

Н. В. Волкова

ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова

Россия, 196158, Санкт-Петербург, Московское шоссе, 44, e-mail: nat_wolf@mail.ru

О возможности создания сборных резинометаллических амортизаторов взамен существующих сварных

Получена 19.05.2005, опубликована 15.09.2005

В статье представлены две конструкции сборных амортизаторов, в которых упругие элементы вырезаются из готовых резиновых пластин. Предложены конструктивные схемы, позволяющие снизить трудоемкость изготовления, приведены описания макетов сборных амортизаторов. Представлены результаты экспериментальных исследований по определению основных характеристик амортизаторов. Проведено сравнение полученных результатов с соответствующими расчетными оценками.

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что наиболее эффективным средством виброизоляции являются амортизаторы, которые устанавливаются между механизмом и фундаментом.

Применяемые в настоящее время сварные резинометаллические амортизаторы разнообразны по конструкции и максимально удовлетворяют всему комплексу требований, предъявляемых к амортизаторам. Вместе с тем, так как основным методом их изготовления является литье под давлением, то для производства требуются прессформы, сложная и тяжелая оснастка. Это обуславливает поиск более простых и приемлемых для серийного производства конструкций.

Для исключения операции вулканизации резинового массива к металлической арматуре была проведена проработка конструкций амортизаторов, в которых упругие элементы вырезаются из готовых резиновых пластин.

За счет простоты предлагаемых конструктивных схем обеспечивается существенно меньшая трудоемкость изготовления и не требуется дорогостоящая оснастка. Такие амортизаторы позволят осуществлять ремонт, производя только замену резинового массива без замены металлической арматуры. Все это делает производство и эксплуатацию указанных конструкций экономически выгодным.

1. СБОРНЫЕ АМОРТИЗАТОРЫ

К вновь создаваемым конструкциям амортизаторов сборной конструкции предъявлялись следующие требования:

- металлическая арматура должна быть изготовлена из существующего металлопроката, без изготовления специальных деталей;
- резиновый упругий элемент должен быть прост в изготовлении.

Известно, что сборные амортизаторы имеют ряд преимуществ, в частности:

- не требуется производить привулканизацию резиновых упругих элементов к металлическим деталям;
- металлические детали сборного амортизатора могут изготавливаться из сталей, обладающих специальными физико-механическими свойствами, к которым весьма затруднительно, либо даже невозможно привулканизировать резину;
- упругие элементы сборного амортизатора могут быть изготовлены из марок резины, непривулканизируемой к металлической арматуре.

2. КОНСТРУКЦИИ НОВЫХ СБОРНЫХ АМОРТИЗАТОРОВ

2.1 Амортизатор типа АКСС

Амортизатор проектировался на нагрузку 60 кг и должен был иметь величину свободного хода в направлении осей X, Y и Z порядка 10 мм. На рис. 1 показан внешний вид амортизатора.

Амортизатор представляет собой сборное резинометаллическое изделие. Шток, «плавающий» в резиновом массиве и изолированный резиной от других металлических деталей амортизатора, представляет собой цилиндрический хвостовик с резьбовым отверстием под крепежный болт или шпильку, с помощью которых к амортизатору крепится амортизируемый объект. К штоку посредством резьбы крепится планка. Шток и планка воспринимают и передают внешние нагрузки на резиновый массив. В дуге скобы имеется отверстие, через которое проходит с зазором хвостовик штока. Фланец представляет собой опорную планку. В лапках скобы и фланца имеются отверстия для болтов или шпилек, с помощью которых амортизатор крепится к фундаменту.

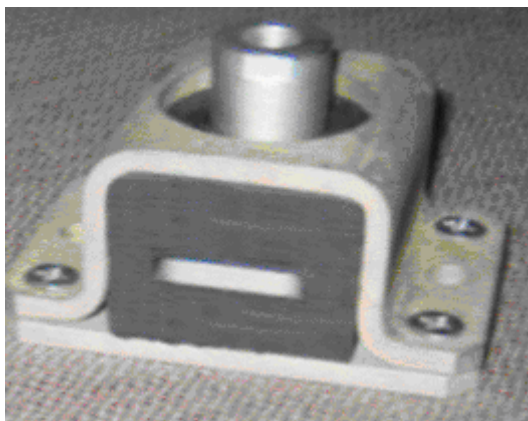


Рис. 1.
Макет амортизатора типа АКСС

Конструкция обеспечивает в рабочем положении «страховку». При изготовлении специального оборудования не требуется. Металлические детали имеют простую форму и изготавливаются из существующего металлопроката штамповкой с последующей механической обработкой. Упругий элемент состоит из нескольких деталей, которые вырезаются из резиновой пластины.

