

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК КР**  
**ИНСТИТУТ МАШИНОВЕДЕНИЯ И АВТОМАТИКИ**  
**Лаборатория «Возобновляемые источники энергии»**

**Международная научно-практическая конференция «Наука, образование, инновации и технологии: оценки, проблемы, пути решения»**

**Доклад на тему:**

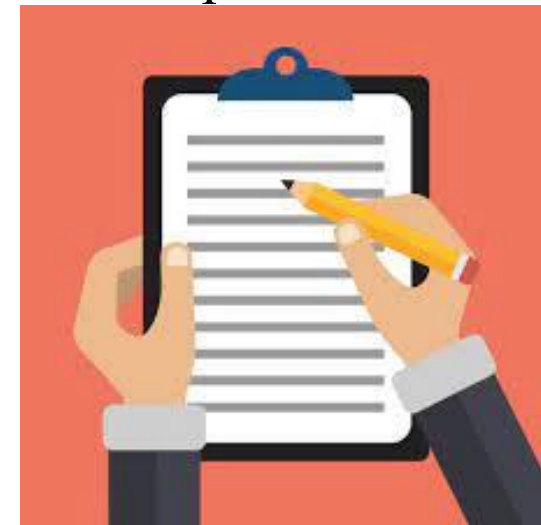
**«К ОДНОЙ ИЗ ЗАДАЧ РАЗРАБОТКИ ГРАВИТАЦИОННОЙ  
ВОДОВОРОТНОЙ МИКРОГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ»**

**к.т.н., доцент кафедры «ВИЭ»  
КГТУ им. И. Раззакова  
Медеров Т.Т.**

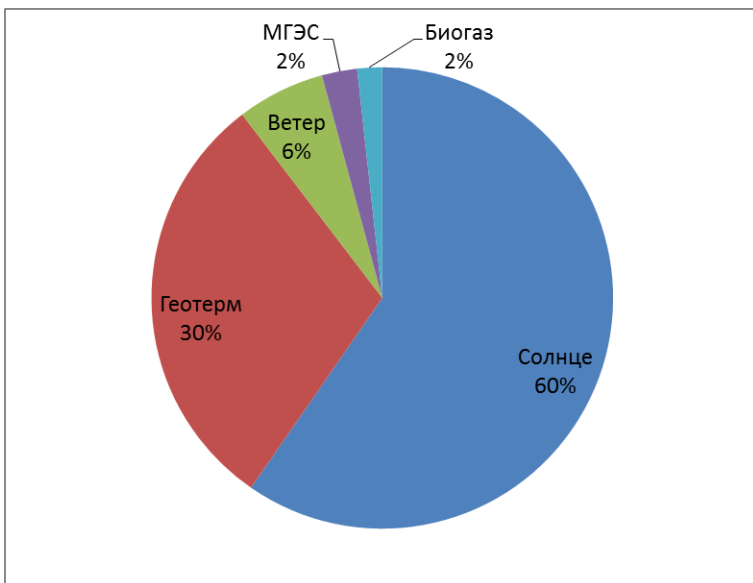
**Бишкек, 29 апреля 2022 г.**

## АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ:

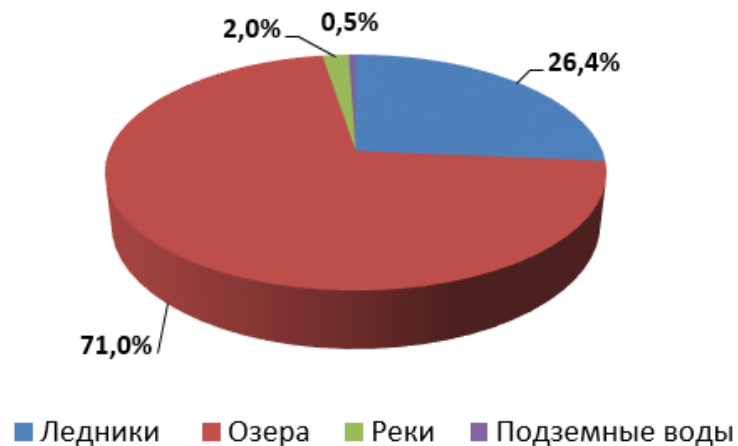
Кыргызская республика вырабатывает электрическую энергию преимущественно за счет ГЭС (около 95%), и обладает огромным гидроэнергетическим потенциалом, однако на сегодняшний день освоено всего десятая доля этого потенциала. Поэтому исследования в области технологии генерации за счет гидроэнергии являются весьма актуальными. В особенности за счет использования энергии **малых водотоков**, для электроснабжения автономных малоэнергоемких потребителей.



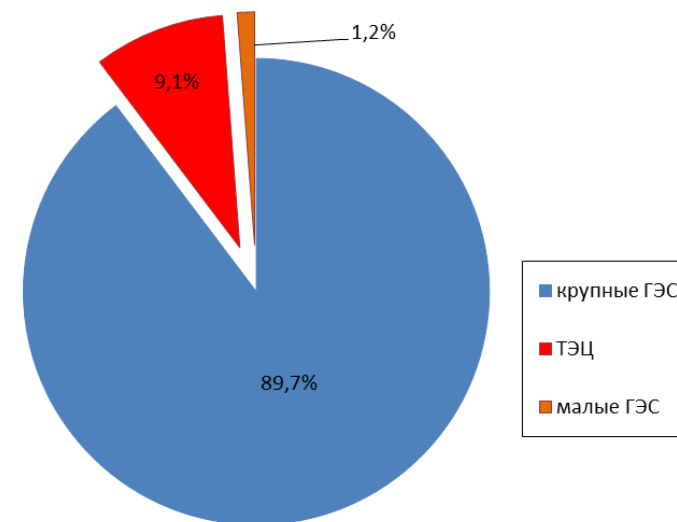
### Распределение потенциальных ресурсов ВИЭ



### Состояние водных ресурсов Кыргызской Республики



### Распределение энергии



**Цель:** провести сравнительный анализ конструкций гидротурбин, используемых в гравитационных водоворотных микро-гидроэлектростанциях (ГВВмГЭС). Разработка и обоснование модели гидротурбины и на её основе изучение особенностей взаимодействия водного потока с лопастями.

