

Таблица 5 – Расчетные характеристики прочности упрочненного песчаного грунта основания ФСМ

Физические характеристики вида грунта основания	φ_y	C_y
Песчаные грунты		
$e < 0,60$	$\varphi_{II} / 1,1+1^\circ$	$C_{II} / 1,5$
$0,60 \leq e \leq 0,75$	$\varphi_{II} / 1,1+2^\circ$	$1,3C_{II} / 1,5$
$e > 0,75$	$\varphi_{II} / 1,1+3^\circ$	$1,3C_{II} / 1,5$

Натурные испытания и наблюдения за осадками 21-го объекта (из более чем двухсот построенных в различных грунтовых условиях РБ) на ФСМ [4] свидетельствуют, что реальные деформации их упрочненных оснований отличаются от расчетных не более чем на 15%, что является подтверждением достаточной точности расчетных характеристик упрочненных оснований ФСМ.

Полученные материалы исследований, приведенные в настоящей статье, включены в нормативный документ по проектированию и устройству ФСМ [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Сеськов В.Е., Лях В.Н. Опыт строительства зданий и сооружений на набивных фундаментах с микросваями в выштампованных котлованах// Основания и фундаменты: Обзорная информация БелНИИТИ. – Минск, 1990. – 53 с.
2. Сеськов В.Е., Лях В.Н. Технология устройства набивных фундаментов в выштампованных котлованах с микросваями// Прибалтийская геотехника VII: Тез.докл.конф. – Рига, 1991. – С. 147-150.
3. Сеськов В.Е., Лях В.Н. Фундаменты с микросваями в выштампованных котлованах на объектах строительства Беларуси// Основания, фундаменты и механика грунтов. - 1995. – №5. – С. 7-10.
4. Лях В.Н. Оценка несущей способности и деформативности оснований набивных микросвайных фундаментов по результатам испытаний в полевых условиях// Пространственные конструктивные системы зданий и сооружений. Методы расчета, конструирования и технологии возведения: Тр.межд.научн.техн.конф. – Мн., 2002. – С. 52-58.
5. Проектирование и устройство фундаментов из свай набивных с уплотненным основанием: Пособие П19-04 к СНБ 5.01.01-99: Утв. Минстройархитектуры РБ от 20.09.04. – Минск, 2004. – 147 с.

УДК 624.138.003

Пойта П.С., Пчелин В.Н., Чернюк В.П.

УПЛОТНЕНИЕ ГРУНТА МНОГОМАССОВЫМИ ТРАМБОВКАМИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИМИ СОЗДАНИЕ В ГРУНТЕ ВОЗРАСТАЮЩИХ ДИНАМИЧЕСКИХ КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

В ряде случаев, при наличии слабых грунтов основания, возникает необходимость улучшения физико-механических свойств грунта посредством его уплотнения сбрасываемыми с высоты тяжелыми трамбовками.

Эффективность уплотнения грунта трамбовками определяется такими параметрами, как:

- величина создаваемых в грунте при ударе динамических контактных напряжений;
- время нанесения удара;
- масса, высота сбрасывания и рабочая площадь трамбовки.

Время наносимого сбрасываемой трамбовкой удара можно увеличить посредством использования многомассовых трамбовок, благодаря чему повышается коэффициент полезного действия удара [1]. При этом в каждом рабочем цикле наносится серия ударов с интервалом, не превышающим время нанесения одного удара.

В соответствии с [2] при уплотнении грунта трамбовками с созданием в грунте в процессе его уплотнения возрастающих динамических контактных напряжений от 0,6 до 2 МПа через интервал 0,45...0,7 МПа глубина уплотнения увеличивается на 15-20% с одновременным снижением энергозатрат на 14%. Кроме того, обеспечивается получение устойчивой плотности всей массы уплотненного грунта, так как исключается образование буферной зоны (взрыхленного слоя).

