

## ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПУЛЬСАЦИЙ ДАВЛЕНИЯ В ОТСАСЫВАЮЩЕЙ ТРУБЕ ВЫСОКОНАПОРНОЙ ГИДРОТУРБИНЫ

Колесниченко А. В.,

научный руководитель канд. техн. наук Дектерев А.А.

*Сибирский федеральный университет*

### Аннотация

В статье представлено исследование численного моделирования течения жидкости в отсасывающей трубе модельного стенда Саяно-Шушенской ГЭС.

### Введение

Необходимость исследования течения жидкости за рабочим колесом в отсасывающей трубе была обусловлена появлением нежелательных пульсаций давления, приводящих к усталостному разрушению конструкций турбины.

Расчет производился при помощи пакета программ sigmaFlow, разработанного ИТ СО РАН и кафедрой Теплофизики СФУ.

### Модель

Расчеты проводились для отсасывающей трубы стенда Саяно-Шушенской ГЭС. Изображение отсасывающей трубы представлено на рисунке 1.

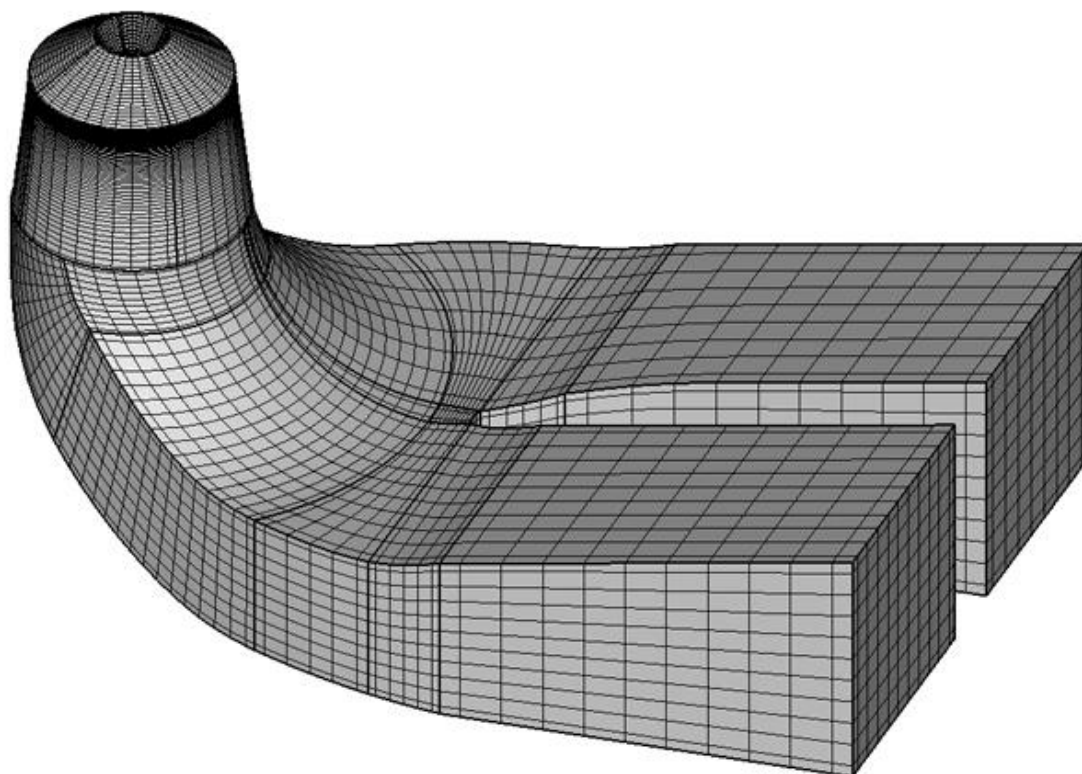


Рисунок 1 – Отсасывающая труба. Расчетная сетка 266 тыс. ячеек.

Для получения граничных условий на входе были взяты данные расчета течения во всем проточном тракте (спиральная камера, направляющий аппарат, рабочее колесо

и отсасывающая труба) при заданном динамическом напоре 21,4 м. Угол раствора конуса входа составлял 70 градусов.

Нестационарный расчет проводился по методу моделирования отсоединенных вихрей, основанному на ограничении турбулентной вязкости. Конвективные члены в уравнении сохранения импульса аппроксимировались по схеме Quick, а для турбулентных характеристик – Umist TVD. Связь полей скорости и давления осуществлялась посредством алгоритма SIMPLEC.

Пульсации давления фиксировались в точке на стенке конуса отсасывающей трубы, которая примерно соответствует положению датчика давления на стенде.

