

Исследование и применение методов численного моделирования в среде OpenFOAM для решения задач гидроэнергетики на базе высокопроизводительного кластера ДГТУ.

д.т.н., профессор В. Б. Мелехин, Х. Б. Магомедов

**Дагестанский Государственный Технический
Университет**



ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



Направления исследований в рамках программы «Университетский кластер»:

- Исследования в области высокопроизводительных вычислений для решения различных прикладных задач.
- Создание и развитие информационной инфраструктуры вуза на базе кластерных вычислительных технологий.
- Реализация образовательных проектов с использованием технологий «облачных» вычислений.



Руководитель:

Ректор ГОУ ВПО «ДГТУ»

Исмаилов Тагир Абдурашидович, д.т.н., профессор.

Контактная информация:

Телефон: +7 (8722) 62-37-61.

E-mail: dstu@dstu.ru

На территории Республики Дагестан введено в эксплуатацию 7 гидроэлектростанций и 4 малых ГЭС общей установленной мощностью 1381,9 МВт. Объем вырабатываемой электроэнергии в средний по водности год составляет 3600 млн кВт*ч электроэнергии.

1. Чиюртская ГЭС-1
2. Чиюртская ГЭС-2
3. Бавтугайская МГЭС
4. Миатлинская ГЭС
5. Чиркейская ГЭС
6. Гергебильская ГЭС
7. Ахтынская МГЭС
8. Курушская МГЭС
9. Гунибская ГЭС
10. Агульская МГЭС
11. Гельбахская ГЭС
12. Магинская ГЭС

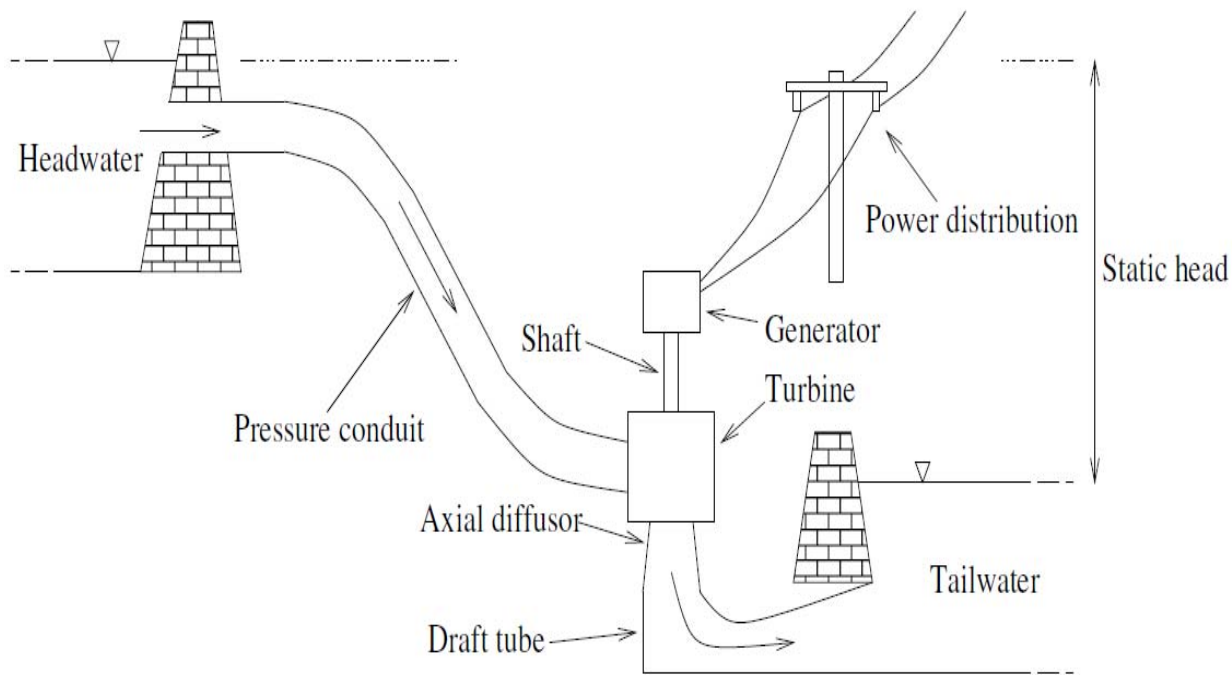
13. Тантарийская ГЭС
14. Инхойская ГЭС
15. Ботлихская ГЭС
16. Цумадинская ГЭС
17. Агвалинская ГЭС
18. Советская-2 ГЭС
19. Советская-1 ГЭС
20. Аварская ГЭС
21. Курминская ГЭС
22. Магарская ГЭС
23. Ахтынская ГЭС-2
24. Усучайская ГЭС
25. Ахтычайская ГЭС
26. Смугульская ГЭС



