

Министерство путей сообщения СССР

ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖ-
НОГО ТРАНСПОРТА

Г. А. СКОРМИН

ИССЛЕДОВАНИЕ УПРУГО-ПЛАСТИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕ-
НИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В ПЕСЧАНЫХ ОСНОВАНИЯХ

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Днепропетровск - 1969 г.

НТБ
ДНУЖТ

Работа выполнена в ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательском институте оснований и подземных сооружений.

Научный руководитель доктор технических наук М.В. Малишев.

Официальные оппоненты: доктор технических наук и а у к проф. М.Н. Гольдштейн, доктор технических наук проф. Е.Ф. Винокуров

Ведущее предприятие - НИС "Гидропроект" им. С.Я. Кука.

Автореферат разослан *24* *сентября* 1969 г.
Защита диссертации состоится *1* *ноября* 1969 г.
на заседании Совета Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта.

Отзывы на автореферат в двух экз., заверенные печатью учреждения, просим направлять по адресу: г. Днепропетровск, 10, ул. Университетская 2, Днепропетровский институт инженеров железнодорожного транспорта, Ученому секретарю.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке.

Ученый секретарь Совета
доцент

Л.Н. Лебединец

объявлено
Лебединец
НТБ
ДНУЖТ

ВВЕДЕНИЕ. В настоящее время для расчета оснований используются, в основном, три модели – модель упругого полупространства, модель основания конечной толщины и модель теории предельного равновесия сыпучей среды. Эти модели основаны на предположении, что весь грунт под фундаментом находится в упругом или пластическом состоянии. В действительности, в большинстве практически важных случаев в основании сооружения одновременно существуют упругие и пластические области. Полный ответ на то, при каких нагрузках зарождаются и как развиваются зоны с предельным состоянием, как они влияют на распределение напряжений и деформаций в основании, может дать только решение смешанной упруго-пластической задачи. Однако получить такое решение для среды, обладающей собственным весом и нагрузок более сложных, чем равномерная полубесконечная полосовая нагрузка исключительно трудно.

Для постановки задачи об упруго-пластическом распределении напряжений требуется знание напряженно-деформированного состояния в основании, в процессе роста нагрузки. В настоящей работе представлены результаты экспериментального исследования упруго-пластического распределения напряжений в песчаном основании под жестким круглым шероховатым штампом, проведенного автором в 1966–1968 гг. в НИИ оснований и подземных сооружений.

ГЛАВА I. Экспериментальные исследования распределения и вертикальных напряжений в толще грунтов под жесткими штампами (Штейнер, О. Штромнейдер, Кеглер, П.А. Миняев, В.Ф. Бабков, Д.С. Баранов, Г.Е. Лазебник, Ле-ат-хой и К. Бернатовски) отметили несоответствие теоретического распределения вертикальных напряжений экспериментальному, что, однако, не получило пока достаточно обоснованного объяснения.

Результаты проведенных ранее исследований контактных давлений не позволили получить единое мнение по вопросу распределения реактивных давлений под жесткими фундаментами. Поэтому экспериментальное исследование характера распределения реактивных давлений под жестким штампом в процессе роста нагрузки является актуальным и теперь.

Экспериментальные работы, посвященные проверке соответст-

вня между фактическими осадками и выбранной расчетной моделью показали, что реальное основание обладает намного меньшей "распределительной" способностью, чем по теории упругости.

Большое число опубликованных экспериментальных работ, посвященных исследованию формы и размерам ядра, не позволяет еще в настоящее время сделать на их основе окончательные выводы, как в отношении определения процесса развития пластических областей и нарастания, в связи с этим, деформаций основания при увеличении нагрузок, так и по вопросу оценки различных методов расчета.

ГЛАВА II. Существующая методика определения очертания областей предельного равновесия основана на расчете по теории упругости напряжений под фундаментом и отыскания кривой, вдоль которой выполняется обобщенный закон Кулона $\tau = \sigma \tan \varphi + c$. Условность и противоречивость такого приема очевидна. Примеры расчета границ пластических зон под равномерно-распределенной по площади круга нагрузкой при $\gamma = 1,67 \text{ т/м}^3$; $\varphi = 30^\circ$; $c = 0$ и $0,05 \text{ кг/см}^2$; $\lambda = 1,0$ и $0,4$, подсчитанные на ЭВМ "Напри" указали, что даже определение нагрузки и формы зарождающихся областей сдвига по этой методике не может быть достоверным.

