

16. Aristotel. *Mechanika prablemata de lineis insecabilibus, de andibilibus, de coloribus, physiognomica, ventorum situs, de plantis, de mirabilibus auditis, de Xenophane Zenove et Gorgia fragments.* – Leipzig, 1832.
17. Leonardo da Vinci. *I Librr de maccanica.* – Milano, 1852.
18. Bostok F.I., Bramley-Moore. *Improvements in and relating to Gear Teeth.* – Pat. №186, 463. – Oct. 2, 1922.
19. Davis F.W. *Gear.* – Pat. №2.261.143. – Nov. 4, 1941.
20. Noreyko N. *Gear Element.* – Pat. №2.421.463. – June 3, 1947.
21. Pigott R.I.S. *Gear tooth spare.* – Pat. №1.909.117. – May 16, 1933.
22. *A Remarkable Gearing System // Flight,* 1954. – June 18.
23. *Gear Experts Debate Merits of Soviet Engineer Findings // Product Engineering,* 1959. – August 31.
24. Roano A. *Ozubena soukoli pro vratny, se spoubovicovymi, zuby, s ossmi rovnobeznymi nebo mirne naklonenymi, pri cemz sklon Zubu Kola jest odtisny od skfome Zubu pastorku.* – Pat. №83732. – 3 legna, 1955.
25. Wildhaber E. *Helical Gearing. USA.* – Pat. №1.601.750. – Oct. 5, 1926.

УДК 539.3:620.1

Решевская Е.С., Тархова В.М., Киричевский Р.В.

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОНИЧЕСКОГО ЭЛАСТОМЕРНОГО ВИБРОИЗОЛЯТОРА

У статті виконано розрахунок зони контакту та осадки конічного віброізолятора при його взаємодії з абсолютно жорсткою плитою. Отримані результати для контакту з абсолютним прослизанням і абсолютним зчепленням.

### RESEARCH OF CONTACT INTERACTION OF CONIC ELASTOMERIC BUMPER

In clause are made account of a zone to contact and deposit conic bumper at its interaction with absolute passenger plate. The results for contact with absolute creeping and absolute coupling were received.

При проектировании конструкций с целью повышения их износостойкости вводятся элементы из полимерных материалов, в том числе и эластомеров. Данный материал обладает рядом отличительных особенностей, таких как высокой механической прочностью, эластичностью и слабой сжимаемостью. Для более детального изучения свойств таких элементов требуется применение специальных приемов и методов расчета их напряженно-деформированного состояния.

Применение математического аппарата метода конечных элементов для исследования деталей из слабосжимаемых эластомеров приводит к вырожденности матрицы системы уравнений. Существует несколько классических направлений решения данной проблемы. В работах С. Шарда, Н. Чогеля [1], Р. Пэнна [2], С.И. Дымникова [3] и других предложены различные формы представления упругой энергии деформации для эластомеров. Л.Р. Германом [4], Г. Фондером [5], Т. Пианом [6] и другими разработаны смешанные вариационные принципы, в которых поля перемещений, напряжений и деформаций аппроксимировались независимо друг от друга. О.С. Зенкевич [7], Д. Найлор [8] и другие поля перемещений и величины, учитывающие слабую сжимаемость, аппроксимировали разными функциями.

Таким образом, в настоящее время существует достаточно большое количество подходов расчета напряженно-деформированного состояния эластомеров, но все они либо применяют упрощающие гипотезы, либо имеют вид неподходящий для их практического применения.

При расчете конструкций на прочность важным является учет контактного взаимодействия их элементов. Получение приемлемых результатов пространственных контактных задач, обуславливает необходимость значительного их усложнения. Решение таких задач позволяет достаточно точно определить напряженно-деформированное состояние в зоне контакта.

Рассмотрим эластомерный амортизатор конического типа с постоянной толщиной стенки (рис. 1) в условиях контактного взаимодействия с абсолютно жесткой плитой. Расчеты были проведены с использованием моментной схемы метода конечных элементов.

Марка резины 2959,  $\nu = 0,49$ ,  $G = 0,7$  МПа,  $H = 0,175$  м,  $h = 0,65$  м,  $R_1 = 0,8$  м,  $R_2 = 1,15$  м [9].

Данный тип амортизаторов может применяться для обеспечения наилучших режимов работы грохотов.

В работе рассматриваются два предельных случая возможных при контактном взаимодействии упругого элемента (эластомерного конического виброизолятора) и абсолютно твердого тела (давящей плиты весом  $p$ ) – взаимодействие с абсолютным проскальзыванием и абсолютным сцеплением. Исследование проводится для четвертой части исходной конструкции (рис. 2).