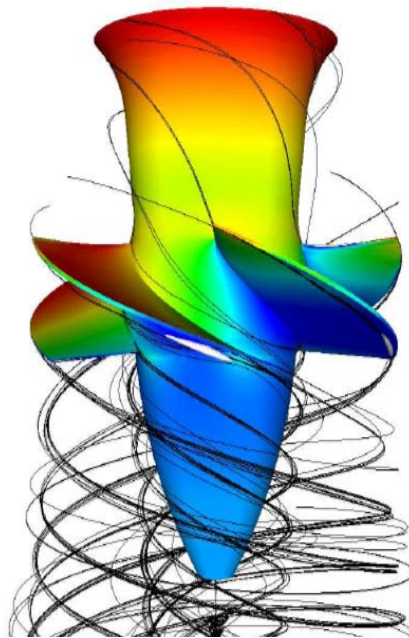
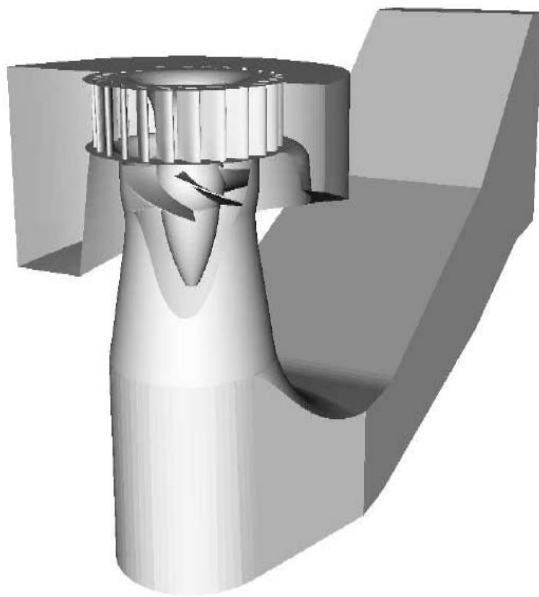
Преимущества OpenFOAM

- Стоимость исследований
- Свободное ПО
- Функционал пакета и его развитие
- Сообщество пользователей

Применение OpenFOAM для решения задач гидротехники



Моделирование потоков в турбине.
Сравнение результатов с CFX
Визуализация результатов



Стандартная k-ε модель
турбулентности

SimpleFoam

Стационарные, несжимаемые
турбулентные потоки
неньютоновских жидкостей.
Simple алгоритм

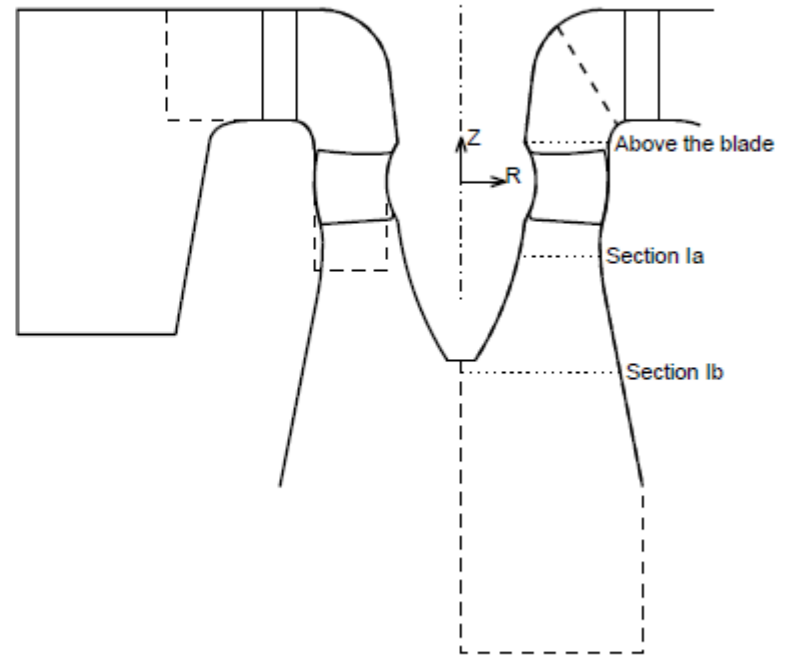
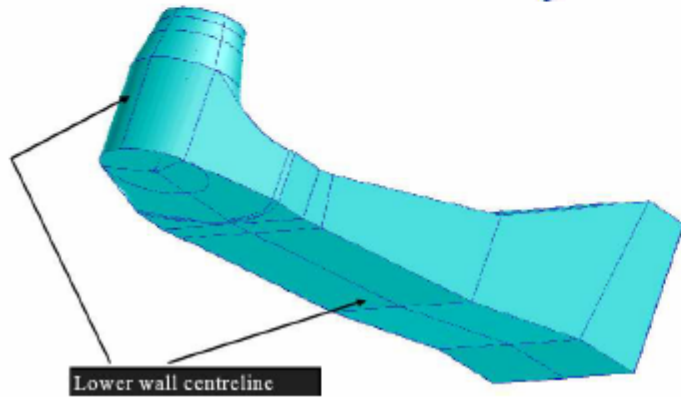
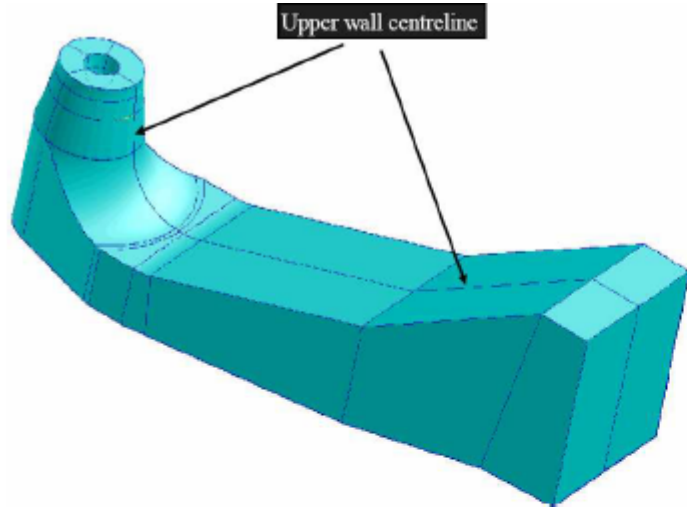
TurboFoam