Анализ решений А.Прандтля, В.В.Соколовского и Р.Хилла показал, что определение напряжений и установление пластических областей под шероховатым штампом в реальных грунтах с помощью одной теории пластичности невозможно. Такая задача может быть решена только с позиций упруго-пластического распределения напряжений.

Анализ решений упруго-пластического распределения напряжений идеально связной весомой среды (В.В.Соколовский) и невесомой среды, обладающей как связностью, так и трением (И.В.Федоров), загруженных равномерно-распределенной полосовой полубесконечной нагрузкой, позволил установить общие закономерности изменения вертикальных напряжений в процессе роста нагрузки.

При давлениях меньших и равных нагрузке зарождения зон сдвига, все основание находится в упругом состоянии, а изменение напряжений в любой точке основания прямо пропорционально и внешнему давлению.

НТБ
ДНУЖТ

РЕШЕНИЯ
Н.В. СОКОЛОВСКОГО И И.В. ФЕДОРОВА

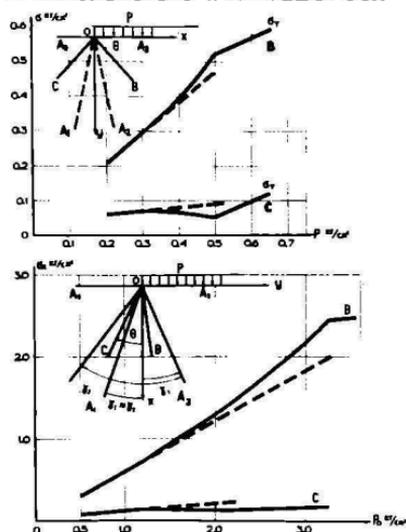


Рис. I

При давлении свыше предела пропорциональности зарождающиеся под краем нагрузки пластические деформации делят основани и е на 3 области: предельную область $A_I OA_2$ и две области, в кото рых грунт остается в упругом состоянии (Рис. I). Появление пла стических деформаций вызывает перераспределение напряжений в упругих областях. Так при давлениях свыше нагрузки зарождения в точках грунта, расположенных в нагруженной упругой об ла ст и $A_3 OA_2$ происходит непропорциональное увеличение вертикаль н ы х напряжений, прикладываемому давлению. В то же время в точ ка х, расположенных за пределами нагрузки ($A_0 OA_I$) при превыше н и и давлению соответствующего зарождению пластических деформаци й отмечается относительное уменьшение вертикальных напряжений (т.С)

При дальнейшем увеличении внешней нагрузки область plasti ческих деформаций, непрерывно раскрываясь, захватывает в с е новые точки грунта, лежащие ранее в упругих областях. Переход грунта в точках, расположенных в нагруженной упругой о бла сти

НИИ
ДНУЖТ

А₃ ОА₂ в предельное состояние, сопровождается уменьшением наклона графика $\epsilon_z = f(P_0)$. Переход в предельное состояние и в точки грунта в ненагруженной упругой области А₀ ОА₁ сопровождается незначительным увеличением наклона графика зависимости вертикальных напряжений от приложенного давления.

ГЛАВА III. Экспериментальная работа ставила своей целью исследование характера напряженного и деформированного состояния песчаного основания и его зависимость, в процессе роста нагрузки, от образования и развития пластических областей. Для ответа на поставленные вопросы были проведены четырнадцать экспериментов, моделирующих работу песчаного основания под круглым жестким шероховатым штампом, установленным на поверхности, и два эксперимента при заглублении штампа на один радиус в песок. Кроме того были проведены дополнительно две серии экспериментов моделирующих основание конечной толщины.

Экспериментальные исследования проводились в лотке 4х4х8м. В качестве модели фундамента использовался железобетонный "абсолютно жесткий" круглый штамп диаметром 0,6 м, плита которого для придания шероховатости обклеивалась песком. Нагружение на штамп производилось центрально через шариковую опору с помощью 25-тонного гидравлического домкрата.

Для измерения напряжений в толще песка и на контакте использовались месдозы конструкции ЦНИИСК с гидравлическим преобразователем диаметром 56 мм и высотой 8 мм. Тарировка месдоз, предназначенных для измерения вертикальных напряжений ϵ_z в контактной плоскости производилась в песке на дне тарировочного бака. Месдозы, предназначенные для измерения вертикальных ϵ_z и горизонтальных ϵ_r и ϵ_θ напряжений в толще грунта тарировались по середине песчаного образца в тарировочном баке в горизонтальном, либо вертикальном положениях.

