



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Кафедра «Гидромеханики и гидравлических машин им. В.С. Квятковского »

ИССЛЕДОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ АПРОБАЦИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПРОТОЧНЫХ ЧАСТЕЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ МАШИН, СПРОЕКТИРОВАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИРОДОПОДОБНЫХ МЕТОДОВ

Материалы подготовлены при финансовой поддержке
Министерства науки и высшего образования Российской
Федерации в рамках Национального проекта "Наука и
университеты" о создании новых лабораторий, в том числе под
руководством молодых перспективных исследователей -
Уникальный номер проекта FSWF-2025-0004. Соглашение №075-
03-2025-457/10 от 06.06.2025 г.

Докладчик: Бирюлин Михаил Алексеевич
м.н.с., аспирант каф. ГГМ
ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»



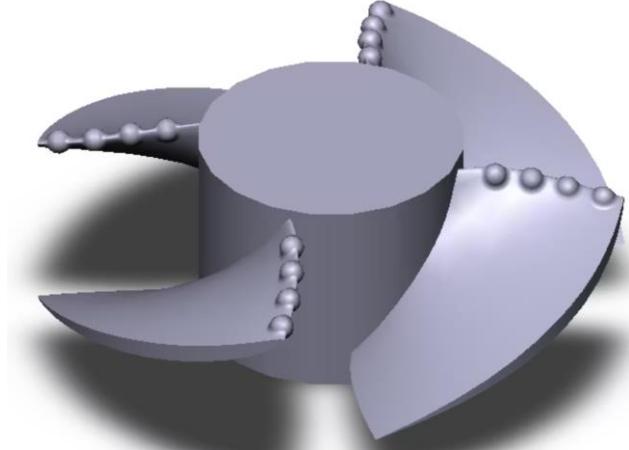
- Малая гидроэнергетика становится перспективным сегментом ВИЭ благодаря доступным равнинным водотокам, потребности в децентрализованном энергоснабжении и росту экологических ограничений, а малые и микрогЭС выступают инструментом распределённой энергетики, компенсируя дефицит генерации.
- Тарифы на электроэнергию в децентрализованных регионах в разы превышают средние по стране.
- Актуальной задачей является разработка компактных и энергоэффективных гидроагрегатов, интегрируемых в существующие водные объекты и соответствующих современным экологическим требованиям.



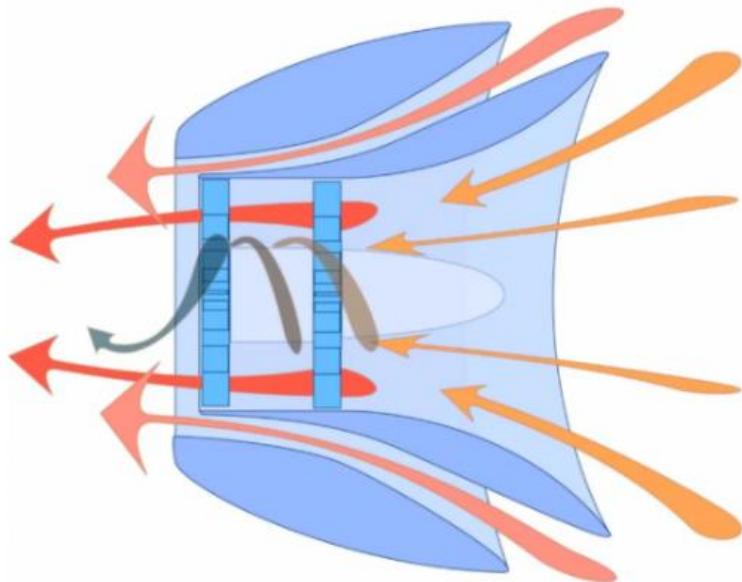
Централизованное и автономное
энергоснабжение на территории
Российской Федерации



- Природоподобные технологии особенно актуальны в гидроэнергетике, так как миллионы лет эволюции сформировали у водных организмов эффективные механизмы взаимодействия с потоками воды, устойчивые к турбулентности, перепадам давления и переменным режимам течений.