Нестационарные,
несжимаемые турбулентные
потоки неньютоновских
жидкостей. PISO алгоритм

icoDyMFoam

Смещение, сдвиг сетки

Геометрия и области расчета



Validation of engineering quantities, definitions

Normalization factor (dynamic pressure at Ia):

$$P_{dyn,Ia} = \rho Q^2 / (2A_{Ia}^2)$$

The pressure coefficient

$$C_p = \frac{P}{P_{dyn,Ia}}$$

The mean pressure recovery

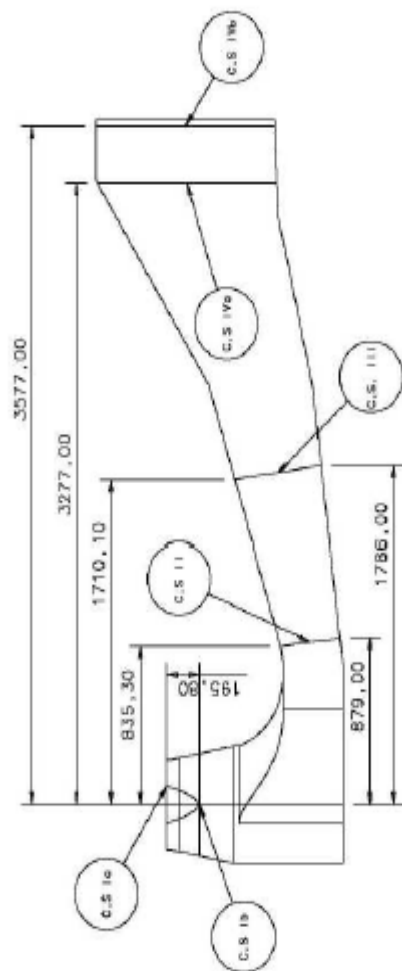
$$C_{prm} = \frac{\frac{1}{A_{CS}} \int \int_{A_{CS}} P dA - \frac{1}{A_{Ia}} \int \int_{A_{Ia}} P dA}{P_{dyn,Ia}}$$

