

## Математическое моделирование поперечных колебаний однородного стержня при эксцентричном ударе о жесткую преграду

Научный руководитель – Битюрин Анатолий Александрович

*Бережной Кирилл Игоревич*

*Студент (бакалавр)*

Ульяновский государственный технический университет, Ульяновск, Россия

*E-mail: kirill.berezhnoy.99@mail.ru*

В известных на сегодняшний день работах задачи расчета на устойчивость и динамический прогиб при поперечных колебаниях осуществлялись в основном для идеальных прямых стержней при абсолютно упругом центральном ударе. Однако на практике нередко необходимо учитывать т.н. несовершенства ударной системы, например удар с эксцентриситетом, начальную кривизну элементов, испытывающих ударное воздействие и проч.

В этом случае усложняется решение поставленной задачи, однако не учет начальных несовершенств будет приводить к неточности динамических расчетов. Особую важность представляет нелинейность постановки задачи динамического расчета, что приводит к дополнительным трудностям ее решения [4, 5].

Ниже приводится модель расчета прогиба однородного стержня при его продольном ударе об абсолютно жесткую преграду, при учете эксцентриситета ударного взаимодействия. Разработанная математическая модель расчета ранее реализовывалась в работах [1, 2]. Такая модель позволяет учесть силы инерции, действующие на колеблющийся стержень и вызванные кратковременностью действия ударной силы. Именно силы инерции вносят максимальный вклад в основные характеристики колебательного процесса. Методом начальных параметров рассчитываются максимальные поперечные смещение и скорость сечений стержня, сжатого постоянной продольной силой. Автором этой методики является Чудновский В. Г. [6]. Далее с применением волновой модели продольного удара [3] вычисляется продольная сила, возникающая в стержне, и рассчитывается время действия этой силы. После прекращения действия продольной силы стержень представляет из себя колебательную систему, выведенную из положения равновесия и совершающую затухающие поперечные колебания, имея вначале процесса приобретенную скорость и начальное смещение поперечных сечений.

Вначале решается дифференциальное уравнение поперечных колебаний стержня методом Фурье. В результате решения получены зависимости метода начальных параметров, служащих для расчета угловых и линейных перемещений поперечных сечений стержня, а также величин поперечной силы и изгибающего момента.

Для определения продольной силы и времени ее действия решается волновое дифференциальное уравнение методом характеристик [3]. В конечном итоге получена формула расчета амплитуды поперечных колебаний стержня при продольном эксцентричном соударении с жесткой преградой.

Представленная методика расчета, позволила эффективно совместно применить метод начальных параметров и волновую модель продольного удара. Она дает возможность моделировать амплитуды поперечных колебаний однородных стержней при самых различных видах предударного состояния динамической системы. С помощью представленной методики можно учесть собственный вес стержня или внешнюю распределенную поперечную нагрузку, а также начальное искривление.

**Источники и литература**

- 1) Битюрин А. А. Моделирование амплитуды поперечных колебаний однородного стержня при ударе о жесткую преграду с учетом собственного веса / 2018. — С. 16-23.
- 2) Битюрин А. А. Моделирование максимального прогиба ступенчатого стержня, имеющего начальную кривизну, при ударе о жесткую преграду / ПММ. 2019. – № 5. – С. 131-141.
- 3) Битюрин А. А., Манжосов В. К. Продольный удар неоднородного стержня о жесткую преграду. 2009.
- 4) Морозов Н. Ф., Товстик П. Е. Динамика стержня при кратковременном продольном ударе, 2013.
- 5) Морозов Н. Ф., Товстик П. Е. О динамической потере устойчивости стержня при продольной нагрузке, меньшей эйлеровой // Докл. АН. 2014.
- 6) Чудновский В. Г. Методы расчета колебаний стержневых систем. 1952.