

О РАСПРОСТРАНЕНИИ ПЛОСКОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ВОЛНЫ В СРЕДЕ С ЛОМАННОЙ РАЗГРУЗКОЙ

Камил Атабаев

Андижанский машиностроительный институт

bshokirov61@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Рассматривается задача о распространении в грунтовом полупространстве при воздействии на его границу интенсивной нагрузки убывающего профиля.

ключевые слова: Интенсивная нагрузка, ударная волна, волна разгрузка

ABSTRACT

The problem of propagation in the soil half-space under the influence of an intense load of a decreasing profile on its boundary is considered.

Keywords: Intensive loading, shock wave, unloading wave

ВВЕДЕНИЕ

В данной статье рассматриваются задачи о распространении плоской и сферической волны в нелинейно-сжимаемой среде, как с линейной, так и с ломаной разгрузкой при воздействии интенсивных нагрузок. Решения задач как в [1, 2, 3, 4], обратным способом в предположении, что среда, в частности грунт, на фронте ударной волны мгновенно нагружается нелинейным образом, а за фронтом в возмущенной области происходит необратимая разгрузка среды.

Отметим, что задача о распространении и отражении упруго-пластической волны в стержне конечной длины для схемы Прандтля с ломаной разгрузкой решена методом характеристик в работе [5, 6, 7].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В отличие от [8, 9, 10] в данной статье одномерные нестационарные задачи о плоском и сферическом слое решаются аналитически обратным способом, причем рассматривается распространение нелинейной ударной волны нагрузки-разгрузки. При этом грунт в случае интенсивных воздействий, как в [11, 12, 13]



моделируется нелинейно - сжимаемой средой, в которой тензор напряжения является шаровым. Для конкретной структуры среды представляются результаты расчетов в виде графиков давления, скорости среды на границе слоя, фронте ударной волны и в возмущенной области в зависимости от времени. Расчеты сделаны для случая, когда скорость фронта ударной волны задана в виде линейно - убывающей функции времени, и в ходе решения задачи определен соответствующий профиль нагрузки.

Переходим к изложению решений вышеуказанных задач для линейной разгрузки.

Рассмотрим задачи о распространении плоской и сферической волн в нелинейно-сжимаемой среде с линейной разгрузкой при воздействии интенсивной нагрузки. Эти задачи имеют практического применения при расчетах параметров интенсивных сейсмозрывных волн в грунтах, где грунт при высоком уровне напряжений, как в [14, 15, 16], моделируется идеальной нелинейно-сжимаемой жидкостью. Рассматриваемая среда на фронте мгновенно нагружается нелинейным образом, а за фронтом в возмущенной области происходит линейная необратимая разгрузка. При такой постановке решение вышеуказанных задач строится обратным способом, т. е. задается определенной формой (скоростью) поверхности фронта ударной волны и в ходе решения определяется соответствующий профиль действующий на границе слоя нагрузки. В этом случае движение среды в области разгрузки описывается волновым уравнением относительно двух переменных (r, t) . Для этого уравнения получается задача Коши, решение которой, как известно [17, 18, 19], существует и единственно.

Рассматривается задача о распространении в грунтовом полупространстве при воздействии на его границу интенсивной нагрузки $P_0(t)$ убывающего профиля. Грунт предполагается нелинейно-сжимаемой средой, обладающей за фронтом ударной волны необратимым процессом разгрузки по ломаной линии в виде двух прямых с соответствующим модулем Юнга E_1 и E_2 , причем $E_1 > E_2$. На фронте ударной волны, где происходит нагружение среды, зависимость между давлением P и объемной деформацией ε имеет нелинейный характер и

