

УДК 534.231.2

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОУДАРА В ТРУБОПРОВОДНОЙ СИСТЕМЕ**Миронова Т.Б., Прокофьев А.Б.Самарский университет, г. Самара, Россия, [mironova.tb@ssau.ru](mailto:mironova.tb@ssau.ru)*Ключевые слова: гидроудар, трубопроводная система, численное моделирование.*

Работа посвящена разработке конечно-элементной модели гидроудара в трубопроводной системе, учитывающей движение жидкости и воздействие волн давления на стенки трубопровода при гидроударе с использованием программного пакета Ansys Workbench.

Объектом исследования является трубопровод, состоящий из двух прямых участков и колена под углом 90 градусов. Исследование гидроудара в трубопроводной системе проводилось в программном комплексе Ansys Workbench с использованием двух модулей. В FluidFlow (Fluent) был произведен расчет в виде волн давления от жидкости для определения давления и скорости. Для определения воздействия волн давления на стенку трубопровода использовался модуль Transient Structural. На первом этапе работы была построена геометрическая модели трубопровода в программном пакете КОМПАС-3D. Далее геометрическая модель трубопровода была импортирована из программы КОМПАС – 3D в Ansys Workbench (рис.1). После импорта модель была разбита регулярной сеткой конечных элементов (рис.2). В Ansys Workbench FluidFlow (Fluent) был произведен первый этап расчета, когда жидкость вытекает из трубопровода не встречая препятствий. На втором этапе расчета на выходе из трубопровода была смоделирована ситуация мгновенного закрытия задвижки для создания гидроудара. Для моделирования мгновенного закрытия задвижки на выходе из трубопровода была поставлена стенка.

Граничные условия для расчета: давление на вход в трубопровод равно  $101325$  Па и скорость потока  $1$  м/с. Для механической подсистемы трубопровода были заданы следующие параметры: материал трубопровода – Сталь 10; плотность материала –  $7856$  кг/м<sup>3</sup>; модуль упругости –  $2,1$  МПа; коэффициент Пуассона –  $0,26$ . Торцы трубы на входе и выходе закреплены жесткой заделкой, ограничение степени свободы по оси Y для внешней стенки трубы.

Для гидравлической подсистемы трубопровода были заданы следующие параметры: рабочая жидкость – вода, плотность жидкости  $1000$  кг/м<sup>3</sup>, скорость звука в жидкости  $1450$  м/с, модель турбулентности k-epsilon, жидкость сжимаемая, давление на входе в трубопровод на начальном этапе времени равно  $101325$  Па, полное давление  $7000$  Па.

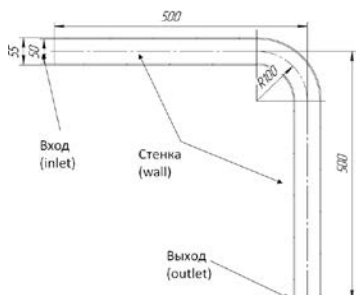


Рис.1. Геометрическая модель трубопровода

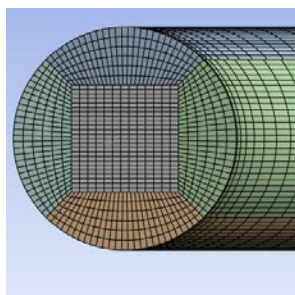


Рис.2. Разбиение трубопровода регулярной сеткой конечных элементов

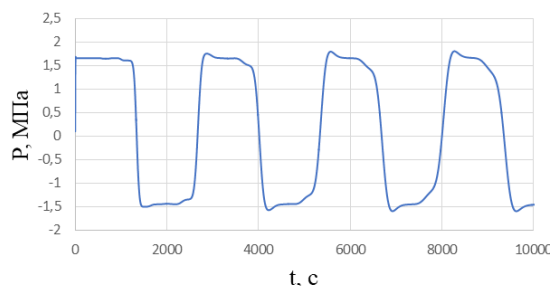


Рис.3. Временная реализация осреднённого давления в сечении выхода в трубопровод с шагом по времени (Time Step, S)  $10^{-6}$  с при скорости  $1$  м/с и давлении  $0,1$  МПа потока на выходе в трубопровод

Для переноса полей давления из Ansys Workbench FluidFlow (Fluent) в Ansys Workbench Transient и определения воздействия от данных полей давления на стенки трубопровода использовалось Ansys расширение ACT Transient load Mapping (рис. 4).

