

***Strulyov V. M.***

*Candidate of technical sciences, senior Lecturer,*

*Tambov State Technical University,*

*Tambov, Russia*

## **Annotation**

We conducted experimental studies to determine the optimal design solutions for stamps with the same contact area, but with different ratio of the inner diameter to the outer circular and annular foundations

For the experiments we have produced five models of circular and annular foundations with the same contact area and a square stamp. The results of the experiments were presented in the figures.

**Keywords:** round foundations, annular foundations, reinforcement, draft, bearing capacity of the base, load.

Фундаменты являются одной из самых ответственных строительных конструкций. На них устройство затрачиваются значительные материальные и трудовые ресурсы. Наиболее интересными являются исследования, связанные с

совместной работой фундамента и основания с целью совершенствования методов расчета с учетом физически нелинейных зависимостей деформирования бетона и основания [1, 2, 3, 4]. В системе «фундамент – сжимаемое основание» наиболее слабым звеном являются основание, существенно образом влияющие на геометрические размеры фундамента и, следовательно, на стоимость. Одним из эффективных методов увеличения несущей способности основания является его армирование. Однако, исследований, связанных с влиянием армирования на несущую способность основания кольцевых моделей фундаментов, практически нет. Представляет интерес определения оптимальных конструктивных решений для штампов с одинаковой площадью контакта, но с различным отношением внутреннего ( $d$ ) к наружному ( $D$ ) диаметрам круглых и кольцевых фундаментов.

С этой целью были изготовлены пять моделей круглых и кольцевых фундаментов с одинаковой площадью контакта и один квадратный штамп. Все штампы были изготовлены из бетона класса В10, армировались сварными сетками  $\varnothing 3$  мм из арматуры класса В500. Геометрические размеры представлены на рис. 1.

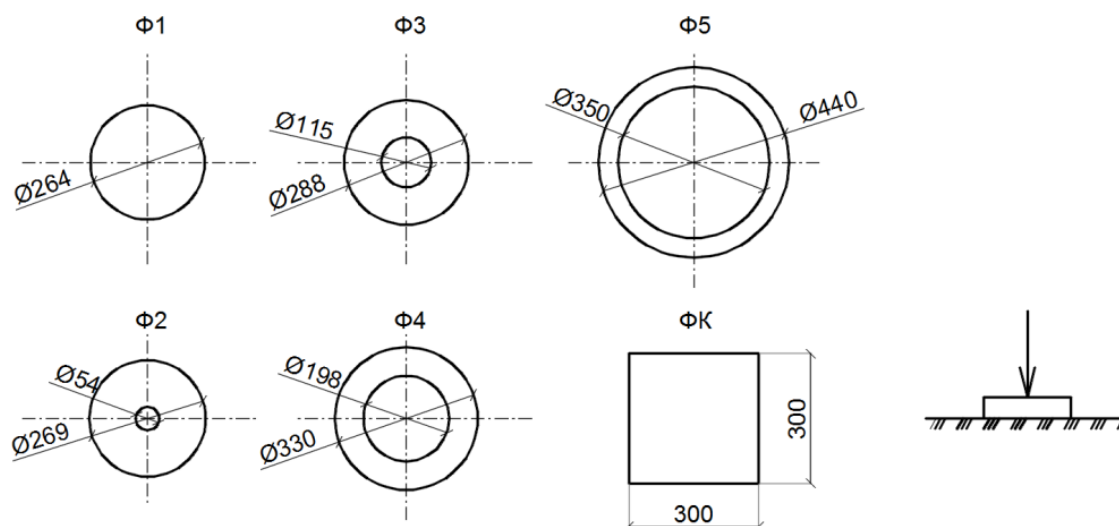


Рис. 1. Образцы для испытаний (а) при отношениях  $d/D$  равном:  $\Phi 1 - 0$ ;  $\Phi 2 - 0,2$ ;  $\Phi 3 - 0,4$ ;  $\Phi 4 - 0,6$ ;  $\Phi 5 - 0,8$ ;  $\Phi К$  – квадратный штамп и схема нагружения (б)

Испытания проводились в пространственном металлическом лотке с размерами 2000x2000x2000 мм. Основанием служил увлажненный ( $\omega=10\%$ ) пылеватый песок, послойно уплотненный до  $\rho=1,70$  г/см<sup>3</sup>. Просеянный песок отсыпали слоями по 15 см и уплотняли металлической трамбовкой. Требуемая плотность основания достигалась определенным числом ударов трамбовки по одному следу. После каждого эксперимента песок убирали на глубину 1,5...2 диаметра модели ниже подошвы и укладывали заново.