Расчет данной трехмерной модели осуществлялся в вычислительной системе «МІРЕЛА +» методом конечных элементов на основе моментной схемы конечного элемента. Контактное взаимодействие моделировалось условием непроникновения точек эластомерного элемента в абсолютно твердое тело.

Конечноэлементная модель исследуемой части упругого элемента изображена на рис. 3

Для данного виброизолятора определены следующие характеристики: величины зоны контакта различными схемами МКЭ, величины осадки виброизолятора при различных характерных толщинах стенок эластомерного

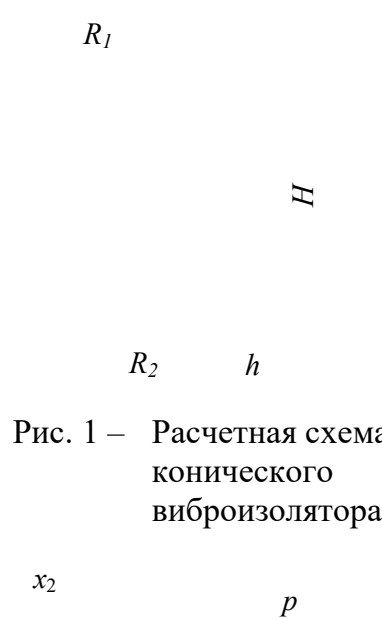


Рис. 1 – Расчетная схема конического виброизолятора

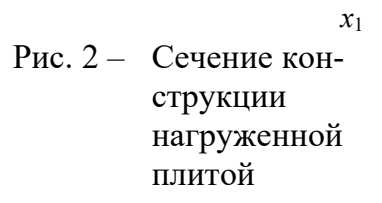


Рис. 2 – Сечение конструкции нагруженной плитой

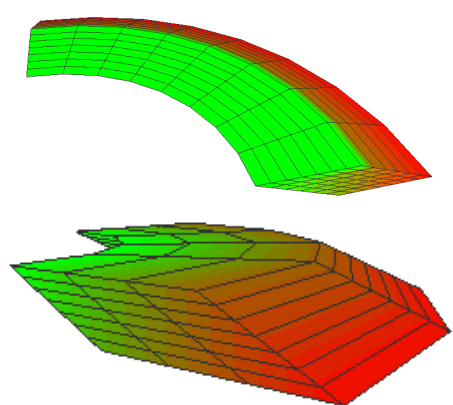


Рис. 3 – Дискретизация ¼ конического виброизолятора

элемента. Результаты собраны в табл. 1 – табл. 3 и отображены на рис. 4 – рис. 8.

Таблица 1 –

Вес плиты, кг	Зона контакта с проскальзыванием МСКЭ, м	Зона контакта без проскальзывания МСКЭ, м
200	0,6500	0,6500
300	0,6500	0,6500
400	0,7095	0,7094
500	0,7095	0,7094
600	0,7101	0,7094
800	0,7712	0,7705

Таблица 2 –

Вес плиты, кг	Зона контакта с проскальзыванием МКЭ, м	Зона контакта без проскальзывания МКЭ, м
200	0,6500	0,6500
300	0,6500	0,6500
400	0,6500	0,6500
500	0,7094	0,6500
600	0,7096	0,7093
800	0,7100	0,7093

Таблица 3 –

Толщина виброизолятора, м	Осадка, м
0,45	0,019572
0,50	0,023144
0,55	0,024776
0,60	0,031346
0,65	0,036009

При сравнении величин зон контакта с абсолютным проскальзыванием и с абсолютным сцеплением получено ожидаемое различие полученных значений, т.е. площадка контакта при проскальзывании больше площадки контакта при сцеплении (табл. 1, рис. 4). Такие результаты получены и для моментной, и для традиционной схем МКЭ (табл. 1, табл. 2, рис. 4, рис. 5).

Сравнение величин зон контакта показывает, что полученные значения площадок контактного взаимодействия существенно отличаются при расчете моментной и традиционной схемами МКЭ (табл. 1, табл. 2, рис. 6, рис. 7). Такие результаты получены для контакта с абсолютным проскальзыванием и абсолютным сцеплением.

В зависимости от заданных значений толщины стенок конического амортизатора была рассчитана осадка элемента под действием плиты массой 400 кг. Характер данной зависимости приведен на рис.8 и имеет вид, близкий к линейному.