2.2 Кольцевой амортизатор

На рис. 2 показан внешний вид кольцевого амортизатора.

Амортизатор представляет собой сборное резино-металлическое изделие и состоит из работающих параллельно колец, смонтированных на стяжке. Опора состоит из втулки и планки, в которой сделано по 2 отверстия для крепления амортизатора к фундаменту. Во втулке зажимаются концентрически расположенные с ней резиновые втулки, которые стягиваются стяжкой при помощи шайбы и винта. Резиновые втулки представляют собой полые цилиндры. В стяжку ввинчивается шток, который воспринимает и передает внешнюю нагрузку на резиновый массив. Шток имеет резьбовое соединение под крепежный болт или шпильку, с помощью которого к амортизатору крепится амортизируемый объект. Резиновый массив поджимается шайбой и стяжкой, которая имеет резьбовые отверстия.

Амортизатор проектировался на нагрузку 60 кг и должен был иметь величину свободного хода в направлении осей X, Y и Z порядка 6,5 мм.



Рис. 2.
Макет кольцевого амортизатора

Кольца должны устанавливаться так, чтобы вес амортизируемого механизма воспринимался ими в радиальном направлении.

Учитывая хорошую работоспособность резины в сжатом состоянии, целесообразно проектировать амортизаторы с поджатыми резиновыми элементами, в которых при работе напряжения растяжения или малы, или полностью исключаются за счет предварительного поджатия.

В рабочем положении, когда амортизатор крепится к фундаменту и амортизируемому объекту, осуществляется «страховка».

Этот вариант позволяет использовать амортизатор в качестве опорного и упорного для амортизации механизмов и оборудования, устанавливаемых на горизонтальных, наклонных и вертикальных фундаментах.

Резиновые элементы макетов амортизаторов изготавливались из резины марки 5РЛ-591 (твёрдость 50–55 единиц по Шору).

3. РАСЧЕТНЫЕ ОЦЕНКИ

Были проведены расчетные оценки жесткостей макетов амортизаторов.

Расчетную оценку характеристик макета амортизатора типа АКСС не приводим, т.к. она известна из эксперимента.

Для макета кольцевого амортизатора статическая жесткость резиновой втулки в направлении оси Z_a (в радиальном направлении) определялась по формуле

$$C_{Z_a} = 1,2E \frac{l^2 + 6(r_2 - r_1)^2 \left(\frac{r_1 + r_2}{r_2 - r_1} \right)^3}{l^2 + 3(r_1 + r_2)^2} \quad (1)$$

где C_{Z_a} — статическая жесткость амортизатора в направлении оси Z_a , Н/м; E — модуль упругости резины при сжатии, МПа; l — длина резинового элемента амортизатора, м; r_1 — внутренний радиус резинового элемента амортизатора, м; r_2 — наружный радиус резинового элемента амортизатора, м.

Подставив в (1) численные значения получаем, что статическая жесткость одной резиновой втулки равна $C_{Z_a} = 209$ кН/м. Жесткость сборных цилиндрических амортизаторов определяется путем простого суммирования жесткостей отдельных резиновых втулок, вставляемых в корпус амортизатора. Тогда получаем, что C_Σ составляет 523 кН/м.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ АМОРТИЗАТОРОВ

С целью выбора оптимального варианта изготовления и подтверждения расчетных характеристик макеты амортизаторов были подвергнуты сравнительным испытаниям.

4.1 Определение нагрузочных характеристик при действии статической нагрузки и статической жесткости амортизаторов по оси Z

Статическая жесткость макетов амортизаторов определялась из соотношения

$$C_{ст} = \frac{P_{ном}}{\Delta}, \quad (2)$$

где $C_{ст}$ — статическая жесткость, Н/м, $P_{ном}$ — номинальная нагрузка, Н, Δ — перемещение при сжатии, м.

