

УДК 539.9

Мисюра Е.Ю., Кантор Б.Я., Мисюра С.Ю.

Харьковский национальный экономический университет

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

Национальный технический университет «ХПИ»

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АМОРТИЗАТОРА И АНАЛИЗ ЕГО НДС

Рассмотрен амортизатор специальной конструкции, состоящий из упругих блоков в виде катушки и жестких элементов. Целью предлагаемой конструкции является придание амортизатору нелинейности характеристики жесткости. Контактная нелинейная осесимметричная задача решена МКЭ на основе принципа возможных перемещений в приращениях. Установлено, что конструкция блока в виде катушки предотвращает выпучивание резины за радиальную границу жестких пластин и препятствует ее разрушению, что позволяет существенно увеличить диапазон допустимых нагрузок.

Розглянуто амортизатор спеціальної конструкції, який складається з пружних блоків у вигляді катушки та жорстких елементів. Метою запропонованої конструкції є надання амортизатору нелінійності характеристики жорсткості. Контактна нелінійна осесиметрична задача розв'язана МСЕ на основі принципу можливих переміщень у приращеннях. Встановлено, що конструкція блока у вигляді катушки запобігає випинанню гуми за радіальну границю жорстких пластин та перешкоджає її руйнуванню, що дозволяє суттєво збільшити діапазон допустимих навантажень.

The special construction shock-absorber consisting of the elastic reel-shaped blocks and the stiff elements was considered. The offered construction purpose is giving non-linearity of the stiffness description to the shock-absorber. A contact nonlinear axisymmetrical problem was solved by MFE based the principle of possible displacements in the increments. It is found out that the reel-shaped block construction prevents the rubber buckling beyond the radial boundary of the stiff plates and its destruction enabling considerable increase of the permissible load range.

Постановка проблемы. В различных областях техники широко используются различные виды амортизаторов, выполненных из соединенных между собой податливых (упругих) и жестких элементов. Большой интерес представляет исследование напряженно-деформированного состояния (НДС) таких конструкций с учетом контактного взаимодействия между элементами, поскольку в некоторых случаях при их работе возникает переменная зона контакта между упругими и жесткими элементами.

В работах [1, 2] рассмотрен амортизатор специальной конструкции, состоящий из двух одинаковых полых упругих блоков, торцы которых привулканизированы к металлическим пластинам, помещенным в закрытый крышкой корпус, в который входит шток, соединенный с поршнем, взаимодействующим с упругими блоками. Между поверхностями упругих блоков и внутренней поверхностью корпуса имеется радиальный зазор, определяемый формой блока. Анализ НДС блоков различной формы (цилиндр, бочка, составной конус и конус) показал, что при превышении нагрузки некоторого значения, возникает выпучивание резины в зоне соединения с металлической пластиной меньшего радиуса, если величина d чрезмерно велика. Для устранения этого недостатка (препятствие увеличению нагрузки) придадим резиновому блоку форму, показанную на рис. 1.

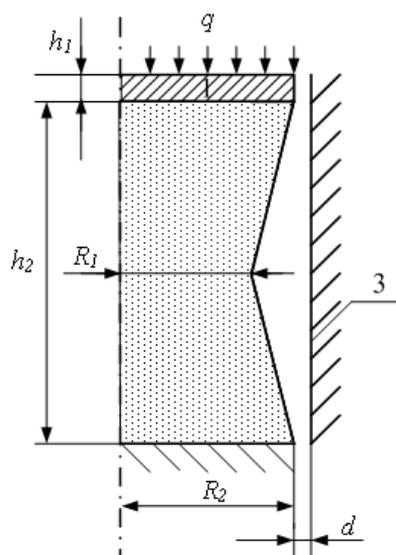


Рис. 1. Расчетная схема упругого блока в виде катушки

Представляет интерес изучение рассмотренной ниже конструкции упругого блока в виде катушки (рис. 1), состоящего из металлической пластины 1, к которой приложена нагрузка, резинового блока 2, закрепленного по нижнему торцу и ограничивающей радиальные перемещения резины металлической стенки 3. Его особенностью является то, что резина 2 привулканизирована к металлу 1 по площадям с наибольшим диаметром. Это

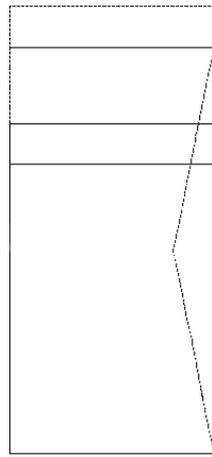
предотвращает выпучивание резины за радиальную границу металлических пластин и возможность ее разрушения.