Для расчета использовались блочно-структурированные сетки с разной степенью детализации: 162, 266 и 1062 тыс. ячеек. Сетки были детализированы в конусе отсасывающей трубы и сгущены ко входу.

### Результаты

Для исследования влияния детализации сетки на конечные результаты был проведен расчет на сетках с разбиением: 69, 162 и 266 тыс. ячеек. Расчет проводился для режима раствора направляющих лопаток 24 мм (рисунок 2).

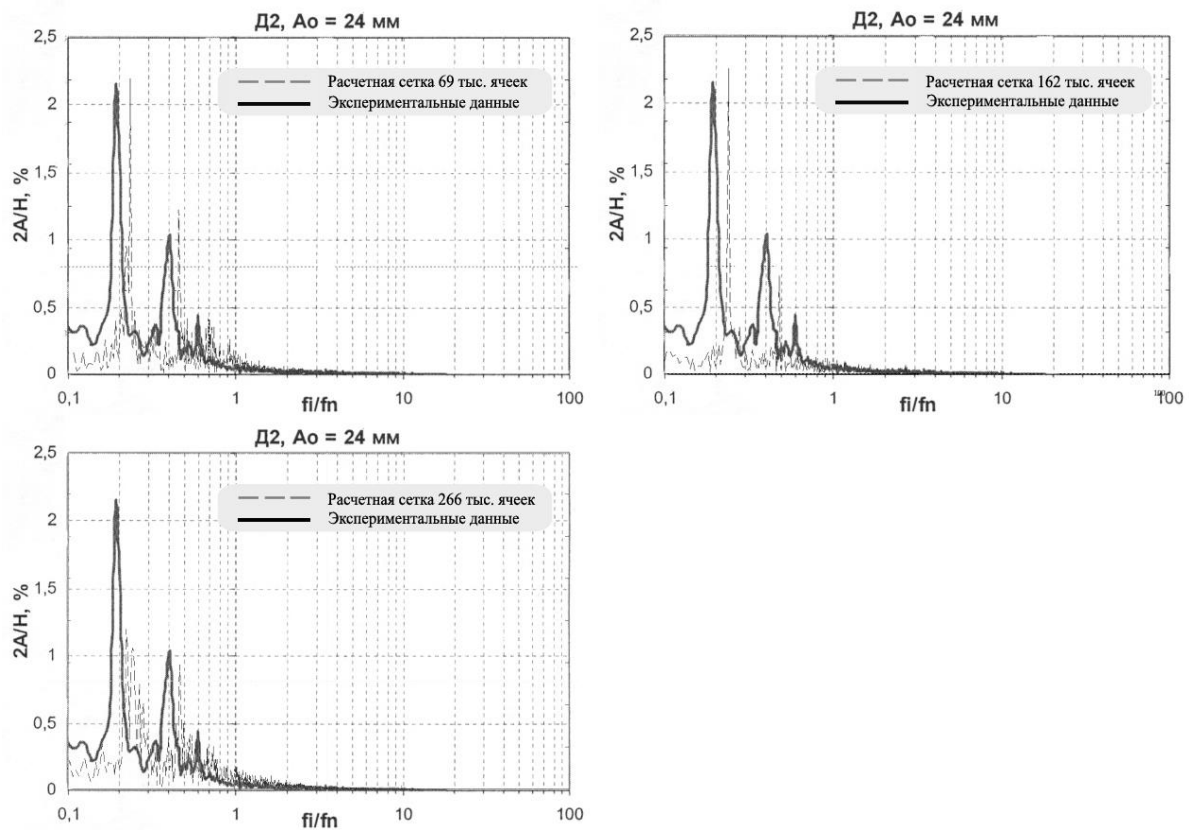


Рисунок 2 – Пульсации давления на стенке конуса отсасывающей трубы для различных расчетных сеток.

Как видно из рисунка, расчеты хорошо соотносятся с экспериментальными данными. Положение главных пиков расчетных данных немного сдвинуто в сторону увеличения частоты. Увеличение детализации не дает сдвига основных пиков. Для всех расчетных сеток они четко выделены и соответствуют экспериментальным.

Для дальнейшего исследования была выбрана сетка с наибольшей детализацией. Ниже представлены графики пульсаций давления для режимов раствора направляющих лопаток 14, 24 и 34 мм.