На предварительно уплотненный грунт устанавливались железобетонная модель. На модели укладывался жесткий металлический диск диаметром 500 мм и толщиной 10 мм для равномерной передачи нагрузки. Вертикальная осевая нагрузка на штампы создавалась гидравлическим домкратом и контролировалась образцовым динамометром (ДОС-5), установленным на домкрате. Для измерения осадки штампа использовались индикаторы часового типа (ИЧ-10) с ценой деления 0,01 мм, укрепленные на реперной раме. Нагрузка прикладывалась ступенчато по 0,1 от предполагаемой максимальной нагрузки, с выдержкой по 20 минуты на каждой ступени до наступления условной стабилизации перемещений.

Для армирования основания железобетонных штампов были изготовлены сетки с квадратными ячейками из арматуры класса А400: для квадратного штампа – диаметром 6, 8, 10 мм с шагом 100x100 мм (С1, С2, С3 соответственно); для круглых и кольцевых штампов были применены сетки из арматуры диаметром 10 мм с шагом 100x100 мм (С4), 75x75 мм (С5), 50x50 мм (С6) мм и радиальная сетки (С7) с 14-тью лучами (рис. 2).

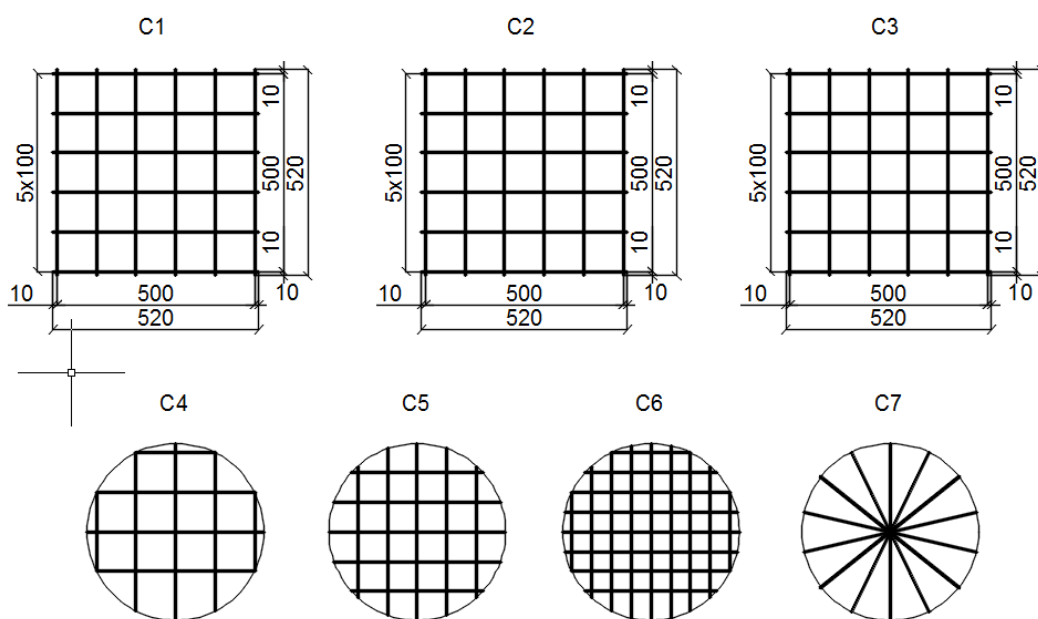


Рис.2. Арматурные сетки для армирования грунта: C1 –  $d = 6$  мм, C2 –  $d = 8$  мм, C3 –  $d = 10$  мм, C4 – шаг 100 мм; C5 – шаг 75 мм; C6 – шаг 50 мм; C7 – радиальная из 14 стержней

На рис. 3 представлены результаты базовых экспериментов со штампами Ф1-5 без армирования грунта.