The energy loss coefficient

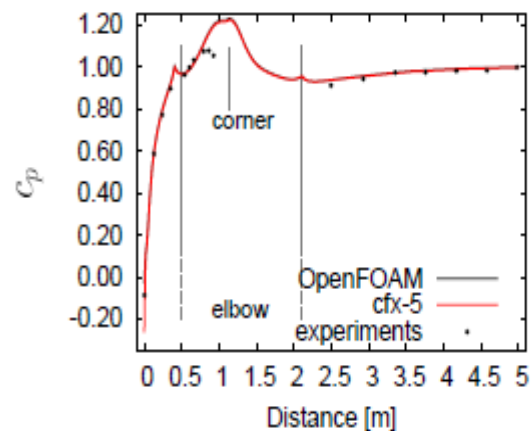
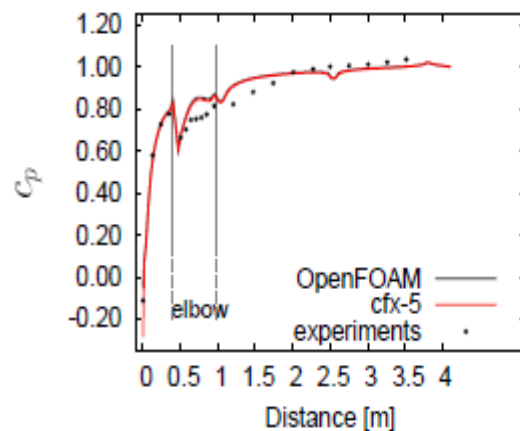
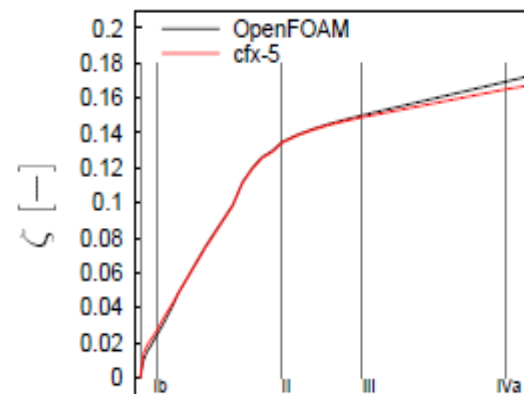
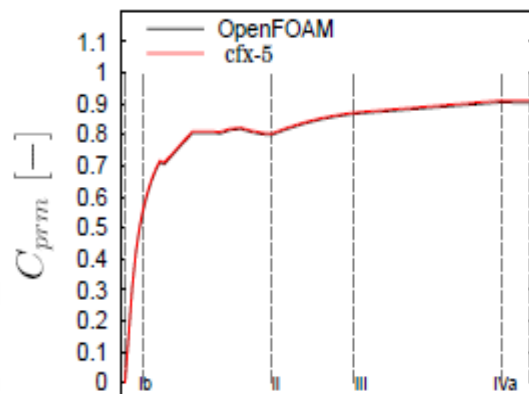
$$\zeta = \frac{\int \int_{A_{Ia}} \left(P + \rho \frac{\vec{U}^2}{2} \right) \vec{U} \cdot \hat{n} dA - \int \int_{A_{CS}} \left(P + \rho \frac{\vec{U}^2}{2} \right) \vec{U} \cdot \hat{n} dA}{\left| \int \int_{A_{Ia}} \rho \frac{\vec{U}^2}{2} \vec{U} \cdot \hat{n} dA \right|}$$

Результаты

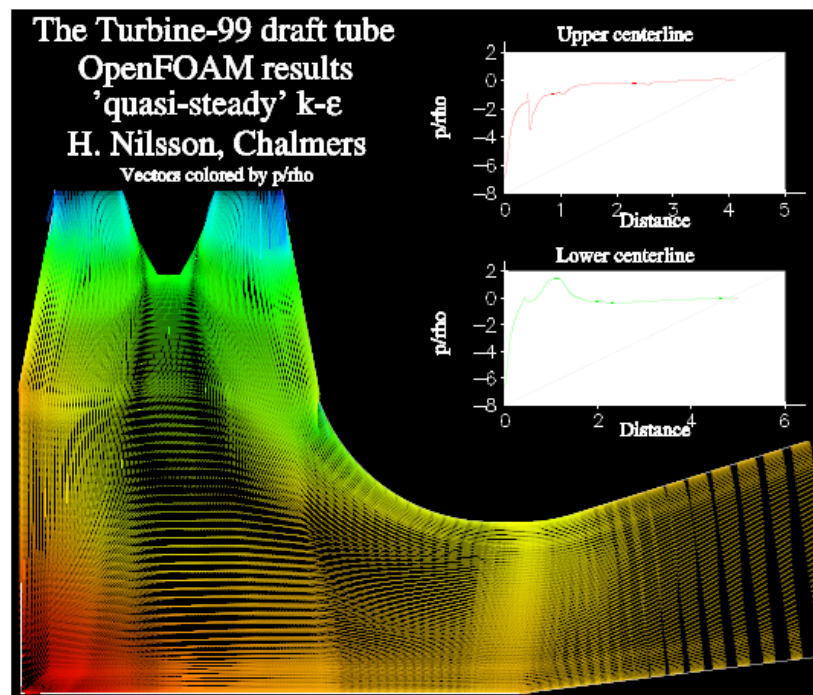
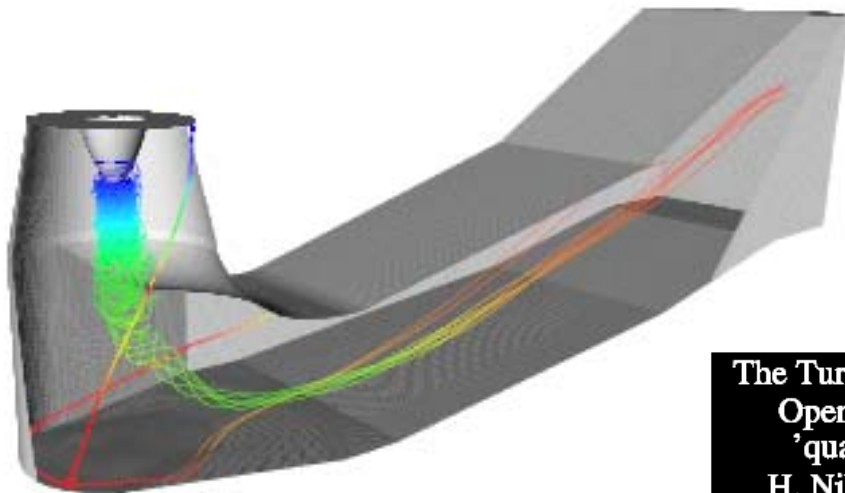
Validation of engineering quantities, results



