

гранулометрического анализа. Установлено, что вдоль пляжа намыва и по его фронту по мере удаления от места выпуска пульпы наблюдается четко прослеживаемое уменьшение содержания крупных фракций и увеличение мелких. Кроме того, обеспечивается почти полный отмыв частиц размером менее 0.1 мм, содержание которого в намытом песке ничтожно по сравнению с карьерным.

Качество намытых грунтов характеризуется плотностью сухого грунта, которая является одним из основных критериев намываемых оснований под сооружение.

Непосредственное влияние на плотность грунтов намываемой территории оказывает способ намыва. При эстакадном способе намыва падающая с высокой эстакады струя пульпы образует в песчаных отложениях воронку, из которой пульпа изливается на намываемый откос. При этом борта воронки оказываются сильно уплотненными, а песчаные отложения на дне ее – предельно рыхлые. После намыва в центре воронки сохранится рыхлый грунт, который даст в будущем значительную просадку.

Из ранее выполненных исследований [1, 2] известно, что намытые грунты имеют три вида текстуры: микрослоистую, слоисто-грядовую и смятую. Микрослоистая текстура создается при намыве с большим удельным расходом и сравнительно низкой консистенцией. Слоисто-грядовая текстура образуется при грядовом перемещении твердой фракции по намываемому откосу, слоистая – при антидунном перемещении песчаных частиц по пляжу намыва.

Микрослоистая текстура, которая характеризуется большей плотностью, легче достигается при эстакадном способе намыва. Слоисто-грядовая и смятая текстуры, с меньшими плотностями, создаются соответственно при низкоопорном (сосредоточенном выпуске пульпы) и безэстакадном способах.

Одной из основных механических характеристик, определяющих прочность и устойчивость грунтов, является их сопротивление сдвигу, которое также в значительной степени зависит от текстуры грунтов. Предельное сопротивление грунтов сдвигу определяли в одноплоскостном приборе прямого среза Маслова – Лурье при вертикальных давлениях – 0.1, 0.2, 0.3 МПа. Исследовались два типа образцов намывного песчаного грунта ненарушенной текстуры: в плоскости сдвига, параллельной плоскости наслоений, и в плоскости сдвига, перпендикулярной к плоскости наслоений. Результатами экспериментов установлено, что  $\varphi_{гор} = 31.2$ град,  $\varphi_{верт} = 34.6$ град, т.е. очевидно, что намывные грунты обладают анизотропией прочностных свойств, коэффициент анизотропии  $A = \varphi_{верт}/\varphi_{гор}$  в проведенной серии испытаний составляет 1.1.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Строительство сооружений и зданий на намывных и насыпных основаниях. Сборник научных трудов ИСИА Госстрой БССР, 1984, 116 с.
2. Винокуров Е. Ф., Карамышев В. С. Строительство на пойменно-намывных основаниях. - Минск, Высшая школа, 1980, с. 208, ил.

УДК 624.131:624.131.213

Талецкий В.В., Бондаренко В.М.

#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСАДКИ ЖЁСТКОГО ШТАМПА НА ИСКУССТВЕННО-АНИЗОТРОПНОМ ОСНОВАНИИ В УСЛОВИЯХ ПЛОСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

Часто строительство необходимо вести на не надежных и не устойчивых грунтах. В этих условиях особое значение приобретает целенаправленное изменение физико-механических характеристик грунтов, достигаемое их уплотнением или усилением (армированием). Армирование насыпного грунта выполняют введением в него специальных не гниющих тканей, пленок, сеток и других материалов.

Для экспериментального изучения изменения значений деформации в зависимости от вида основания были проведены испытания грунта в лотке в условиях плоской деформации. Каркас лотка выполнен из равнополочного уголка 50×5 мм. Рабочие размеры лотка 885×358×495(н) мм. Размер 358 мм соответствует расстоянию между неподвижными стенками лотка, выполненными из органического стекла ( $\delta = 16$  мм) и обеспечивающими условие плоской деформации. Прозрачность оргстекла позволяла наблюдать характер деформирования основания по горизонтальным полосам из мела, которые выполнялись во время формирования грунта в лотке. Общий вид лотка приведен на рисунке 1.