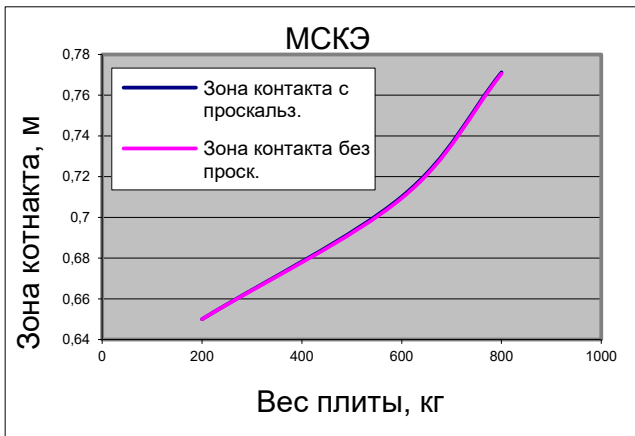


Рис. 4 – Зависимость величины зоны контакта от веса плиты при контакте с проскальзыванием и без проскальзывания для моментной схемы МКЭ

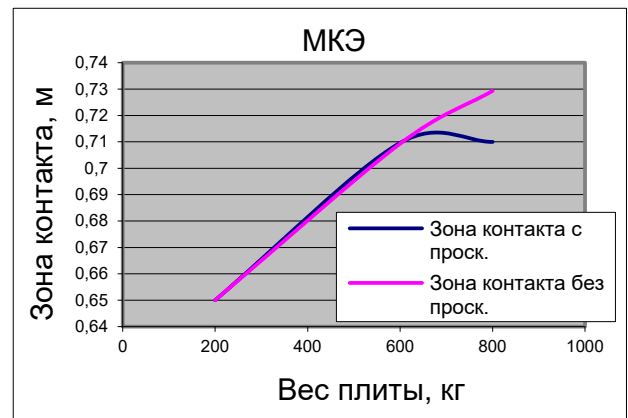


Рис. 5 – Зависимость величины зоны контакта от веса плиты при контакте с проскальзыванием и без проскальзывания для традиционной схемы МКЭ

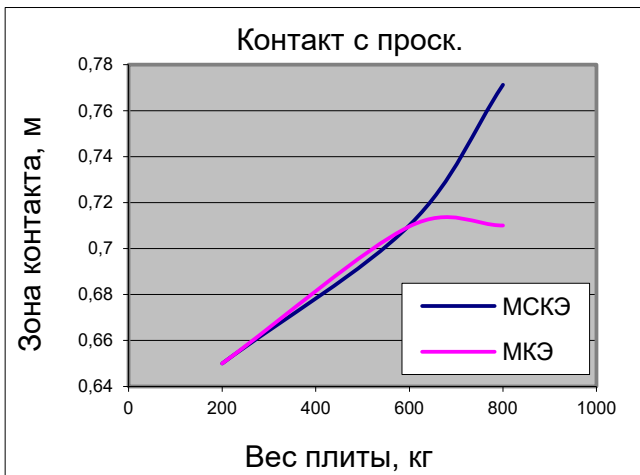


Рис. 6 – Зависимость величины зоны контакта от веса плиты при контакте с проскальзыванием для моментной и традиционной схем МКЭ

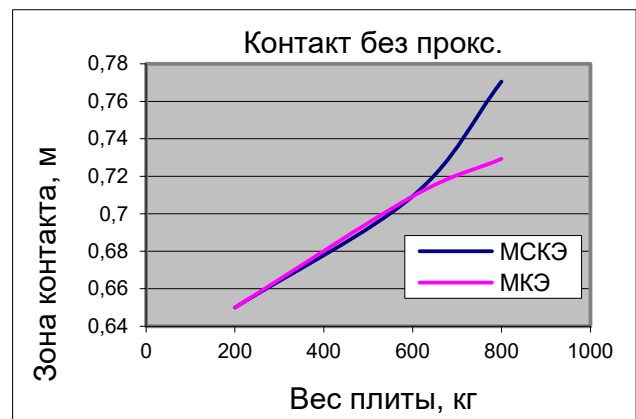


Рис. 7 – Зависимость величины зоны контакта от веса плиты при контакте без проскальзывания для моментной и традиционной схем МКЭ

### Выводы

В результате проведенного исследования можно сделать следующие выводы.

Использование моментной схемы при расчете эластомерного элемента дает более точное значение величин напряженно-деформированного состояния конического амортизатора.