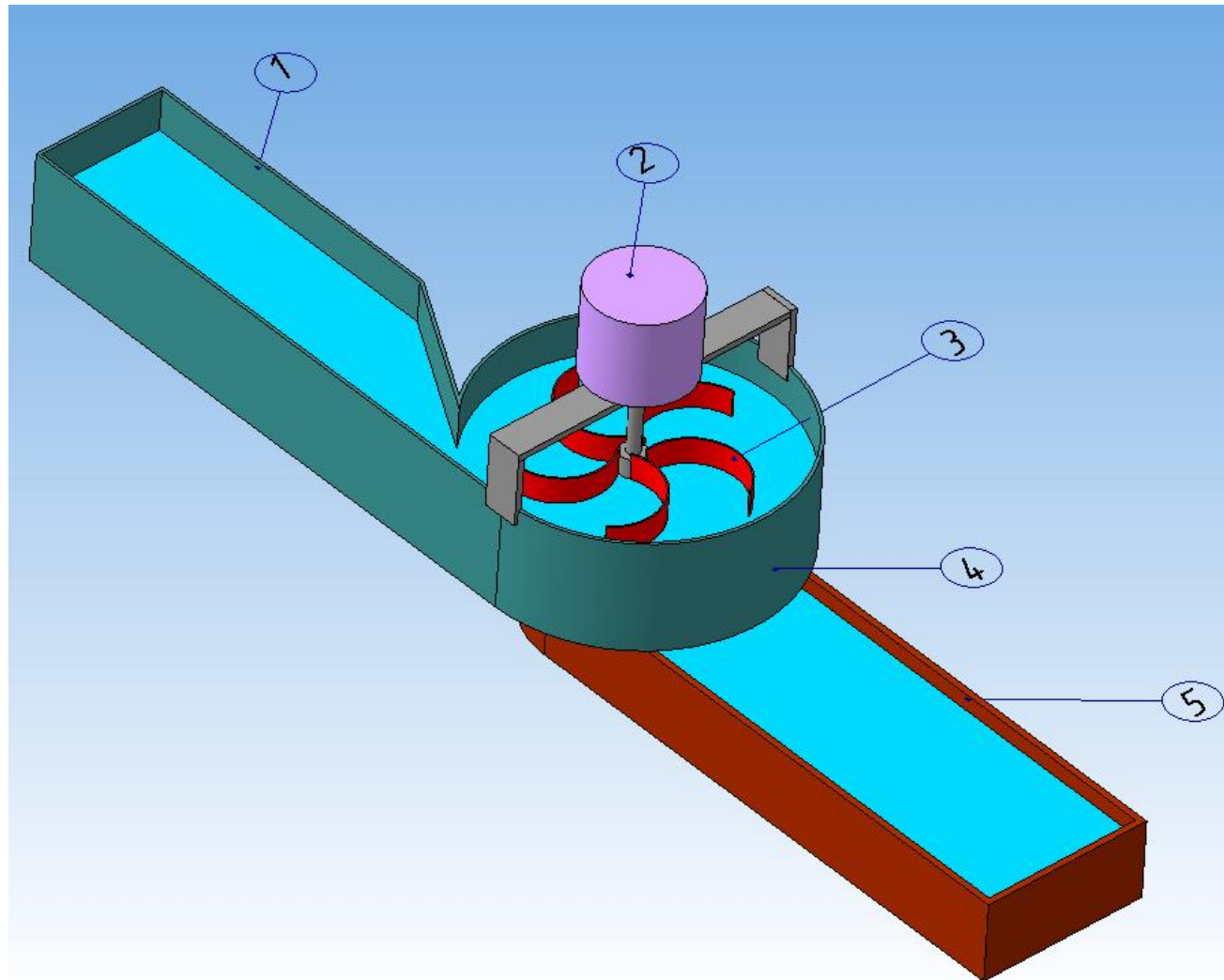


### Задачи:

- ✓ Ознакомление с концепцией ГВВмГЭС;
- ✓ Установление физических основ теории решеток;
- ✓ Проведение анализа существующих типов гидротурбин, применяемых в ГВВмГЭС;
- ✓ Разработка 3D моделей гидротурбин;
- ✓ Изучение кинематики потока в рабочем колесе;
- ✓ Моделирование течения жидкости в ГВВмГЭС с помощью программы KompasFlow.

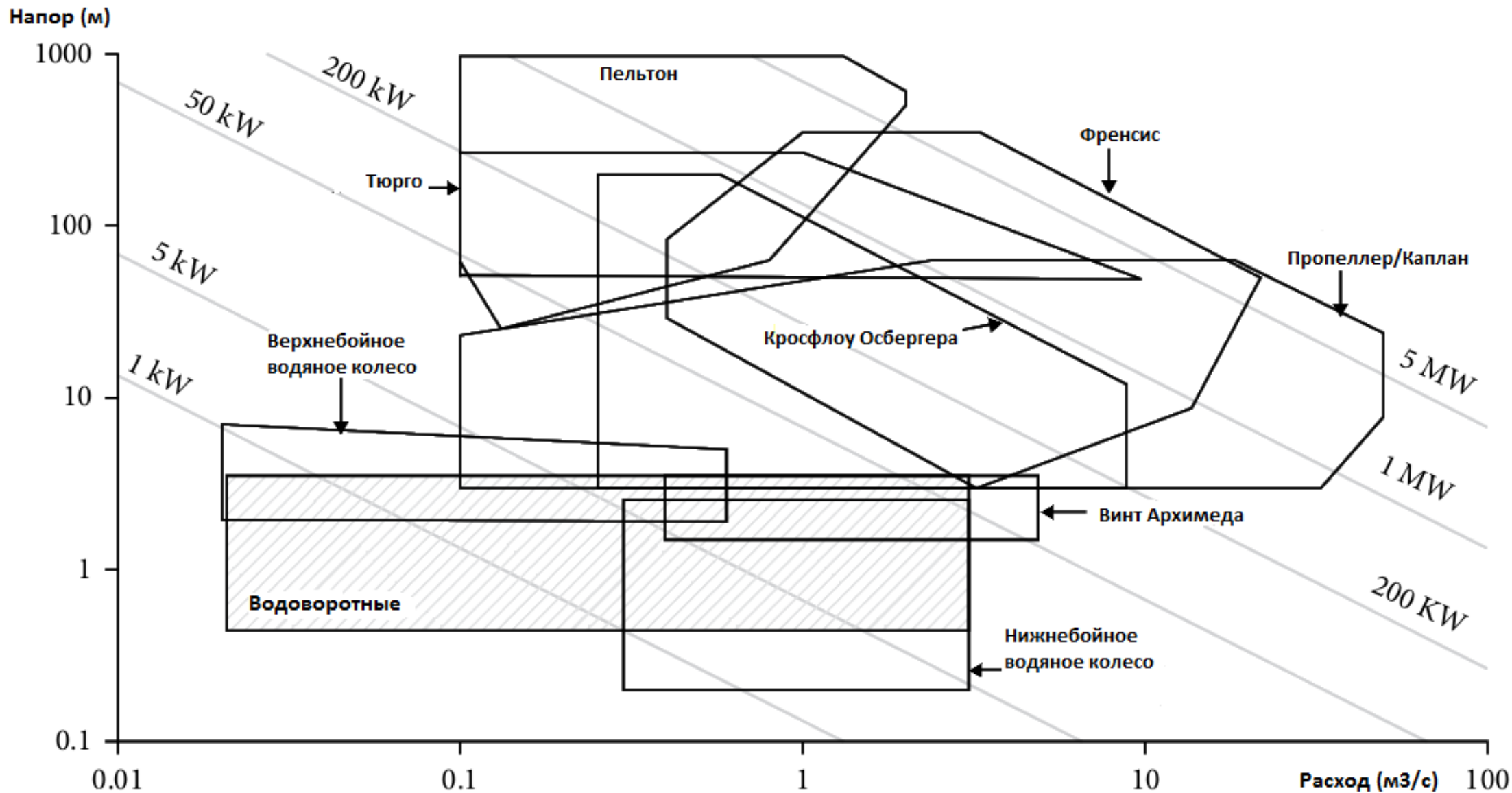


## ГРАВИТАЦИОННАЯ ВОДОВОРОТНАЯ МИКРОГЭС



*1 – подводящий канал; 2 – гидрогенератор; 3 – гидротурбина; 4 – круглый бассейн; 5 – отводящий канал.*

# Диапазон применения гидравлических турбин с указанием диапазона, охватываемого водоворотной турбиной



# Физические основы теории решеток гидротурбин

Уравнение движения вязкой несжимаемой жидкости для плоской задачи в проекциях по осям координат:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dv_x}{dt} &= F_x - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \left( \frac{\partial^2 v_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2} \right) \\ \frac{dv_y}{dt} &= F_y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \nu \left( \frac{\partial^2 v_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v_y}{\partial x^2} \right) \end{aligned} \right\} \text{уравнение Навье – Стокса}$$