Возрастание создаваемых трамбовкой в грунте динамических контактных напряжений может быть обеспечено путем:

- уменьшения рабочей площади трамбовки [2,3];
- увеличения массы трамбовки;
- увеличения высоты сбрасывания трамбовки.

Для изменения рабочей площади и массы трамбовки на объекте достаточно иметь набор трамбовок с разными указанными параметрами [2], однако при этом увеличиваются затраты труда на уплотнение грунта, связанные с необходимостью периодической замены трамбовок.

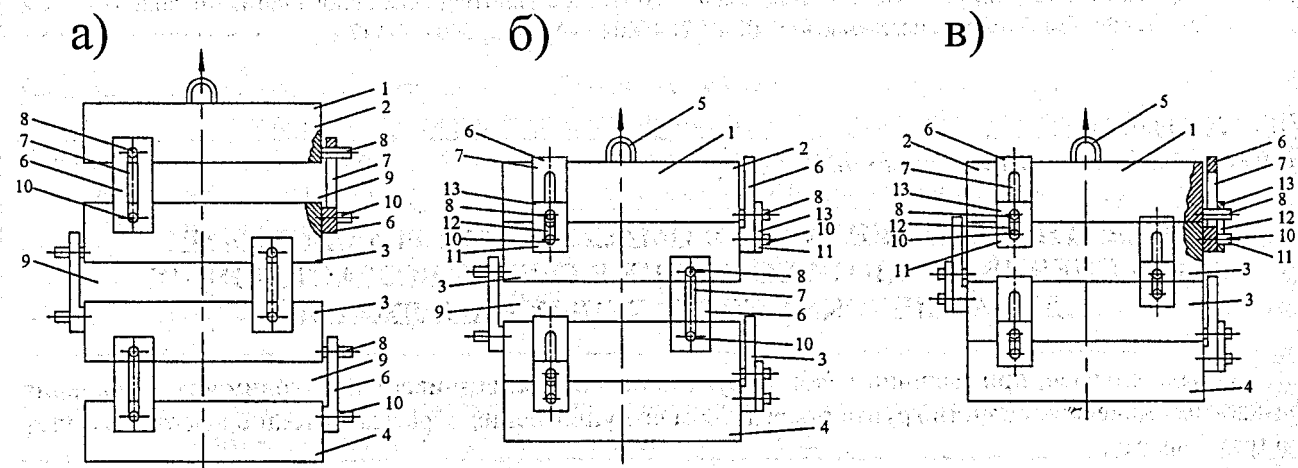
Указанный недостаток устраняет трамбовка постоянной массы, у которой корпус выполнен из концентрично расположенных с возможностью их вертикального перемещения секций с фиксаторами каждой из них [3].

Данная трамбовка характеризуется сложностью и невысокой надежностью в работе, так как при нанесении ударов с поднятыми наружными секциями возникают большие динамические нагрузки, воздействующие на фиксаторы и приводящие к деформациям последних.

С целью повышения эффективности уплотнения грунта трамбованием и упрощения конструктивного исполнения авторами разработаны новые конструкции многомассовых трамбовок, обеспечивающие возможность регулирования создаваемых в грунте динамических контактных напряжений и времени нанесения ударов.

Представленная на рис.1 трамбовка для уплотнения грунта включает составной по высоте корпус 1, выполненный из верхней 2, промежуточных 3 и нижней 4 секций. Верхняя секция 2 оборудована устройством для зацепления 5. К боковой поверхности промежуточных 3 и нижней 4 секций жестко прикреплены направляющие вертикальные пластины 6, выполненные с вертикальными прорезями 7.

К боковой поверхности верхней 2 и промежуточных 3 секций жестко прикреплены упоры 8 в виде горизонтальных стержней. Упоры 8 каждой из секций 2,3 пропущены через вертикальные прорези 7 пластин 6 нижерасположенной секции с возможностью образования зазоров 9 между секциями 2,3,4 в процессе перемещения упоров 8 вдоль прорезей 7 при подъеме трамбовки за верхнюю секцию 2.



