

*Асанов А.А. Рысбеков А.Ш.*

**ТОПУРАКТЫ ТЕРЕҢДИКТЕ НЫКТОО ҮЧҮН ЖАБДЫКТАРДЫН  
ТУЗУЛУШТӨРҮН ТАЛДОО ЖАНА МААЛЫМАТ**

*Асанов А.А. Рысбеков А.Ш.*

**ОБЗОР И АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ГЛУБИННОГО  
УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТА**

*A.A. Asanov, A.Sh. Rysbekov*

**REVIEW AND ANALYSIS OF EQUIPMENT DESIGN FOR DEEP COMPACTION**

УДК: 621.87

*Макалада жер катмарын тереңдикте ныктоо үчүн жабдыктардын конструкцияларынын аналитикалык талдоо жыйынтыктары келтирилген.*

**Негизги сөздөр:** *динамикалык таасир, топуракты тыгыздоо, иш сыйымдуулугу, энергия сыйымдуулугу, көңдөйчө.*

*В статье приведены результаты аналитического обзора конструкций оборудования для глубинного уплотнения земляного полотна.*

**Ключевые слова:** *динамическое воздействие, уплотнение грунта, трудоемкость, энергоёмкость, скважина.*

*The article presents the results of the analytical review of equipment design for deep compaction of the subgrade.*

**Key words:** *dynamic impact, soil compaction, labor intensity, energy intensity, well.*

Уплотнение грунтов является эффективным приемом улучшения физико-механических свойств оснований в грунтовых сооружениях. Оно позволяет существенно повысить или даже преумножить несущую способность основания и, следовательно, значительно увеличить передаваемую нагрузку от зданий и сооружений на единицу его площади, повысить устойчивость и крутизну откосов грунтовых сооружений, уменьшить фильтрацию как в пределах всего сооружения, так и через отдельные его элементы, обеспечить устойчивость структуры грунтов при воздействии динамических (сейсмических, волновых, фильтрационных и т.п.) нагрузок, нарастить полученный объем сооружений при складировании материалов и т.д., тем самым повысить надежность и экономичность сооружений.

Уплотнению могут быть подвергнуты практически любые грунты и другие материалы оснований, в том числе зольные грунты, жесткие бетонные смеси и т.д. Среди грунтов, подвергнутых динамическому уплотнению, главная роль принадлежит несвязным и слабосвязным грунтам, т.к. статическое их нагружение малоэффективно. Это зависит, прежде всего, от реакций этих грунтов на динамические воздействия. При динамическом воздействии на

слабосвязные водонасыщенные грунты имеют место два ярко выраженных процесса: в начале происходит их разжижение, а затем – гравитационное уплотнение. Просадочные и насыпные грунты также отличаются недостаточной несущей способностью.

Глубинное уплотнение перечисленных выше грунтов пробивкой скважин грунтовыми сваями заключается в том, что в уплотненном массиве устраиваются путем пробивки скважины с вытеснением грунта в стороны и созданием вокруг них уплотненных зон, которые затем засыпают местным грунтом с послойным уплотнением. При расположении скважин на определенных расстояниях (от 2,5 до 5 диаметров) получается массив уплотненного грунта, не обладающий просадочными свойствами и характеризующийся повышенными прочностными характеристиками и более низкой сжимаемостью.

Скважины, заполненные уплотненным грунтом, ранее называли грунтовыми сваями, а сам метод “уплотнением грунтовыми сваями”. Однако такое название метода условно, так как по существу и характеру работы под нагрузкой скважины, заполненные уплотненным грунтом, не имеют ничего общего со сваями.

Метод глубинного уплотнения просадочных грунтов пробивкой скважин был предложен в начале 30-х годов и в дальнейшем разработан Ю.А. Абелевым. На первой стадии основания метода глубинное уплотнение просадочных грунтов осуществлялось путем забивки сваи-сердечника с инвентарным башмаком. Затем сердечник извлекали, а образовавшуюся скважину заполняли местным грунтом с послойным уплотнением.

При строительстве на таких грунтах тяжелых многоэтажных зданий используют сваи длиной от 8 до 25 м (в зависимости от свойств грунта). Однако для реализации свайных фундаментов необходимо создание и содержание специальных производственных мощностей для изготовления свай, применение специального сваебойного оборудования, организация транспортировки свай от заводов до строительных площадок. В итоге стоимость свайных

фундаментов оказывается очень высокой. К тому же забивание свай на определенную глубину в просадочный грунт требует значительных энергозатрат, а при недостаточной мощности дизель-молота оказывается просто невозможным забить их до нужной отметки. При увеличении же мощности дизель-молота происходит разрушение свай.