Моделирующей средой проводимых в лотке экспериментов служил песок средней плотности естественной влажности, физико-механические свойства которого приведены в таблице I.

Гранулометрический состав в размер частиц в мм											
>10	10-5	5-2	2-1	1-0,5	0,25-0,10	0,25-0,10	0,10-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,002	<0,002
0,4	1,3	3,3	4,9	17,0	39,3	29,7	2,9	0,1	0,1	0,1	0,1

Пористость попич 3%	Данная влажн N%	Удельн вес г/см ³	Объемн вес скелета г/см ³	Объемн вес г/см ³	Порист. п %	Коеф. порист E ₀	Степен влажн G	Максим порист.		Миним порист	
								g г/см ³	п %	g г/см ³	п %
0,5	20	2,66	1,54	1,67-1,65	38,5	0,625-0,645	0,09	1,55	41,5	1,82	31,6

Таблица I.

Песчаное основание готовилось путем отсыпки песка слоями по 20 см с выравниванием каждого слоя по планке и последовательным уплотнением статической нагрузкой. Принятая методика подготовки основания позволила получить практически однородное по плотности основание с объемным весом 1,65 - 1,67 т/м³ ($E_0 = 0,625$).

Исследование нормальных напряжений σ_z , σ_2 и σ_θ производилось мессдозами, установленными в слоях песчаного массива на глубинах 20, 40, 60, 80 и 100 см в местах равноудаленных от оси штампа.

ГЛАВА IV. В процессе исследования напряженно-деформированного состояния производились измерения осадки штампа и перемещения основания как на поверхности, так и на глубине $Z = 30$ см.

"Линейный" участок графика осадки штампа, установленного на поверхности песчаного основания (рис. II) лежит в пределах от 0 до 0,75 кг/см², средний модуль полной деформации этого участка $E_p = \gamma_p \frac{D}{3n}$ равняется 110 кг/см².

НТБ
ДНУЖТ

При малых давлениях погружение штампа сопровождалось с подъемом поверхности грунта в непосредственной близости от края штампа в виде кольцевой бровки высотой 2-3 мм и шириной 60-80 мм, что объясняется явлением местного выпора песка из под краев жесткого штампа, установленного на поверхности. Такая картина перемещения поверхности песчаного основания хорошо описывается теоретическим решением, полученным В.Н.Широковым для жесткого штампа, установленного на поверхности физически нелинейного полупространства. Аналогичная картина перемещения поверхности песка была отмечена при моделировании в лотках в опытах Ле-ат-хоя и В.И.Федорова. Данные результаты не противоречат результатам многочисленных исследований И.И.Черкасова и Л.И.Манвелова, проведенных на связных грунтах (супесях и суглинках) естественного сложения.

С увеличением давления до $1,5 \text{ кг/см}^2$ (рис.8) погружение штампа сопровождалось подъемом поверхности грунта и появлением сети хорошо заметных на глаз радиальных и кольцевых трещин. При давлении до $3-3,5 \text{ кг/см}^2$ выпор грунта, достигая 8-11 мм, простирался на расстоянии $5,0-5,5 R$ от центра штампа. Поворота штампа при достижении максимальных давлений в опытах не наблюдалось. Вид поверхности песка после проведения опыта можно видеть на рис.2.



Рис.2.

НТБ
ДНУЖТ

Картина перемещения основания на глубине $Z = 30$ см была аналогична рассмотренной и отличалась только меньшей интенсивностью выпора грунта.

Изменение вертикальных напряжений в грунте под жестким круглым шероховатым штампом (рис.3) при малых нагрузках ($d = 0,5$ кг/см²) происходило пропорционально приложенному давлению, однако было отмечено, что за пределами штампа напряжения затухают интенсивнее, чем по модели линейно-деформируемого полупространства, что вызывает концентрацию напряжений под штампом. Полученное распределение вертикальных напряжений по глубине хорошо согласуется с результатами других исследований (Кеглер и Шейдиг, Д.С.Баранов, Г.Е.Лазебник, Ле-ат-хой, К.Бернатовски) и подтверждает тем самым теоретическое распределение сжимающих напряжений по глубине нелинейно-деформированного полупространства (Широков).