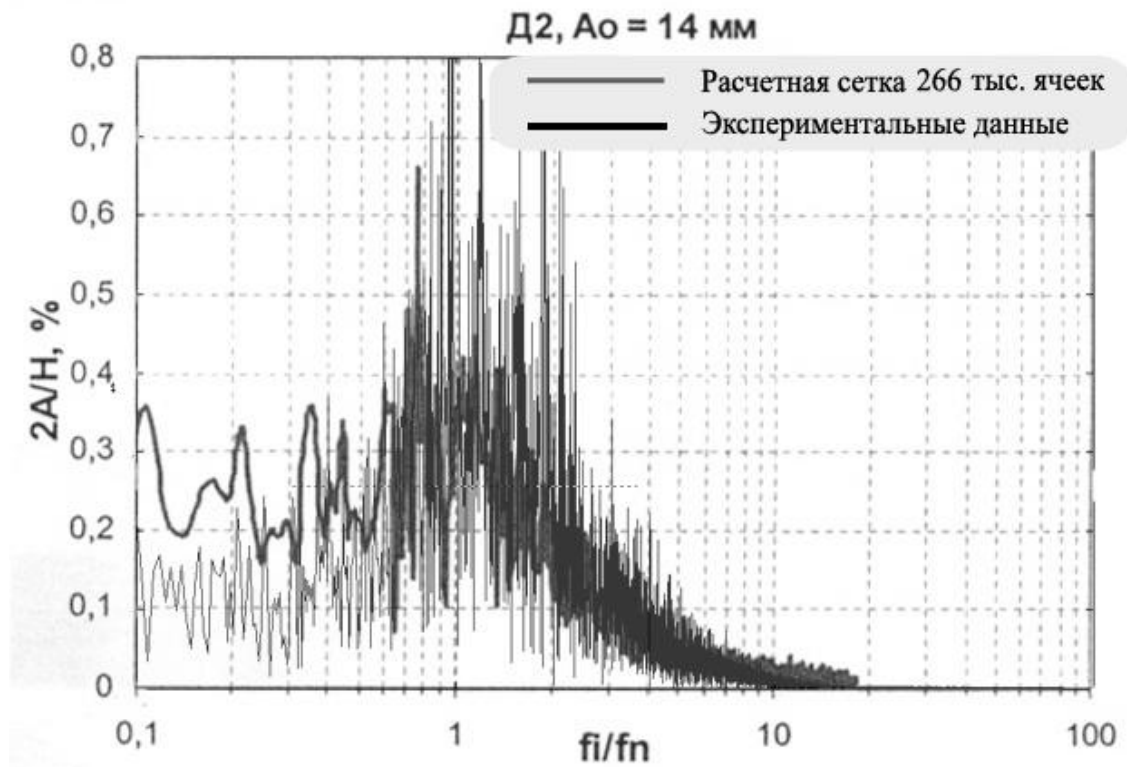


Рисунок 3 – Пульсации давления. Режим 14 мм.