При работе амортизатора под действием небольшого значения осевой растягивающей нагрузки, например, возникает переменная зона контакта между упругими и жесткими элементами. С увеличением нагрузки зона контакта возрастает, что приводит к увеличению осевых жесткостей упругого блока и амортизатора. Таким образом, возникает нелинейная зависимость силы от перемещения, т. е. нелинейность упругой характеристики амортизатора, которая позволяет уменьшить перемещение и предотвратить жесткий удар при перемещении, которое достигает предельного для амортизатора значения. В известной авторам литературе подобные контактные задачи не изучены.

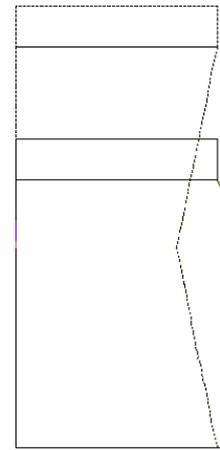
Методика решения поставленной задачи. Методом конечных элементов на основе вариационного принципа возможных перемещений в приращениях решена физически и геометрически нелинейная осесимметричная контактная задача [2, 3].

Для расчетов приняты следующие геометрические параметры: $h_1 = 0,01$ м, $h_2 = 0,05$ м, $R_1 = 0,04$ м, $R_2 = 0,05$ м, $d = 0$ м. Механические характеристики соответственно резинового блока (наполненная резина) и плиты следующие: модуль упругости – $E_p = 5$ МПа, $E_m = 2,1 \cdot 10^5$ МПа, коэффициент Пуассона – $\nu_p = 0,475$, $\nu_m = 0,3$. К плите прикладываем силу $p = 2 \cdot 10^4$ Н, которая, ввиду большой жесткости плиты, эквивалентна нагружению верхнего торца резины давлением $q = p/\pi R^2$. Число шагов по нагрузке равно 10.

Обсуждение результатов. На рис. 2, а, б показаны начальное и деформированное состояния конструкции при d равном 0 и $0,04 \cdot R_2$. Изображена правая половина сечения. Пунктир отвечает недеформированной форме упругих блоков и положению штока до приложения нагрузки; показана зона контакта упругого блока 1 и металлической стенки 3.



$$a - d = 0$$



$$b - d = 0,04 \cdot R_2$$

Рис. 2. Начальное и деформированное состояния упругого блока

На рис. 3 и 4 соответственно распределения относительного радиального перемещения и относительного контактного давления по высоте.

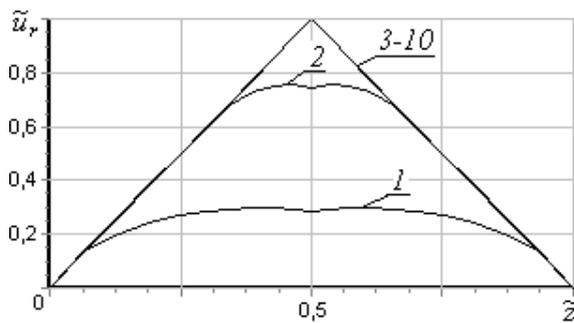


Рис. 3. Относительное радиальное перемещение упругого блока

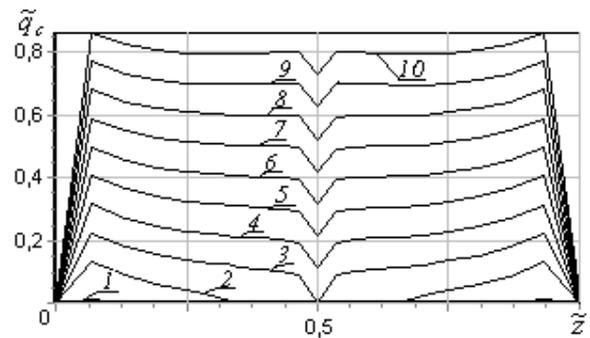


Рис. 4. Относительное контактное давление упругого блока

Кривые зависимости относительного давления от относительного осевого перемещения упругого блока в виде катушки приведены на рис. 5.

