

ПРОНИКАНИЕ ИНДЕНТОРОВ В ГРУНТЫ ПРИ НАЛИЧИИ ПЕРЕМЕННЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Ванцян А.А., Мовсисян А.А.

На основании экспериментальных исследований показано, что с помощью переменных электромагнитных полей, создаваемых в электропроводящей среде, можно существенно увеличить скорость внедрения твердых инденторов. Подбором сдвига фаз колебаний индентора и подаваемого на среду колебательного электрического сигнала можно в несколько раз облегчить внедрение индентора, дополнительно потратив при этом энергию – 1/1000 энергии вибратора.

Вопросам проникания твердых инденторов в различные среды, в том числе и грунты, посвящено ряд работ [1-6].

Процесс проникания при наличии импульсных электромагнитных полей (ЭМП) изучен в [7,8], где, в частности, показано, что наличие ЭМ полей приводит к существенному уменьшению глубины проникания. В указанных работах показано, что ЭМП вокруг проникающего индентора создает пинч-эффект [9], препятствующий прониканию. Расчеты показали, что импульсный ток $\sim 10^5$ А создает дополнительные напряжения на инденторе – 2 + 3 пределов текучести материала среды, в том случае, когда механические напряжения на инденторе – 5 + 5,5 пределов текучести. Полученные результаты позволяют с применением ЭМП увеличить защитную способность преграды.

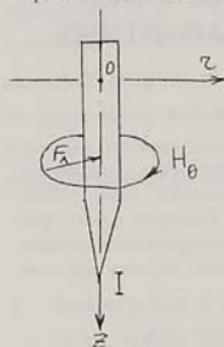
Как показывают эксперименты [7,8] по прониканию твердых инденторов в грунты при наличии постоянных ЭП, скорость проникания существенно увеличивается (~ 20 + 30 раз).

Данное явление объясняется тем, что за счет электроосмоса вода, содержащаяся в грунте, передвигается к индентору, имеющему отрицательный полюс, и между средой и индентором появляется узкий слой воды, существенно уменьшающий трение. Явление электроосмоса способствует прониканию для тех грунтов, где влажность достаточно большая (~ 30 %).

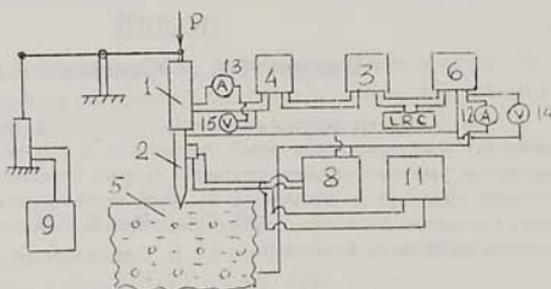
Для тех грунтов, где влажность небольшая, явление электроосмоса не может существенно увеличить скорость проникания.

Однако, для грунтов с малой влажностью, обеспечивающей электропроводимость среды, как показано впервые в настоящей работе, с

применением противофазной вибрации индентора и среды можно достигнуть многократного увеличения скорости проникания. Среду можно заставить вибрировать, пропуская через индентор и среду переменный электрический ток. При этом за счет лоренцовой силы среда начинает вибрировать в радиальном направлении (в цилиндрических координатах r, θ, z , где ось oz совпадает с направлением проникания) периодически сжимая и разрезая среду вокруг индентора (фиг. 1).



Фиг. 1

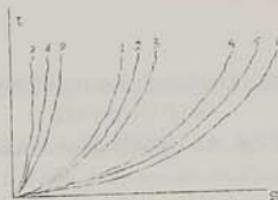


Фиг. 2

Если сдвиг фаз согласовать так, что индентор при движении в направлении oz проникал в разреженную среду, то в зависимости от степени разрежения существенно можно увеличить скорость проникания.

На фиг. 2 показана схема проведения эксперимента. На катушку 1, сердечник которой является индентором 2, подается переменный ток из генератора 3, усиливаемый в усилителе 4. Через индентор и среду 5 подается усиленный в усилителе 6 электрический ток той же частоты, но сдвинутый по фазе. Одновременно сигналы подаваемого тока на среду и сигналы, взятые от датчика 7, закрепленного на инденторе, подавались на двухлучевой осциллограф 8 для определения истинного сдвига фаз подаваемых электрических сигналов. На самописце 9 снимались диаграммы st (глубина в зависимости от времени). Из генератора 3 можно было получить дискретный сдвиг фаз двух электрических сигналов. Для более плавного сдвига фаз была смонтирована дополнительная LRC цепь 10, которая дала возможность в пределах $\pm T/20$ плавно изменять сдвиг фаз (T — период одного колебания). Из датчика 7 сигнал также подавался на прибор 11 для определения амплитуды колебания индентора.

