

**УДК 517.958:621.225:621.454**

**Плаксина И.В., Кондратов Д.В.**

**ГИДРОУПРУГОСТЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКИ НЕРЕГУЛЯРНОЙ  
ОБОЛОЧКИ, СОДЕРЖАЩЕЙ СЛОЙ ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ И  
АБСОЛЮТНО ЖЕСТКИЙ ЦИЛИНДР, В УСЛОВИЯХ  
ГАРМОНИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ**

*Поволжский институт управления имени П.А. Столыпина,*

*Россия, Саратов, ул. Соборная, 23/25, 410031*

**UDC 517.958:621.225:621.454**

**Plaksina I.V., Kondratov D.V.**

**HYDROELASTICITY OF GEOMETRICALLY IRREGULAR SHELL WITH  
A LAYER OF VISCOUS LIQUID AND ABSOLUTELY RIGID CYLINDER  
UNDER HARMONIC PRESSURE**

*Stolypin Volga Region Institute,*

*Russia, Saratov, Sobornaya, 23/25, 410031*

*Рассмотрена математическая модель системы, представляющая собой трубу кольцевого профиля, образованную двумя поверхностями соосных цилиндрических оболочек, взаимодействующими с вязкой несжимаемой жидкостью. Выполнено при поддержке гранта Президента МД-1025.2012.8 и гранта РФФИ 12-01-31154-мол\_a.*

*Ключевые слова: геометрически нерегулярная оболочка, гидроупругость, вязкая несжимаемая жидкость, соосные оболочки.*

*The mathematical model of the system, which is a profile of a ring shape tube formed by two surfaces of coaxial cylindrical shells cooperating with viscous incompressible liquid is considered. Was supported by the President of the MD-1025.2012.8 and RFFI grant 12-01-31154-mol\_a.*

*Keywords: geometrically irregular shell, hydroelasticity, viscous incompressible liquid, coaxial shell.*

В состав многих современных машин и агрегатов входят тонкостенные элементы конструкции. Применение тонкостенных конструкций позволяет уменьшить общий вес конструкции, а использованием жидкости служит для поддержки устойчивости к внешним воздействиям. Такие конструкции, состоящие из соосных тонкостенных конструкций и вязкой жидкости между ними, широко применяются в современном железнодорожном, автомобильном и авиационном транспорте, а также ракетно-космических системах [1-4].

Однако использование тонкостенных элементов конструкции требует учета влияния упругой податливости конструкций с одновременным учетом влияния жидкости, что представляет собой, даже в простейших постановках, чрезвычайно сложную и трудоемкую задачу. Поэтому актуальной является проблема создания и исследования моделей таких механических систем, предельно приближающихся к оригиналу, поиска подходящих форм записи разрешающих дифференциальных уравнений и методов их интегрирования, приемлемых для приложений к практике, и позволяющих исследовать динамические процессы в данных системах. Кроме того, необходимость построения таких математических моделей подтверждено практикой.

Рассмотрим механическую систему, состоящую из соосных упругой внешней оболочки и абсолютно жесткого внутреннего цилиндра и вязкой несжимаемой жидкости между ними. Жидкость перемещается под воздействием гармонически изменяющегося давления на концах механической системы. Будем предполагать, что внешняя упругая оболочка является геометрически нерегулярной свободно опертой на концах. Система является термостабилизированной.

Математическая модель рассматриваемой механической системы представляет собой связанную систему уравнений, включающую нелинейные уравнения в частных производных Навье–Стокса и уравнение неразрывности, уравнений в частных производных для описания динамики внешней упругой

ребристой цилиндрической оболочки, полученные исходя из гипотез Кирхгофа–Лява с использованием вариационного принципа Гамильтона, с соответствующими граничными условиями. Для описания геометрически нерегулярных поверхностей оболочки использованы обобщённые функции Хевисайда.

Полученная связанная задача гидроупругости решается в безразмерных переменных методом возмущений по двум малым параметрам характеризующим относительную ширину слоя жидкости и относительный прогиб внешней упругой геометрически нерегулярной оболочки в предположении гармонического закона перепада давления в системе. Такой подход широко применяется в работах Могилевича Л.И., Попова В.С. [2-5]. Использование указанного подхода позволяет линеаризовать задачу гидродинамики, которая решается в предположении, что упругие перемещения внешней оболочки неизвестны. В результате получены выражения для компонент скорости и гидродинамического давления жидкости.

Форму перемещений упругой геометрически нерегулярной цилиндрической оболочки выберем в виде тригонометрического ряда по пространственной координате с коэффициентами, являющимися гармоническими функциями по времени. Подставляя выражения для компонент скорости и гидродинамического давления жидкости в уравнения динамики оболочки, получим систему интегродифференциальных уравнений, решение которой будем искать методом Бубнова-Галеркина в первом, втором и третьем приближении. В результате получим выражения для прогиба внешней ребристой оболочки и амплитудные и фазовые частотные характеристики прогиба.

Расчеты показали, что для исследования поведения прогиба достаточно использовать метод Бубнова-Галеркина в первом приближении, так как последующие приближения добавляют дополнительные пики АЧХ, которые значительно меньше пиков найденных в первом приближении.

#### Литература:

1. Башта Т.М. Машиностроительная гидравлика. – М.: Машгиз, 1963. – 696 с.
2. Могилевич Л.И., Попов В.С. Прикладная гидроупругость в машино- и приборостроении – Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2003. – 156 с.
3. Могилевич Л.И., Попов В.С., Попова А.А. Колебания гильзы цилиндра двигателя внутреннего сгорания с водяным охлаждением под действие ударных нагрузок со стороны поршневой группы // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2008. №3. – С.100-106.
4. Могилевич Л.И., Попова А.А., Попов В.С. Динамика взаимодействия упругой цилиндрической оболочки с ламинарным потоком жидкости внутри нее применительно к трубопроводному транспорту // Наука и техника транспорта. 2007. №2. – С. 64-72.
5. Кондратов Д.В., Кондратова Ю.Н., Могилевич Л.И. Пульсирующее ламинарное течение жидкости по упругой цилиндрической трубе кольцевого сечения // Известия РАН. Механика жидкости и газа. – 2009. – №4. – С. 60-72.

#### References:

1. Bashta T.M. Machine-building hydraulics. M: Mashgiz, 1963. 696 pp.
2. Mogilevich L.I., Popov V.S. Mogilevich L.I., Popov V.S. Prikladnaja gidrouprugost' v mashino- i priborostroenii. Saratov: SSAU, 2003. 156 pp.
3. Mogilevich L.I., Popov V.S., Popova A.A. Kolebanija gil'zy cilindra dvigatelja vnutrennego sgoranija s vodjanym ohlazhdeniem pod dejstvie udarnyh nagruzok so storony porshnevoj grupy // Problemy mashinostroenija i nadezhnosti mashin. 2008. №3. – P.100-106.
4. Mogilevich L.I., Popova A.A., Popov V.S. Dinamika vzaimodejstvija uprugoj cilindricheskoj obolochki s laminarnym potokom zhidkosti vnutri nee primenitel'no k truboprovodnomu transportu // Nauka i tehnika transporta. 2007. №2. – P. 64-72.
5. Mogilevich L.I., Popova A.A., Popov V.S. Dinamika vzaimodejstvija uprugoj cilindricheskoj obolochki s laminarnym potokom zhidkosti vnutri nee primenitel'no k truboprovodnomu transportu // Nauka i tehnika transporta. – 2009. – №4. – P. 60-72.