Стоимость свайных фундаментов составляет 30-40% от общей стоимости здания. Для снижения затрат на строительство целесообразно прежде всего снижать затраты на нулевой цикл. На протяжении двух последних десятилетий проводится поиск альтернативной, более дешевой технологии строительства. Классификация способов глубинного уплотнения просадочных и насыпных грунтов пробивкой скважин приведен в работе [5].

Согласно этой классификации эти способы различаются между собой разным подходом подбора конструкции, методом и технологией уплотнения, применением разной схемы привода.

Глубинное уплотнение просадочных грунтов пробивкой скважин станками ударно-канатного бурения широко применяется при строительстве промышленных зданий, начиная с 70 годов прошлого века. Станок ударно-канатного бурения позволяет использовать ударный снаряд весом 2,8-3,2 т, наконечники диаметром до 425 мм; обеспечивает 44-52 ударов в минуту с высоты 0,9-1,1 м при энергии одного удара около 3 тм, благодаря чему достигаются пробивка скважин диаметром 0,5-0,55 м и радиус уплотненной зоны 0,7-0,9 м. Основным недостатком этого метода являлась высокая трудоемкость работ в связи с частным расположением пробивных скважин.

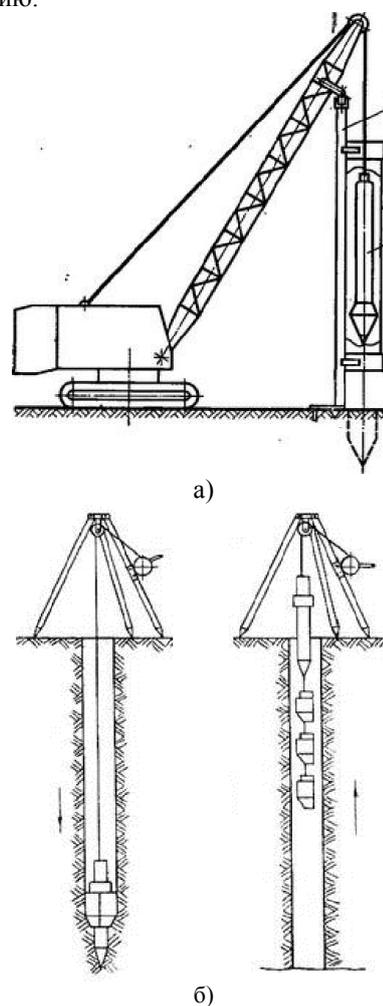
В дальнейшем была разработана и успешно применялась более рациональная по сравнению с первой технология глубинного уплотнения просадочных грунтов, основанная на использовании энергии взрывов для образования скважин. По этой технологии вначале пробивают скважины шурупы диаметром 80-85 мм. В них опускают рассредоточенный заряд взрывчатого вещества, состоящий из отдельных патронов, соединенных детонирующим шнуром. В результате одновременного взрыва цепочки зарядов, опущенной в скважину-шнур, происходит расширение ее диаметра до 40-45 см. Энергия взрыва позволяет увеличить радиус уплотнения до 45-55 см, и повисить расстояние между осями скважин до 80-100 см.

Полученные при помощи взрыва скважины заполняют местным лессовым грунтом отдельными порциями высотой 0,6-1 м с уплотнением каждой трамбовкой диаметром 300 мм и весом 350-450 кг до объемной массы скелета не менее 1,7 т/м<sup>3</sup>.

Более прогрессивным считается технология, когда пробивают скважины путем сбрасывания ударного снаряда в одно и то же место без извлечения грунта или внедрением наконечника раскаткой [2]. В процессе внедрения наконечника, грунт, начиная с глубины 0,6-1,0 м, вытесняется в стороны

с одновременным уплотнением окружающего грунта. После проходки скважины ее засыпают местным лессовым грунтом оптимальной влажности отдельными порциями с уплотнением их тем же ударным снарядом. Принципиальная схема оборудования для пробивки скважин, установленного на экскаваторе, приведена на рис. 1.

Однако широкого распространения в строительстве технология трамбования не нашла. Это обусловлено тем, что для трамбования грунта до последнего времени применялись навешиваемые на экскаваторы копры высотой 10-15 м с падающими трамбовками массой 7 – 10т. Эти громоздкие машины отличаются низкой технической готовностью и малой рабочей частотой (2 – 3 удара в минуту), значительно уступая по производительности существующему сваебойному оборудованию.