Механическая удельная энергия, получаемая в турбинной решетке:

$$P_T = \rho \frac{\omega}{2\pi} (\Gamma_2 - \Gamma_1)$$

Гидравлическая мощность на валу рабочего колеса:

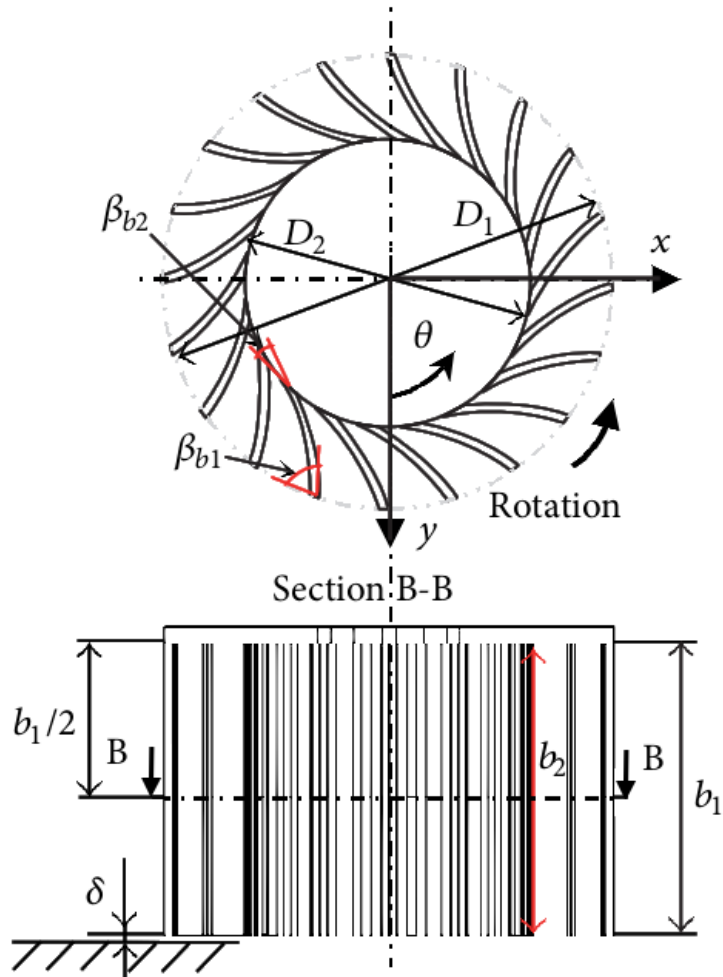
$$N_\Gamma = \bar{P}_T Q = \bar{P} Q \eta = \frac{\rho Q \omega (\bar{\Gamma}_1 - \bar{\Gamma}_2)}{2\pi}$$

Момент на валу гидротурбины:

$$M = \frac{\rho Q}{2\pi} (\bar{\Gamma}_1 - \bar{\Gamma}_2)$$

# Анализ типов гидротурбин, применяемых для водоворотных микроГЭС

## Рабочее колесо центробежной формы



Максимальная экспериментально определенная КПД 35,4%.

## Гидротурбины без и с углом по вертикали

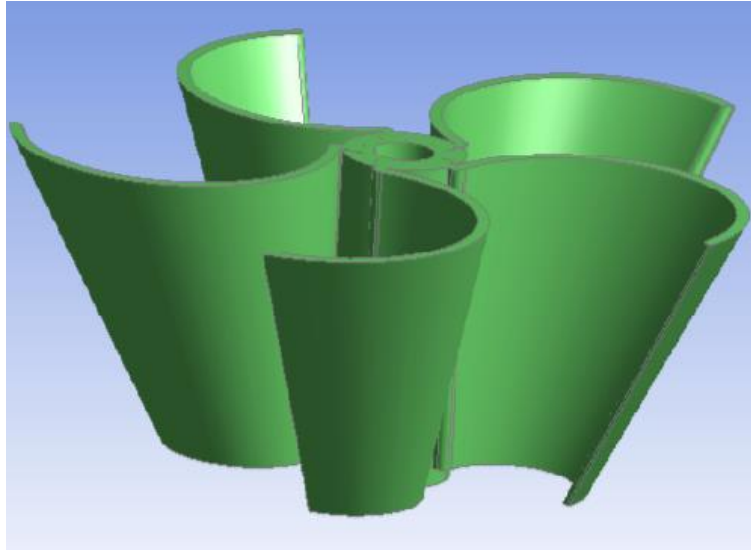


Угол входа составляет  $105^\circ$  от горизонтальной линии, а угол выхода изгибается на  $140^\circ$  от горизонтальной линии. Максимальная экспериментально определенная КПД первой гидротурбины составила приблизительно 29,02%, а второй гидротурбины 48,57%.



