

**МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ ТРЕХ СООСНЫХ УПРУГИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ  
ОБОЛОЧЕК, ЖЕСТКО ЗАЩЕМЛЕННЫХ НА КОНЦАХ, ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ С ДВУМЯ  
СЛОЯМИ ЖИДКОСТИ, НАХОДЯЩИМИСЯ МЕЖДУ НИМИ, ПРИ ПУЛЬСАЦИИ ДАВЛЕНИЯ**

**О.В. Елистратова**

Научный руководитель профессор Д.В. Кондратов  
*Поволжский институт управления имени П.А. Столыпина  
– филиал РАНХиГС при Президенте РФ, г. Саратов, Россия*

Современный этап развития техники и технологий отмечен широким применением конструкций, состоящих из тонкостенных оболочек при взаимодействии с жидкостью. Наибольшее применение сейчас находят модели, состоящие из трех соосных упругих оболочек, вложенных одна в другую, при наличии между ними вязкой несжимаемой жидкости, имеющие жесткое защемление на концах [4–7]. Применение подобных конструкций увеличивает их прочность при снижении веса и габаритов изделий, предотвращает резкие перепады давления, уменьшает трения и изнашивание, что особенно актуально при применении в современной транспортной технике в экстремальных условиях Арктики.

Механическая модель, включает в себя три упругие цилиндрические оболочки, жестко защемленные на концах. Перемещение оболочек относительно друг друга отсутствует. Механическая система считается термостабилизированной.

Между оболочками находится вязкая несжимаемая жидкость, которая полностью заполняет зазор между стенками трех оболочек. Для каждого слоя жидкости принята модель вязкой несжимаемой жидкости. В реальных механических системах жидкость может считаться ньютоновской [1, 3, 4, 6, 7].

Математическая модель описывается связанной системой дифференциальных уравнений в частных производных (уравнение Навье-Стокса) и уравнение неразрывности для каждого слоя жидкости, дифференциальных уравнений в частных производных для описания динамики оболочек, основанных на гипотезах Кирхгофа-Лява, и соответствующих граничных условий для жидкости и оболочек [1, 2]. Граничные условия представляют собой условия прилипания жидкости к поверхностям оболочек и условия для давления на концах механической системы.

Полученную систему уравнений гидродинамики будем решать с применением безразмерных переменных методом возмущений. Решение уравнений динамики жидкости будет осуществляться в виде одночленных разложений по малому параметру, характеризующему относительную толщину слоя жидкости, и по малому параметру, характеризующему относительный прогиб оболочек.

В заключении отметим, что полученные результаты позволят определить амплитудные частотные характеристики оболочек, что в дальнейшем позволит предотвратить негативные последствия от перепада давления в реальных условиях, например, при эксплуатации транспортной техники в Арктике.

*Выполнено при поддержке гранта Президента МД-6012.2016.8.*

Литература

1. Гольденвейзер А.Л., Лидский В.В., Товстик П.Е. Свободные колебания тонких упругих оболочек. – М.: Наука, 1978. – 383 с.
2. Двигатели внутреннего сгорания/под ред. А.С. Орлина. Т. 2. Конструкция и расчет. – М.: Машгиз, 1962. – 379 с.

#### СЕКЦИЯ 4. НОВЕЙШИЕ СИСТЕМЫ, ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПОДВОДНОГО ИЗУЧЕНИЯ ШЕЛЬФА АРКТИКИ И ПРИБРЕЖНЫХ ЗОН АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ

---

3. Елистратова О.В., Кондратов Д.В. Проблема гидроупругости тройной соосной упругой трубы, взаимодействующей с двумя пульсирующими слоями жидкости // Компьютерные науки и информационные технологии. Материалы Международной научной конференции – 2016. – С. 151–153.
4. Елистратова О.В., Кондратов Д.В. Моделирование динамики трех упругих соосных оболочек, свободно опертых на концах, взаимодействующих с двумя пульсирующими слоями жидкости, находящихся между ними при пульсации давления // Математическое моделирование, компьютерный и натуральный эксперимент в естественных науках. – 2016. – № 1. – С. 11–15; URL: mathmod.esrae.ru/1–2.
5. Кондратова Ю.Н., Кондратов Д.В., Могилевич Л.И. Гидроупругость трубопровода кольцевого профиля со свободным опиранием при воздействии вибрации // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2011. – Т. 4. – № 4 (62). – С. 9–14.
6. Кондратов Д.В., Могилевич Л.И., Попова А.А., Попова Е.В. Исследование колебаний упругого цилиндра, окруженного упругой средой и взаимодействующего с пульсирующим слоем сильновязкой жидкости // Тезисы докладов V международного научного семинара «Динамическое деформирование и контактное взаимодействие тонкостенных конструкций при воздействии полей различной физической природы» Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). – 2016. – С. 97–101.
7. Кондратов Д.В., Кондратова Ю.Н. Гидроупругость рубашки двигателя внутреннего сгорания с водяным охлаждением // Проблемы управления, обработки и передачи информации (АТМ-2013) Сборник трудов III международной научной конференции. Под редакцией А.А. Львова и М.С. Светлова. – 2013. – С. 166–173.
8. Могилевич Л.И., Попов В.С., Христофорова А.В. Математические вопросы гидроупругости трехслойных элементов конструкций. – Саратов: Изд-во КУБиК, 2012. – 123 с.
9. Могилевич Л.И., Попов В.С., Попова А.А. Динамика взаимодействия упругих элементов вибромашины со сдавливаемым слоем жидкости, находящимся между ними // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2010. – № 4. – С. 23–32.
10. Формалев В.Ф., Кузнецова Е.Л., Селин И.А. Аналитическое исследование задач типа Стефана в композиционных материалах с произвольным числом подвижных границ фазовых превращений // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2009. – Т. 15. – № 2. – С. 256–264.

#### **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОУПРУГИХ КОЛЕБАНИЙ ПЛАСТИНЫ, УСТАНОВЛЕННОЙ НА ГРУНТЕ И ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩЕЙ СО ШТАМПОМ ЧЕРЕЗ СЛОЙ ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ**

**И.А. Ковалева, А.В. Черненко**

Научный руководитель профессор В.С. Попов

**Саратовский государственный технический университет имени Ю.А.Гагарина,  
г. Саратов, Россия**

Проблемы гидроупругих колебаний элементов конструкций являются актуальными как с теоретической, так и практической точки зрения [1–8]. Особое внимания в условиях Арктики необходимо обратить на взаимодействие различных конструкций с грунтом, т.к. его повреждения могут существенно сказаться на