



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

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

ИССЛЕДОВАНИЕ И ЭКСПЕРЕМЕНТАЛЬНАЯ 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»**

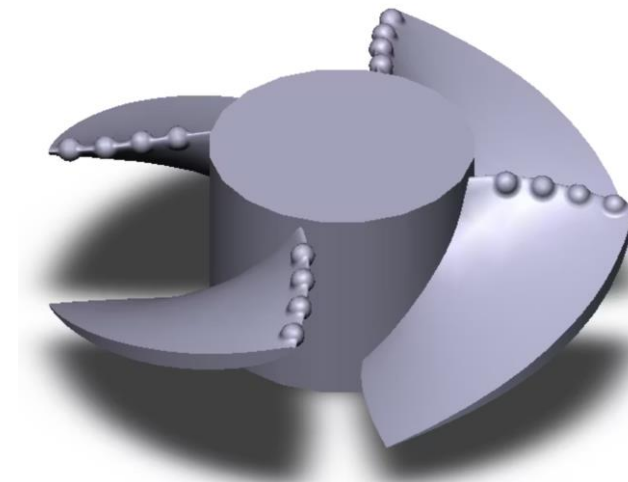
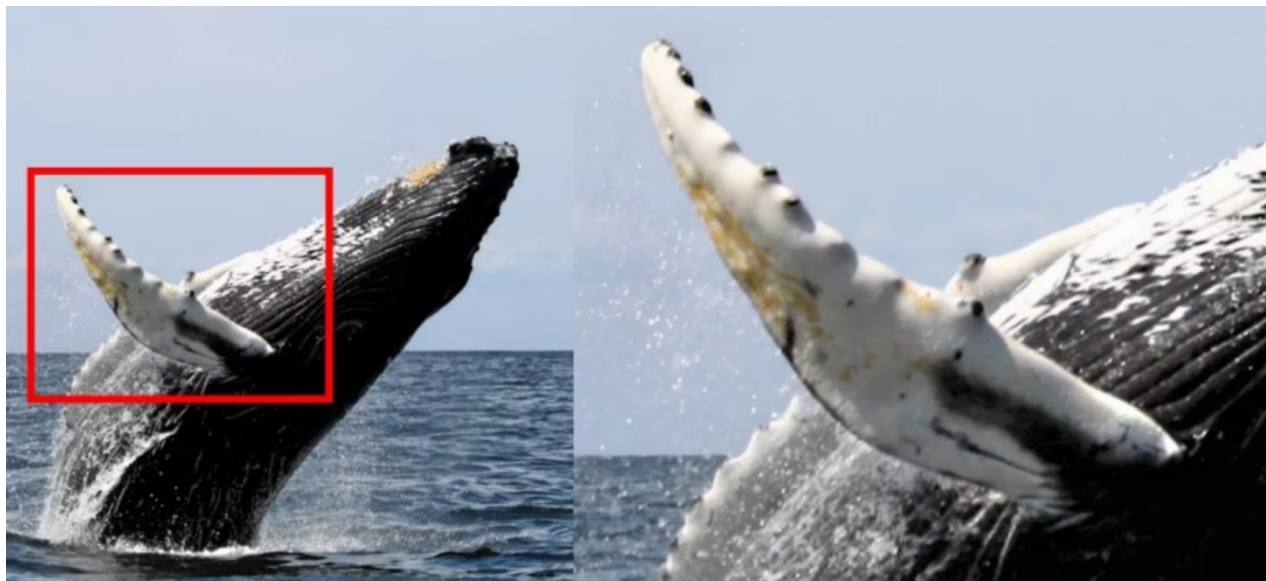
- Малая гидроэнергетика становится перспективным сегментом ВИЭ благодаря доступным равнинным водотокам, потребности в децентрализованном энергоснабжении и росту экологических ограничений, а малые и микроГЭС выступают инструментом распределённой энергетики, компенсируя дефицит генерации.
- Тарифы на электроэнергию 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