## Гидротурбины Цотлётонера

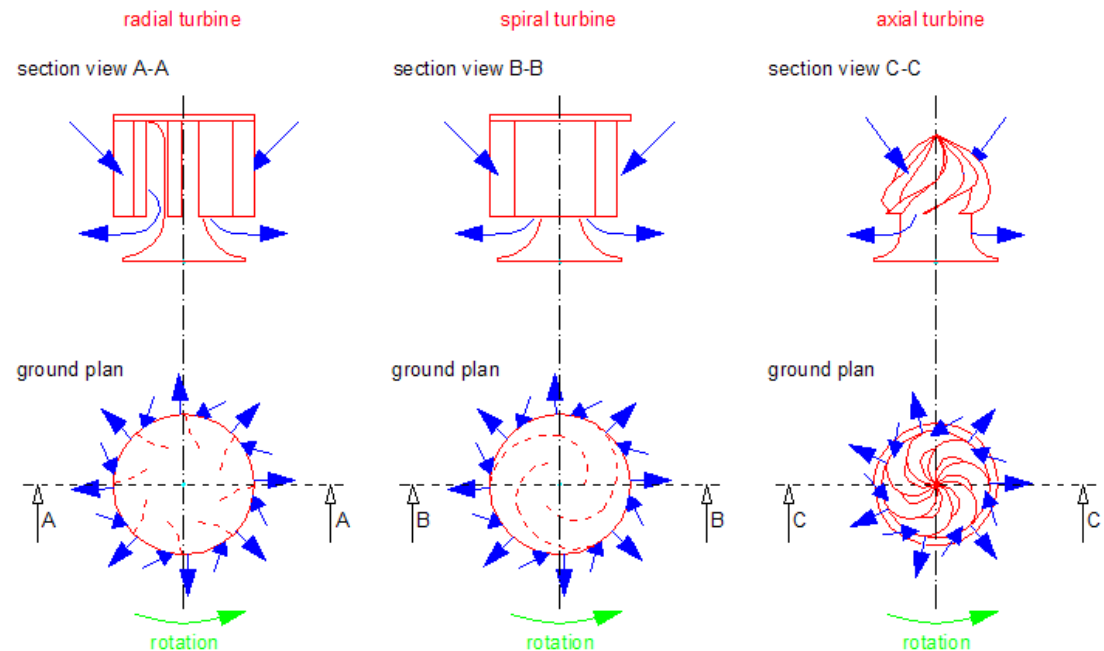
С конфигурацией  
обратного конуса



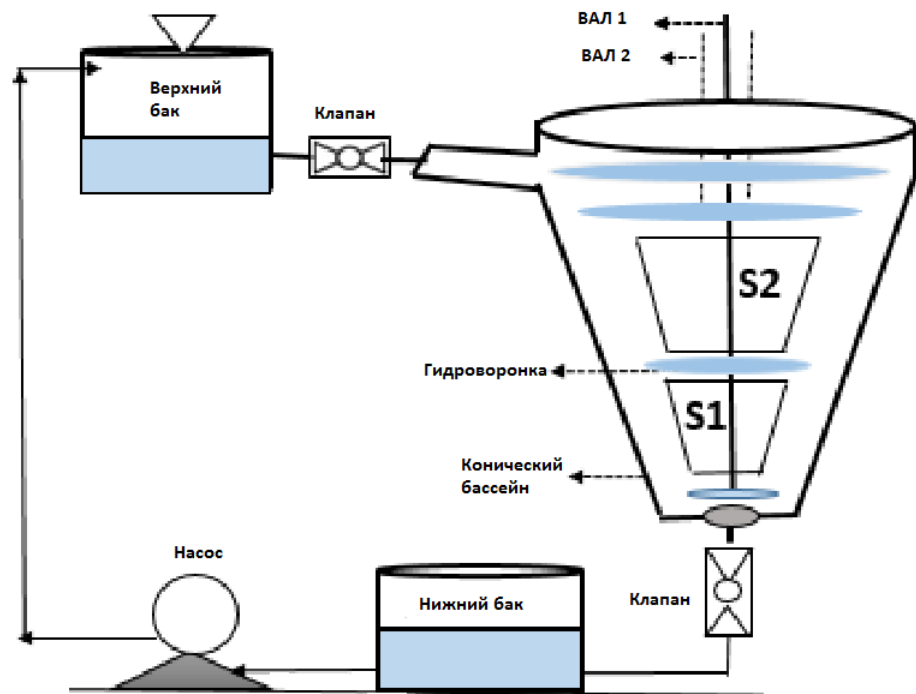
Максимальный КПД 52,64%.



Во всех конструкциях гидротурбин Цотлётонера предлагает простую и прочную концепцию гидротурбины, которая обеспечивает до 80% КПД гидротурбины при малых напорах от 0,7 до 3 м. Диапазон мощности составляет от 0,2 до 500 кВт.



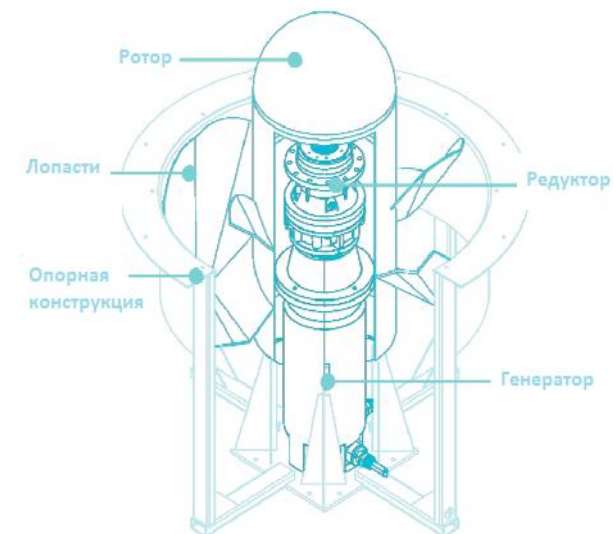
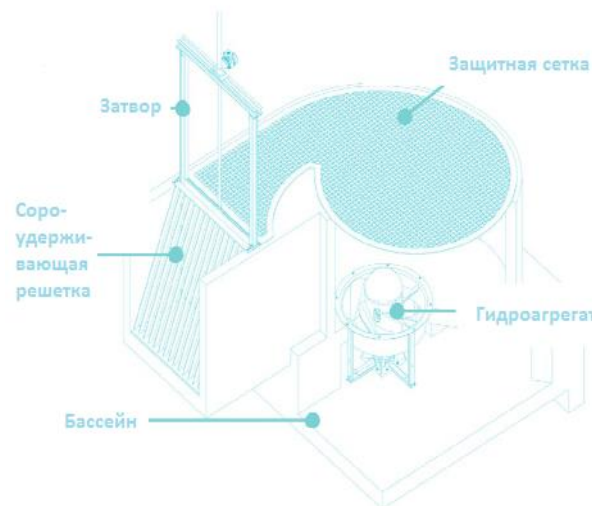
## Двухступенчатая водоворотная гидротурбина



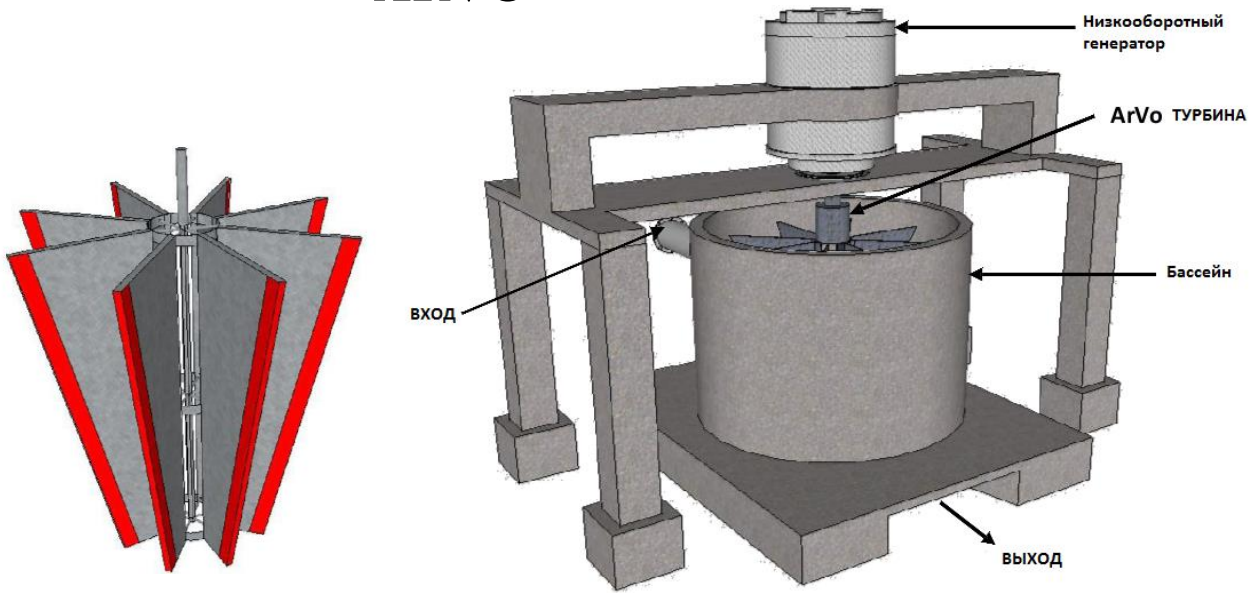
Установка состоит из двух рабочих колес, каждое из которых имеет 4 лопасти, и собственный вал расположенный один в другом с точки зрения независимой выработки энергии.

## Водоворотный гидроагрегат Turbulent

Оснащен погружным герметичным генератором. Выпускаются на мощности от 5 до 70 кВт, на напоры от 1 до 4.5 м, при расходах воды от 0.7 до 4 м<sup>3</sup>/с.



