

УДК 539.3

## **ПРОЧНОСТЬ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ЛОКАЛЬНОМ УДАРЕ**

**Воробьев Ю.С., д.т.н., проф.; Чернобрышко М.В., к.т.н.;  
Темнохун Д.Ю.**

*Институт проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного НАН Украины*

*Рассмотрена задача оценки динамической прочности цилиндрических элементов машин, подверженных ударному нагружению. Исследованы параметры напряженно-деформированного состояния элементов конструкций.*

### **Постановка задачи**

При работе в экстремальных условиях эксплуатации сельскохозяйственная техника может подвергаться ударному воздействию локального характера. При этом протекающие деформационные процессы в металле конструкционного элемента могут носить как упругий, так и пластический характер, в зависимости от интенсивности и времени приложения нагрузки [1, 2]. Таким образом, задача оценки степени повреждения и прочностного ресурса машин является важной и актуальной.

В процессе создания математической модели деформирования реального элемента машины, как правило, рассматриваются уравнения тонких пластин или пологих оболочек. При этом исключаются из рассмотрения напряжения в направлении, перпендикулярном срединной поверхности, а остальные напряжения предполагаются распределенными по толщине пластины согласно заранее заданным законам. Такой подход может быть оправдан при достаточно равномерном распределении нагрузки по поверхности [3]. Однако для зон пластического деформирования желательно анализировать трехмерное напряженно-деформированное состояние в области нагружения. Для стальных материалов определение распределения компонентов напряжений и их градиентов в зоне удара может играть существенную роль.

### **Математическая модель и численные примеры**

Для реализации численных исследований используется пакет LS-DYNA, реализующий решатель на основе явной формулировки метода конечных элементов. Используется трехмерная модель конструкции. Модель материала учитывает динамические свойства материала. При

пластическом деформировании для модели материала зависимость напряжений  $\sigma_y$  от напряжений в упругой области деформирования  $\sigma_0$  пластических деформаций  $\varepsilon_p^{eff}$  и скорости деформации  $\dot{\varepsilon}$  описывается следующим выражением:

$$\sigma_y = \left[ 1 + \left( \frac{\dot{\varepsilon}}{c} \right)^{\frac{1}{P}} \right] (\sigma_0 + \beta E_P \varepsilon_p^{eff}).$$

Такая модель материала соответствует гипотезе малых пластических деформаций, что вполне соответствует экспериментальным данным [2].

Исследовалось напряженно-деформированное состояние элемента конструкции из стали X18H10T под действием локального ударного нагружения. Рассматривалась цилиндрическая оболочка высотой 0,6 м, толщиной 0,0095 м и диаметром 0,25 м. Варьировались масса и скорость сферического ударника.

На рис.1 и рис.2 показано развитие максимальных напряжений и перемещения в конструкции при скорости соударения 3,13 м/с и массе ударника 0,35 кг. Удар приходился на область 0,15 м от одной из торцевых поверхностей оболочки. Хорошо виден волновой процесс деформирования; характерно возникновение пластических деформаций.