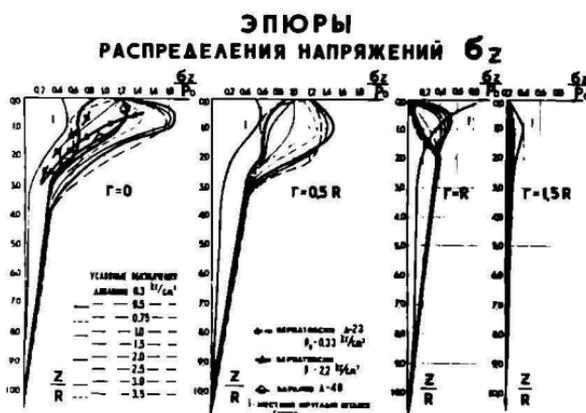


Рис. 3.

При давлении свыше $0,5$ кг/см² в песке отмечалось перераспределение напряжений, выражающееся в интенсивном увеличении напряжений σ_z под центром штампа, за счет относительных уменьшения под краем и за пределами штампа. Отмеченное пере-

распределение происходило постепенно и, по мере увеличения нагрузки, начиная с глубины $z = 20$ см последовательно захватывало зону глубиной равной диаметру штампа. Максимум вертикальных напряжений по оси штампа, начиная с давления $1,5 \text{ кг/см}^2$ перемещался с поверхности основания на глубину $z = 0,7R$ и при давлении $3,0 \text{ кг/см}^2$ отношение $\frac{\sigma_z}{P_0}$ составляло 300% от измеренного при малых давлениях.

Результаты 14 экспериментов, в ходе которых получено 125 эшпр реактивных давлений при нагрузках от $0,3$ до $3,5 \text{ кг/см}^2$, обработанные методом математической статистики, позволили установить, что в процессе роста нагрузки от $0,3$ до $2,0 \text{ кг/см}^2$ эшпра реактивных давлений трансформируется от слабо седлообразной до параболической, что объясняется образованием в грунте под штампом уплотненной зоны. (Рис. 4).

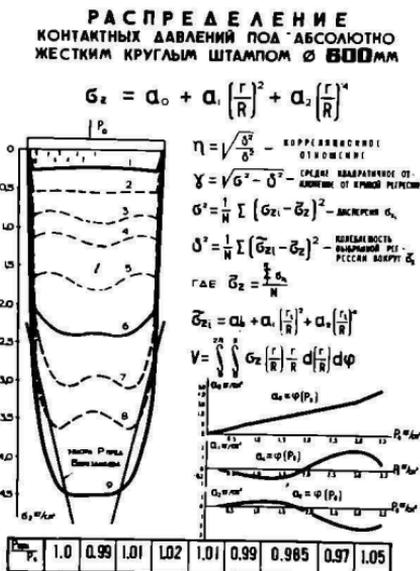


Рис. 4.

При дальнейшем увеличении нагрузки эшпра давлений совпадает с предельной эшпррой, что соответствует завершению форми-

рования "упругого" ядра под штампом. Любое последующее увеличение нагрузки вызывает перемещение ядра совместно со штампом вниз, что сопровождается явлением общего смещения зерен песка, отвечающего при симметричном выпирании толчкообразному опусканию штампа. В результате этого смещения частиц грунта, сопровождаемого вследствие осадки штампа и выпирания грунта некоторым увеличением боковой пригрузки, состояние равновесия опять восстанавливается и эпюра при давлениях $2,5 - 3 \text{ кг/см}^2$ вновь принимает седлообразное очертание. Дальнейшее увеличение давления до $3,5 \text{ кг/см}^2$ приводит к достижению нового предельного очертания эпюры реактивных давлений, что вызывает новую внешнюю осадку штампа.

Анализируя графики зависимости ϵ_z от приложенной нагрузки, построенные для каждой из месдоз, можно отметить, что графики $\epsilon_z = f(P_0)$ приборов, расположенных на глубине $z = 0,7R$ (Рис.5) состоят из 3-х участков. Первый участок при давлении от 0 до $0,5 \text{ кг/см}^2$ отражает прямопропорциональную зависимость ϵ_z от P_0 . Второй участок графиков для точек, расположенных в области под штампом ($z = 0$ и $z = 0,5R$) характеризуется непропорциональным увеличением напряжений в процессе роста нагрузки от $0,5$ до $3,0 \text{ кг/см}^2$. В то же время для точек, расположенных под краем и за пределами штампа ($z = R$, $z = 1,5R$ и $z = 2R$) второй участок графика ϵ_z от P_0 характеризуется уменьшением его наклона.