Далее в Ansys Workbench Transient был проведен расчет виброакустического взаимодействия полей давления жидкости импортированных из Ansys Workbench FluidFlow (Fluent) на стенки трубопровода при гидроударе в программном пакете Ansys Workbench Transient. Результаты расчета в виде суммарного виброперемещения трубопровода под действием волны давления при гидроударе представлены на рис.5.

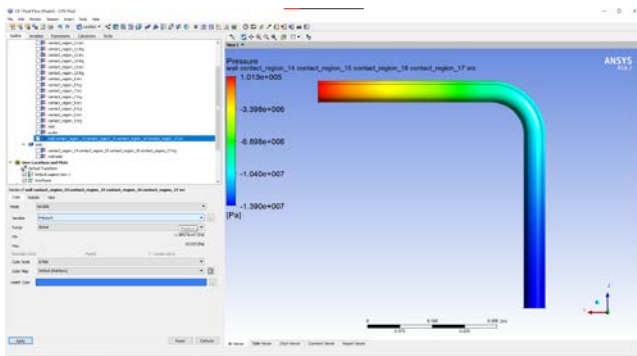


Рис.4. Передача полей давления жидкости при гидроударе из Ansys Workbench FluidFlow (Fluent) с помощью расширения ACT Transient load Mapping

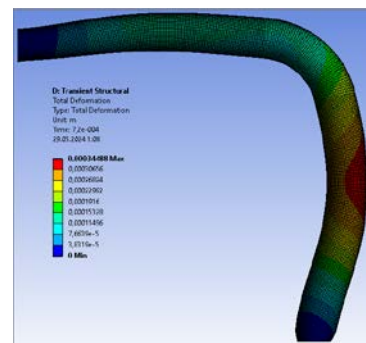


Рис.5. Суммарное виброперемещение трубопровода под действием волны давления при гидроударе на 24 временном шаге

Разработанная математическая модель, позволяет рассчитывать не только поведение жидкости в процессе гидроудара, но и вибрацию стенок трубы от волны давления, которая распространяется в трубопроводе в процессе гидроудара.

Результаты исследования были получены в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России (Проект №FSSS-2024-0015)

Сведения об авторах

Миронова Татьяна Борисовна, к.т.н., доцент. Область научных интересов: снижение шума и вибрации в технических системах различного назначения.

Прокофьев А.Б., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой теории двигателей летательных аппаратов им. В.П. Лукачева. Область научных интересов: динамика и регулирование пневмогидросистем.

## NUMERICAL MODELING OF WATER HAMMER IN A PIPELINE SYSTEM

Mironova T.B., Prokofiev A.B.

Samara University, Samara, Russia, [mironova.tb@ssau.ru](mailto:mironova.tb@ssau.ru)

*Keywords: water hammer, pipeline system, numerical modeling.*

The finite element technique of numerical modeling of water hammer in a pipeline system was developed. The finite element model of water hammer in a pipeline system taking into account the movement of liquid and the impact of pressure fields on the walls of the pipeline. The finite element model was developed in Ansys Workbench software using two modules Ansys Workbench FluidFlow (Fluent) for the movement of liquid and Ansys Transient Structural to interaction of pressure fields of water hammer and the pipeline system walls. Pressure fields from Ansys Workbench FluidFlow (Fluent) were transferred to Ansys Workbench Transient by the Ansys ACT Transient load Mapping extension. The calculation results of the total vibration displacement of the pipeline walls under pressure fields were obtained.