- Одним из наиболее известных природных прототипов является грудной плавник «Горбатого кита». Его передний край имеет характерные бугорки, которые позволяют животному сохранять манёвренность и устойчивость даже при высоких углах атаки.
- По данным экспериментальных исследований, применение турбулизаторов, которые формируют управляемые вихри препятствующие возникновению отрывных течений, способно увеличить вырабатываемую мощность на 15–20% по сравнению с базовой конструкцией.
- Конструктивно турбулизаторы представляют собой выступы небольшой высоты (порядка 1–3% хорды), равномерно расположенные вдоль входной кромки.

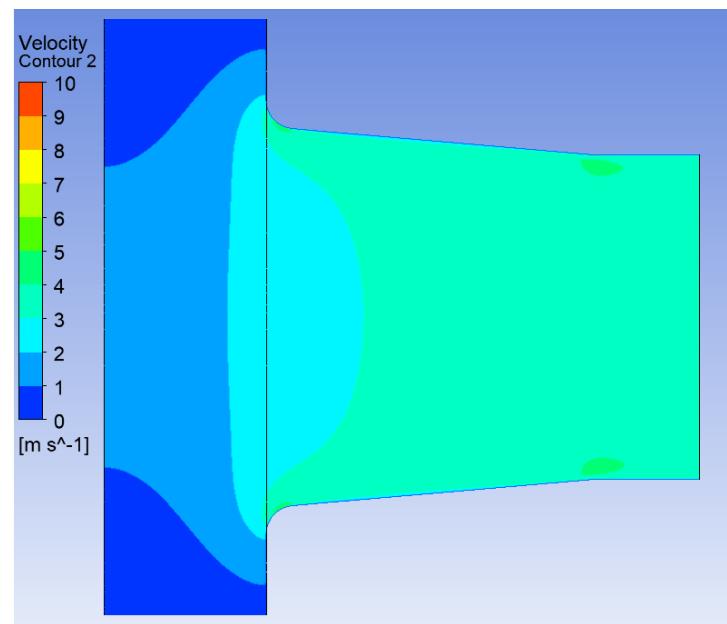
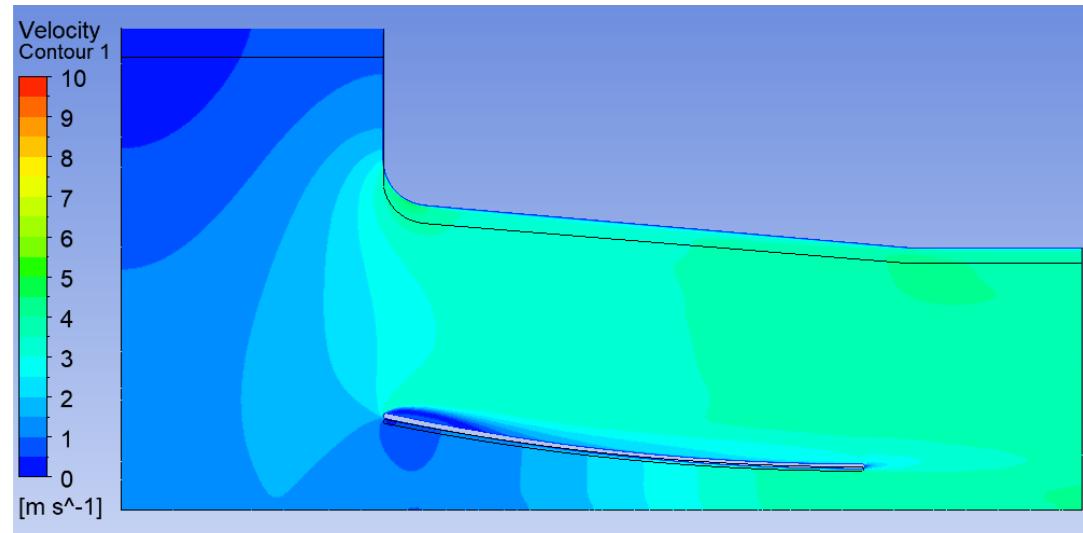


Морфологический элемент в виде пасти акулы обеспечивают плавное перераспределение и ускорение потока. Их имитация в подводящих устройствах гидротурбин позволяет добиться более равномерного распределения скоростей на входе в рабочее колесо и снизить кавитационные эффекты