На рис. 3 представлены графики зависимости «нагрузка-перемещение» амортизаторов типа АКСС и кольцевого по оси Z.

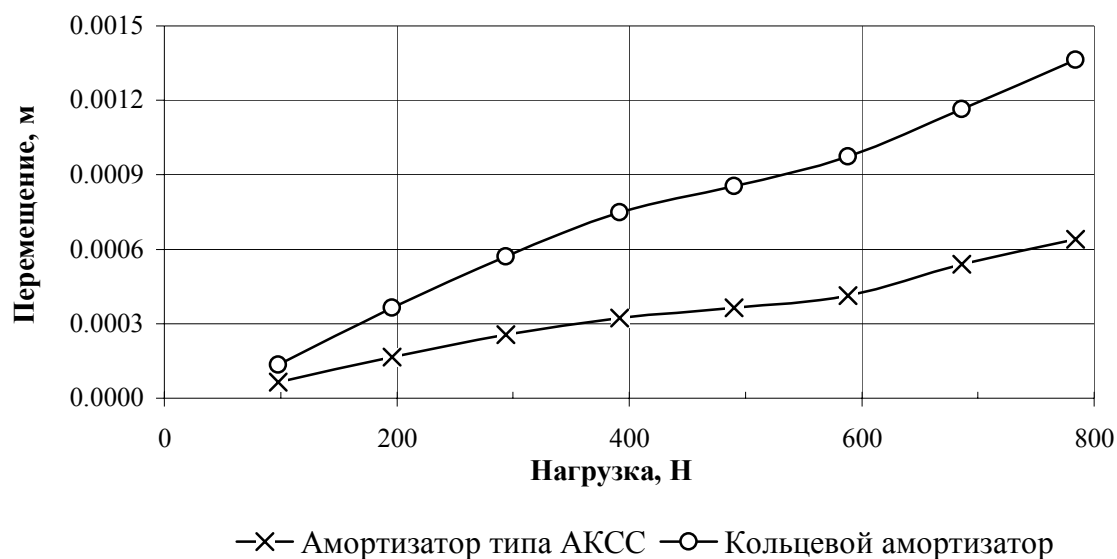


Рис. 3. Нагрузочные характеристики амортизаторов по оси Z

Как видно на примере кольцевого амортизатора (рис. 4), в ходе выполнения испытаний были подтверждены расчетные оценки жесткостей амортизаторов.