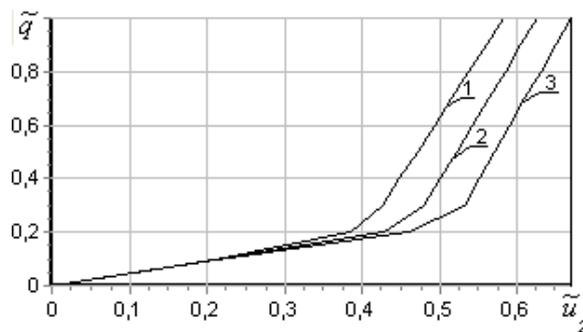
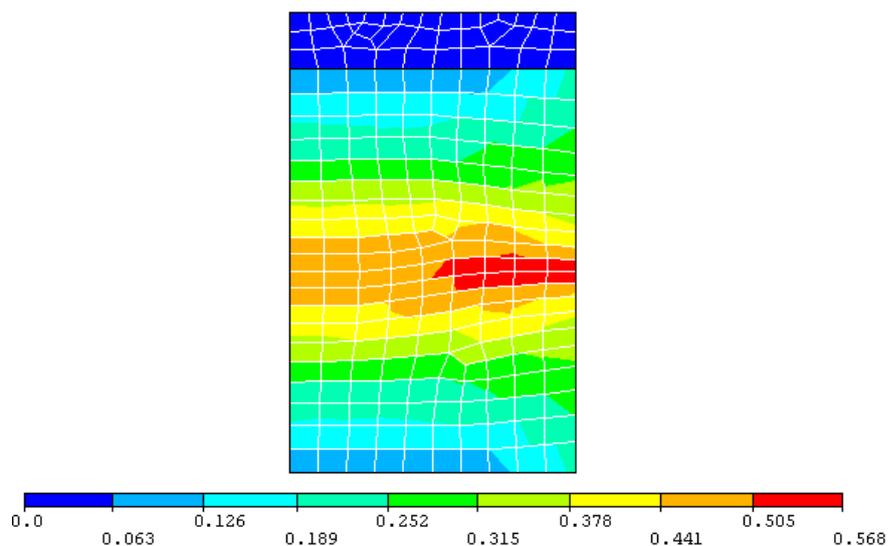


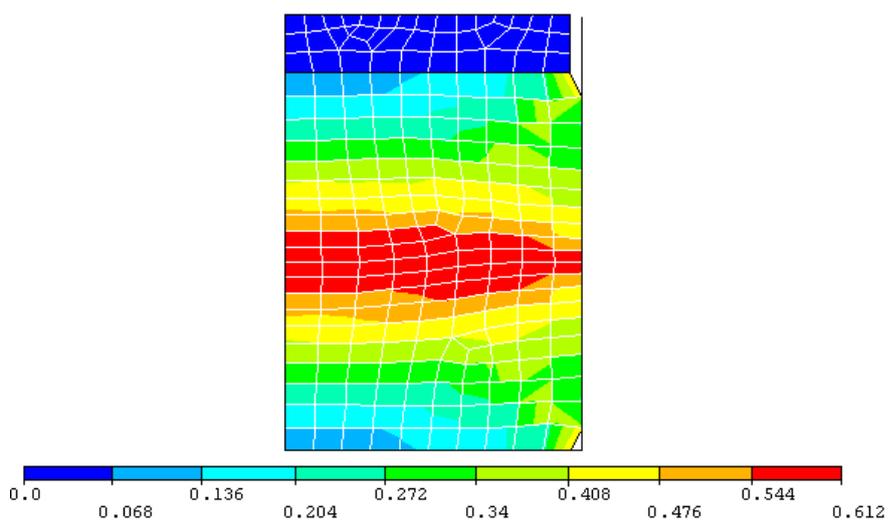
Рис. 5. Зависимость относительного давления от относительного осевого перемещения упругого блока

Линиям 1 – 3 соответствуют значения d , равные 0, $0,02 \cdot R_2$, $0,04 \cdot R_2$ соответственно. Отношение максимальной жесткости к минимальной близко к 10.