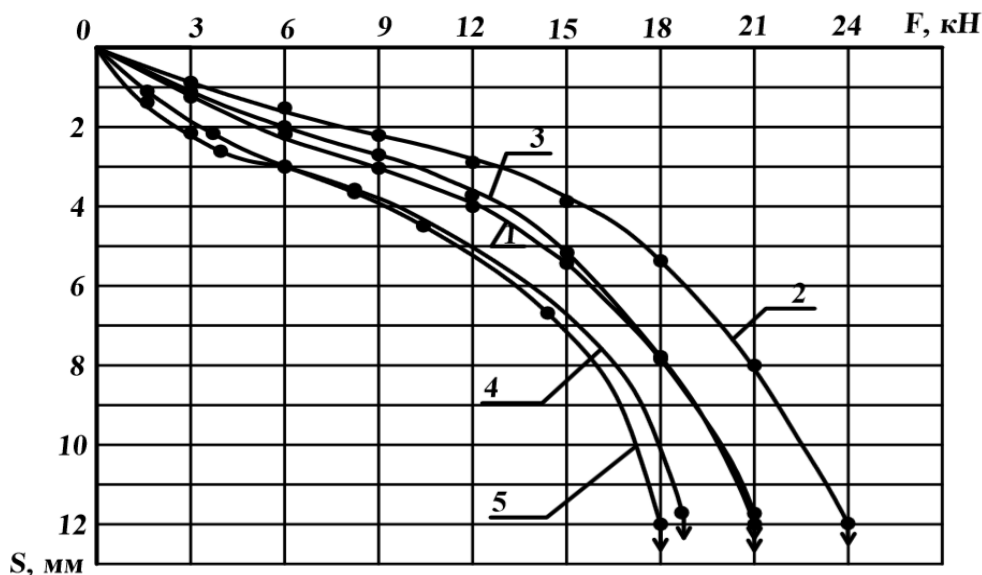


Рис. 3. Зависимость осадки от усилия для базовых штампов с одинаковой площадью контакта: 1–Ф1; 2–Ф2; 3–Ф3; 4–Ф4; 5–Ф5

Из графиков видно, что наиболее оптимальным по несущей способности основания является штамп с соотношением  $d/D=0,2$ . Это объясняется увеличенным объемом вовлекаемого грунта (выбор грунта во внутреннее кольцо

практически отсутствует). Штампы с соотношением  $d/D=0$  и  $d/D=0,4$  имеют практически равную осадку и несущую способность основания. Штмп с отношением  $d/D=0,8$  имеет минимальную несущую способность основания. Причиной этого является значительный выбор грунта как во внутреннее свободное пространство кольца, так и за его пределами. Предельные осадки всех штампов при разрушающей нагрузке практически одинаковы.

На рис.4 представлены результаты экспериментов по определению влияния жесткости арматурных сеток на несущую способность песчаного основания для квадратного штампа.

С увеличением жесткости арматурных сеток несущая способность основания повышается. Для сетки из арматуры диаметром  $d=10$  мм несущая способность основания по сравнению с базовым штампом увеличилась на 64%, для сетки из арматуры диаметром  $d=8$  мм – на 50%, а для сетки из арматуры диаметром  $d=6$  мм - 29%. Рост несущей способности основания происходит за счет ограничения выбора грунта за пределами образца и поперечных деформаций по площади контакта. Следует отметить, что осадка штампа с арматурной сеткой С3 значительно меньше осадки остальных штампов.

