
МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ)

МЕЖРЕГИОНАЛЬНОЕ ОБЩЕСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ
“ДОРОЖНЫЙ КОНГРЕСС”

**ВТОРОЙ
ВСЕРОССИЙСКИЙ
ДОРОЖНЫЙ КОНГРЕСС**

**СБОРНИК
НАУЧНЫХ ТРУДОВ**

МОСКВА 2010

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ И КОЭФФИЦИЕНТА УПЛОТНЕНИЯ КРУПНООБЛОМОЧНЫХ ГРУНТОВ

С.В. Борткевич, к.т.н., гл.инж,
В.Н. Аверьянов, ГИП. (ЗАО «ПИНИБ «ГИТЕСТ»)

Качество возведения земляных сооружений или подготовки оснований, а также эксплуатационная безопасность техноприродных систем сооружение-основание обеспечиваются соблюдением требований СНиП 3.02.01-87 «Земляные сооружения, основания и фундаменты» и СНиП 2.05.02-85 «Автомобильные дороги» в части коэффициента уплотнения грунтов $k_{упл}$.

Под коэффициентом уплотнения понимается отношение фактической плотности сухого грунта ρ_d в сооружении (основании) к максимальной ρ_d^{max} , т.е.:

$$k_{упл} = \frac{\rho_d}{\rho_d^{max}}$$

Максимальная плотность грунтов крупностью до 20 мм определяется послойным уплотнением по ГОСТ 22733-2002 «Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности».

Для грунтов большей крупности пока не существует Российского стандарта по определению их максимальной плотности.

В то же время известно, что крупнообломочные грунты применяются для наиболее ответственных частей земляных сооружений: боковых призм плотин, балластных подсыпок и дренажей дорог, крепления берегов рек и др. С увеличением плотности крупнообломочных грунтов существенно увеличивается их прочность (см. рис. 1) поэтому актуальным является определение максимальной плотности крупнообломочных грунтов.

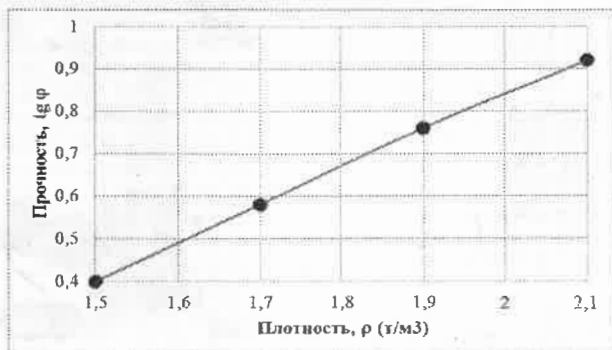


Рис. 1. Зависимость прочности горной массы от плотности

За рубежом для определения максимальной плотности крупнообломочных грунтов и их модельных смесей применяют вибрирование. Вибрационный

метод испытания оправдал себя на практике и используется во всех странах, например в США по государственному стандарту ASTM D2049 грунт вибрируют под пригрузом в цилиндрической форме диаметром 152 мм или 279 мм на вибродвижном столе с вертикально направленными колебаниями. В этом методе из-за недостаточной свободы передвижения частиц в условиях вертикально направленных колебаний переупаковка грунта полностью не реализуется.

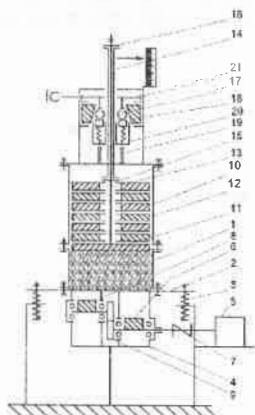
Фирмой «Динапак» разработан свой собственный лабораторный метод, по которому вибрационная трамбовка, устанавливаемая сверху, уплотняет грунт в форме диаметром 150 мм. Метод апробирован и принят в качестве шведского стандарта. Аналогичный метод с использованием вибрационной трамбовки был разработан в Англии и утвержден в качестве британского стандарта - 1377 (испытание 14).

Недостатком этих методов определения максимальной плотности крупнообломочных грунтов является дополнительное дробление грунтовых образцов при испытании, что обычно приводит к завышению значений плотности и осложняет задачу достижения нормативного коэффициента уплотнения в натуре.

Все эти недостатки устранены в устройстве для определения максимальной плотности и коэффициента уплотнения крупнообломочных грунтов, выполненном по патенту РФ №2002891, которое отличается применением объемной вибрации, складывающейся из одновременно направленных вертикальных и крутильных горизонтальных колебаний, применением шариковой муфты одностороннего хода и использованием пригруза, состоящего из несвязанных между собой дисков.

Схема и общий вид устройства приведены на рис. 2, а технические характеристики - в табл. 1.

а)



б)

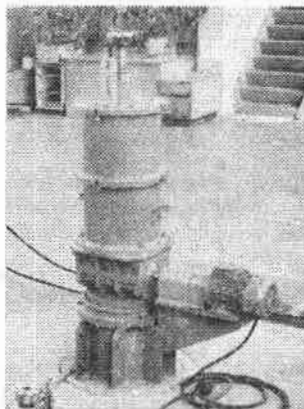


Рис. 2. Прибор для лабораторного определения максимальной плотности и коэффициента уплотнения крупнообломочных грунтов: а) - схема; б) - общий вид

Таблица 1.