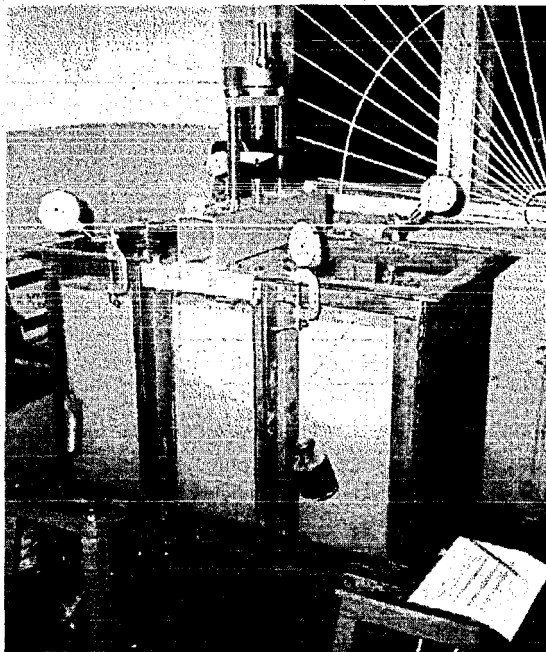


Рисунок 1 – Общий вид лотка

Формирование массива грунта для испытания в лотке выполнялось путём укладки навесок грунта заданной влажности с последующим уплотнением. Навески соответствовали слою грунта толщиной 24 мм. В итоге было получено изотропное основание из мелкозернистого песка со следующими характеристиками: плотность  $\rho = 1,75 \text{ г/см}^3$ , влажность  $w = 0,06$ , коэффициент пористости  $e = 0,61$ .

Нагружение производилось с помощью вертикального нагружающего устройства от срезного прибора ВСВ-25. Нагрузка на основание передавалась через штамп шириной  $b = 70 \text{ мм}$ . Усилие, передаваемое на штамп, измерялось динамометром сжатия марки ДОСМ-3-5. Давление под штампом увеличивалось ступенями по 0,04 МПа. После приложения очередной ступени давления, через 1 мин, фиксировались перемещения штампа (записывались отсчёты по прогибомерам) и прикладывалась следующая ступень. Во время ожидания напряжения, соответствующее данной ступени нагружения, поддерживалось постоянным. Перемещения штампа, по которым впоследствии определялись деформации основания, замерялись прогибомерами Аистова с ценой деления 0,01 мм.

Были проведены экспериментальные исследования деформирования оснований двух типов:

а) изотропного, описанного выше;

б) изотропного с усиленным слоем грунта толщиной  $b$ . Усиление выполнено путём помещения под штамп (при формировании массива грунта) на глубине  $0,3b$  и  $0,6b$  двух слоёв геотекстиля шириной  $2b$ . В качестве геотекстиля использована сетка из стекловолокна с размером ячейки  $4 \times 4 \text{ мм}$  и толщиной волокон 0,5 мм.

По результатам исследований в лотке построены кривые осадки штампа для двух типов оснований, приведенные на рисунке 2.

Проведенные испытания просчитаны МКЭ. Расчёт осадки штампа выполнен для двух видов оснований. В первом случае весь грунт под штампом рассматривался как изотропный с теми же характеристиками, как и при испытании в лотке. Во втором случае слой грунта под штампом, усиленный геотекстилем шириной  $2b$  и глубиной  $b$ , рассматривался как трансверсально-изотропный, а остальной грунт основания – как изотропный. Изотропный грунт характеризовался стандартными параметрами:  $E = 32 \text{ МПа}$ ,  $\varphi = 33,6^\circ$ ,  $c = 2,8 \text{ кПа}$ ,  $\nu = 0,25$ . Для определения прочностных свойств армированных (анизотропных) грунтов обычно используют сложные модели, учитывающие свойства грунта, прочность армирующего материала, величину трения его с грунтом и др. Это ведет к дополнительным затратам на проведение испытаний, а также к снижению точности определения свойств из-за сложности математического описания взаимодействия двух материалов.

Для сокращения количества испытаний и повышения точности определения свойств было предложено свойства армированного грунта определять через испытание в приборе двухосного сжатия, искусственно сформированных армированных образцов исследуемого грунта. Полученные при испытании прочностные и деформационные характеристики использовать как параметры модели грунта [1].