Третий участок рассматриваемых графиков точек, расположенных под штампом характеризуется выполаживанием при давлении $3,0 \text{ кг/см}^2$ кривых графиков ϵ_z от P_0 . Для точек расположенных под краем и за пределами штампа третий участок, характеризуется некоторым увеличением наклона кривых графиков ϵ_z от P_0 .

Аналогичная картина наблюдается и на глубине $z = 1,33R$ и $z = 2R$. Отмеченная непропорциональность изменения графиков ϵ_z от P_0 на горизонтах глубиной до 2 радиусов штампа является закономерной и повторена во всех параллельных опытах. Так, как тарировочные графики этих месдоз в песке в условиях однородного напряженного состояния (Рис.6) линейны, указанная закономерность не является погрешностью самих приборов, а отражает процессы, происходящие в грунте под действием жесткого неровного штампа.

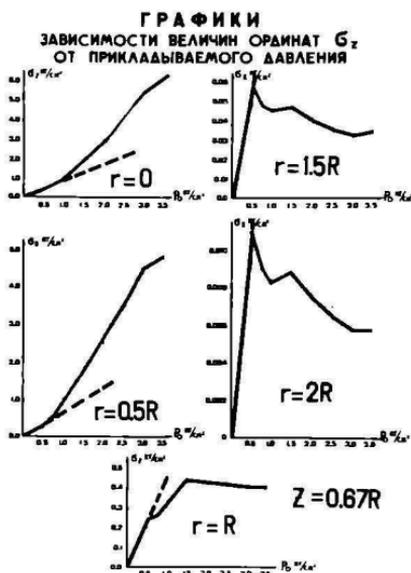


Рис. 5.

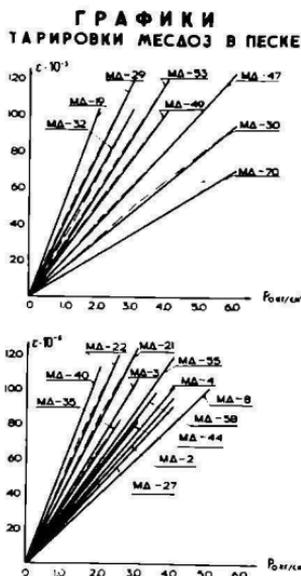


Рис. 6.

Таким образом, в песчаном "полупространстве" под жестким круглым шероховатым штампом изменение вертикальных напряжений в процессе роста нагрузки качественно аналогично изменению и в сжимающих напряжениях в решениях В.В.Соколовского и И.В.Федорова (Рис.1), полученных для идеально связного грунта и грунта, обладающего как связностью, так и трением под равномерно-распределенной полубесконечной полосовой нагрузкой.

Исследование распределения горизонтальных напряжений σ_z и σ_θ (Рис.7) показало, что образование при некотором давлении пластических областей по периметру круглого жесткого шероховатого штампа вызывает перераспределение горизонтальных напряжений, выражающееся в непропорциональном увеличении напряжений под штампом за счет уменьшения их под краем и за пределами штампа.

Так как при рабочих нагрузках на фундамент пластические области внешне ничем себя не проявляют выделить их эксперимен-

ЭПЮРЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

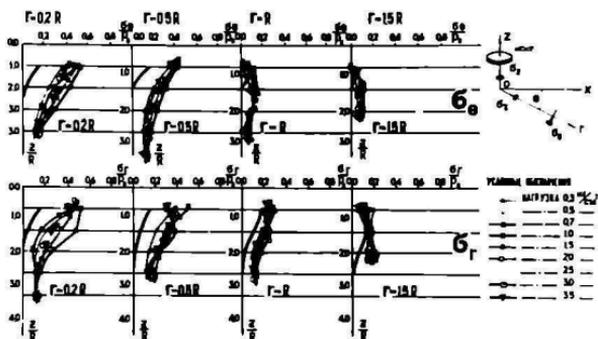


Рис. 7.

тальным путем казалось бы невозможно. Для определения границ пластических областей предложена методика, за основу которой положена закономерность распределения сжимающих напряжений в теоретических решениях упруго-пластической задачи (В.В.Соколовский и В.И.Федоров). Качественная аналогия теоретического упруго-пластического распределения сжимающих напряжений с распределением σ_x в песчаных грунтах была установлена выше.