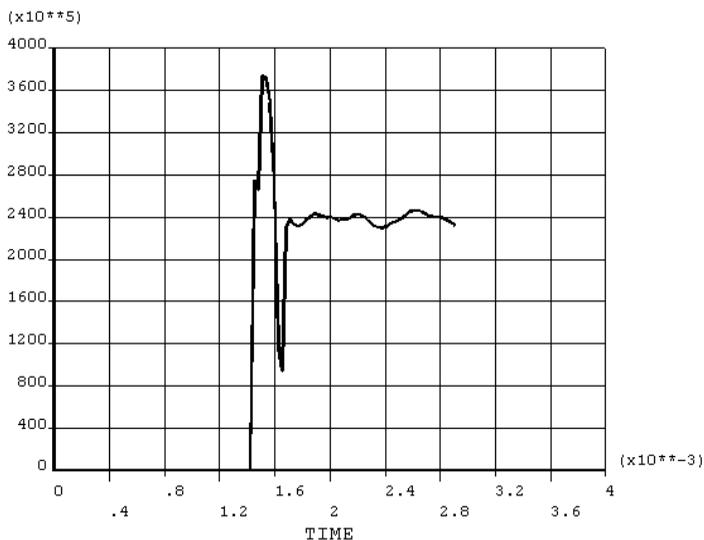


Рис. 1. Развитие во времени максимальных напряжений при скорости 3,13 м/с

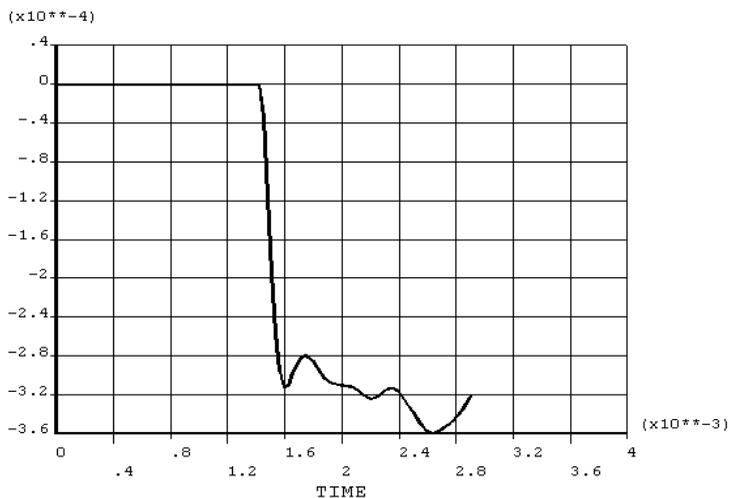


Рис.2. Развитие во времени перемещений в конструкции

На рис.3 и рис.4 показаны результаты расчетов процесса соударения при скорости ударника 5,77 м/с. Масса ударника составляла 1,7 кг.