## Водоворотная гидротурбина ARVO

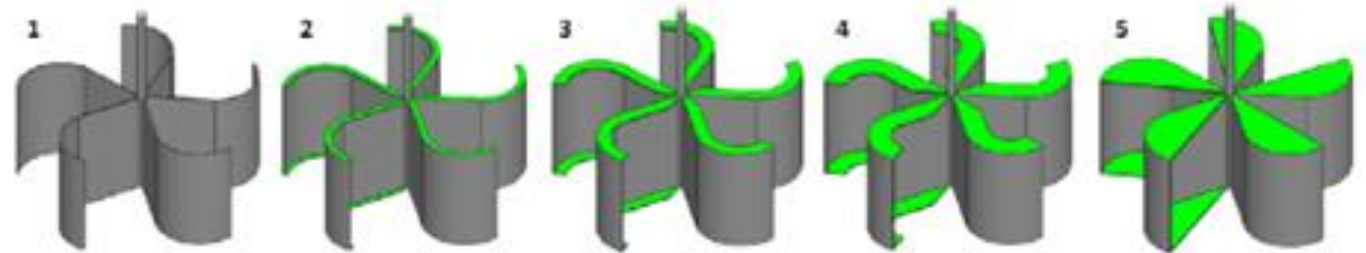


Рабочее колесо имеет конические лопасти высотой 1 м, равномерно расположенных по окружности. Форма перевернутого конуса, приводит к увеличению активной площади лопаток турбины, которая подвергается воздействию движущейся воды. Максимальная экспериментально определенная КПД установки составила 28%.

## Гидротурбин с перегородками

Рабочее колесо с 5-ю лопастями. На лопастях установлены перегородки. Использовано ВГД для того чтобы найти наиболее подходящие размеры и пропорции перегородок. Результаты показали, что рабочее колесо с 50% покрытием торцов лопастей перегородкой дает наиболее высокое значение момента в среднем на 10.25% больше, чем такое же рабочее колесо с 5-ю лопастями, но без перегородки.

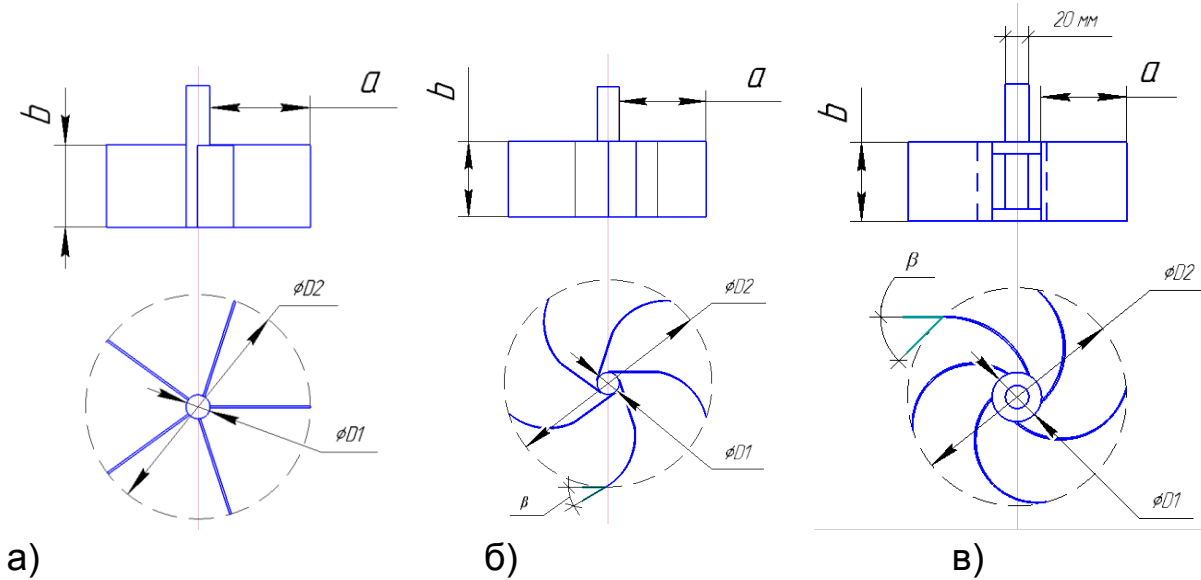
	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5
Момент [Нм]	1.53	5.28	8.71	7.26	4.55
Пропции перегородок (%)	0	25	50	75	100



# Чертеж и 3D модель осевой водоворотной гидротурбины

Таблица 1 – Основные параметры моделей гидротурбин

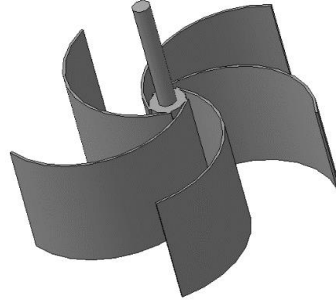
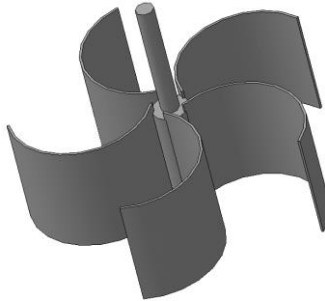
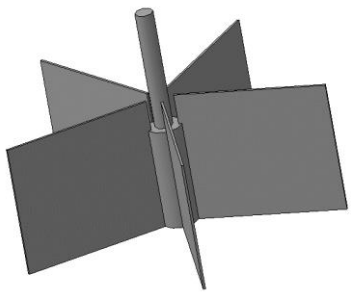
	Модель 1	Модель 2	Модель 3
Внутренний диаметр, D1	20 мм	20 мм	30 мм
Внешний диаметр, D2	300 мм	300 мм	300 мм
Длина лопасти, а	140 мм	140 мм	135 мм
Высота лопасти, b	120 мм	120 мм	120 мм
Толщина лопасти, d	2,5 мм	2,5 мм	2,5 мм
Радиус изгиба лопасти, R	-	65 мм	65 мм
Угол входа, $\beta$	-	30°	45°
Количество			5



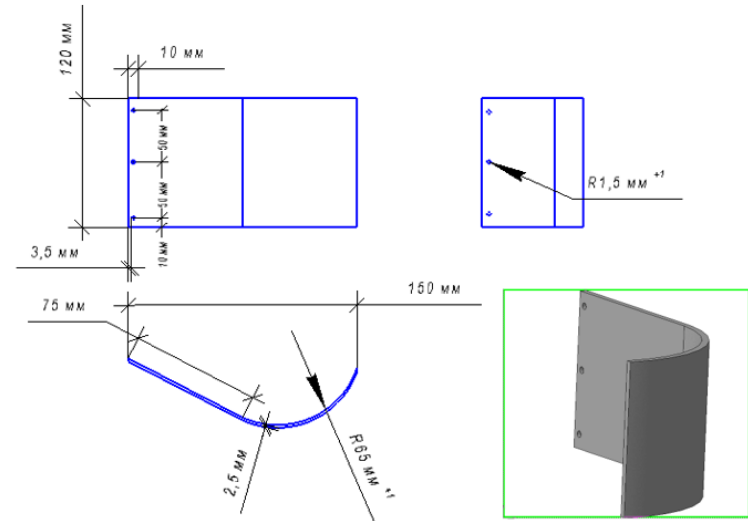
а)

б)

в)