Технические характеристики прибора для определения максимальной плотности и коэффициента уплотнения крупнообломочных грунтов

Частота колебаний вибростолы, Гц	50
Возмущающая сила вибровозбудителя, кгс	1860
Тип колебаний	Направленные по вертикали и крутильные по горизонтали
Амплитуда колебаний, мм	1,0
Мощность электропривода, кВт	2,2
Внутренний диаметр контейнера для грунта, мм	310
Высота контейнера для грунта, мм	300
Суммарная масса пригрузочного устройства, кг	100
Суммарное удельное давление постоянного пригруза, МПа, (кг/см ²)	0,013(0,13)
Количество (шт) и масса пригрузочных дисков (кг)	6x15
Наибольший осевой ход штока, мм	60
Стандартное время уплотнения, мин	2
Габариты (Д×Ш×В), мм	950×650×1500

Объемная вибрация позволяет полностью реализовать переупаковку частиц грунта и сократить время вибрирования образца до 2 мин., что в свою очередь снижает разрушение частиц грунта и, таким образом, увеличивает точность измерения максимальной плотности сложения грунта.

Этому же способствует применение пригруза, состоящего из шести несвязанных между собой дисков, поскольку такой пригруз исключает виброударный режим работы при большой амплитуде перемещений и, следовательно, уменьшает разрушение частиц грунта.

Применение шариковой муфты одностороннего хода позволяет избежать разуплотнения грунта в контейнере на переходных режимах работы вибростолы и способствует большей точности измерений.

Контейнер (1) с образцом исследуемого грунта установлен на вибростолы (2) подрессоренным пружинами (3), которому передаются колебания с помощью вибратора (4). Вращающий момент от электродвигателя (5) передается ведущему дебалансу (6) с помощью эластичной муфты (7), а также ведомому дебалансу (8) с помощью пары шестерен (9) с равным числом зубьев.

Сверху на контейнере с образцом грунта устанавливается пригруз, собранный в корпусе (10), состоящий из пригрузочного поршня (11) и свободно лежащих на нем пригрузочных дисков (12). Шток пригрузочного поршня (13) входит в полый шток (14) муфты одностороннего хода и закреплен в нем с помощью заплечика (15) и прижимной шайбы (16).

Муфта одностороннего хода, позволяющая штоку с подвешенным на нем пригрузом перемещаться только вниз, состоит из шариков (17), поджатых к конусному кольцу (18) пружиной (19) через сепаратор (20). Муфта выключается с помощью направляющей втулки (21), отжимающей шарики от конусного кольца.

В процессе вибрационных испытаний грунта на описанном устройстве устанавливается зависимость плотности сухого грунта от его влажности при уплотнении с постоянными параметрами, а также максимальная плотность сухого

грунта. Влажность, при которой достигается максимальная плотность сухого грунта, является оптимальной влажностью.

Это же устройство позволяет определять плотность грунта в предельно рыхлом сложении.

Учитывая, что гранулометрический состав крупнообломочных грунтов может изменяться в значительных диапазонах как по крупности, так и по содержанию мелкозема, разработана специальная методика исследования влияния этих параметров на величину максимальной плотности и коэффициента уплотнения, которая успешно опробована и осуществлена на плотинах Богучанской ГЭС (Россия), Нурекской ГЭС (Таджикистан), Тери (Индия), Тишрин (Сирия) и др.

Помимо крупнообломочных грунтов устройство позволяет испытывать низкопрочные (разрушаемые при уплотнении) грунты, шлаки и грунтовые смеси, обрабатываемые вяжущим. Сравнение результатов определения максимальной плотности горной массы низкопрочных карбонатных пород на вышеописанном устройстве с результатами определения на виброустановке ASTM D2049 (США) и на установке для испытания грунта по ГОСТ 22733-2002 (РФ) приведены на рис. 3. Из рисунка видно, что испытания известными методами ASTM и ГОСТ приводят к недоуплотнению низкопрочного грунта, а значит, к получению недостаточно качественного сооружения, возводимого из такого грунта.

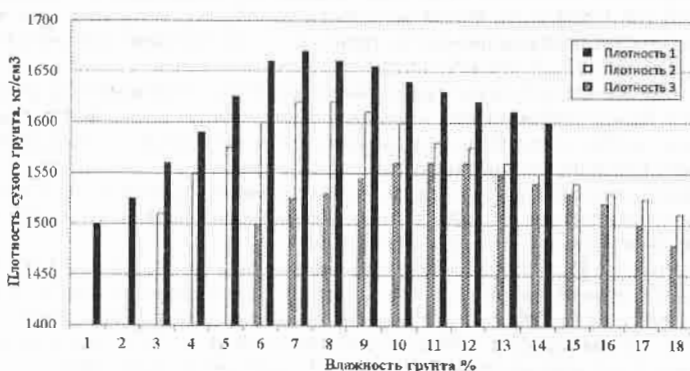


Рис. 3. Сравнение результатов определения максимальной плотности горной массы низкопрочных карбонатных пород на приборе, выполненном по патенту РФ № 2002891 (1), с результатами определения на виброустановке ASTM D2049 (2) и на установке для испытания грунта методом стандартного уплотнения по ГОСТ 22733-2002 (3)

Применение предлагаемого метода и прибора для определения максимальной плотности и коэффициента уплотнения крупнообломочных грунтов при изысканиях, проектировании и строительстве грунтовых сооружений позволяет повысить качество этих работ, что особенно актуально для сейсмических районов, а также в условиях действия динамических эксплуатационных нагрузок, в том числе от движущегося транспорта.

**ВТОРОЙ ВСЕРОССИЙСКИЙ ДОРОЖНЫЙ КОНГРЕСС
СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ**

Авторская редакция
Компьютерная верстка М.Ю. Алексеева

Подписано в печать 16.10.2010. Формат 60x84/16
Печать оперативная. Бумага потребительская.
Усл. п. л. 25,3. Тираж 120 экз. Заказ № 569.

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ).

Отпечатано в типографии Волжского филиала МАДИ.
428028 г. Чебоксары, пр. Тракторостроителей, 101, корп. 31, офис 108/6.