Величина зоны контакта при абсолютном проскальзывании и абсолютном сцеплении для малых величин нагрузок (масса плиты до 300 кг) различаются незначительно, и суще-

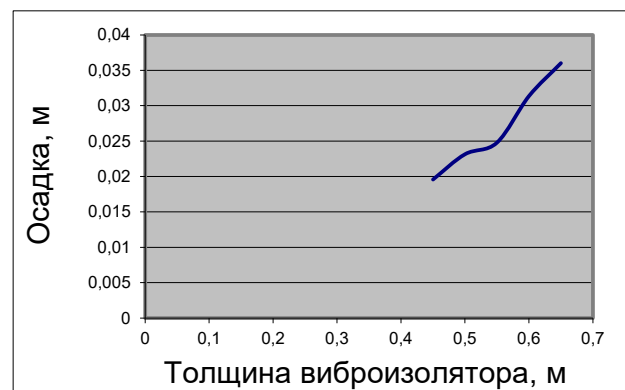


Рис. 8 – Зависимость величины осадки от толщины стенок виброизолятора

ственно отлична, при больших нагрузках. Различия между величинами зон при заданных условиях контакта малы, так как исследуемый образец имеет простую геометрическую форму.

Характер зависимости осадки эластомерного элемента от значений толщины стенок конического амортизатора имеет близкий к линейному вид, так как численное исследование было построено на выполнении закона Гука.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sharda S.C., Tschoegl N.W. A Strai Energy Density Function for Compressible Rubber like Matereils // Trans. Soc. Rheology. – 1976. – 20, №3. – P. 361-372.
2. Penn R.W. Volume Chandes Accompanylug the Extension of Rubber // Trans. Soc. Rheol. – 1970. – 14, №4. – P. 507-517.
3. Дымников С.И., Мейрс И.Р., Эдманис А.Г. Упругие потенциалы для слабосжимаемых эластомерных материалов // Вопр. динамики и прочности. – 1982. – Вып. 40. – С. 98-108.
4. Геррманн Л.Р. Вариационный принцип для уравнений упругости несжимаемых и почти несжимаемых материалов // Ракетная техника и космонавтика. – 1965. – №10. – С. 139-144.
5. Cescotto S., Fonder G. A finite element approach for large strain of nearly incompressible rubber – like materals // Inter. J. Sol. Struch. – 1979. – V. 15, №8. – P. 589-605.
6. Пиан Т., Ли С. О методе конечных элементов для почти несжимаемых материалов // Ракетная техника и космонавтика. – 1976. – №6. – С. 147-149.
7. Tuomala M., Owen D.R., Zienkiewicz O.C. A penalty funcrion finite element method in nonlinear elasticity // Numer. Meth. Coupl. Proc. Int. Conf., Swansea. 7-11 Sept., 1981. – Swansea, 1981. – P. 446-447.
8. Naylor D.I. Stresses in nearly incompressible materials by finite elements with application to the calculation of excess pore pressure // Int. J. Num. Meth. Eng. – 1974. – 8. – P. 433-460.
9. Киричевский В.В., Сахаров А.С. Нелинейные задачи термомеханики конструкций из слабосжимаемых эластомеров. – К.: Будівельник, 1992. – 216 с.

УДК 678.4

Пасичник А.А., Панченко Е.И., Богуцкая Е.А.,  
Лотаков В.С.

### НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ ПРЕСС-ФОРМ ДЛЯ ВУЛКАНИЗАЦИИ КОЛЕЦ КРУГЛОГО СЕЧЕНИЯ ИЗ ЖЕСТКИХ РЕЗИН

Розроблено конструкцію прес-форми для виготовлення кільцевих гумових ущільнювачів з жорстких гум, що запобігає можливості зміщення заготовки із формувальної поверхні прес-форми.

### SOME FEATURES OF DESIGNING OF COMPRESSION MOULDS FOR VULCANIZATION OF RINGS OF ROUND SECTION FROM RIGID RUBBERS

The design of a compression mould for manufacturing ring rubber sealants from the rigid rubbers, a preventing opportunity of displacement of preparation from a forming surface of a compression mould is developed.

В настоящее время в практике вулканизации колец круглого сечения типа II (разъем под 180°) из жестких резин (на основе фторкаучуков) применяются пресс-формы компрессионного типа. Особенность их заключается в том, что в начале процесса прессования формирующие полости не замкнуты. Они замыкаются постепенно одновременно с заполнением их резиновой смесью и полностью