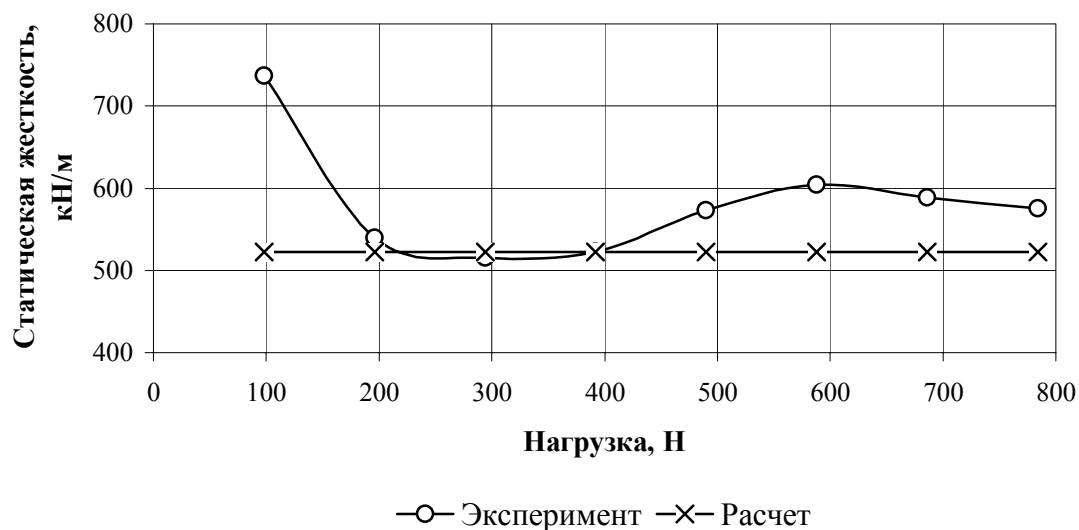


Рис. 4. Экспериментальные и расчетные жесткости кольцевого амортизатора по оси Z

4.2 Определение резонансной частоты и вибрационной жесткости по оси Z

Испытания макетов амортизаторов по определению резонансной частоты по оси Z проводились при действии номинальной статической нагрузки и знакопеременной силы с амплитудой деформирования 0,75 мм.

Вибрационная жесткость макетов амортизаторов определялась из соотношения

$$C_{\text{вибр}} = (2\pi \cdot f_0)^2 M_{\text{ном}}, \quad (3)$$

где $C_{\text{вибр}}$ — вибрационная жесткость, Н/м; $M_{\text{ном}}$ — номинальная масса, кг; f_0 — частота резонансных колебаний амортизатора, Гц.

В таблице 1 приведены величины резонансных частот и вибрационных жесткостей для макетов амортизаторов, полученные при испытаниях.

Таблица 1

Изделие	Резонансная частота, Гц	Вибрационная жесткость, кН/м
Амортизатор типа АКСС	18	767
Кольцевой амортизатор	20	947

4.3 Определение изменения величины высоты амортизаторов по оси Z

В таблице 2 представлено изменение величины высоты амортизаторов в процессе выполнения испытаний.

Таблица 2

Изделие	Строительная высота изделия до испытаний, мм	Высота изделия, мм	
		после статических испытаний	после вибрационных испытаний
Амортизатор типа АКСС	60,1	60,0	59,5
Кольцевой амортизатор	89,8	89,6	89,5

В процессе проведения испытаний высота амортизаторов изменилась:

- у первого — на 0,6 мм, что составляет величину менее 1%;
- у второго — на 0,3 мм, что составляет величину менее 0,3%.

4.4 Повторные испытания для определения нагрузочных характеристик и статических жесткостей амортизаторов

После вибрационных испытаний были проведены повторные испытания для определения нагрузочных характеристик и статических жесткостей макетов амортизаторов.

На рис. 5 приведены нагрузочные характеристики амортизатора типа АКСС по оси Z до и после вибрационных испытаний.

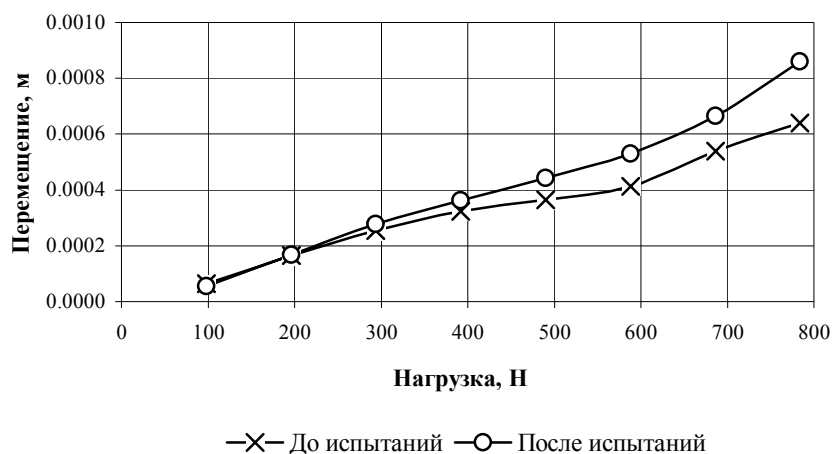


Рис. 5. Нагрузочные характеристики амортизатора типа АКСС по оси Z до и после вибрационных испытаний

На рис. 6 приведены нагрузочные характеристики кольцевого амортизатора по оси Z до и после вибрационных испытаний.