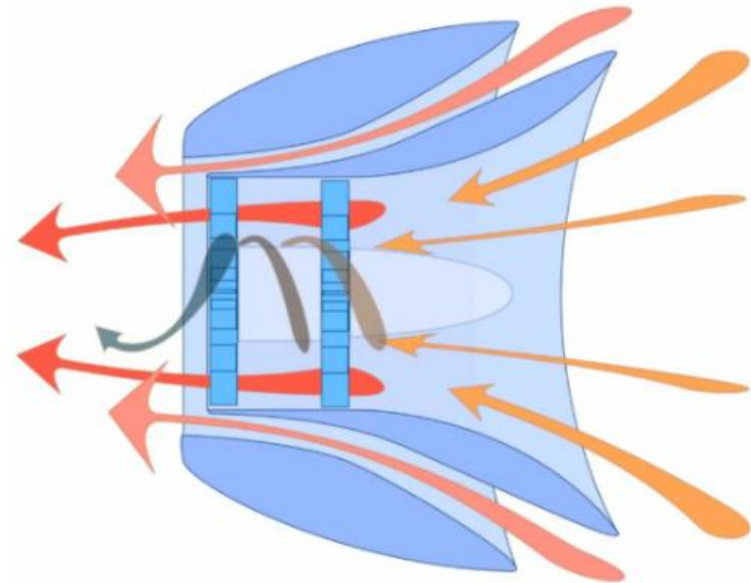
- Природоподобные технологии особенно актуальны в гидроэнергетике, так как миллионы лет эволюции сформировали у водных организмов эффективные механизмы взаимодействия с потоками воды, устойчивые к турбулентности, перепадам давления и переменным режимам течений.



- 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.

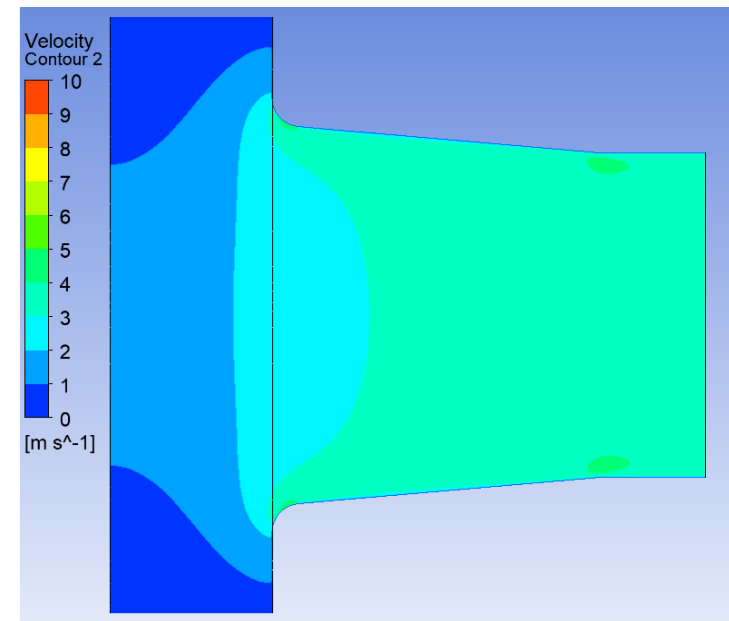
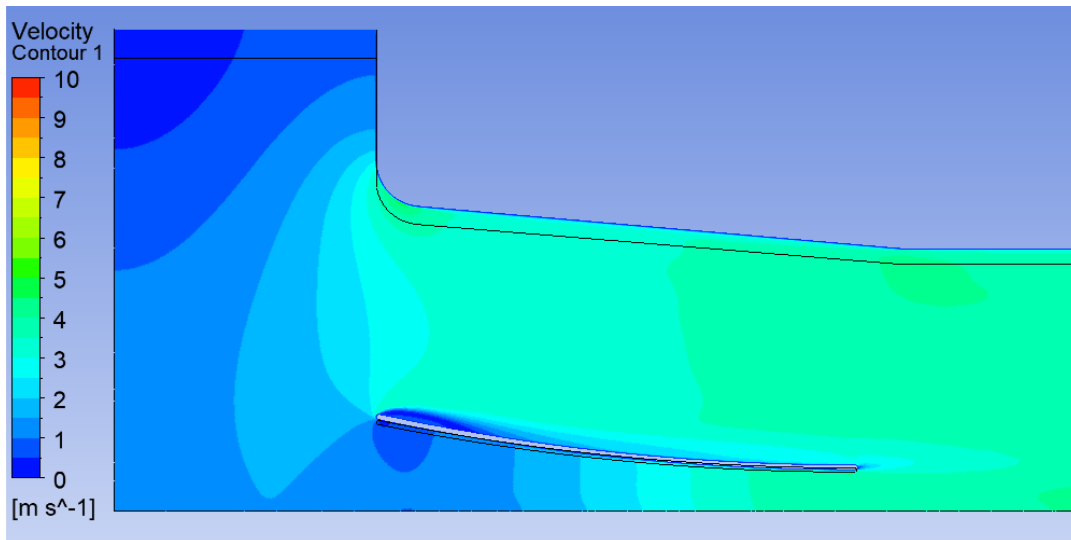


