

О НАПРАВЛЕННОМ МЕТАНИИ ГРУНТА ПРИ ПОМОЩИ ВЗРЫВЧАТОГО ВЕЩЕСТВА

В. М. Кузнецов, М. А. Лаврентьев, Е. Н. Шер

(Новосибирск)

Вопрос о направленном метании грунта при помощи взрыва имеет большое практическое значение. При производстве взрывных работ (например, при создании взрывом плотин) стоит задача перемещения некоторой массы грунта в заданном направлении. Известно, что при подземном взрыве выброс грунта происходит более или менее равномерно во все стороны вокруг оси воронки выброса. Для усиления направленности выброса на практике часто применяют предварительную обработку свободной поверхности. Суть этой обработки состоит в том, что искусственно, часто при помощи предварительного взрыва, создается новая обнаженная плоскость, перпендикулярная направлению выброса и находящаяся от заряда на расстоянии, меньшем, чем расстояния до других участков свободной поверхности. Этот метод прочно вошел в практику различных организаций, занимающихся взрывными работами. Однако несмотря на все свои достоинства, этот метод все же не дает полной направленности выброса: значительная часть грунта разлетается в стороны от основного направления выброса.

Ниже рассматривается принципиальная схема, которая при взрыве теоретически должна обеспечить полную направленность выброса.

Рассмотрим простой пример. Предположим, что имеется цилиндр из грунта высотой вдвое большей, чем диаметр. С одного торца цилиндра производится подрыв взрывчатого вещества (ВВ), изготовленного в виде диска диаметром, равным диаметру цилиндра. Тогда почти вся масса грунта разлетается в плоскостях, перпендикулярных оси цилиндра, причем, чем ближе к ВВ, тем скорость разлета больше. Расчеты и опыты показывают, что при таком соотношении высоты и диаметра цилиндра вперед летит меньше одного процента грунта. Для того чтобы воспрепятствовать боковому разлету грунта, естественно обложить боковую поверхность цилиндра взрывчатым веществом. Толщина этой обкладки, очевидно, не должна быть постоянной вдоль оси цилиндра. Для того чтобы ответить на вопрос о плотности расположения ВВ с боков выбрасываемой массы грунта, перейдем к математической постановке задачи.

Примем следующие гипотезы:

1. Грунт есть идеальная несжимаемая жидкость. Применимость этой модели к данной задаче оправдывается тем, что, во-первых, при больших нагрузках, имеющих место при взрыве, можно пренебречь касательными напряжениями по сравнению с нормальными. Во-вторых, массовая скорость движения грунта мала по сравнению со скоростью ударной волны, успевающей многократно отразиться от всех поверхностей данного объема грунта за время, в течение которого он успевает лишь незначительно изменить свое положение. Разлет грунта за счет волны разгрузки при относительно тонком слое ВВ будет невелик.

2. Действие взрыва будем описывать только как действие на каждую единицу площади импульса, равного

$$I = \int_0^{\tau} P(t) dt$$

где $P(t)$ — давление продуктов детонации, τ — время их действия.

3. Импульс, сообщаемый взрывчатим веществом, пропорционален его толщине. Поэтому, если известно распределение импульса, то тем самым известно распределение плотности ВВ. Последние два допущения оправдываются в очень широком диапазоне практически интересных случаев.

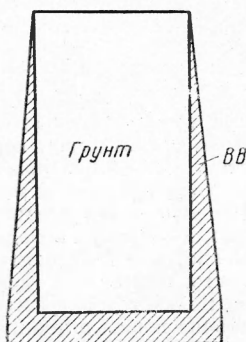
Теперь сформулируем задачу. Требуется найти распределение ВВ на поверхности идеальной несжимаемой жидкости, занимающей произвольный объем, при котором в результате подрыва жидкость получит поступательное движение как твердое тело в заданном направлении.

Ответ находится сразу же. Известно, что поступательному движению жидкости со скоростью v соответствует потенциал

$$\varphi = vx,$$

связанный с импульсом простым соотношением

$$\varphi = \frac{-I}{\rho}$$



Так как импульс пропорционален толщине ВВ, то, следовательно, ВВ должно быть распределено на поверхности выбрасываемого объема так, чтобы его толщина убывала в направлении выброса по линейному закону, обращаясь в нуль в точке области с наибольшим x .

Возвращаясь к примеру с цилиндром, мы должны для того, чтобы бросить последний в направлении его оси, сделать заряд такой формы, какая показана на фигуре. Такой опыт был произведен, и визуальные наблюдения показали, что цилиндр действительно летит как твердое тело в направлении своей оси.

В том случае, когда ставится задача о метании грунта из массива в заданном направлении, нужно на поверхности и в теле грунта расположить ВВ в соответствии с указанным выше законом (при вычислении толщины ВВ следует, естественно, учитывать усиление его действия от «забивки»). Само собой разумеется, что практически обкладывать весь объем грунта сплошным слоем ВВ сложно. Поэтому можно пользоваться сосредоточенными или удлиненными зарядами, закладывая их на расстояниях, малых по сравнению с основными размерами метаемой массы грунта. Вероятно, эффективность метания можно увеличить, если сначала при помощи предварительного взрыва создать обнаженную плоскость, перпендикулярную направлению выброса.

Поступила 10 X 1960