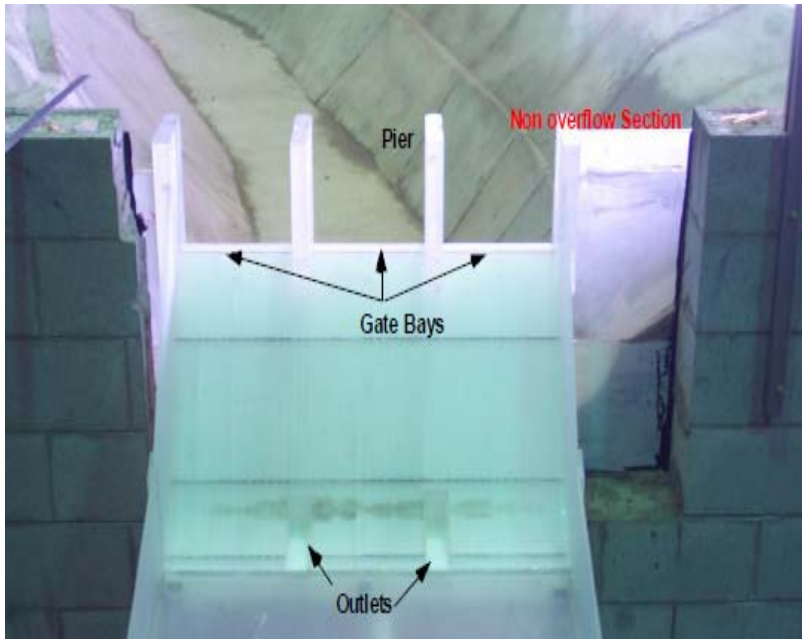
Quasi-steady draft tube computation



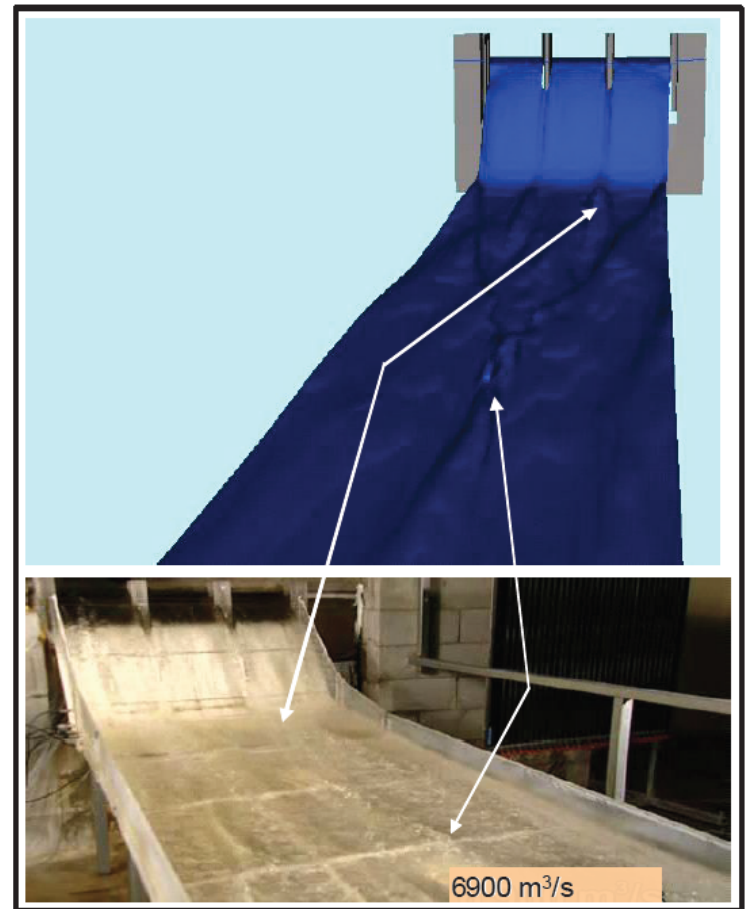
Визуализация результатов



Водосброс плотины на оз. Эйлдон, Австралия



$$F = \frac{V}{\sqrt{Lg}}$$



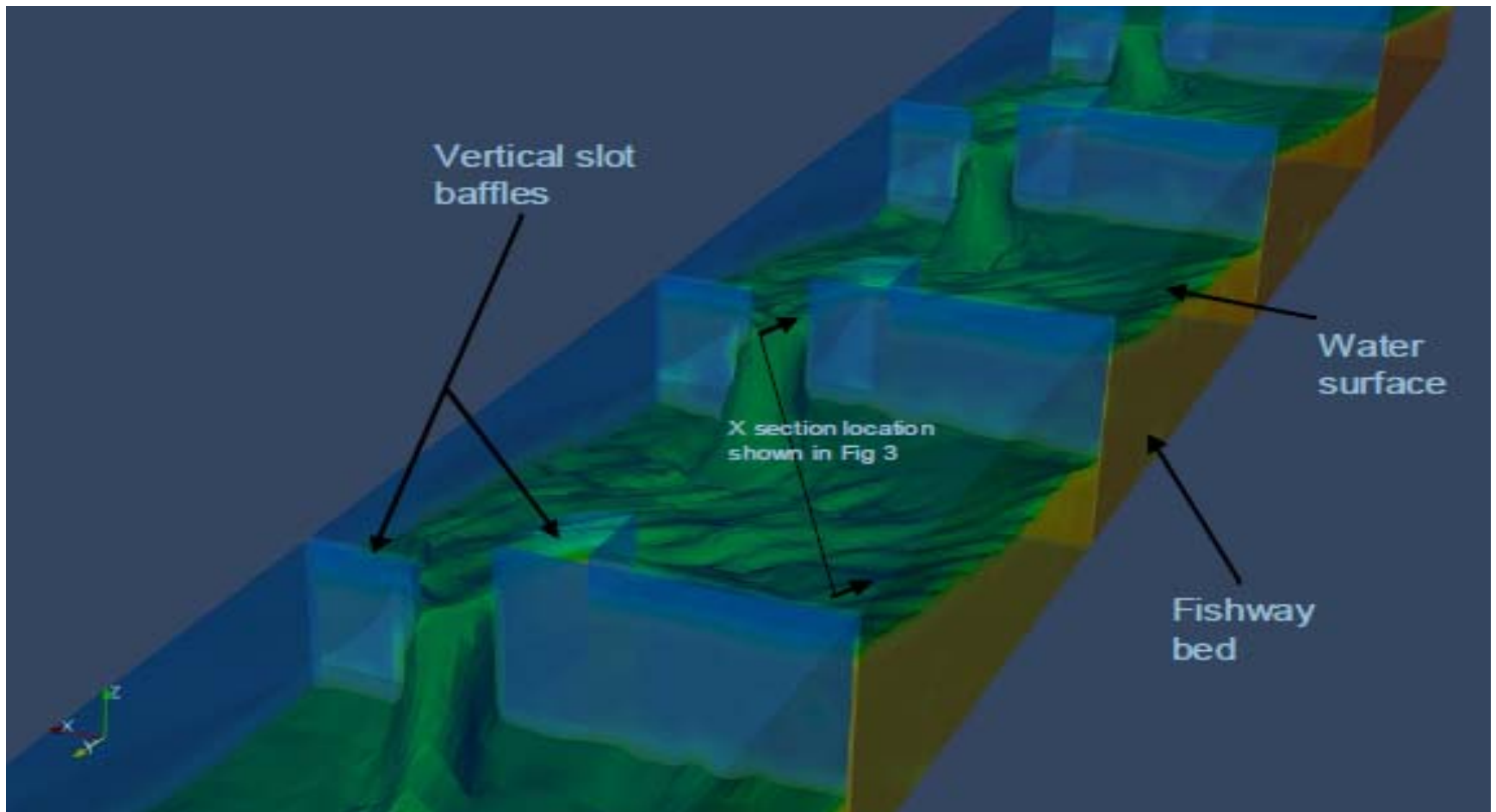
Оценка полученных результатов

Results

Table 1. Modelling results for flow up to 3398 m³/s