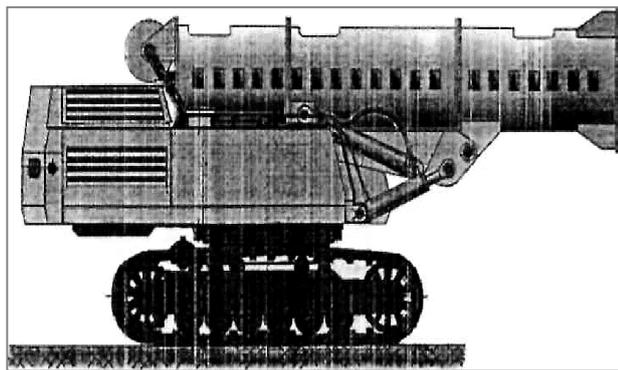
**Рис. 1.** Схема оборудования для пробивки скважин на экскаваторе (а) или (б) с треногой: 1 - упорная стойка; 2 - направляющая; 3 - пробивной снаряд.

Кроме того, взаимодействие падающей трамбовки с грунтом имеет прерывистый характер. Грунт максимально нагружается в момент падения трамбовки и разгружается в момент отрыва и последующего подъема трамбовки. При разгрузке предварительно сжатый грунт упруго восстанавливается, вследствие

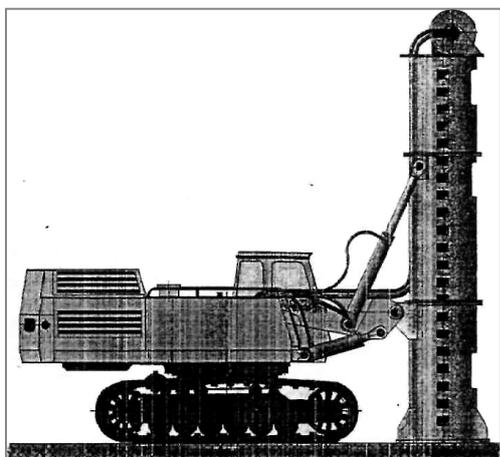
чего значительно снижается степень его уплотнения за один рабочий цикл. К тому же усилие подъема трамбовки от грунта за счет сил сцепления значительно превосходит ее вес, что сопровождается дополнительными затратами энергии.

Новым шагом в пользу технологии строительства на предварительно утрамбованном грунте явилось создание специалистами Института гидродинамики СО РАН и его конструкторско-технологического филиала агрегата для глубокого трамбования грунта.

Агрегат для глубинного трамбования грунта предназначен (рис.2) для предварительного ударного уплотнения насыпного и просадочного грунтов, для образования в грунте котлованов заданной формы для размещения в последних прогрессивных столбчато-ленточных фундаментов. По сравнению с существующими методами вытрамбовки котлованов с помощью падающих трамбовок производительность увеличивается в 5-8 раз, энергоемкость (расход топлива) уменьшается в 3 раза. Передача ударных импульсов через грунт при работе агрегата на близко расположенные здания или сооружения в 2-3 раза меньше, чем при уплотнении грунтов падающими трамбовками.



а)



б)

Рис.2. Агрегат для глубинного трамбования грунта: (а)- в транспортном и (б)- в рабочем положении.

Агрегат позволяет: создавать надёжные грунтовые основания для фундаментов зданий, дорог, взлётно-посадочных полос аэродромов и т.п.; устранять просадочность лессовых и лессовидных грунтов; улучшать физико-механические свойства насыпных и слабых водонасыщенных грунтов.

Интерес представляет способ уплотнения грунтов раскаточными устройствами. Южно-Уральский государственный университет предлагает устройство для раскатки котлованов, которое обеспечивает уплотнение грунта конусообразным корпусом при его осевом перемещении за счет погружения винтовых рабочих элементов, развивающих необходимое тяговое усилие. Предлагаемое устройство выполнено (рис.3) в виде одного закрытого блока,