$$\frac{dp}{d\varepsilon} > 0, \quad \frac{d^2p}{d\varepsilon^2} > 0.$$

Если в области возмущения $P \geq P_1$ (P_1 -заданная постоянная величина), имеет место E_1 , иначе E_2 . На линии $r = R_1(t)$ (рис.1), в отличие от волны разгрузки [20], давление $P = P_1 = const$, а деформация ε переменная и зависит от времени t . В зависимости от величин скорости $\frac{R_1(t)}{dt} = R_1(\dot{t})$ возможны два случая. Если $R_1(\dot{t}) < C_{p2} = \sqrt{\frac{E_2}{\rho_0}}$ (ρ_0 -начальная плотность среды), реализуется первый случай, если $R_1(\dot{t}) > C_{p2}$ –второй. Построение решение задачи в области 1, где имеет место линейная необратимая разгрузка, осуществляется обратным способом [21, 22, 23], т. е. задается фронт ударной волны и определяется профиль нагрузки $P_0(t)$. Полученное таким образом решение задачи [24] в области 1, используется как граничные условия для скорости и деформации на линии $r = R_1(t)$. В первом случае область 2 ограничено линией $r = R_1(t)$, характеристикой ДС и границей слоя АД. Для решения задачи в области 2 имеем граничные условия:

$$U(r, t) = U_1(t), \quad \varepsilon(r, t) = \varepsilon_1(t), \quad P_1(r, t) = P_1 \text{ при } r = R_1(t) \quad (1)$$

и уравнение движения, состояния [25, 26, 27],

$$\frac{\partial^2 U}{\partial t^2} - C_{p2}^2 \frac{\partial^2 U}{\partial r^2} = 0, \quad P(r, t) = P_1 + E_2(\varepsilon - \varepsilon_1) \quad (2)$$

где U - скорость среды, r - координата, t -время.

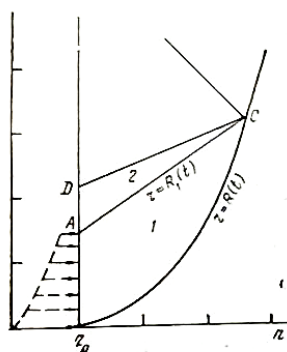


Рис. 1.

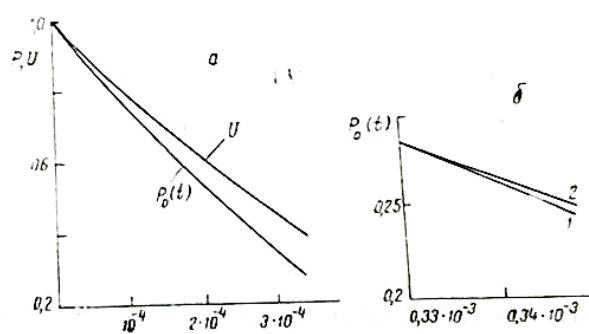


Рис. 2.

Первое уравнение (2) допускает решение, представляемое формулой Даламбера, которое с учетом первых двух условий (1) принимает вид:

$$U(r, t) = U(t_0) - \frac{1}{2C_{p2}} \left\{ \int_{z_{10}}^{r-C_{p2}t} [(\dot{R}_1(F(Z_1)) + C_{p2})\varepsilon_1(F(Z_1)) + \dot{U}_1(F(Z_1))] dZ \right. \\ \left. - \int_{z_{20}}^{r+C_{p2}t} (\dot{R}_1(F(Z_1)) - C_{p2})\varepsilon_1(F(Z_2)) + \dot{U}_1(F(Z_2))] dZ_2 \right\}, \\ Z_{10,20} = r_0 \pm C_{p2}t, \quad (3).$$

Где $F(Z_i)$ ($i=1,2$)-корень уравнения $R_1(t) \mp C_{p2}t=Z_i$ относительно времени t .