Из анализа решений В.В.Соколовского и И.В.Федорова (Рис. 1) было установлено, что кривая графиков $\sigma_x = f(P_0)$ имеет 2 характерные точки. Первая точка графиков характеризует с изменением роста напряжений в результате зарождения пластических деформаций в какой-либо другой точке основания, график $\sigma_x = f(P_0)$ в которой остается линейным. Вторая характерная точка указывает на переход грунта в рассматриваемой точке основания в пластическое состояние.

В решениях В.В.Соколовского и И.В.Федорова, полученных для полубесконечной полосовой нагрузки области пластических деформаций получаются в виде бесконечного клина. Конечно в реальных грунтах под фундаментами пластические области должны иметь форму замкнутых областей. Действительно, как было отмечено выше перераспределение напряжений по глубине проис-

ходит постепенно по мере увеличения нагрузки. В то время как первая особая точка, указывающая на зарождение пластических деформаций, была зафиксирована одновременно (в смысле нагрузки) приборами, установленными на глубине $z = 20$ см (Рис.5) на глубинах $z = 40$ и $z = 60$ см. перераспределения еще не отмечалось. При дальнейшем увеличении давления перераспределение напряжений отмечалось уже на глубине 40 см и только при следующей ступени нагрузки - на глубине 60 см. На глубинах больше одного диаметра штампа графики $\sigma_z = f(P_0)$ оставались практически линейными в процессе всего диапазона нагрузки. Вышеизложенное позволило установить, что в песчаном основании первая характерная точка, фиксирующаяся одновременно всеми приборами, установленными на одной глубине, вызывается появлением пластических деформаций именно на данном горизонте. Исходя из такого подхода были определены нагрузки перехода отдельных точек исследуемого основания в пластическое состояние. Так как на поверхности основания в пределах штампа напряжения равны нулю, место выхода пластических деформаций на поверхность не могут быть определены по предлагаемой методике. В качестве границы выхода пластической области на поверхность может быть принята граница сдвигаемой области около неподвижной части основания, которую легко установить для каждой нагрузки экспериментальным путем. (Рис.8). При этом, что кривая, проведенная через точки, в которых грунт переходит в предельное состояние при одной и той же нагрузке и соединенная с точкой максимального для данной нагрузки удаления выпора есть граница пластической области, было построено очертание упругих и пластических областей с изменяющимися в процессе роста нагрузки границами (Рис.9). Образование центральной пластической области на глубине $0,8R$ под центром штампа при давлении $1,5 \text{ кг/см}^2$ было проверено по условию Кулона-Мора на основе измеренных в опытах компонентов напряжений. Так как на оси круглого штампа касательные напряжения $\tau_{rz} = 0$ пластические деформации возникнут на оси штампа в точках основания в которых будет выполняться условие

$$\frac{\sigma_z - \sigma_r}{\sigma_z + \sigma_r + 2c \operatorname{ctg} \varphi} = \sin \varphi$$

**Г Р А Ф И К
ДЕФОРМАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ
ПЕСЧАНОГО ОСНОВАНИЯ**

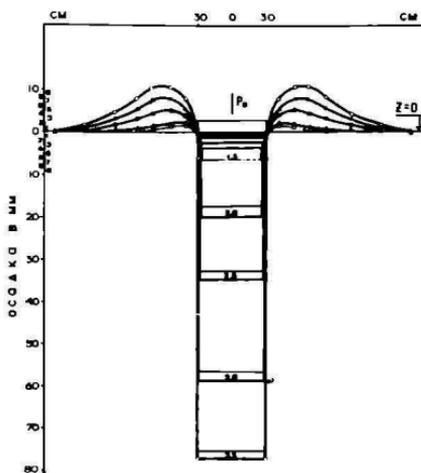


Рис. 8.

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ
УПРУГИХ И ПЛАСТИЧЕСКИХ ОБЛАСТЕЙ
ПОД 'АБСОЛЮТНО' ЖЕСТКИМ
КРУГЛЫМ ШТАМПОМ Ø 800 ММ**

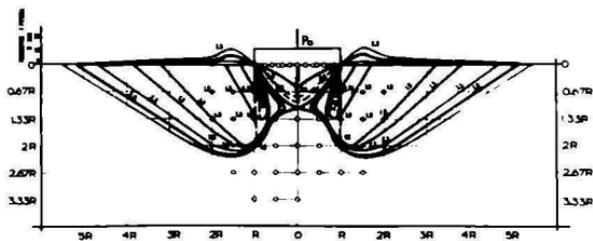


Рис. 9.