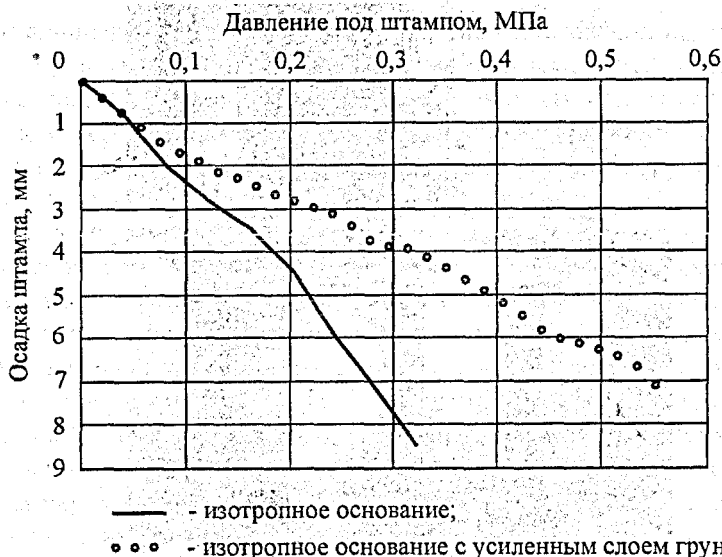


Рисунок 2 – Осадка штампа по результатам испытаний в лотке

Расчёт осадки штампа выполнен с использованием программы «Геомеханика» [2], разработанной для решения смешанной задачи теории упругости и пластичности. Программа реализует деформационную модель идеальной упругопластической среды. Для расчета анизотропного грунта в программу была введена такая же модель, но трансверсально-изотропного грунта [1]. Деформационная анизотропия учитывалась коэффициентами деформации  $C_{ij}$ , связывающими напряжения и деформации в обобщенном законе Гука для трансверсально-изотропной среды [3]. Анизотропия прочностных свойств - экспериментальной зависимостью, полученной в результате испытаний образцов анизотропного грунта в двухосном приборе. Математически она описывалась предельной поверхностью в виде функции  $\sigma_1^s = f(\sigma_3, \psi)$ , с помощью которой определялась прочность армированного грунта для различных значений главного напряжения  $\sigma_3$  и угла наклона плоскости изотропии  $\psi$  [4].

Результаты расчётов осадки штампа приведены на рисунке 3.

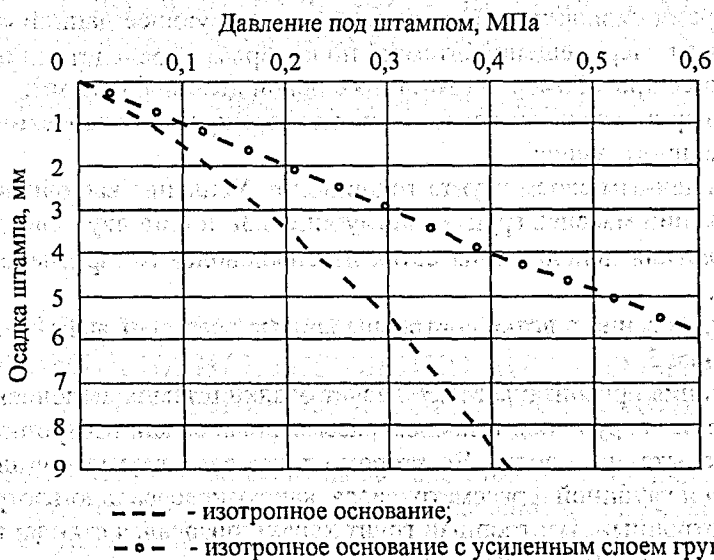


Рисунок 3 – Осадка штампа по результатам расчетов МКЭ

Испытания в лотке показали, что усиление слоя грунта под штампом геотекстилем приводит к значительному повышению несущей способности основания и снижению его деформативности. Несущая способность основания после его усиления увеличилась с 0,32 до 0,56 МПа, т.е. на 75%. Осадка штампа на изотропном основании в момент потери несущей способности составила 8,6 мм, а для основания с усиленным слоем грунта, при этом же значении напряжения под штампом, вдвое меньше – 4,1 мм.