а) в момент подъема трамбовки без съемных стопоров; б) в момент подъема трамбовки со снятыми стопорами между промежуточными секциями; в) в момент подъема трамбовки со всеми установленными съемными стопорами: 1 – корпус; 2 – верхняя секция; 3 – промежуточные секции; 4 – нижняя секция; 5 – устройство для зацепления; 6 – направляющие вертикальные пластины; 7 – вертикальные прорези; 8 – упоры; 9 – зазоры; 10 – стержневой фиксатор; 11 – съемный стопор; 12 – прорезь; 13 – накладная пластина.

Рисунок 1 – Схема трамбовки с составным многомассовым корпусом и направляющими в виде пластин, через отверстия в которых пропущены стержневые упоры

Пластины 6 снабжены стержневыми фиксаторами 10, каждый из которых расположен в одной вертикальной плоскости с упором 8, пропущенным через прорезь 7 соответствующей пластины 6.

Трамбовка снабжена также съемными стопорами 11 вертикального перемещения секций 2,3,4 относительно друг друга. Каждый из съемных стопоров 11 выполнен в виде накладной, выполненной с прорезью 12 пластины 13, одеваемой прорезью 12 на стержневой упор 8, пропущенный через прорезь 7 вертикальной пластины 6, и стержневой фиксатор 10 вертикальной пластины 6. Длина прорези 12 принимается равной расстоянию между упором 8 и фиксатором 10 плюс радиусы последних.

Для предотвращения соскакивания стопоров 11 с фиксаторов 10 и упоров 8 в процессе сбрасывания трамбовки на выступающие концы стержневых фиксаторов 10 могут навинчиваться гайки (на чертежах не показано).

Трамбовка работает следующим образом.

Вначале для уплотнения грунта используют трамбовку без стопоров 11. Путем захвата за устройство для зацепления 5 тросом грузоподъемного механизма трамбовку поднимают на заданную высоту (рис. 1а). При этом секции 2,3,4 поднимаются поочередно, по мере опирания упоров 8 в верхние кромки прорезей 7, начиная с верхней секции 2. После отрыва нижней секции 4 от грунта между секциями 2,3,4 образуются зазоры 9.

Величина каждого из зазоров 9 определяется из условия обеспечения нанесения ударов секциями 4,3,2 через интервалы времени, не превышающие время каждого из ударов, т.е. из условия соблюдения неравенства:

$$S_{i,i+1} \leq V_{i+1} \cdot t_i + g \cdot t_i^2 / 2,$$

где $S_{i,i+1}$ — величина зазора между секцией с порядковым номером "i" и вышерасположенной секцией с порядковым номером "i+1" (нумерация выполняется снизу вверх);

V_{i+1} — скорость падения секции "i+1" в момент нанесения удара секцией "i";

t_i — время нанесения удара секцией "i";

g — ускорение свободного падения.

Величину зазоров 9 можно регулировать путем изменения длины прорезей 7, в этом случае направляющие пластины 6 выполняются съемными (на чертежах не показано).

При жестком прикреплении пластин 6 к секциям 3,4 можно добиться уменьшения зазоров 9 путем использования дополнительных пластин, имеющих вертикальные прорези длиной менее длины прорезей 7 и одеваемых своей прорезью на фиксаторы 10 и упоры 8 (на чертежах не показано).

Затем трамбовку сбрасывают на точку уплотнения грунта. Вначале с грунтом взаимодействует, нанося удар, нижняя секция 4, с падением ее скорости до нуля. Расположенная над секцией 4 секция 3 продолжает движение вниз и, после выборки зазора 9, наносит удар. Аналогично наносят удары остальные секции 3,2, увеличивая время воздействующего на грунт ударного импульса. За один цикл в общей сложности наносится 4 удара с созданием минимальных динамических напряжений в грунте. Затем повторяется новый цикл работы трамбовки.