НТБ
ДНУЖТ

Ниже приводится расчет условий предельного равновесия в точках $\bar{z} = 0,67R$ и $\bar{z} = 0,8R$ по оси штампа, установленной о го на песке с $\varphi = 30^{\circ}46'$ ($\sin \varphi = 0,512$)

P_0 кг/см ²	$\bar{z} = 0,67R$ $z = 0$					$\bar{z} = 0,8R$ $z = 0$				
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	1,0	1,5	2,0	2,5
σ_z кг/см ²	1,0	1,9	2,75	4,2	5,4	6,2	0,9	1,82	2,6	3,7
σ_z кг/см ²	0,4	0,65	0,95	1,45	1,65	1,9	0,35	0,55	0,75	1,2
$\sigma_z - \sigma_z$	0,6	1,25	1,8	2,75	3,75	4,3	0,55	1,27	1,85	2,5
$\sigma_z - \sigma_z - 2c \sin \varphi$	1,65	2,80	3,95	5,90	7,3	8,35	1,5	2,5	3,60	4,9
$\frac{\sigma_z - \sigma_z}{\sigma_z - \sigma_z - 2c \sin \varphi}$	0,36	0,45	0,45	0,47	0,515	0,514	0,37	0,51	0,514	0,512

Как видно из проведенного расчета при давлении $1,5 \text{ кг/см}^2$ на глубине $\bar{z} = 0,8R$ по оси штампа грунт переходит в пластическое состояние. Образующаяся центральная пластическая область расширяется и при давлении $3,0 \text{ кг/см}^2$ захватывает точку $\bar{z} = 0,67R$ под центром штампа. Построенная схема распределения упругих и пластических областей под жестким круглым штампом подтверждает представления о развитии деформаций в нелинейно-деформируемой среде под действием штампа полученные из анализа линий равных модулей сдвига G (В.Н. Широков).

Для оценки влияния боковой пригрузки на напряженно-деформированное состояние песчаного основания под круглым жестким штампом было проведено 2 опыта с заглубленным на один радиус штампом. Проведенные опыты показали, что:

- эпюра реактивных давлений под заглубленным штампом в процессе роста давления до $4,5 \text{ кг/см}^2$ оставалась седлообразной;

- пластические области одних и тех же размеров под заглубленным штампом образуются при давлении на $0,25-0,5 \text{ кг/см}^2$ больше, чем под штампом, установленным на поверхности.

ГЛАВА V. Две серии экспериментов, моделирующих работу песчаного слоя толщиной равной диаметру и радиусу штампа позволили установить, что под центром круглого жесткого шероховатого штампа с уменьшением толщины слоя песка, вертикальные напряжения на границе несжимаемого основания увеличивается (Рис.10).

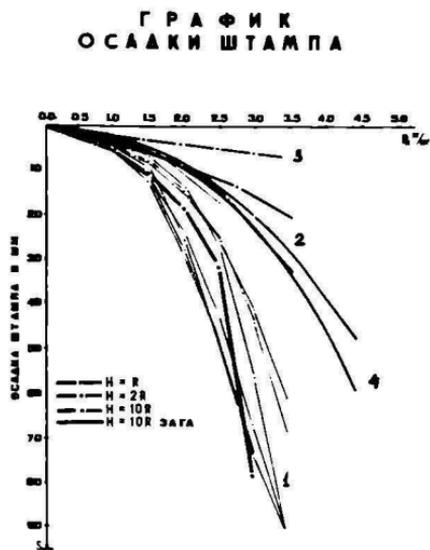


Рис.10

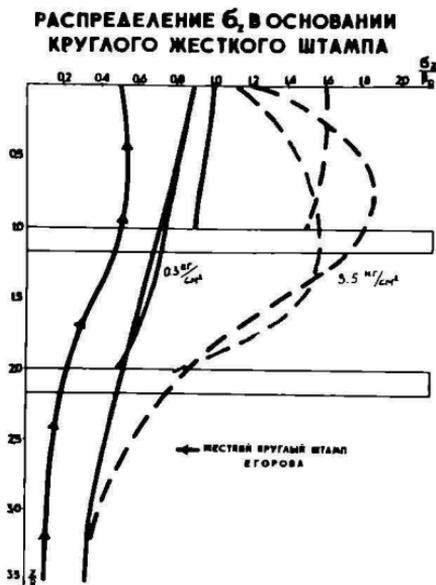


Рис.11

— с уменьшением толщины слоя песка, прямолинейный участок графика осадки штампа от нагрузки увеличивается (Рис.11), а высота подъема зоны выпора и удаленность ее границ от центра штампа уменьшается.