При этих же значениях напряжений осадка штампа в теоретических расчётах составила соответственно 6,8 мм и 3,3 мм, то есть отличие от экспериментальных значений составляет не более 20%. Таким образом, результаты расчётов подтверждают возможность определения свойств армированных грунтов по испытаниям в приборе двухосного сжатия для использования их в виде параметров расчётной модели.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Талецкий В.В. Деформационная модель упругоидеальнопластической среды для намывного грунта // Проектирование и строительство зданий на транспорте: Сб. науч. тр./ Белорусс. гос. ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2000. – С.79-82.
2. Фадеев А.Б. Метод конечных элементов в геомеханике. – М.: Недра, 1987, 221 с.
3. Пат. 5618. МКИ Е 02D 1/00 Способы определения коэффициентов упругости трансверсально-изотропного грунта / Талецкий В.В. Заявл. 07.12.1999; Оpubл. 30.12.2003. Официальный бюллетень. – 2003. – №4.
4. Бондаренко В.М., Талецкий В.В. Экспериментальное исследование механических свойств искусственно анизотропных песчаных грунтов // Материалы X международного симпозиума «Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред» Т. 2 – М.: МАИ, 2004. – С.32-37.

УДК 624.154.04:624.156.04

*Никитенко М. И., Сернов В. А., Синякевич П. М., Куриленко Я. А., Воробьев Ф. В.*

### ОЦЕНКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ОСНОВАНИЕМ СВАЙ ВМЕСТЕ С НИЗКИМИ РОСТВЕРКАМИ

Целью настоящей работы является усиление внимания к проблеме оценки несущей способности оснований свайных фундаментов и возможностям ее повышения.

В геотехнической практике Беларуси при наличии сложных инженерно-геологических условий сваи применяют в сравнительно больших объемах.

Обычно у нас предпочтение отдавали забивным призматическим сваям, которые очень часто не удается погрузить на проектные глубины, что способствует появлению «свайных лесов». Это связано с несовершенством прогноза несущей способности свай согласно ранее действовавшим нормам СНиП 2.02.03-85 [1]. За счет эксцентричности ударов молота призматические сваи отклоняются от оси и создают в грунте у поверхности щель. Ударная энергия при этом затрачивается в значительной мере на разрушение головы сваи и преодоление отпора грунта перед наклоненной гранью сверху, а к нижнему концу сваи доходит ослабленный ударный импульс. Существенный недостаток забивных призматических свай постоянного поперечного сечения заключается в малом увеличении их несущей способности с глубиной, особенно после 8-10 м.

Более благоприятно взаимодействуют с грунтами пирамидальные сваи. При их погружении ударный импульс распределяется более равномерно с максимумом в голове сваи большего сечения и минимумом у нижнего конца малого сечения. При постоянном контакте с грунтом такие сваи удается погружать на проектные глубины с меньшей затратой энергии. Пирамидальные забивные сваи в Беларуси с 70-х годов ушедшего столетия начали успешно применять под научным руководством доцентов, кандидатов техн. наук Ситникова М.А., Шайтарова Л.Д. и Циунчика Б.А. [2]. Нашли они применение и в Словакии [3], [4], [5].

Большие преимущества пирамидальных свай заключаются в том, что при их погружении грунт подвергается сжатию не только под нижним концом, но и вдоль всего ствола. При этом не возникает негативное трение. В результате создаваемого наклонными гранями распора грунт, даже насыпной, упрочняется в межсвайном промежутке [2], [4]. Благодаря распорному эффекту можно уменьшить длины свай и сжимаемую зону грунта под ними. Пирамидальные сваи особенно эффективны в грунтах с понижением прочности от поверхности вниз, поскольку основная часть отпора грунта при этом мобилизуется на верхнем отрезке сваи с большим поперечным сечением. Это позволяет не прорезать нижерасположенные слои или линзы слабых грунтов и оставлять стволы в более прочных верхних грунтах. Такие же достоинства имеют конические сваи при бетонировании в отверстиях, создаваемых вибрационным погружением в грунт металлических пуансонов. Эти сваи можно делать полыми, уменьшая расход бетона и существенно увеличивая относительную несущую способность, приходящуюся на единицу объема расходуемого материала.