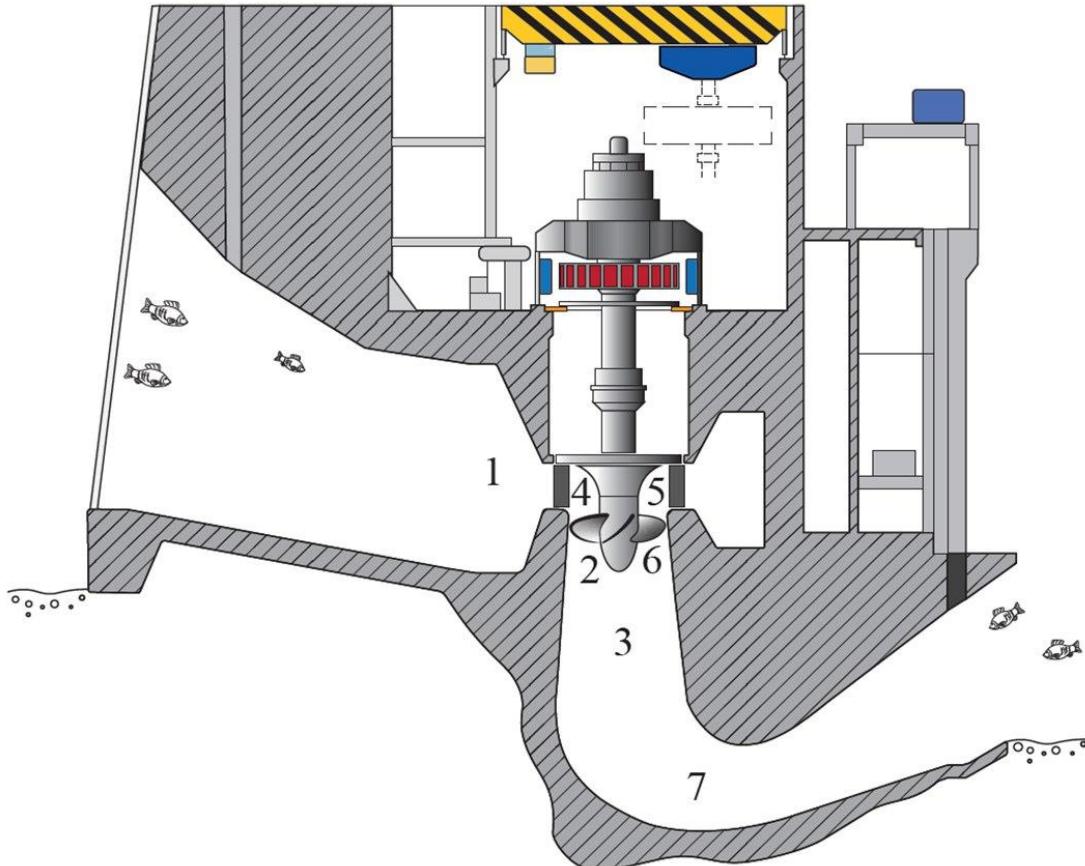
Вид подвода / Параметры	Q , м ³ /ч	H , м	n , об/мин	N , Вт	КПД, %
Подвод, выполненный по подобию пасти Гигантской акулы	24	0,09	1500	4,1	67,2
	30	0,32		22,9	87,8
	36	0,57		50,7	90
	42	0,81		84,6	90
Тороидальный подвод без внутреннего контура	24	0,09	1500	1,5	25,3
	30	0,31		19,8	76,4
	36	0,57		47	83,6
	42	0,82		80,3	85,1



При расположении тороидальной поверхности во входной области расчетной модели, коэффициент сопротивления увеличился на 37% и составил $\xi = 0,035$, однако в следствие эжекции дополнительного потока через периферийную область, образованную тороидальной поверхностью, возрастает и пропускаемый расход Q , а тем самым и мощность N .



- Повышение биобезопасности проточных частей гидроагрегатов становится важным направлением современной гидроэнергетики.
- Эксплуатация гидроагрегатов может приводить к травмированию и гибели рыб, нарушая водные экосистемы; основные факторы и зоны воздействия показаны на схеме.