Для увеличения создаваемых в грунте динамических напряжений фиксируют попарно секции 2,3 и секции 3,4 от взаимного перемещения (рис.1 б), для чего на упоры 8 и фиксаторы 10 соответствующих секций 2,3 и 3,4 устанавливают стопоры 11. При подъеме переоборудованной трамбовки зазор 9 образуется только между промежуточными секциями 3. Поэтому при падении трамбовки наносится 2 удара, при этом создаваемые в грунте динамические напряжения увеличиваются в два раза (при одинаковых массах секций).

Количество промежуточных секций 3 для увеличения количества наносимых за один цикл ударов может быть увеличено, однако для обеспечения нанесения ударов с одинаковой энергией необходимо, чтобы количество промежуточных секций было кратно 2.

Для максимального увеличения создаваемых в грунте динамических контактных напряжений фиксируют от взаимного перемещения все секции 2,3,4 (рис.1 в). В этом случае при подъеме трамбовки между секциями 2,3,4 не образуются зазоры 9, и при падении наносится один удар с максимальными динамическими контактными напряжениями.

Таким образом, предлагаемая конструкция трамбовки позволяет повысить эффективность уплотнения грунта за счет обеспечения возможности регулирования в широком диапазоне энергии единичного удара, а также создаваемых в грунте динамических напряжений.

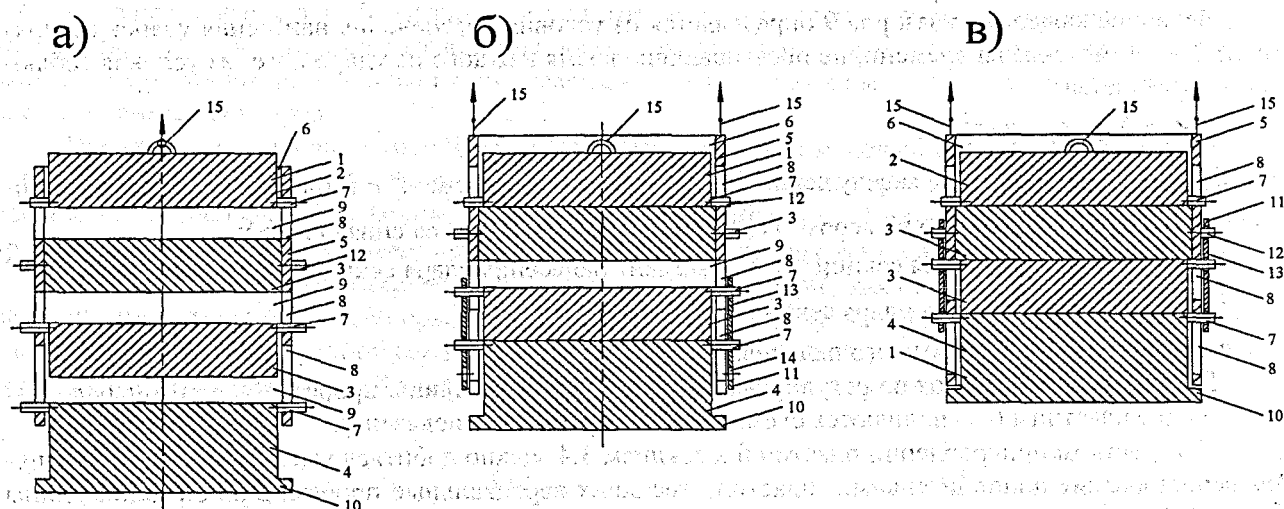
Для улучшения центровки секций 2,3,4 корпуса 1, при нанесении ударов, разработана конструкция трамбовки, у которой секции 2,3,4 расположены в полости 6 втулки 5 (рис.2). Верхняя промежуточная секция 3 жестко прикреплена к втулке 5. Остальные секции 2,3,4 смонтированы с возможно-

стью осевого перемещения относительно друг друга и втулки 5 и выполнены с радиальными упорами 7. В стенках втулки образованы вертикальные прорезы 8.