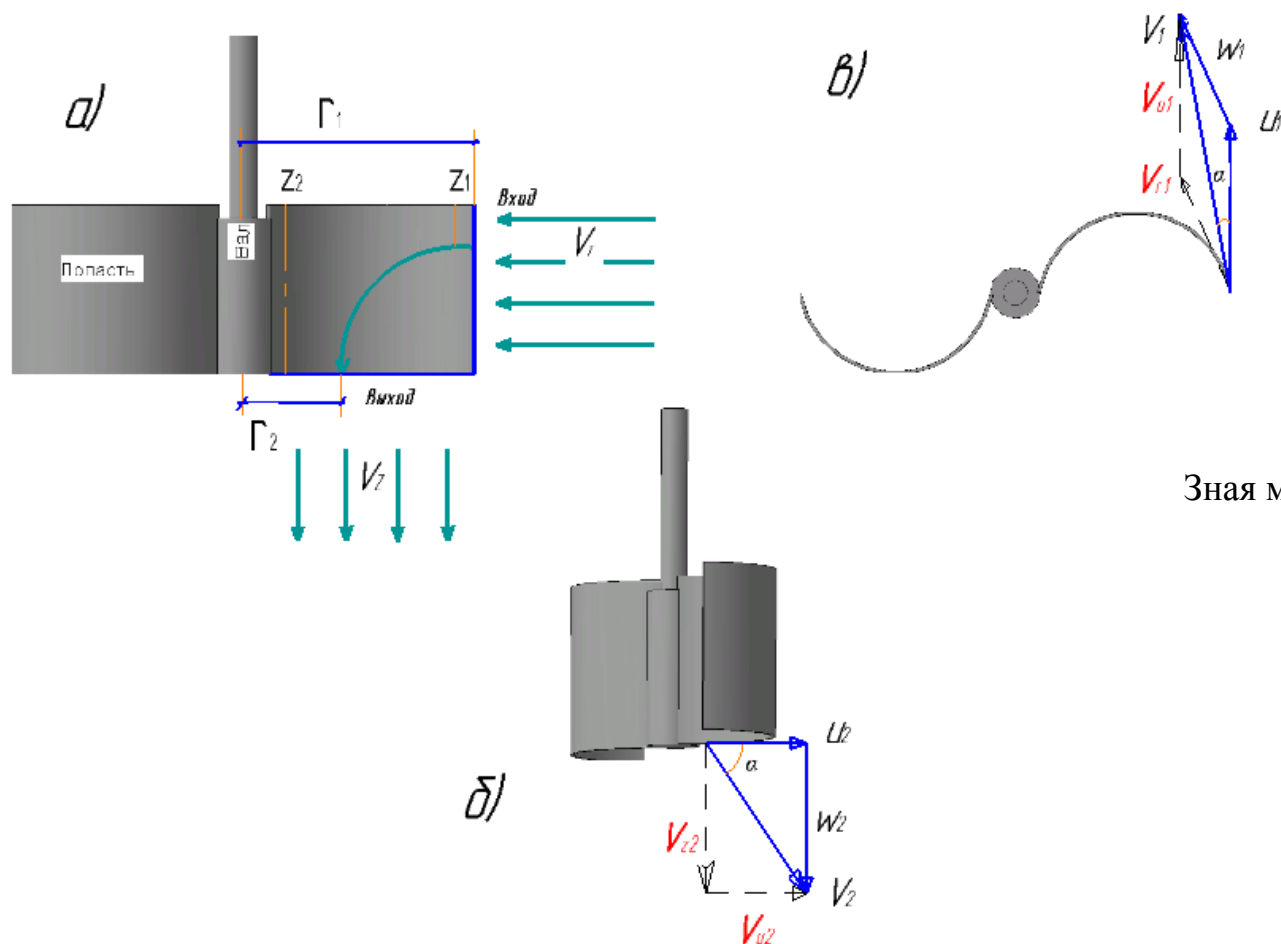


а) плоской лопастью; б) цилиндрической лопастью; в) цилиндрической лопастью с зазором



Геометрические параметры лопасти

# Кинематика потока в рабочем колесе гравитационной водоворотной микроГЭС



Треугольники скоростей, построенные на лопасти водоворотной гидротурбины

Окружная скорость  $u_1$  определяется формулой:

$$u_1 = \frac{2\pi r_1 n}{60}$$

Абсолютная скорость на входе в рабочее колесо :

$$v_1 = V_{u1} + V_{r1}$$

$$V_{u1} = V_0 \cos \alpha; \quad V_{r1} = \frac{Q}{2\pi r_1 b}$$

Относительная скорость:

$$\vec{w}_1 = \vec{v}_1 - \vec{u}_1;$$

Зная момент и задавая угловую скорость рабочего колеса, можно определить:

$$N_{\text{рк}} = M\omega$$

$$M = \frac{\rho Q}{2\pi} (\bar{\Gamma}_1 - \bar{\Gamma}_2)$$

$$\Gamma_1 = 2\pi r_1 V_{1u}$$

$$\Gamma_2 = 2\pi r_2 V_{2u}$$

$$M = \rho Q (r_1 V_{1u} - r_2 V_{2u})$$

$$N_{\text{рк}} = \rho Q (r_1 V_{1u} - r_2 V_{2u}) \omega$$

$$u_1 = r_1 \omega$$

$$u_2 = r_2 \omega$$

$$Q_m = \rho Q$$

$$N_{\text{рк}} = Q_m (u_1 V_{1u} - u_2 V_{2u})$$

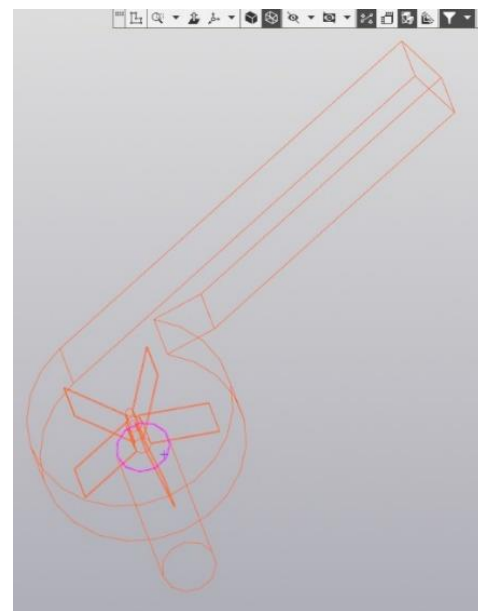
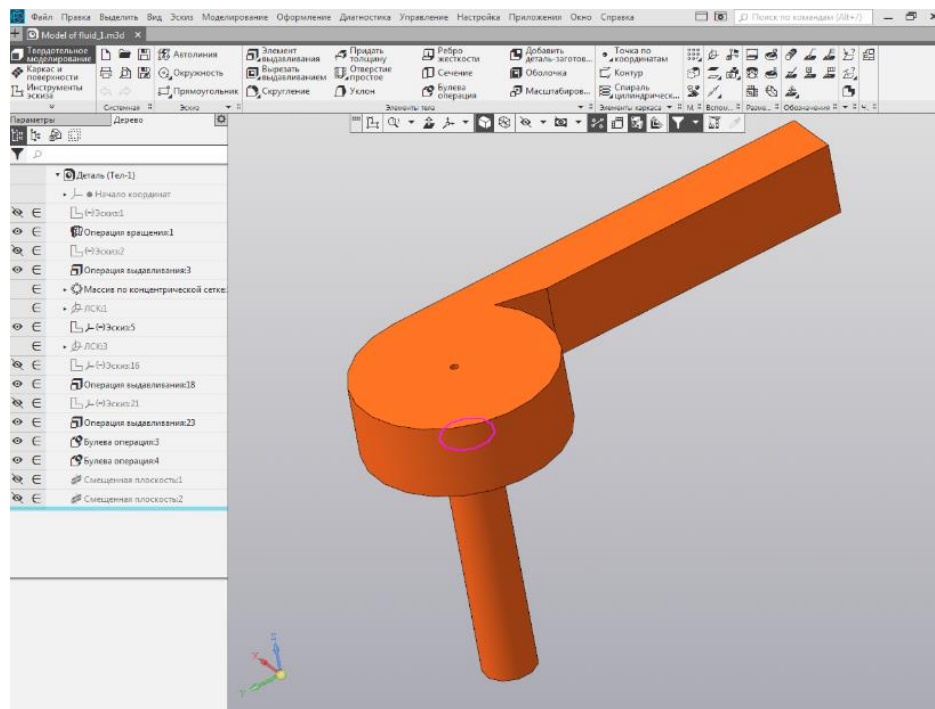