Амплитуда колебания индентора изменялась напряжением сигнала, подаваемого на катушку 1. С помощью амперметров 12, 13 и вольтметров 14, 15 измерялись энергии подаваемых на вибратор и среду электрических сигналов. Эксперименты были проведены как при резонансных для системы 1, 2, 5 частотах, так и вне резонансных частотах.



Фиг.3

На фиг. 3 показаны диаграммы st . Кривые 1, 2, 3, для частот $\omega_1 = 18, \omega_2 = 45, \omega_3 = 26$ при $I = 0$ (отсутствие тока в среде); кривые 4, 5, 6 показывают зависимость st для тех же частот, соответственно, и $I = 0, 0,3A$ при сдвиге фаз $170 + 175^\circ$, т. е. на среду подается сигнал, опережающий движение индентора - полпериода. Малую разницу ($\sim 5 + 10^0$) от полпериода можно объяснить релаксацией, т. е. запаздыванием среды в волновых процессах. Кривые 7, 8, 9 показывают зависимость st при однофазном процессе, когда в момент движения индентора в направлении проникания происходит сжатие среды. Как видно из графиков фиг. 3, в зависимости от сдвига фаз колебаний индентора и среды можно в несколько раз ($\sim 2 + 3$) увеличить или уменьшить скорость проникания, потратив при этом энергию $\sim 1/1000$ от потребляемой энергии вибрации индентора. Во время экспериментов наблюдался пропорциональный рост скорости проникания от амплитуды колебания индентора.

В настоящих экспериментах амплитуда колебания индентора изменялась в пределах $4 \cdot 10^{-5} + 6 \cdot 10^{-5}$ М. Резонансная частота указанной системы была ~ 26 гц, подаваемый среде ток $\sim 0,03$ А. Среда глинистый грунт, влажностью 15-20%.

Таким образом, показано, что выбором сдвига фаз и частоты колебаний вибратора и среды можно добиться значительного увеличения скорости проникания индентора в грунты.

Из результатов эксперимента выяснилось, что в зависимости от электромеханических параметров системы вибратор-среда сдвига фаз колебаний вибратора и подаваемого на среду переменного тока меняется, однако при помощи предлагаемой схемы, приведенной на фиг. 2, всегда можно достигнуть оптимального сдвига фаз, приводящего к увеличению скорости проникания инденторов в различные среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Backman M.E., Goldsmith W. The Mechanics of Penetration Projectiles into targets. Int. J. Eng. Sci. 1978, v. 16, N 1, pp. 1-100.
2. Зукас Дж.А. и др. Динамика удара. М.: Мир, 1985.

3. *Сагомолян А.Я.* Динамика пробивания преград. - М. : Изд во МГУ, 1988, 220 с.
4. *Багдоев А. Г., Ванцян А. А.* Проникание тонкого тела в металлы и грунты. Изв. АН Арм ССР, Механика, 1981; т. 34, N 3, с. 25-38.
5. *Ванцян А.А.* Определение глубины проникания тонкого тела в металлы. Докл АН Арм ССР, 1981, т. 72, N 2.
6. *Ванцян А.А.* Теоретические и экспериментальные результаты проникания в металлы. - Исследование по механике твердого деформируемого тела. Ереван: Изд. АН Арм ССР, 1981.
7. *Ванцян А.А., Петросян Т.Л.* Экспериментальное исследование проникания конуса, переходящего в цилиндр, в грунты. - В сб. : Проблемы динамики взаимодействия деформируемых сред. - Ереван, 1987, 291 с.
8. *Ванцян А.А.* Вибропроникание твердых металлических тел в электропроводящие грунты при наличии переменных или постоянных токов. - Изв. АН Арм ССР, Механика, 1987, т. 40, N 5, с. 40-45.
9. *Багдоев А.Г., Ванцян А.А.* Влияние разрядных токов конденсаторов на механические явления в образцах. III Всесоюзный симпозиум "Теоретические вопросы магнитоупругости", 1984.

Институт механики НАН Армении

Поступила в редакцию
21. 10. 1994