ВЫВОДЫ. На основе проведенных экспериментальных исследований напряженно-деформированного состояния в песчаном основании под круглым жестким штампом можно сделать следующие основные выводы:

I. В песчаном основании распределение вертикальных и горизонтальных напряжений под жестким круглым штампом, отличаюсь от распределения для линейно-деформированного полупространства

большой концентрацией, до некоторого предела изменяется пропорционально приложенному давлению.

При превышении этого предела образование зон пластических деформаций вызывает перераспределение напряжений, выражающееся в увеличении напряжений под центром штампа за счет относительно уменьшения их под краем и за пределами штампа.

2. Образование в процессе роста нагрузки по периметру круглого жесткого шероховатого штампа зон пластических деформаций приводит к видоизменению эпюры реактивных давлений и снижению расчетных изгибающих моментов. Учет этого фактора при расчете фундаментов может дать значительный экономический эффект.

3. Предложенная методика обработки экспериментальных данных позволяет получить схему распределения упругих и пластических областей с изменяющимися в процессе роста нагрузки границами.

4. Экспериментально установлено, что под центром круглого жесткого шероховатого штампа с уменьшением толщины слоя песка, вертикальные напряжения на границе несжимаемого основания увеличиваются. Теоретического решения для определения напряжений в основании конечной толщины под жестким круглым штампом пока не имеется.

5. С уменьшением толщины слоя песка, прямолинейный участок графика осадки штампа от нагрузки увеличивается, а высота подъема зоны выпора и удаленность её границ от центра штампа уменьшается.

Таким образом результат проведенных исследований состоит в том, что:

1. Для данных условий проведения опытов экспериментально подтвержден установленный нормами критерий применимости теории упругости для расчета оснований по деформациям.

2. Полученный экспериментальный материал может служить основой для правильного выбора теоретической схемы постановки задачи о расчете песчаного основания при условии одновременного существования под фундаментом упругих и пластических областей.

3. Для отдельных столбчатых фундаментов размером близким к размерам, принятым в эксперименте при возведении их на пес-

чных грунтах результаты проведенных опытов могут быть использованы для расчета непосредственно.

х х
х

Диссертация содержит 135 страниц текста и 112 рисунков. В списке использованной литературы 159 наименований, из которых 9 иностранных.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах автора:

1. Г.А.Скормин. Экспериментальное исследование нормальных напряжений на контакте круглого жесткого штампа с песча н и м основанием. Труды IУ конференции молодых научных работников о в "Основания, фундаменты и подземные сооружения", НИИОСП, М., 1968.

2. Г.А. Скормин. Экспериментальное исследование напряженно-деформированного состояния песчаного основания, загруженного с помощью круглого жесткого штампа. Там же.

3. Г.А.Скормин. "Экспериментальное исследование напряженно-деформированного состояния основания конечной толщины под круглым жестким штампом". Труды У конференции молодых научных работников. "Основания, фундаменты и подземные сооружения". НИИОСП, М., 1969 в печати.

4. Г.А.Скормин. Методика определения границ пластических областей на основе упруго-пластической задачи. Там же, в печати.

5. Г.А.Скормин. "Экспериментальные исследования распределения напряжений в песке в процессе роста нагрузки". "Основания, фундаменты и механика грунтов", М., 1969 в печати.

Основные результаты исследований по теме диссертации и докладывались на

1) Четвертой конференции молодых научных работников НИИ оснований и подземных сооружений (1968г.)

2) Пятой конференции молодых научных работников НИИ оснований и подземных сооружений (1969г.)

3) Заседании Ученого Совета НИИ оснований и подземных сооружений (1969г.).

л - подп.к печ. заказ № тираж экз.

19 Отпечатано в Производственно-Экспериментальных Мастерских ЦИНИСа Госстроя СССР.

Сканировала Юнаковская В. В.

Л 53449 подп.к печ 29/8-69 заказ № 1041 Тираж 200 экз.
Бумага 70х108/16 д.л.

Отпечатано в Производственных экспериментальных мастерских
ЦНИИСа Гостроя СССР