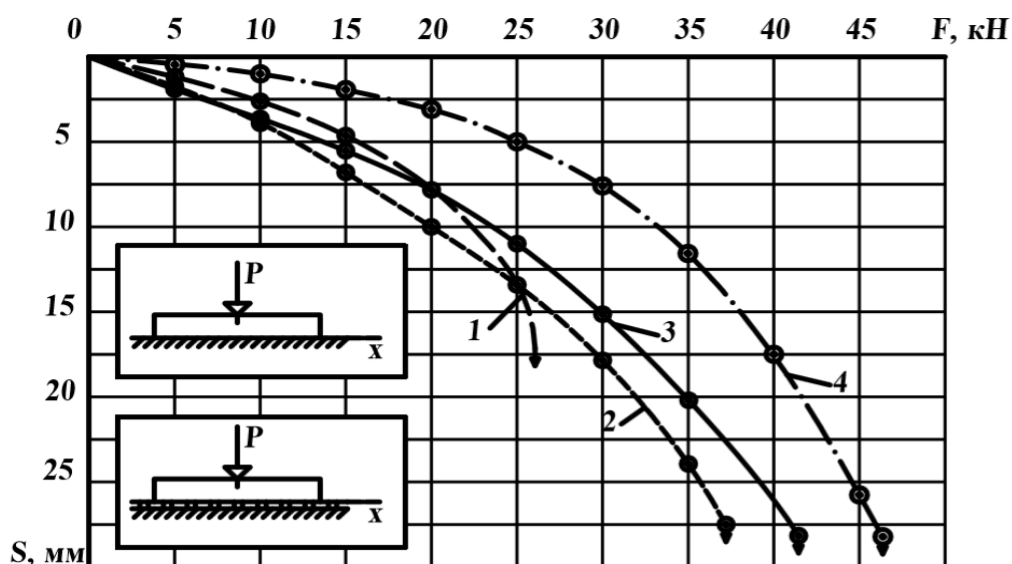


Рис. 4. Зависимость осадки квадратного штампа ФК от нагрузки: 1 - без армирования; 2 – с сеткой  $d=6$ мм (С1); 3 – с сеткой  $d=8$ мм (С2); 4 – с сеткой  $d=10$ мм (С3)

Для оценки влияния поверхностного армирования на несущую способность песчаного основания кольцевого штампа с отношением  $d/D=0,8$ , обладающего наименьшей разрушающей нагрузкой основания были использованы сетки С4, С5, С6 с прямоугольными ячейками. На рис. 5 представлены зависимости осадки от нагрузки для штампа с соотношением  $d/D=0,8$  с применением поверхностного армирования различными сетками.

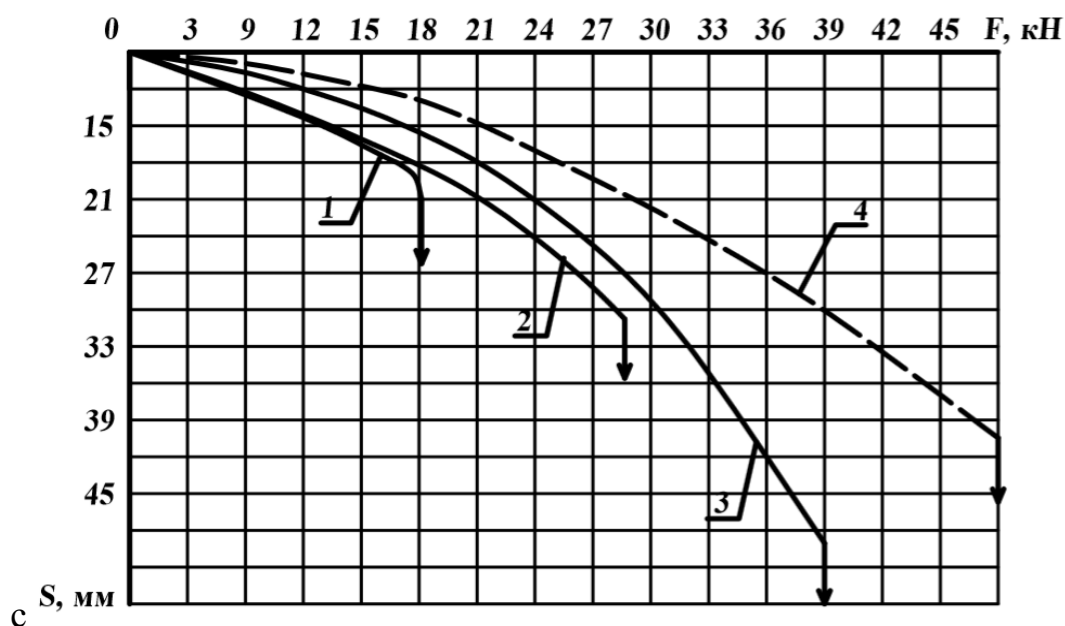


Рис. 5. Зависимость осадки при испытании штампа Ф5 с поверхностным армированием грунта от нагрузки: 1– неармированное основание, 2– сеткой С4, 3– сеткой С5, 4– сеткой С6.