На рис. 6, а, б – 8, а, б приведены распределения интенсивности деформаций, интенсивности напряжений для всей конструкции и только для резины при $d = 0$ и $d = 0,04 \cdot R_2$.

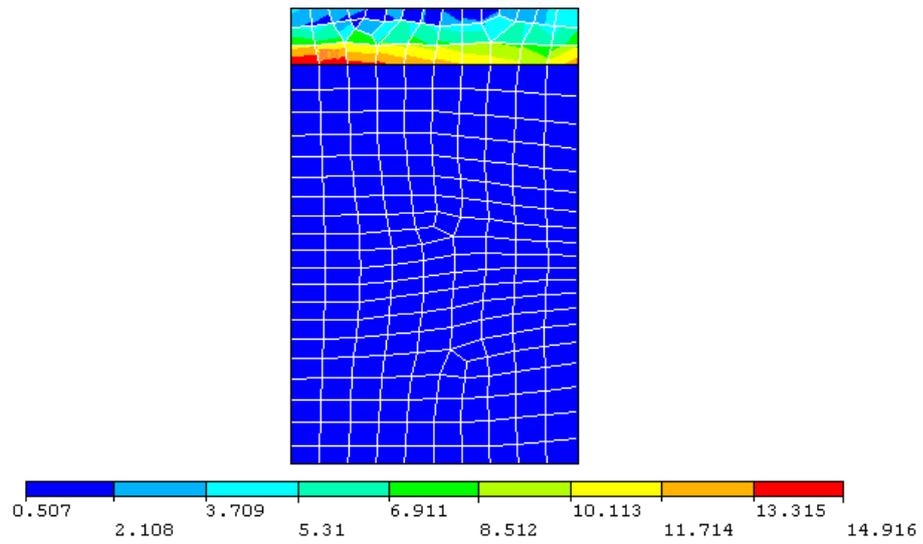


а – $d = 0$

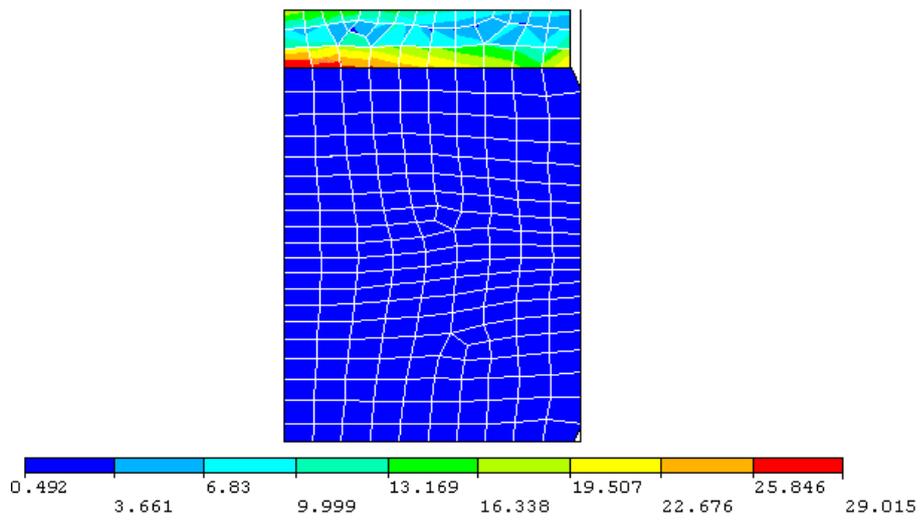


б – $d = 0,04 \cdot R_2$

Рис. 6. Распределение интенсивности деформаций

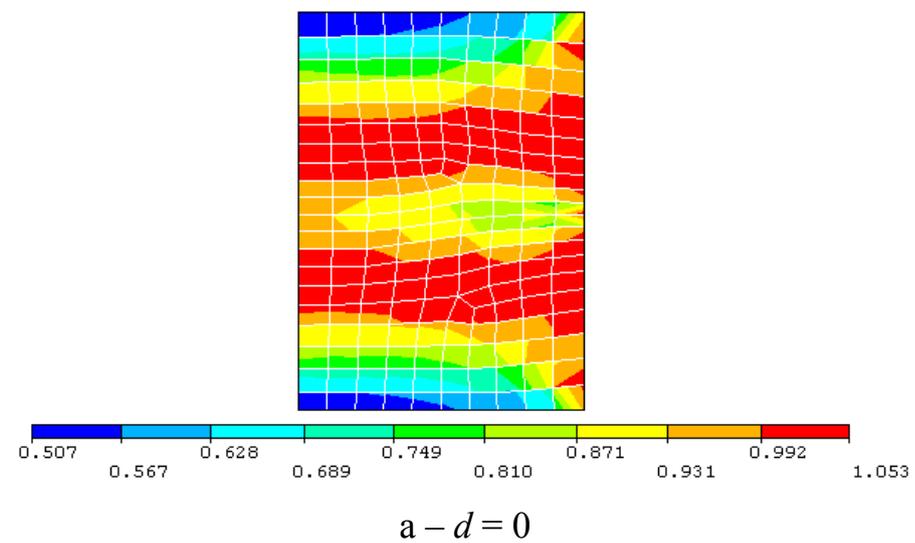


$$a - d = 0$$



$$\sigma - d = 0,04 \cdot R_2$$

Рис. 7. Распределение интенсивности напряжений, МПа



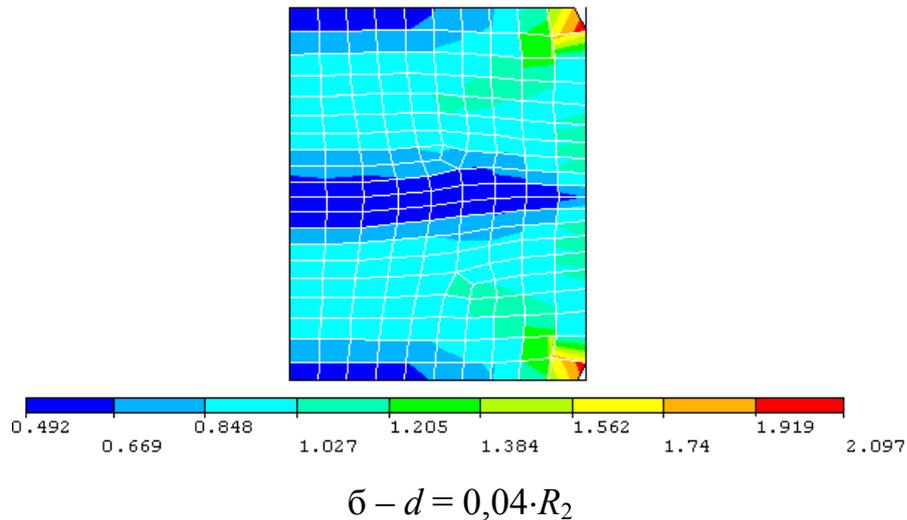


Рис. 8. Распределение интенсивности напряжений (только резина), МПа

Рис. 8, а, б позволяет увидеть распределение напряжений в резино-вом блоке более наглядно. Как видно из рис. 6, а, б – 8, а, б, с увеличением зазора d уровень напряжений и деформаций возрастает.

Выводы. Проведенный анализ позволяет сделать следующие выводы: такая конструкция блока предотвращает выпучивание резины за радиальную границу металлических пластин, а, следовательно, препятствует ее разрушению; использование в конструкции амортизатора упругих блоков в виде катушки дает возможность существенно увеличить диапазон допустимых нагрузок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. 9984 Украина, МКИ³ 7 F16F3/00. Амортизатор / Б.Я. Кантор, Г.И. Львов, Е.Ю. Мисюра (Украина); № и 2005 04269; Заявлено 04.05.2005; Опубл. 17.10.2005, Бюл.№ 10. – 2005. – С. 4.
2. Кантор Б.Я., Мисюра Е.Ю., Мисюра С.Ю. Влияние контактного взаимодействия гиперупругого блока различной формы с корпусом на характеристику жесткости амортизатора // Науковий вісник будівництва. – 2008. – Вип. 47. – С. 123-130.
3. Кантор Б.Я. Контактные задачи нелинейной теории оболочек вращения. – Киев: Наук. думка, 1990. – 136 с.