# Моделирование течения жидкости в водоворотном микроГЭС с помощью KompasFlow

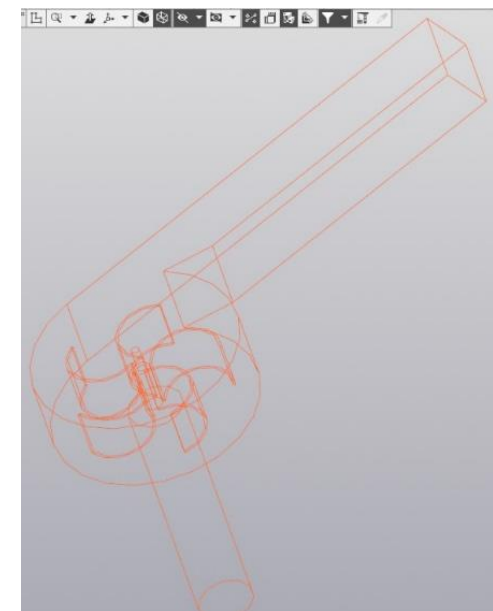
Вычислительная гидродинамика (англ. computational fluid dynamics, **CFD**) — подраздел механики сплошных сред, включающий совокупность физических, математических и численных методов, предназначенных для вычисления характеристик потоковых процессов.

В настоящем исследовании использовался приложение KompasFlow (компании ТЕСИС) представляющий собой интегрированный в КОМПАС-3D инструмент экспресс-анализа аэро-гидродинамики проектируемого объекта.

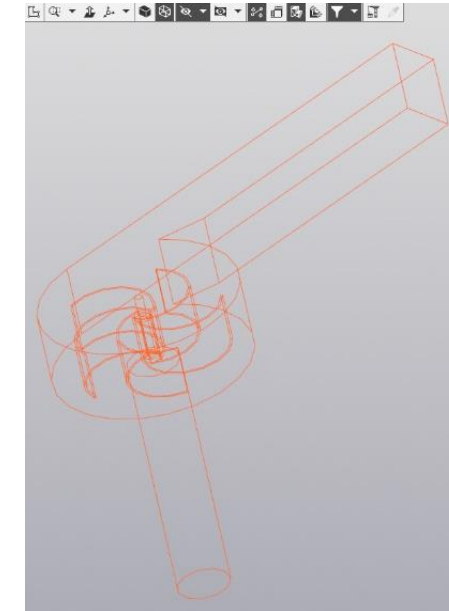
## Формируем геометрическую модель расчетной области ГВВмГЭС:



а)



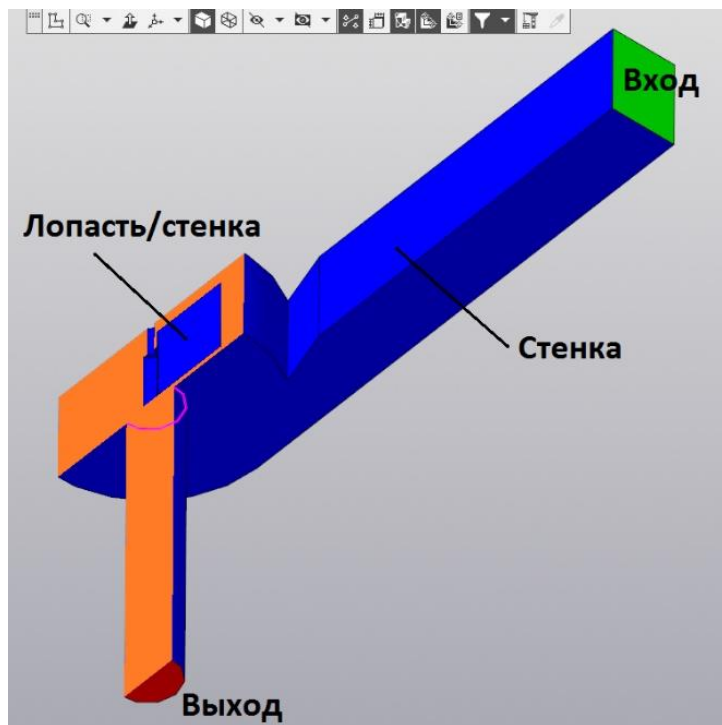
б)



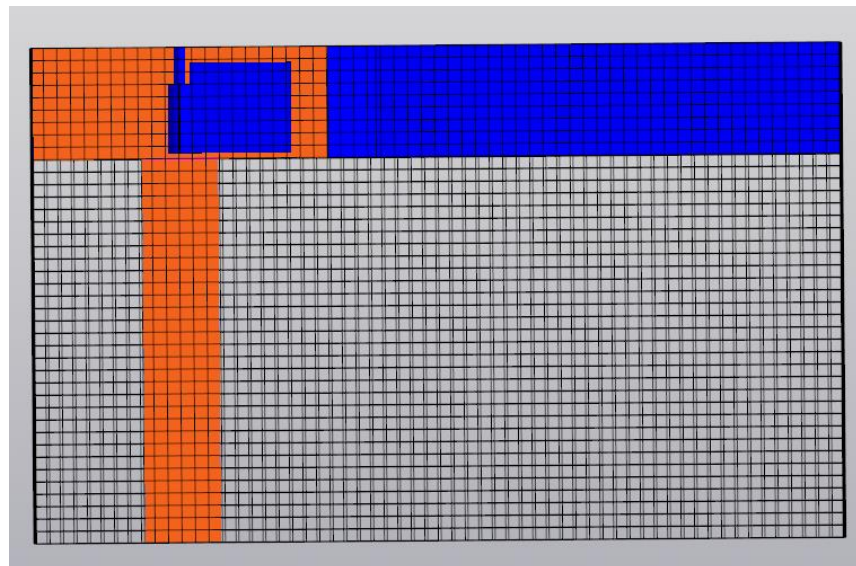
в)