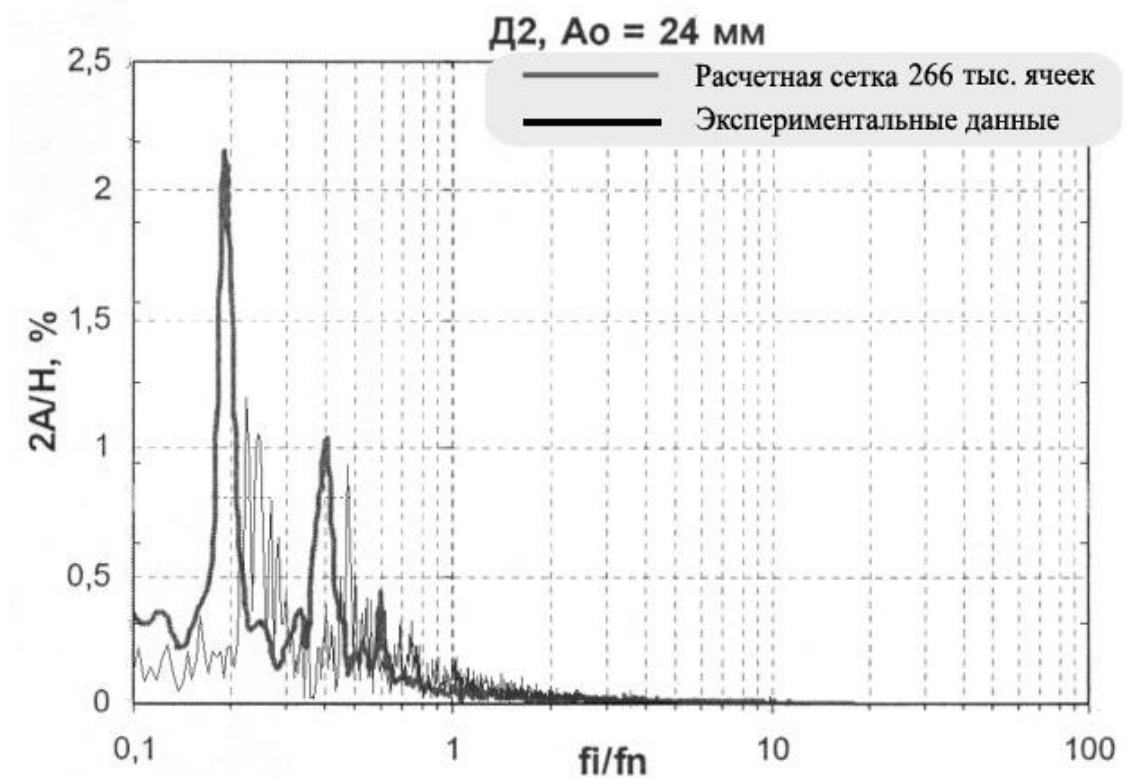


Рисунок 4 – Пульсации давления. Режим 24 мм.

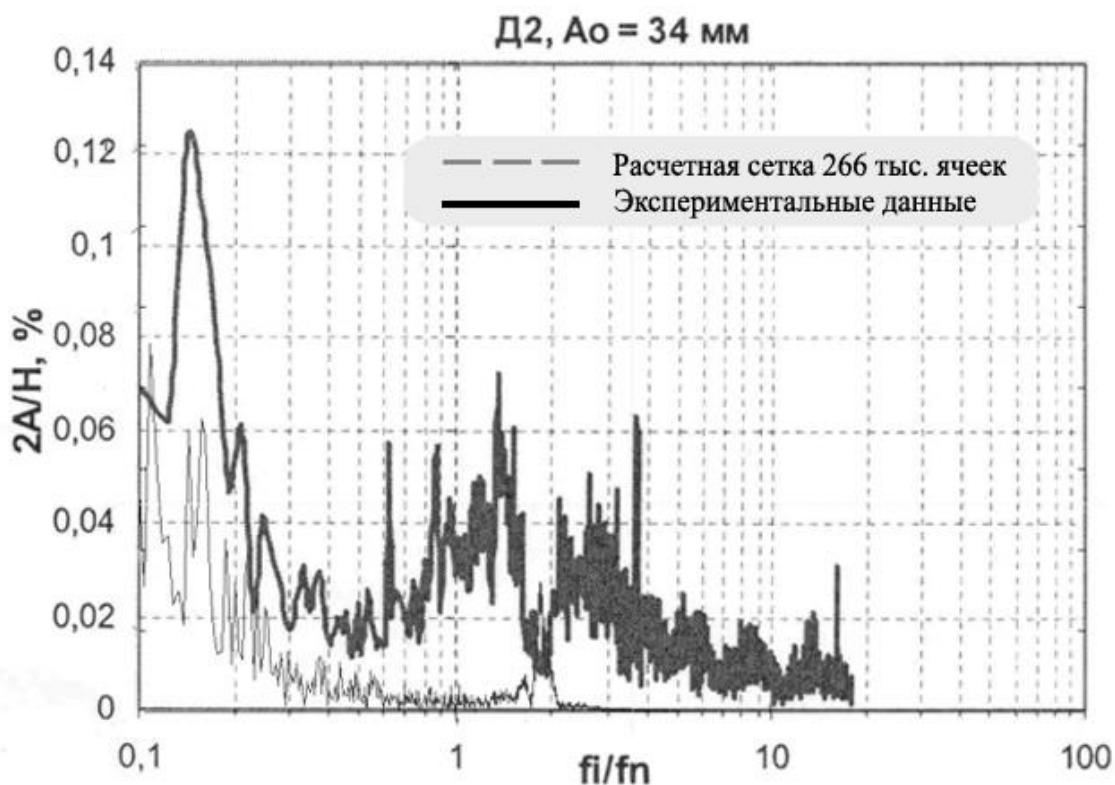


Рисунок 5 – Пульсации давления. Режим 34 мм.

Данные для режима 14 мм качественно соответствуют экспериментальным данным. Интенсивность пульсаций для эксперимента равна значению 10.4%, для расчетных данных эта величина равна 21%.

Для режима 24 мм положение пиков немного сдвинуто в сторону увеличения частоты. Интенсивность пульсаций для эксперимента – 7.3%, для расчетных данных – 6.9%.

Данные для режима 34 мм качественно соответствуют экспериментальным данным. Интенсивность пульсаций для эксперимента – 1.8%, для расчетных данных – 3.6%.

#### Заключение

Данное исследование показывает, что расчетные данные хорошо описывают частоту и интенсивность пульсаций и могут применяться в дальнейшем.