Для определения нагрузки $P_0(t)$ в области 2 из уравнения движения [28, 29] получим

$$P_0(t) = \\ P_1 - \\ \frac{\rho_0}{2} \int_{R_1(t)}^{r_0} \left\{ [R_1(F(r - C_{p2}t)) + C_{p2}] \varepsilon_1[F(r - C_{p2}t)] + \right. \\ \left. U_1[F(r - C_{p2}t)] + [R_1(F(r + C_{p2}t)) - C_{p2}] \varepsilon_1[F(r + C_{p2}t)] + U_1[F(r + C_{p2}t)] \right\} dr. \quad (4)$$

Р Результаты расчетов для исходных параметров

$$\alpha_1 = 12,127 * 10^2 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}, \alpha_2 = 8,73 * 10^3, \quad E_1 = 14 * 10^3, \\ E_2 = 8 * 10^3, P_0 = 105, \quad P_1 = 30 \frac{\text{кг}}{\text{см}^3}, \quad r_0 = 0,1 \text{ м}, \\ P_0 = 200 \text{ кг} * \frac{\text{с}^2}{\text{м}^4}, \quad C_{p2} = 632,4 \frac{\text{м}}{\text{с}}, \quad R_1 = 391 \frac{\text{м}}{\text{с}}, \quad R_2 = 2R_1 * 10^2, \\ t_0 = 0,33 * 10^{-3}, \quad R(t) = r_0 + R_1t - \frac{R_2t^2}{2}, \quad R_1(t) = 0,5625 * 10^3t - 0,0856, \\ U_1(t) = -5,3693 * 10^3t + 7,431, \quad \varepsilon_1(t) = -0,02256 * 10^3t + 0,03529.$$

Приводятся на рис.2 в безразмерном виде по отношению к максимальному значению давления и скорости, единицам длины и времени ($r_0 = 0,1$). На рис.2а представлено распределение нагрузки и скорости на границе полупространства в области 1, где справедлива теория линейной разгрузки среды. Отсюда видно, что $P_0(t)$ и U в зависимости от времени монотонно убывают. На рис.2б показаны



результаты расчетов как линейной(прямая 1), так и ломаной (прямая 2) разгрузки среды[30, 31, 32].

Найденный профиль в случае ломаной разгрузки расположен выше профиля $P_0(t)$ линейной разгрузки. Это, по – видимому, сл

$$\text{едствие отношения } E_1 < E_2$$

Во втором случае ,кроме области 2, появляется дополнительная область, в которой необходимо определить форму ударной волны [33, 34, 35].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дальнейшие исследования задачи для последующих областей проводятся аналогичным образом и получение их решения не представляет трудности

REFERENCES

1. Беккулов Б. Р., Атабаев К., Рахмонкулов Т. Б. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ШАЛЫ В СУШИЛЬНОМ БАРАБАНЕ //Бюллетень науки и практики. – 2022. – Т. 8. – №. 7. – С. 377-381.
2. Рузиев А. А. ЦЕНТРОБЕЖНОЕ СОРТИРОВАНИЕ СЕМЯН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ПО ПЛОТНОСТИ //Universum: технические науки. – 2021. – №. 12-3 (93). – С. 82-86.
3. Атабаев К., Мусабаев Б. М. ЗАДАЧА О РАСПРОСТРАНЕНИИ ВОЛН В БЛИЗИ РАСШИРЯЮЩЕЙСЯ ПОЛОСТИ ПРИ КАМУФЛЕТНОМ ВЗРЫВЕ //Научно-практические пути повышения экологической устойчивости и социально-экономическое обеспечение сельскохозяйственного производства. – 2017. – С. 1150-1153.
4. Беккулов Б. Р., Собиров Х. А., Рахманкулов Т. Б. РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МОБИЛЬНОГО УСТРОЙСТВО ДЛЯ СУШКИ ШАЛА //Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы. – 2020. – С. 429-438.
5. Мамажонов М., Шакиров Б. М., Шакиров Б. Б. АВАНКАМЕРА ВА СУВ КАБУЛ КИЛИШ БУЛИНМАЛАРИНИНГ ГИДРАВЛИК КАРШИЛИКЛАРИ //Irrigatsiya va Melioratsiya. – 2018. – №. 1. – С. 44-46.
6. Rano Y., Asadillo U., Go'Zaloy M. HEAT-CONDUCTING PROPERTIES OF POLYMERIC MATERIALS //Universum: технические науки. – 2021. – №. 2-4 (83). – С. 29-31.
7. Makhmud M., Makhmudovich S. B., Ogli S. B. M. B. Forecasting factors affecting the water preventionof centrifugal pumps //European science review. – 2018. – №. 5-6. – С. 304-307.
8. Shokirov B. et al. Computer simulation of channel processes //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2019. – Т. 97. – С. 05012.
9. Shokirov B., Norkulov B. Nishanbaev Kh., Khurazbaev M., Nazarov B //Computer simulation of channel processes. E3S Web of Conferences. – 2019. – Т. 97. – С. 05012.