Применение арматурных сеток позволило увеличить несущую способность основания для сеток с ячейками: 50x50 мм с 18 до 48 кН, т.е. в 2,67 раза; 75x75 мм – в 2,16 и для сетки с ячейкой 100x100 мм в 1,7 раза. Как и в предыдущих опытах, повышение конструктивной жесткости арматурных сеток за счет изменения шага стержней приводит к увеличению усилия разрушения основания. Это обуславливается вовлечением в работу дополнительного объема грунта и препятствием выпора грунта в свободное внутреннее пространство.

На рис. 6 представлены результаты испытания штампов Ф1 – Ф5 с сетками поверхностного армирования С6 и С7. Установка арматурных сеток в зоне контакта штампа с основанием привело к увеличению отношения  $F_{us}/F_u$  в широком диапазоне  $d/D$  равном 0...0,8: для сетки С6 от 1,37 до 2,67 раза и сетки

$C7$  от 1,1 до 1,89 раза (где  $F_{us}, F_u$  – несущая способность армированного и неармированного основания). Наиболее эффективными является применение арматурных сеток для кольцевых штампов с относительно большим внутренним диаметром  $d/D=0,4 \dots 0,8$ .

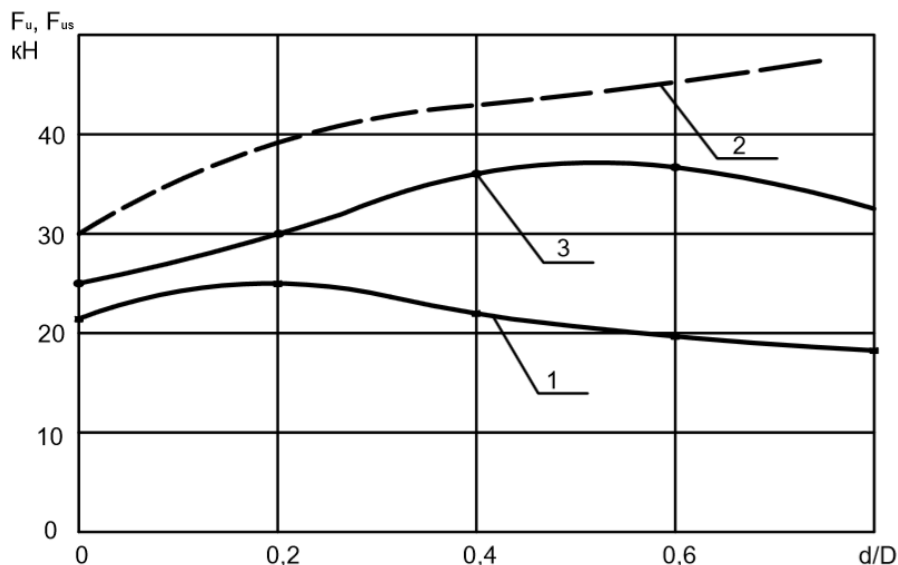


Рис. 6. Зависимость несущей способности неармированного (1) и поверхностно армированного (2,3) песчаного основания от отношения  $d/D$ : 2 – сетка С6 с прямоугольными ячейками; 3 – сетки С7 с радиальным расположением стержней.

Если принять за относительную эффективность сеток условную величину, определяемую делением несущей способности ( $F_{us}$ ) на расход арматуры ( $m$ ), то относительная эффективность применения ( $F_{us} = F_{us}/m$ ) сеток с прямоугольными ячейками равна 0,135 ... 0,265 кН/кг, а для радиальных сеток она составляет 0,228 ... 0,363 кН (табл 1).

Таблица 1. Относительная эффективность применения арматурных сеток (кН/кг)

$d/D$ $F_{us}/m$	0	0,2	0,4	0,6	0,8
Сетка с прямоугольными ячейками	0,135	0,160	0,197	0,234	0,265
Радиальная сетка	0,228	0,253	0,345	0,376	0,363



Для определения эффективной глубины заложения арматурной сетки на несущую способность основания были проведены эксперименты с использованием сетки С6 и глубиной заложения  $h_s=50, 100, 200$  мм. Результаты испытаний приведены на графиках (рис. 7).