Упоры 7 каждой из секций 2,3,4 пропущены через соответствующие прорезы 8 втулки 5 с возможностью перемещения вдоль прорезей 8 и образования зазоров 9 между секциями 2,3,4 при подъеме трамбовки за верхнюю 2 секцию. При размещении трамбовки на грунте (рис.2 в), упоры 7 верхней секции 2 должны располагаться в нижней части соответствующих прорезей 8, а упоры 7 нижней 4 и рядом расположенной с ней промежуточной 3 секций – в верхней части соответствующих прорезей 8 втулки 5.

Длина прорезей 8, через которые пропущены упоры 7 нижней секции 4, должна быть больше длины прорезей, через которые пропущены упоры 7 нижней промежуточной секции 3, на величину зазора 9 между промежуточными секциями 3, при этом в случае подъема трамбовки за верхнюю секцию 2 (рис.2 а) между секциями 2,3,4 образуются зазоры 9.

Для предотвращения попадания грунта, в процессе его уплотнения, между втулкой 5 и секцией 4 последняя выполнена с уширением 10, диаметр которого превышает диаметр втулки 5.



а) в момент подъема трамбовки за верхнюю секцию без съемных стопоров; б) в момент подъема за втулку трамбовки с одетыми на упоры нижней и рядом расположенной с ней промежуточной секций накладными пластинами стопоров; в) в момент подъема за втулку трамбовки с одетыми на упоры нижней и рядом расположенной с ней промежуточной секций и фиксаторы втулки накладными пластинами стопоров: 1 – корпус; 2 – верхняя секция; 3 – промежуточные секции; 4 – нижняя секция; 5 – втулка; 6 – полость втулки; 7 – радиальные упоры; 8 – вертикальные прорезы; 9 – зазоры; 10 – уширение; 11 – съемные стопоры; 12 – стержневой фиксатор; 13 – накладная пластина; 14 – отверстия; 15 – петли зацепления

Рисунок 2 – Схема трамбовки с составным многомассовым корпусом и направляющей втулкой, через отверстия в которой пропущены стержневые упоры

Для обеспечения одновременного подъема всех секций 2,3,4 без образования зазоров 9 между ними (рис.2 в) или с образованием зазоров 9 только между промежуточными секциями 3 (рис.2 б) трамбовка снабжается съемными стопорами 11 перемещения нижней 2 и промежуточных 3 секций относительно друг друга.

Втулка 5 снабжена стержневыми фиксаторами 12, расположенными в одной вертикальной плоскости с упорами 7 нижней 4 и рядом расположенной с ней промежуточной 3 секций. Каждый из стопоров 11 выполнен в виде накладной пластины 13 с отверстиями 14, одеваемой отверстиями 14 на упоры 7 нижней 4 и рядом расположенной с ней промежуточной 3 секций или на указанные упоры 7 и фиксатор 12 втулки 5.

При уплотнении грунта вначале используют трамбовку без стопоров 11 (рис.2 а). Путем захвата за петли 15 верхней секции 2 тросом грузоподъемного механизма трамбовку поднимают на заданную высоту. При этом секции 2,3,4 поднимаются поочередно, по мере опирания упоров 7 в верхние кром-

ки прорезей 8, начиная с верхней секции 2. После отрыва нижней секции 4 от грунта между секциями 2,3,4 образуются зазоры 9.

Затем трамбовку сбрасывают на точку уплотнения грунта. Вначале с грунтом взаимодействует, нанося удар, нижняя секция 4, с падением ее скорости до нуля. Расположенная над секцией 4 секция 3 продолжает движение вниз и, после выборки зазора 9, наносит удар. Аналогично наносят удары остальные секции 3,2, увеличивая время воздействующего на грунт ударного импульса. При нанесении третьего удара вместе с верхней промежуточной секцией 3 наносит удар шток 5. За один цикл, в общей сложности, наносится 4 удара с созданием минимальных динамических напряжений в грунте. Затем повторяется новый цикл работы трамбовки.