10. Matyakubov B. et al. Forebays of the polygonal cross-section of the irrigating pumping station //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2020. – Т. 883. – №. 1. – С. 012050.
11. Matyakubov B. et al. Improving water resources management in the irrigated zone of the Aral Sea region //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2021. – Т. 264. – С. 03006.
12. Айнакулов С. А. et al. Constructive device for sediment flushing from water acceptance structure //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2020. – Т. 896. – №. 1. – С. 012049.
13. Мамажонов М., Шакиров Б. М., Мамажонов А. М. Результаты исследований режима работы центробежных и осевых насосов //Irrigatsiya va Melioratsiya. – 2017. – №. 1. – С. 28-31.
14. Makhmud M., Makhmudovich S. B., Ogli S. B. M. B. Forecasting factors affecting the water prevention of centrifugal pumps //European science review. – 2018. – №. 5-6. – С. 304-307.
15. Мамажонов М., Шакиров Б. М., Шакиров Б. Б. АВАНКАМЕРА ВА СУВ КАБУЛ КИЛИШ БУЛИНМАЛАРИНИНГ ГИДРАВЛИК КАРШИЛИКЛАРИ //Irrigatsiya va Melioratsiya. – 2018. – №. 1. – С. 44-46.
16. Mamajonov M., Shakirov B. M., Shermatov R. Y. HYDRAULIC OPERATING MODE OF THE WATER RECEIVING STRUCTURE OF THE POLYGONAL CROSS SECTION //European Science Review. – 2018. – №. 7-8. – С. 241-244.
17. МАМАЖОНОВ М. М., ШАКИРОВ Б. М., ШЕРМАТОВ Р. Ю. Конструктивные решения по улучшению гидравлических условий работы водоприемных камер насосных станций //Российский электронный научный журнал. – 2015. – №. 2 (16). – С. 21.
18. ЧИРЦОВ С. П., ЭРМАТОВ К. М. Пленкоукладчик для раскладки узких лент пленки над рядками высеянных семян. – 1991.
19. Эрматов К. М. Вращающий момент бобины с пленкой //Высшая школа. – 2017. – №. 1. – С. 117-118.
20. Эрматов К. М. Обоснование параметров приспособления к хлопковой сеялке для укладки фоторазрушаемой пленки на посевах хлопчатника //Автореф. канд. дисс. Янгиюль. – 1990.
21. Makhmudovich B. S. et al. Carrying out hydraulic calculation of the aquifer of pumping stations and work with sediments (in the example of the Ulugnor pumping station) //Eurasian Journal of Engineering and Technology. – 2022. – Т. 9. – С. 88-92.
22. Mamazhonov M. et al. Polymer materials used to reduce waterjet wear of pump parts //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2022. – Т. 2176. – №. 1. – С. 012048.
23. Шакиров Б.М., Абдухалилов О.А. Ў., Сирочов А.М. Ў. НАСОС СТАНЦИЯЛАРИНИНГ СУВ ОЛИБ КЕЛУВЧИ КАНАЛИНИНГ ГИДРАВЛИК ҲИСОБИНИ БАЖАРИШ ВА ЧЎКИНДИЛАР БИЛАН КУРАШИШ (УЛУҒНОР НАСОС СТАНЦИЯСИ МИСОЛИДА) //Academic research in educational sciences. – 2022. – Т. 3. – №. 7. – С. 183-189.