Выполненная экспериментальная работа показала, что применение армирования позволяет значительно повысить несущую способность основания – более чем в 2 раза. Наибольшая эффективность армирования достигается при поверхностном или при небольшом ( $0 \dots 0,2D_{st}$ ) заглублении (где  $D_{st}$  – нагруженный диаметр штампа).

С увеличением глубины заложения (расстояния от низа подошвы фундамента до арматурной сетки)  $>0,5 D_{st}$  эффективность применения армирования снижается.

Результаты могут быть использованы при реконструкции, усилении и проектировании фундаментов на сжимаемом основании.

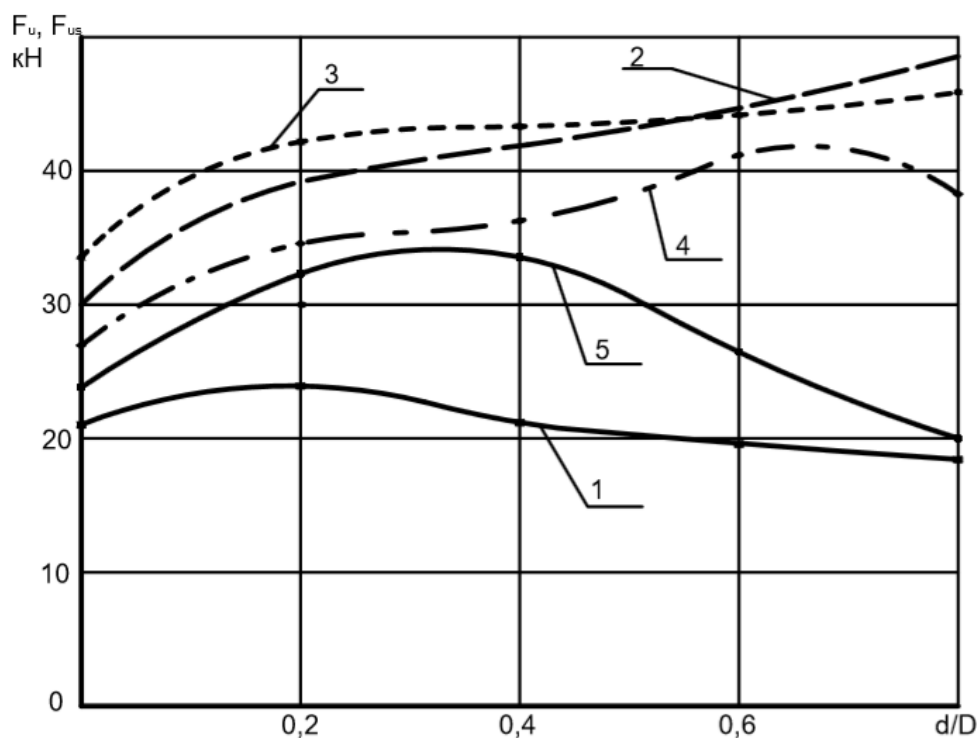


Рис. 7. Зависимость несущей способности неармированного (1) и армированного (2...5) песчаного основания от отношения  $d/D$ : 2, 3, 4, 5 – армированного сеткой С6, соответственно заглубленной на 0, 50, 100 и 200 мм

### **Библиографический список:**

1. Бородин М. А, Шаповал В. Г, Швец В. Б. Исследования осадок основания кольцевых фундаментов. - Основания, фундаменты и механика грунтов. 2001, №1.
2. Калаев А.И. Несущая способность оснований сооружений: монография / А.И. Калаев. – Л. : Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1990. – 183 с.
3. Тугаенко Ю.Ф. Деформации оснований кольцевых фундаментов/Ю.Ф. Тугаенко, С.И. Кушак//Основания, фундаменты и механика грунтов. 1985. - № 4. - С.22 - 23.
4. Худяков А. В., Леденев В. В., Струлев В. М. К расчету армирования фундаментов сооружений башенного типа. // Труды ТГТУ, вып. №6, Тамбов. 2001.