

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛАСТОМЕРНОГО ПОГЛОЩАЮЩЕГО АППАРАТА

В. Ф. Хиженок, А. С. Фалько, А. И. Столяров

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Гидравлические амортизаторы для вагонов (поглощающие аппараты автосцепки) различаются по виду дросселируемой рабочей среды и способу создания квазистатической силы сопротивления. Перспективным является использование в качестве рабочей среды полимерных эластомеров, сжимаемость которых в замкнутом объеме

достигает 15 %. Уникальная комбинация свойств силиконового эластомера позволяет одновременно реализовать функции демпфирования и упругого элемента амортизатора. Однако препятствием внедрению эластомерных поглощающих аппаратов (ПА) является вопрос надежности указанных изделий. Из-за высоких осевых усилий в автоцепке при соударении выгонов давление в рабочей камере аппарата достигает 500 МПа, а напряжения в стенках достигают предела текучести высокопрочных сталей 38ХС, 40ХС. Объем аппарата и толщина стенок гидроцилиндра лимитированы размером автоцепки, что накладывает жесткие ограничения на возможности геометрической оптимизации. Таким образом, совершенствование конструкции ПА в значительной степени определяется комплексным рациональным выбором состава эластомера, диаметра дросселирующего отверстия и других конструктивных параметров аппарата, при котором обеспечивается его работоспособность.

Целью данной работы было исследование напряженно-деформированного состояния эластомерного поглощающего аппарата. Расчет напряжений и деформаций проводили с помощью метода конечных элементов, течения рабочей среды – конечных объемов.

На рис. 1 показана конструкция ПА, в поршне которого 3 выполнены три дроссельных криволинейных отверстия диаметром 7 мм. На внутренней поверхности плунжера 1 предложены три направляющие 2, которые ограничивают возможный поворот поршня со штоком, вызванный наличием тангенциальной составляющей потока эластомера.

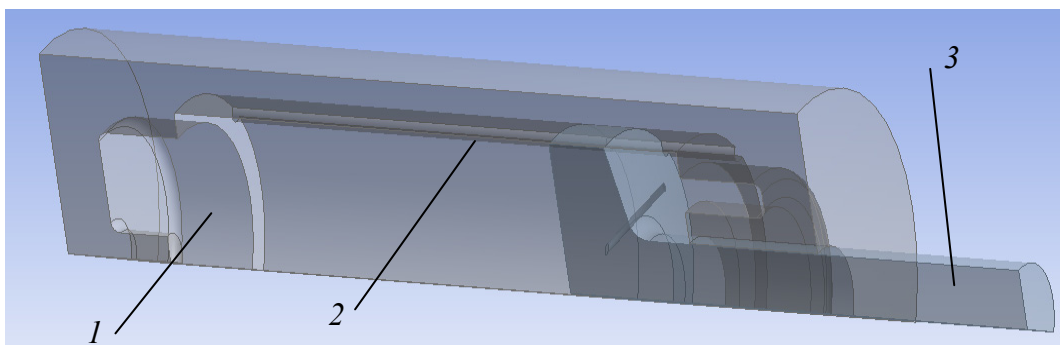


Рис. 1. Физическая модель ПА:
1 – плунжер; 2 – направляющая; 3 – поршень

Материал элементов поглощающего аппарата: плунжера, штока и крышек – сталь 40ХС. Физико-механические свойства стали 40ХС: модуль упругости $E = 2,19 \cdot 10^5$ МПа; плотность $\rho = 7740$ кг/м³; предел прочности $\sigma_b = 1220\text{--}1670$ МПа, условный предел текучести $\sigma_{0,2} = 1080$ МПа.

Свойства эластомера были приняты следующими: плотность $\rho = 1200$ кг/м³; динамическая вязкость $\mu_0 = 3000$ Па · с [1].

Для определения динамической вязкости была принята реологическая модель Кросса [2]:

$$\mu = \frac{\mu_0}{1 + (\lambda \dot{\gamma})^n},$$

где λ – параметр, имеющий размерность время, $\lambda = 0,3$ с; n – показатель степени, $n = 0,7$.