24. Olimpiyev D. N. et al. Stress-strain state dams on a loess subsidence base //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2022. – Т. 954. – №. 1. – С. 012002.
25. Bakhtiyar M. et al. Effective Use of Irrigation Water in Case of Interfarm Canal //Annals of the Romanian Society for Cell Biology. – 2021. – С. 2972-2980.
26. Makhmud M., Makhmudovich S. B., Yuldashevich S. R. Hydraulic operating mode of the water receiving structure of the polygonal cross section //European science review. – 2018. – №. 7-8. – С. 241-244.
27. Мамажонов М., Шакиров Б. М., Мамажонова Н. А. ПОЛИГОНАЛ КЕСИМ ЮЗАЛИ СУВ ОЛИШ ИНШОТИНИ ГИДРАВЛИК ИШ ТАРТИБИ //Irrigatsiya va Melioratsiya. – 2018. – №. 3. – С. 18-22.
28. Mamajonov M., Shakirov B. M., Mamajonov A. M. HYDRAULIC RESISTANCE IN THE PIPING PUMPS SUCTION //Scientific-technical journal. – 2018. – Т. 1. – №. 1. – С. 29-33.
29. Mamajonov M., Shakirov B. M. HYDRAULIC CONDITIONS OF THE WATER PUMPING STATION FACILITIES //Scientific-technical journal. – 2018. – Т. 22. – №. 2. – С. 39-43.
30. Шакиров, Б., Эрматов, К., Абдухалилов О., & Шакиров, Б. (2023). ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ НАКАВИТАЦИОННЫЙ И ГИДРОАБРАЗИВНЫЙ ИЗНОС. *Scientific Impulse*, 1(5), 1737–1742. Retrieved from <http://nauchniyimpuls.ru/index.php/ni/article/view/3297>.
31. Kobuljon Mo'minovich, E. ., Bobur Mirzo, S. ., & Oltinoy, Q. . (2023). BOMBA KALORIMETR ISHLASH JARAYONI VA XISOBI. *Scientific Impulse*, 1(5), 1800–1804. Retrieved from <http://nauchniyimpuls.ru/index.php/ni/article/view/3320>.
32. Aliev R., Bekkulov B. R., Xalilov M. T. TEMPERATURE MODES OF GRAIN DRYING IN CONVECTIVE DRYER AND FEATURES OF A THERMAL CAPACITY OF GRAINS //Scientific Bulletin. Physical and Mathematical Research. – 2019. – Т. 1. – №. 1. – С. 61-59.
33. Шакиров Б. М. и др. КОНСТРУКТИВНЫЕ РАЗРАБОТКИ ПО СНИЖЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ИЗНОСА ДЕТАЛЕЙ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ //Educational Research in Universal Sciences. – 2023. – Т. 2. – №. 1. – С. 18-22.
34. Шакиров Б. М. и др. СУҒОРИШ НАСОС СТАНЦИЯЛАРИНИНГ СУВ ҚАБУЛ ҚИЛИШ БЎЛИНМАЛАРИДА ЛОЙҚА ЧЎКИШИ //Results of National Scientific Research International Journal. – 2023. – Т. 2. – №. 1. – С. 80-91.
35. Qobuljon Muminovich Ermatov, Bobur Mirzo Baxtiyar O'g'li Shakirov, Oltinoy Akbaraliyevna Qorachayeva MARKAZDAN QOCHMA KOMPRESSORLAR GAZ YOKI XAVO OQIB O'TAYOTGANDA HARAKAT MIQDORINING O'ZGARISHINI ANIQLASH // Academic research in educational sciences. 2023. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/markazdan-qochma-kompressorlar-gaz-yoki-xavo-oqib-otayotganda-harakat-miqdorining-o-zgarishini-aniqlash> (дата обращения: 28.01.2023).