Для увеличения создаваемых в грунте динамических напряжений устанавливают стопоры 11 путем одевания накладных пластин 13 отверстиями 14 на упоры 7 нижней 4 и расположенной рядом с ней промежуточной 3 секций (рис.2 б). При этом происходит фиксация указанных секций 3,4 относительно друг друга, исключая возможность их относительного перемещения. При подъеме переоборудованной трамбовки за петли 15 штока 5 зазор 9 образуется только между промежуточными секциями 3. Поэтому при падении трамбовки наносится 2 удара, с увеличенными в два раза динамическими напряжениями (при одинаковых массах секций).

Для получения максимальных динамических контактных напряжений устанавливают стопоры 11 путем одевания накладных пластин 13 отверстиями 14 на упоры 7 нижней 4 и расположенной рядом с ней промежуточной 3 секций (рис.2 в) и фиксаторы 12 втулки 5. При этом происходит фиксация нижней 4 и всех промежуточных 3 (через втулку 5) секций относительно друг друга, исключая возможность их относительного перемещения. Подъем трамбовки производят зацеплением за петли 15 втулки 6; при этом между секциями 2,3,4 не образуются зазоры 9, и при падении наносится один удар с максимальной его энергией.

На разработанные конструкции трамбровок оформлены и поданы заявки на выдачу патентов Республики Беларусь на полезную модель, по которым принято положительное решение центра интеллектуальной собственности на выдачу патентов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Минаев О.П. Исследование возможности увеличения скорости погружения свай при использовании двухмассного молота. // Основания и фундаменты. - 1985. - №2. - с.14-16.
2. А. С. 1289959 СССР, МКИ Е 02 D 3/046. Способ уплотнения связных грунтов трамбованием./ В.Д.Зотов, Е.А.Сорочан, Ю.П.Кальнин, И.В.Ананьев, А.И.Семененко, Ш.М.Шлафман; Ростовский инженерно-строительный ин-т.- №3899039/29-33; Заявл.01.04.85; Оpubл.15.02.87; Бюл.№6 // Открытия. Изобретения. Промышленные образцы. Товарные знаки.- 1987.- №6.
3. А. С. 1335643 СССР, МКИ Е 02 D 3/046. Трамбовка для уплотнения грунта./ Ю.П.Кальнин, В.Д.Зотов, А.И.Семененко; Ростовский инженерно-строительный ин-т.- №4048966/29-33; Заявл.04.04.86; Оpubл.07.09.87; Бюл.№33 // Открытия. Изобретения. Промышленные образцы. Товарные знаки.- 1987.- № 33.

УДК 642.131

Попов О.В., Анисимов Ю.В.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ДИЛАТАНТНОЙ ПРОЧНОСТИ НЕСВЯЗНЫХ ГРУНТОВ К РАСЧЕТУ ОТСЕЧНОЙ КОНСТРУКЦИИ ИЗ БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ

При оценке несущей способности и устойчивости оснований главным показателем является величина сопротивления грунта сдвигу. Следовательно, актуальной задачей лабораторных испытаний является определение достоверных значений сопротивляемости сдвигу и параметров прочности несвязных грунтов.

Для этой цели разработаны сдвиговые дилатометрические приборы, позволяющие моделировать условия стеснения дилатансии [1].

В основу работы этих приборов положены феноменологические модели [1], представляющие собой сочетание моделей скольжения и упругих моделей. Такое сочетание необходимо для того, чтобы отразить разделение пластических деформаций [1], происходящих в области сдвига и упругих деформаций, происходящих в областях, смежных с областью сдвига.