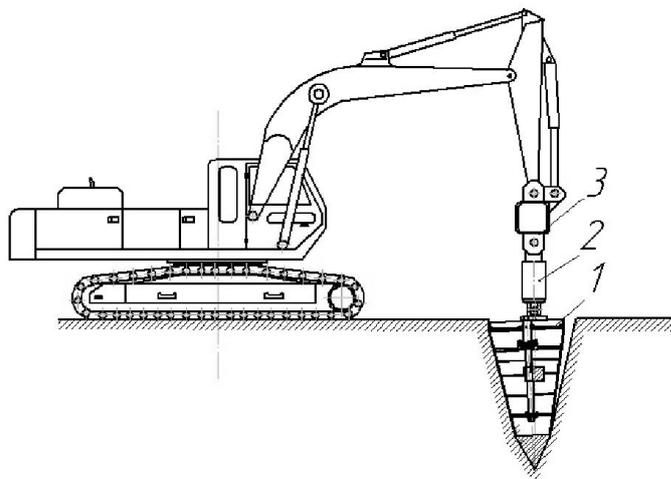
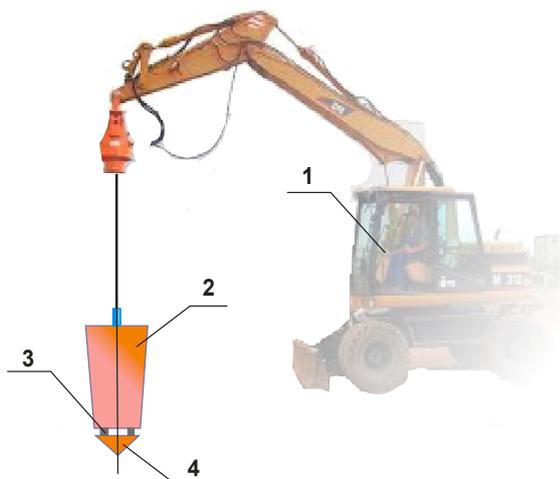


Рис.3. Конусный раскатчик на базе гидравлического экскаватора.

не требует специальных уплотнительных устройств, проще в изготовлении и техническом обслуживании, но требует больших энергозатрат и соответственно машины большой мощности.

Таким образом, проведенный анализ современных методов глубинного уплотнения грунтов обуславливает расширение парка средств механизации за счет применения новых видов оборудования. Выбор и использования того или иного вида оборудования зависит от особенностей геометрических элементов земляного сооружения, что практически затрудняет, а иногда и вообще исключает возможность использования обычных машин, применяемых при линейных работах (самосвалы, бульдозеры, экскаваторы, вибрационные машины). Особенного подхода уплотнения грунтов в нашей стране потребуются при строительстве дорог через просадочные грунты в горных вершинах, при возведении столб линии передач в высотных местах, при сооружении высотных зданий в стесненных пространствах и т.д. Для этой цели нами предлагается мобильное, транспортабельное, энергоемкое устройство для уплотнения грунтов как в обычных, так и в стесненных условиях.



**Рис. 4 .** Устройство для глубинного уплотнения грунтов:  
1- базовая машина; 2- трамбуемый орган; 3- упругий элемент; 4-трамбуемый наконечник.

Устройство для глубинного уплотнения грунтов в просадочных грунтах (рис.4.), содержащее базовую машину со стрелой и направляющей штангой, трамбуемый орган в виде усеченного конуса со сквозным вертикальным каналом, передающую плиту и размещенный на базовой машине привод

подъема трамбуемого органа, трамбуемый орган соединен с передающей плитой с помощью упругих элементов, выполненных в виде винтовых цилиндрических пружин [6].

Тогда, как для извлечения других уплотняющих устройств потребуются дополнительное применение привода (с помощью гидropодъемников,) дополнительные оборудования, в нашем случае достаточно использование возможностей упругих сил.

#### Литература:

1. Н.Я. Кершенбаум, В.И. Минаев. Прокладка горизонтальных и вертикальных скважин ударным способом. М.: Недра, 1984.
2. В.С. Миронов, П.Я. Фадеев, В.Я. Фадеев, М.С. Мандрик. Технология и оборудование для глубокого трамбования грунта.
3. О.П. Минаев. Выбор и использование методов уплотнения песчаных оснований и сооружений. Инженерный технический журнал №7, 2014, с 66 – 73.
4. Е.И. Кромский, С.В. Жилиев. Новая техника для уплотнения земляного полотна. /Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». 2016. Т.16, №2. С. 14 -22
5. Ю.Е. Пономаренко. Автореф. “Повышение эффективности устройства свайных фундаментов в уплотняемых грунтах”. Омск-2002
6. Патент А.С. КГ № 1231, кл.Е02D3/046, Е01С19/34,2009.

Рецензент: к.т.н., доцент Шайдуллаев Р.Б.