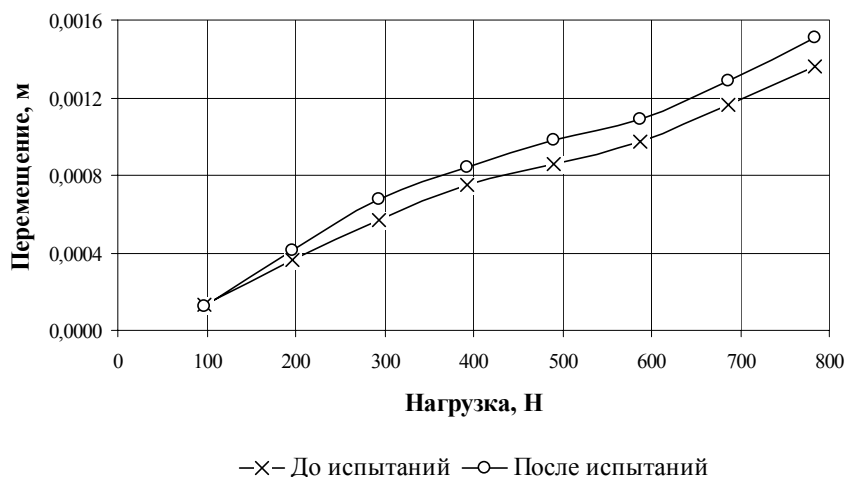


Рис. 6. Нагрузочные характеристики кольцевого амортизатора по оси Z до и после вибрационных испытаний

4.5 Определение изменения высоты резиновых массивов макетов амортизаторов при действии номинальной статической нагрузки по оси Z в течение 14 суток

Величина ползучести амортизаторов после их выдерживания в течение 14 суток под действием номинальной статической нагрузки 588 Н по оси Z определялась как разность показаний индикатора перемещения после минутной выдержки под нагрузкой в начале испытаний и после истечения времени действия нагрузки (до ее снятия) в конце испытаний.

На рис. 7 приведены результаты измерений высоты резиновых массивов макетов амортизаторов по оси Z при действии номинальной статической нагрузки по оси Z в течение 14 суток.

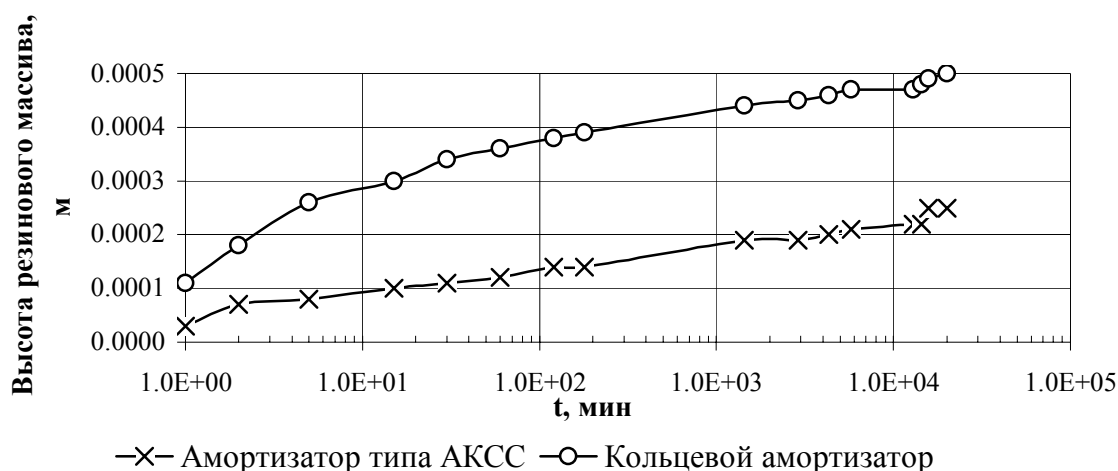


Рис. 7. Изменение высоты резинового массива амортизаторов при действии номинальной статической нагрузки по оси Z

Из графика следует, что величина ползучести амортизаторов после их выдерживания в течение 14 суток под действием номинальной статической нагрузки по оси Z составила соответственно 0,22 и 0,39 мм. Таким образом, величина ползучести амортизаторов не превышает 2% от первоначальной высоты упругих элементов.

4.6 Повторные испытания для определения нагрузочных характеристик и статических жесткостей макетов амортизаторов

После испытаний по определению ползучести были проведены повторные испытания для определения нагрузочных характеристик и статических жесткостей амортизаторов.