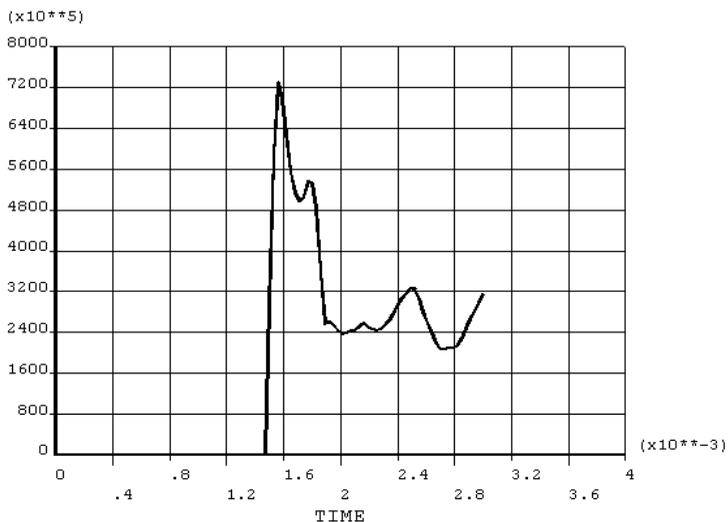


Рис.3. Развитие во времени максимальных напряжений при скорости 5,77 м/с

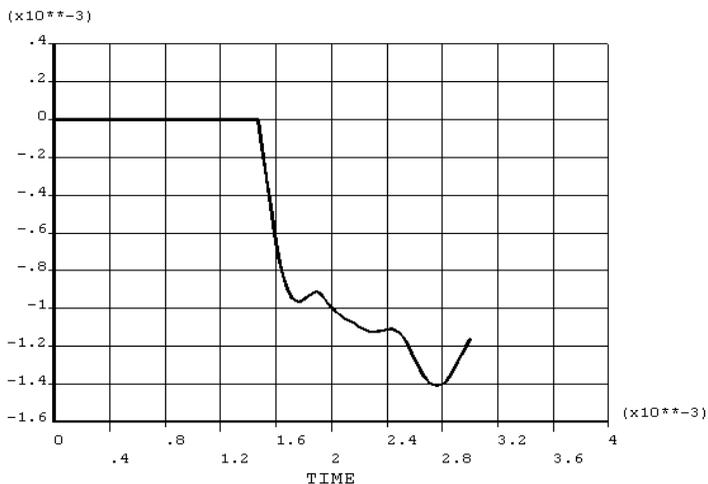


Рис.4. Развитие во времени перемещений в конструкции

С увеличением скорости и массы ударника в конструкции фиксируются напряжения, превышающие предел прочности для материала. Наблюдается четырёхкратное увеличение деформаций в зоне удара. На рис. 5 представлены напряжения в конструкции при скорости ударника 25 м/с с массой 5 кг. при этом в оболочечной конструкции возникают напряжения, превосходящие предел прочности материала. Последующие исследования требуют уточнения и коррекции математической модели.

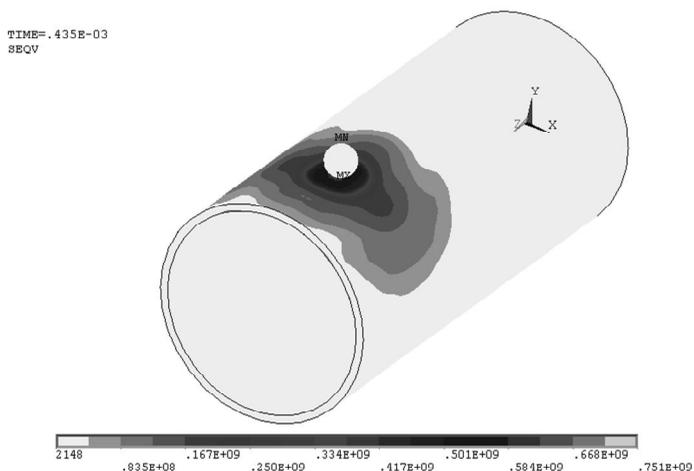


Рис.5. Напряжения в конструкции в момент времени  $1,62 \cdot 10^{-3}$  с

## **Выводы**

Для моделирования быстропротекающих деформационных процессов использовалась иерархическая система моделей и динамическая теория упругопластического деформирования. На ее основе проведен численный анализ и показано напряженно – деформированное состояние конструкции в ограниченных зонах, подверженных воздействию подвижной нагрузки ударного характера.

## **Список использованных источников**

1. Воробьев Ю.С., Чернобрышко М.В. Об особенностях моделирования ударно-импульсного нагружения оболочек и пластин. Механіка та машинобудування. – 2006.- № 1 - С. 39 - 45.
2. Степанов Г.В. Упругопластическое деформирование материалов под действием импульсных нагрузок. Киев: Наук. думка, 1979, 266 с.
3. M.V. Chernobryvko, Y.S. Vorobiev Behavior of compound shell under detonation loading. The 8th Conf. «Shell Structures. Theory and Applications», Gdansk-Jurata (Poland), October 12-14, 2005.- P.299-302.

## **Анотація**

### **МІЦНІСТЬ ЦИЛІНДРИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ ЛОКАЛЬНОМУ УДАРІ**

**Воробйов Ю.С., Чернобрышко М.В., ТемнохуД.Ю.**

*Розглянута задача оцінки динамічної міцності циліндричних елементів машин при ударному навантаженні. Досліджені параметри напружено - деформованого стану елементів конструкцій.*

## **Abstract**

### **DYNAMICS STRENGTH OF CYLINDER CONSTRAKTION ELEMENTS UNDER SHOCK LOCAL LOADING**

**Yu. Vorobyov, M. Chernobryvko, D. Temnohud**

*The problem of estimation of dynamics strength cylindrical machines elements under shock loading is considered. The parameters of structures elements stress-strain state are investigated.*