	Physical Model results			OpenFOAM	
	1954	2005	Relative errors	HW elevation	Relative errors
Discharge (cumecs)	HW elevation (m AHD)	HW elevation (m AHD)		HW elevation (m AHD)	
1670.69	288.56	288.48	-1.41%	288.600	0.7%
1973.68	289.25	289.11	-2.22%	289.400	2.3%
2245.53	289.79	289.68	-1.60%	289.800	0.1%
2463.57	290.27	290.16	-1.50%	290.380	1.5%
2654.7	290.68	290.61	-0.90%	290.820	1.7%
3001.59	291.33	291.16	-2.04%	291.370	0.5%
3398.02	291.96	291.81	-1.67%	291.950	-0.1%
		average	-1.62%		0.95%

Моделирование открытого водосброса



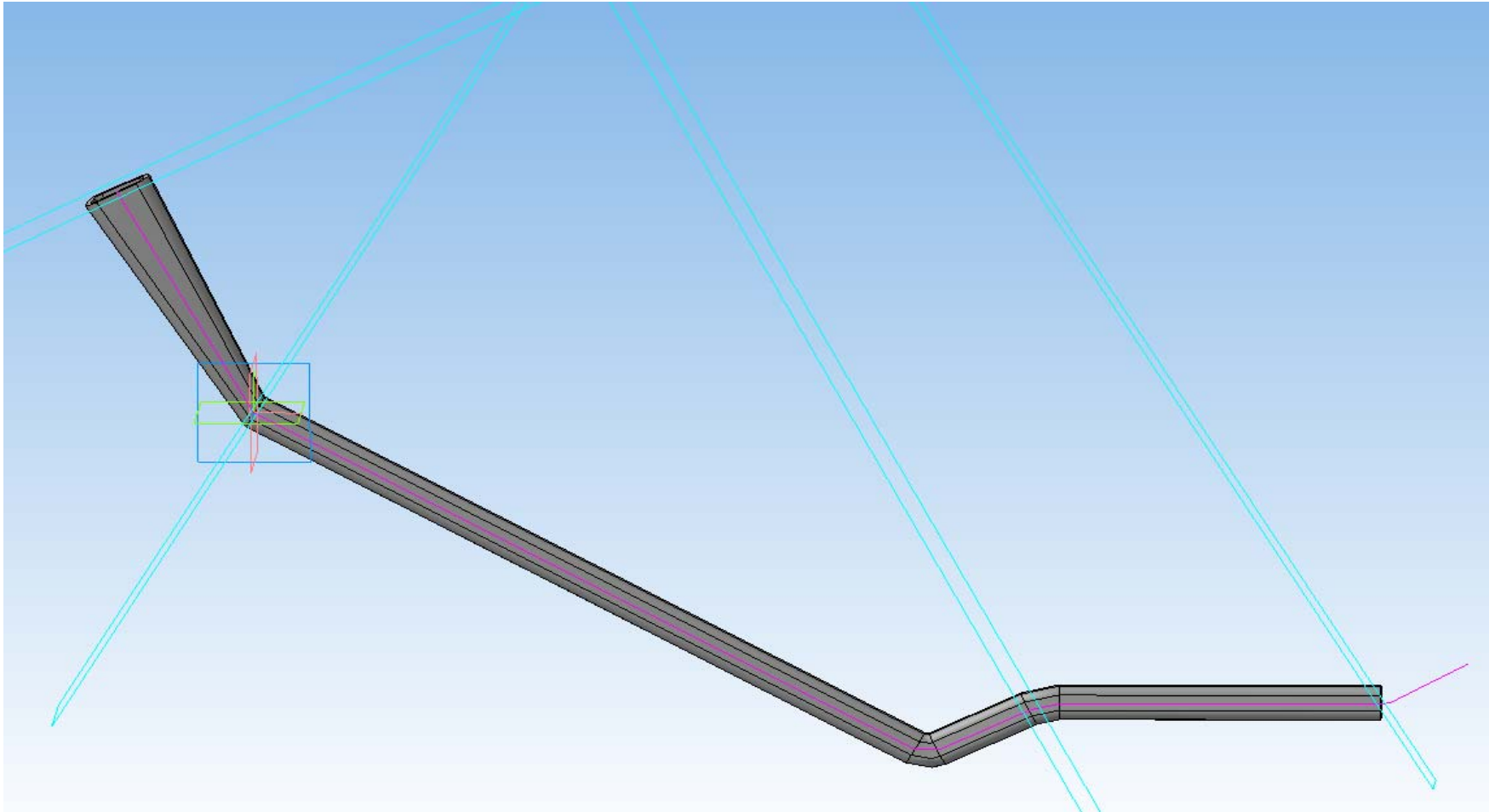
Применение OpenFOAM для исследования гидродинамических процессов в водосбросной трубе ГЭС