Рисунок 7 – Модели ГВВмГЭС с различными гидротурбинами

**Задаются граничные условия:**

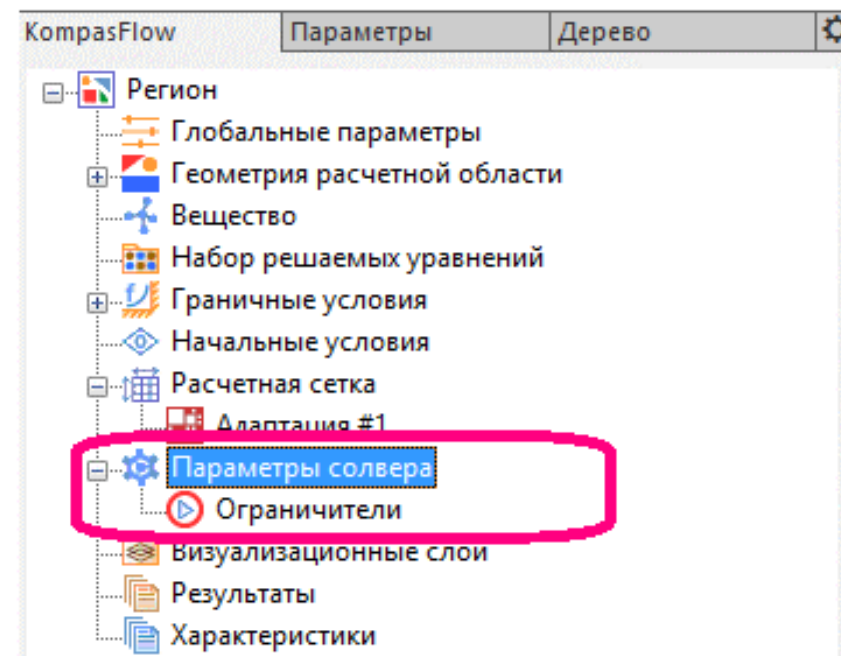


**Создается равномерная по всем осям расчетная сетка:**



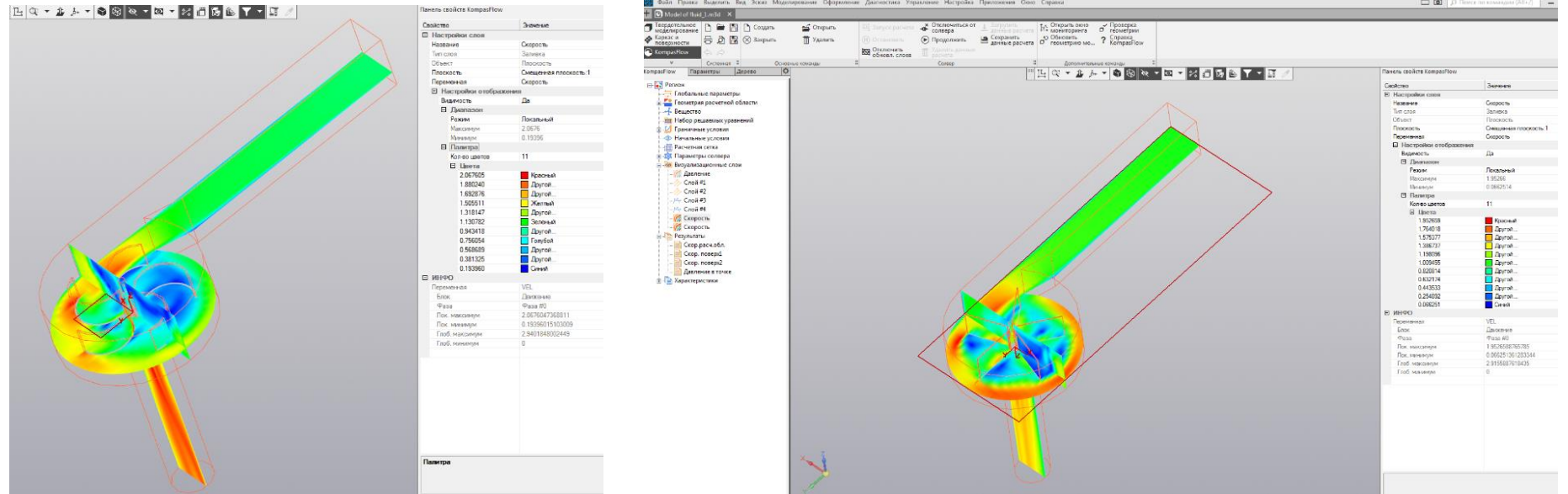
**Настраиваются параметры управления и отображения результатов расчета:**

- визуализационные слои
- результаты
- характеристики

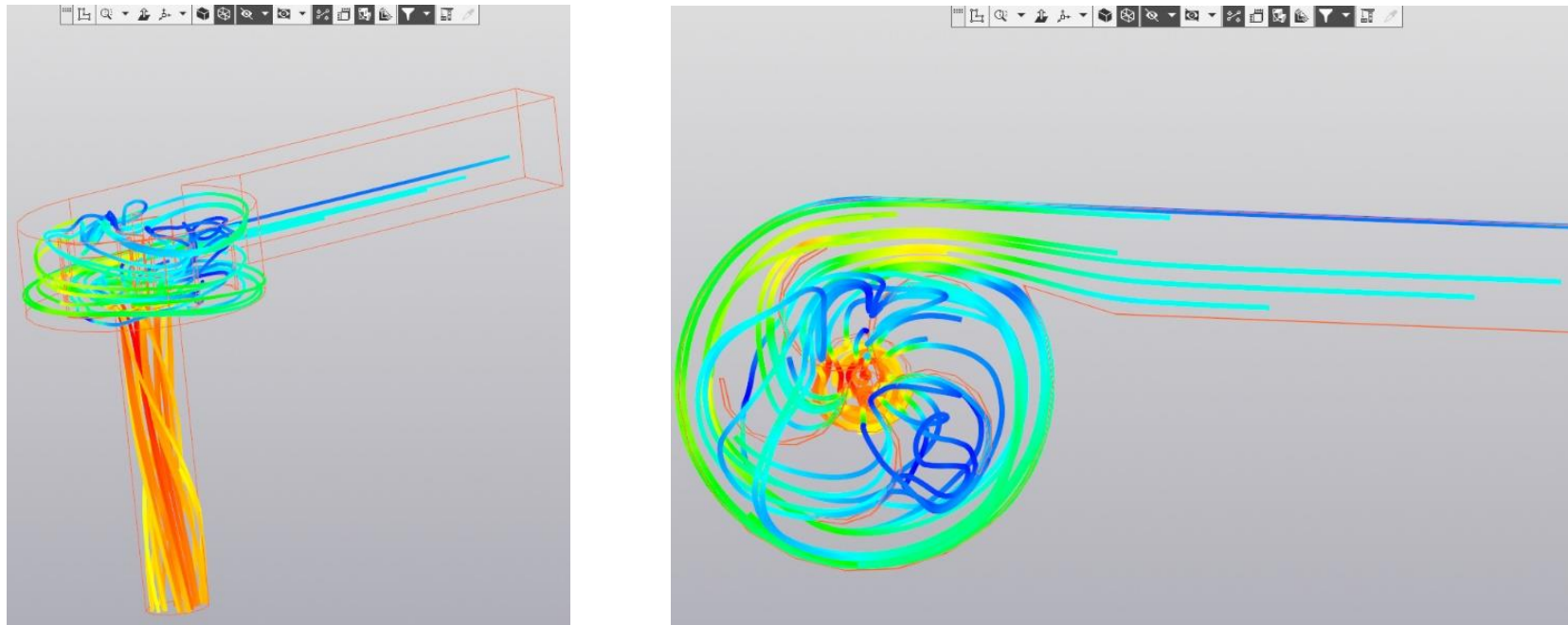


# РЕЗУЛЬТАТЫ:

Визуализационный слой «Заливка» для скорости:



Визуализационный слой «Линии тока»





## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Проведенный анализ водоворотных гидротурбин позволил их разделить по формам, способу взаимодействия с потоком воды, способу установки и размещения гидротурбины, а также по их эффективности, что дает возможность осуществить сравнение и предварительный выбор;
- Спроектированы с помощью системы автоматизированного проектирования (САПР) КОМПАС 3D v.15.2, а затем изготовлены три конструкции водоворотных гидротурбин;
- При одном и том же значении расхода  $Q_m$  поступающем в рабочие колеса мощности  $N_{рк}$  будут выше, чем больше значения скоростей на входных кромках лопастей, или если значения скоростей меньше на выходе из лопастей;
- Осуществлено моделирование течения потока жидкости в ГВВмГЭС с тремя различными моделями гидротурбин в цилиндрическом бассейне с помощью программы KompasFlow;
- Намечены следующие задачи исследования.

# СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!



**Медеров Т.Т.** e-mail: [t.mederov@gmail.com](mailto:t.mederov@gmail.com)



Taalaibek Mederov



taalaibekmederov