На рис. 8 и 9 приведены нагрузочные характеристики макетов амортизаторов по оси Z до и после испытаний по определению ползучести.

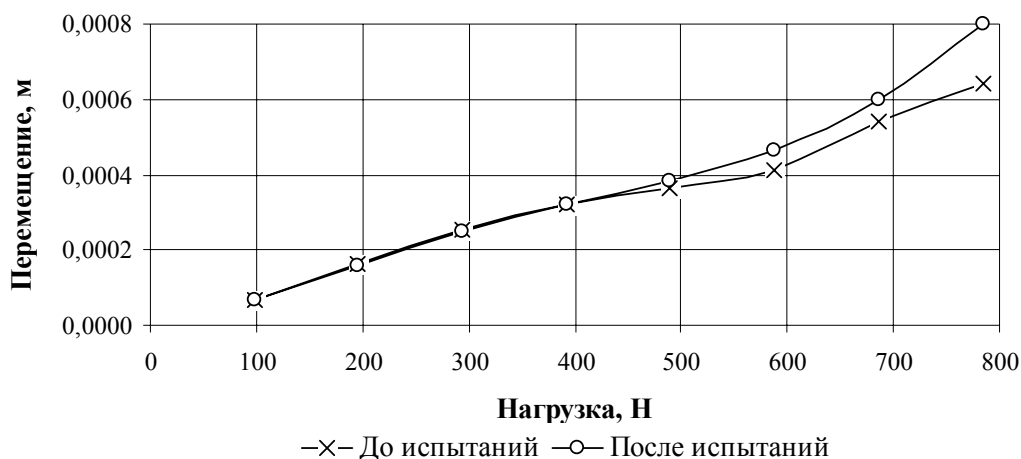


Рис. 8. Нагрузочные характеристики амортизатора типа АКСС по оси Z до и после испытаний по определению ползучести

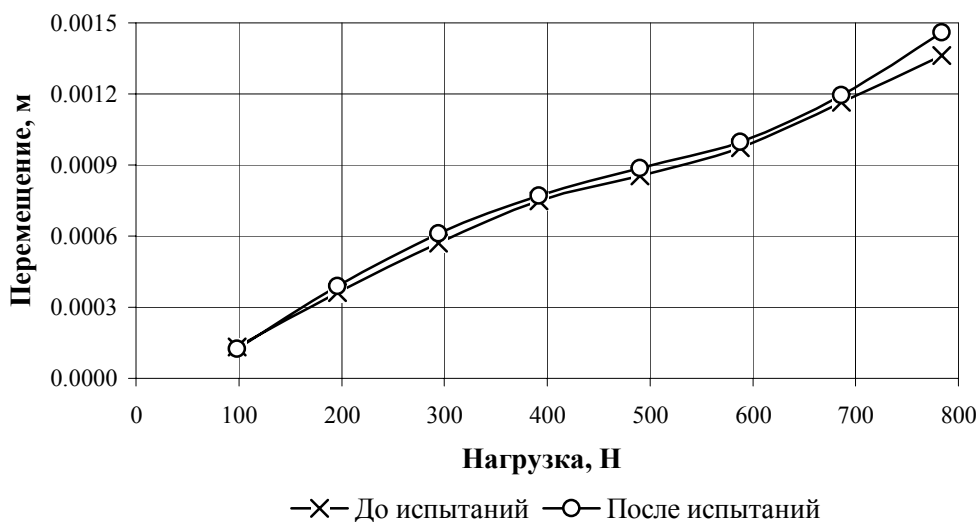


Рис. 9. Нагрузочные характеристики кольцевого амортизатора по оси Z до и после испытаний по определению ползучести

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенных исследований макетов амортизаторов позволяют сделать следующие выводы.

1. Подтверждена целесообразность создания сборных взамен существующих сварных резино-металлических амортизаторов. Предлагаемые конструктивные схемы обеспечивают меньшую трудоёмкость изготовления амортизаторов, позволят осуществлять ремонт, производя только замену резинового массива без замены металлической арматуры.

2. Расчетные оценки подтверждены в ходе выполнения испытаний.