

Оценка ограниченности предела текучести грунта при высоких давлениях в задачах проникания

Линник Е.Ю.

(НИИ Механики, ННГУ им Н.И. Лобачевского,
Нижний Новгород)

В задачах проникания зависимость предела текучести от давления является нелинейной и в общем случае представляется двухзвенной ломаной с учетом разброса данных и ошибок. Первое звено ломаной реализуется при малых давлениях и соответствует условию пластичности Мора-Кулона. При больших давлениях максимальное значение предела текучести ограничено условием Треска.

Ранее получены формулы [1] для определения диапазона скоростей расширения полости, в котором применимо простое решение для среды с условием пластичности Треска. В данной работе рассматривается проблема решения высокоскоростного проникания жестких тел в мягкие грунты на основе аналитического решения задачи о расширении сферической полости в среде с условием пластичности Мора-Кулона-Треска.

В качестве контактного давления при взаимодействии ударника с сопротивляющейся средой принимается напряжения на границе полости, расширяющейся с постоянной скоростью из точки в бесконечной среде. В качестве скорости расширения полости принимается проекция вектора скорости движения ударника на нормаль к элементу поверхности тела. Данный подход соответствует модели локального взаимодействия, что характерно при решении задач удара и проникания. Динамическая сжимаемость грунтовых сред характеризуется ударной адиабатой Гюгония в виде линейного соотношения. Ранее установлено [2], что решение задач удара и проникания мягких грунтовых сред в мягкие грунты адекватно описывается моделью локального взаимодействия. Согласно модели напряжение определяется трехчленной зависимостью от скорости проникания жесткого ударника в грунтовую среду.

Задача оценки предела текучести осуществлялась численно при этом варьировались значения предела текучести в диапазоне 20-50 МПа. Скорость проникания конического ударника изменялась в диапазоне скоростей 150-400 м/с. При этом напряжение, необходимое для расширения полости со скоростью, близкой к нулю (критическое напряжение) определялось в результате численного решения краевой задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка с применением метода Рунге-Кутты четвертого порядка точности. В этом случае критическое давление равно 63.5 Мпа.

Установлено, что максимальная относительная погрешность аппроксимации нормального напряжения не превышает 2-3%, кроме того для сухого песчаного грунта продемонстрировано хорошее соответствие экспериментальным данным [3].

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 23-29- 00103).

Литература

1. *Bragov A.M., Balandin V.V., Igumnov L.A., Kotov V.L., Krushka L., Lomunov A.K.* Impact and penetration of cylindrical bodies into dry and water-saturated sand International Journal of Impact Engineering. - 2018. - Vol. 122. - P. 197-208.
2. *Линник Е.Ю., Котов В.Л., Тарасова А.А., Гоник Е.Г.* Решение задачи расширения сферической полости в грунтовой среде в предположении несжимаемости за фронтом ударной волны // Проблемы прочности и пластичности. - 2012. - Вып. 81. № 2. - С. 177-190.
3. *Линник Е.Ю.*, Оценка контактных напряжений при внедрении ударника в прочный грунт// Проблемы прочности и пластичности - 2020. - Т.82.№1 - С.52-63.