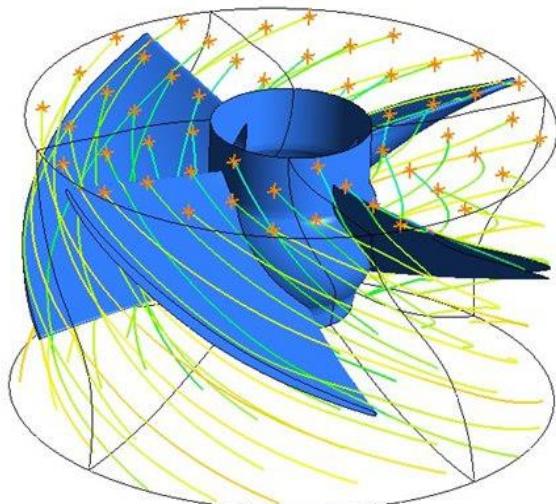


Места в проточной части турбины, в которых проявляются опасные явления для рыб

1 – повышение давления, 2 – область разряжения, 3 – кавитация, 4 – удар,
5 – истирание, 6 – срез, 7 – турбулентность

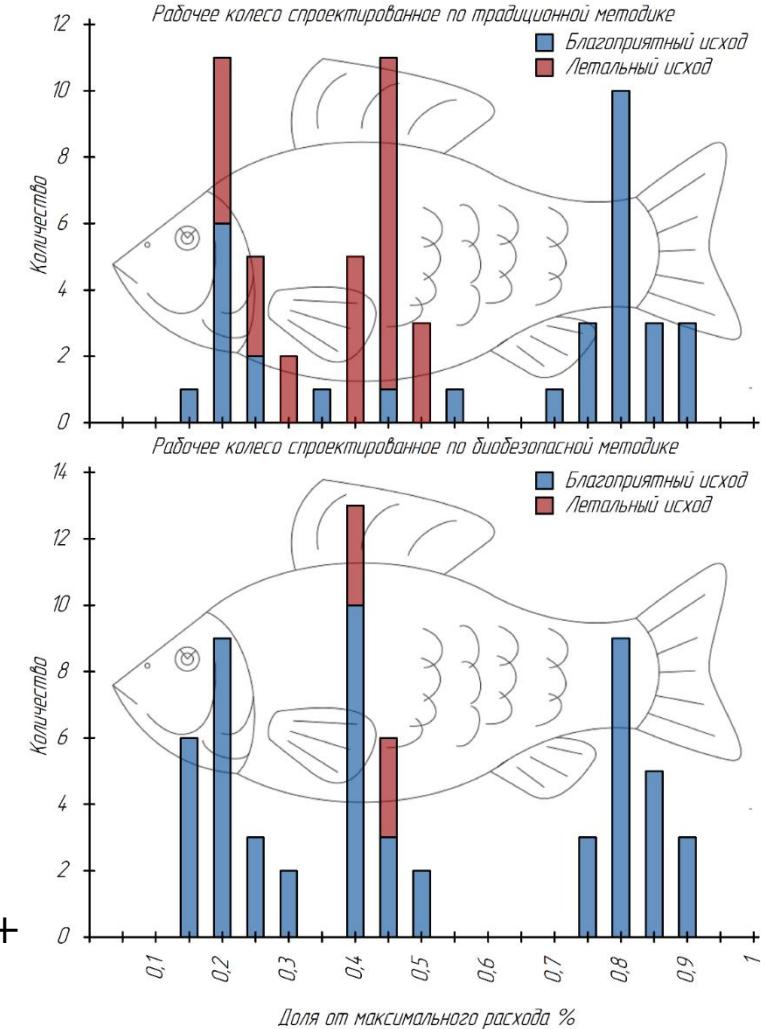


- Разработана методика оценки биологической, позволяющая учитывать совокупное воздействие агрегата на биосреду при минимальных потерях КПД.
- Методика учитывает все ключевые стрессоры — удары о лопасти, касательные напряжения и перепады давления — с использованием CFD-моделирования и анализа линий тока
- Интегральный расчёт риска травматизации по множеству линий тока и учёт пересечения областей воздействия факторов обеспечивают более точную оценку рисков.
- Сравнение численного и физического экспериментов подтвердили корректность методики, показав высокую сходимость результатов и возможность оптимизации рабочего колеса.



Линии тока, вдоль которых оцениваются данные о возникающих в проточной части скоростях, ускорениях и давлениях

$$P = P(\text{напряжение}) + P(\text{удар}) + \\ + P(\text{напряжение} \cap \text{удар}) + \\ + P(\text{давление})$$



Результаты сравнения количественного и качественного воздействия на рыб гидртурбин спроектированных по разным методикам



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