В таблице приведены значения силы на штоке при скоростях его перемещения 0,5 м/с, 1 м/с и 2,78 м/с.

Таблица 1

Расчетное значение силы на штоке

| Скорость перемещения штока, м/с | Сила на штоке, МН |
|---------------------------------|-------------------|
| 0,5 | 0,798 |
| 1 | 1,379 |
| 2,78 | 3,1 |

Полученные значения силы закрытия ПА укладываются в нормативные показатели.

На рис. 2 показаны линии тока эластомера в камере ПА; на рис. 3 распределение эквивалентных напряжений по Мизесу в плунжере (рис. 3, а) и поршне со штоком (рис. 3, б).

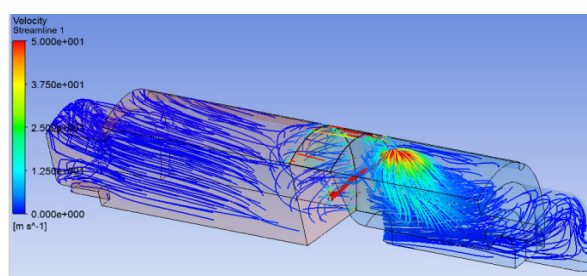


Рис. 2. Линии тока эластомера в камере ПА, м/с

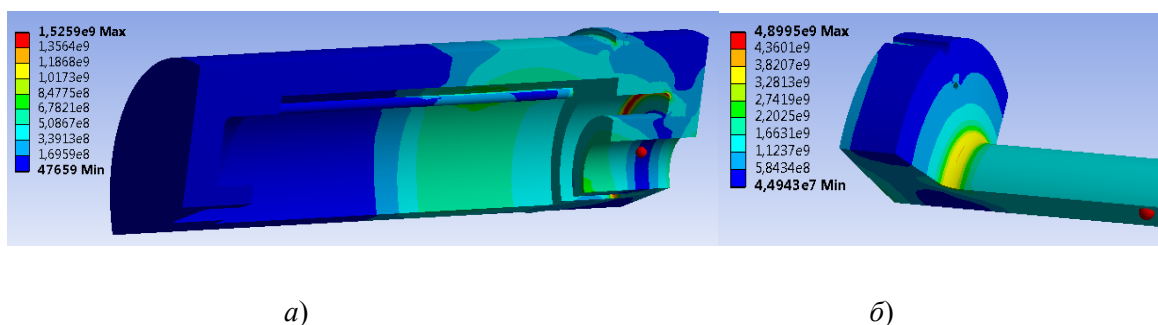


Рис. 3. Распределение эквивалентных напряжений по Мизесу, МПа:
а – в плунжере; б – в поршне

Установлено, что условие прочности основных деталей конструкции (плунжера и штока) в целом обеспечивается. Наибольшие эквивалентные напряжения в плунжере составляют 800 МПа, в штоке – 1600 МПа, что меньше допускаемого напряжения $[\sigma_b]$ материала, используемого при изготовлении плунжера. Уровень локальных напряжений в крышке ПА существующей конструкции достигает 1525 МПа. Из рис. 3, б видно, что наибольшие напряжения локализованы в месте перехода «поршень–шток».

78 Секция 1. Современные технологии проектирования в машиностроении

Значение продольной силы 3,1 МН позволяет сделать вывод о том, что ПА предлагаемой конструкции обеспечивает эффективную амортизацию продольных усилий при соударении груженных вагонов со скоростями до 2,78 м/с.

Л и т е р а т у р а

1. Приемочные испытания поглощающего аппарата класса Т2 ПМКЭ-110 / Б. Г. Кеглин [и др.] // Вестн. Брян. гос. техн. ун-та. – 2007. – № 4 (16). – С. 50–58.
2. Матвеевко, В. Н. Вязкость и структура дисперсных систем / В. Н. Матвеевко, Е. А. Кирсанов // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 2. Химия. – 2011. – Т. 52, № 4. – С. 243–276.