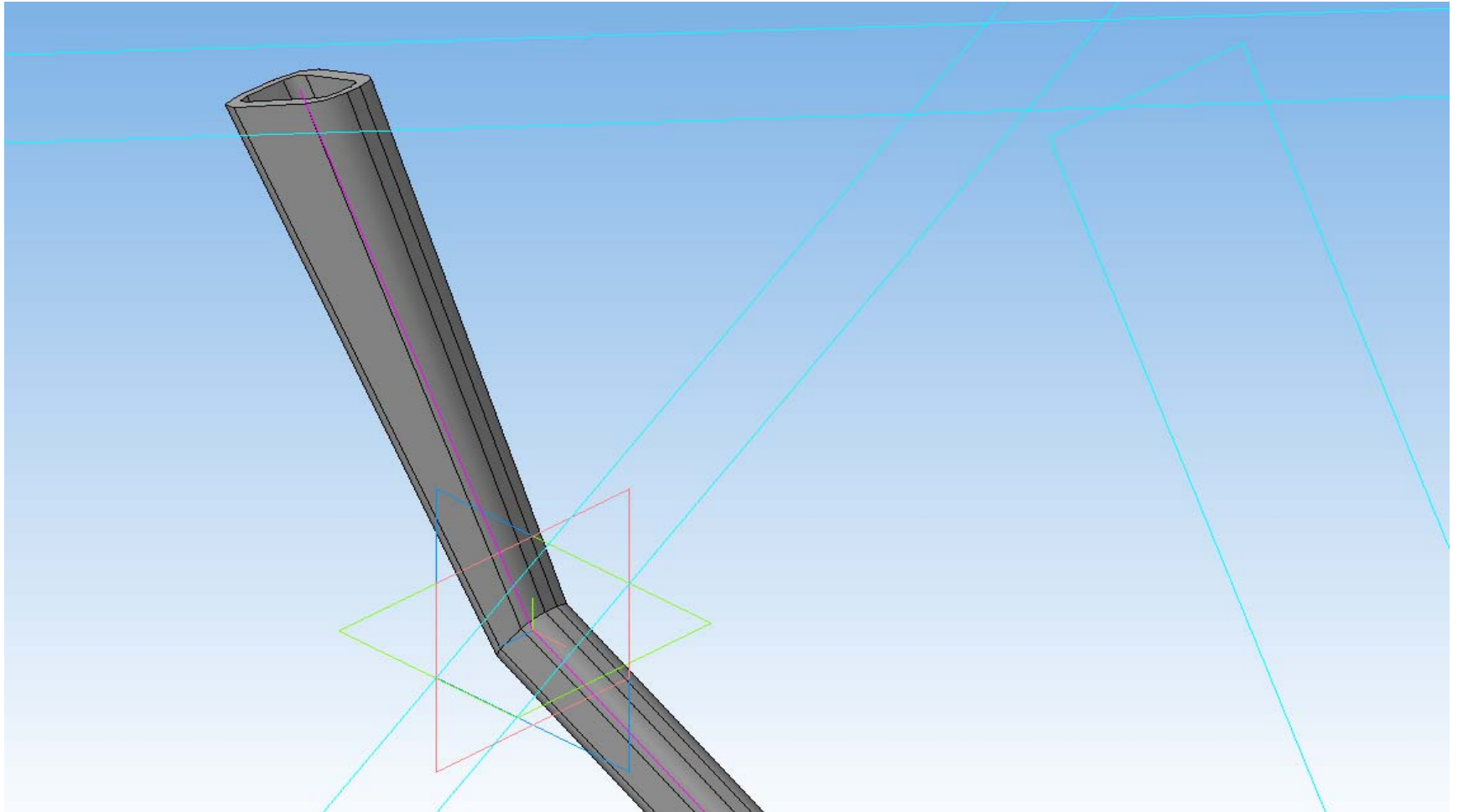
Задачи гидравлического расчета водосброса

- выявление характеристик потока (глубина, скорость) на сбросном участке с последующей проверкой возможности появления кавитации, самоаэрации, катящихся волн
- определение параметров конструкции гидротехнических сооружений

Геометрия участка водосброса



Геометрия участка водосброса







СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