Морфологический элемент в виде пасти акулы обеспечивают плавное перераспределение и ускорение потока. Их имитация в подводящих устройствах гидротурбин позволяет добиться более равномерного распределения скоростей на входе в рабочее колесо и снизить кавитационные эффекты

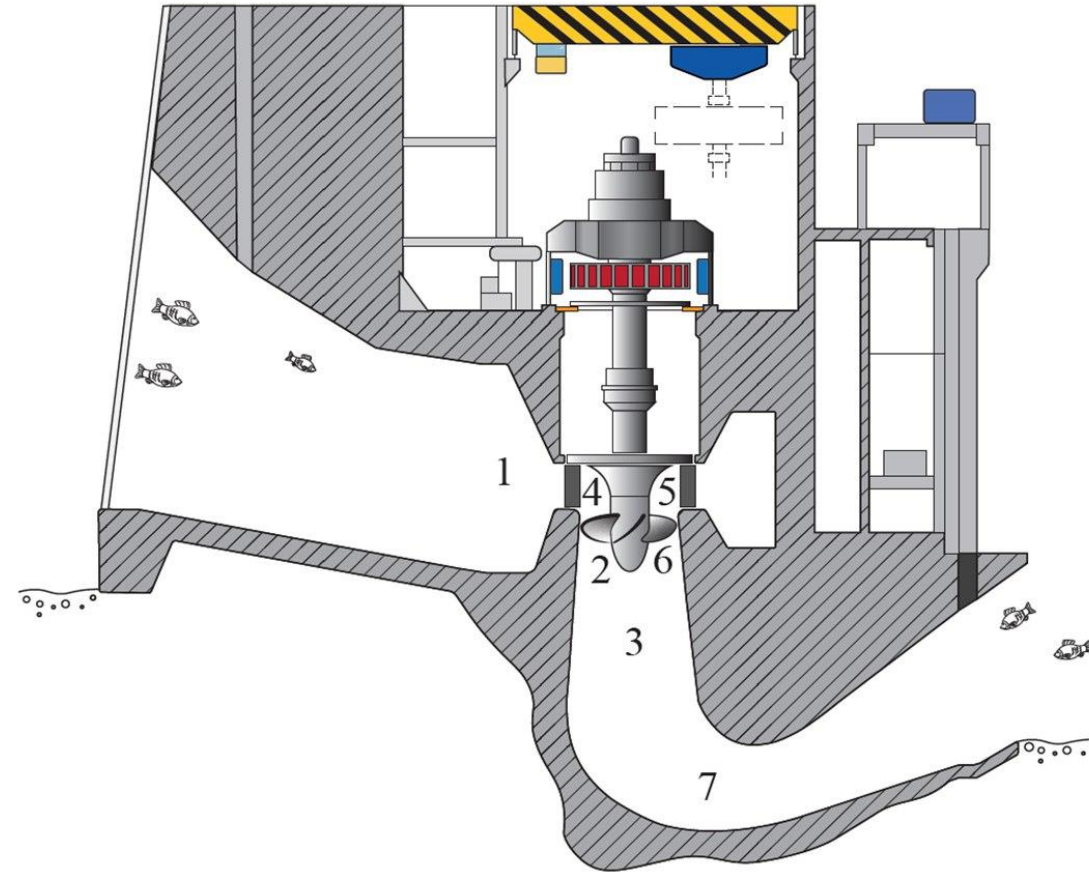


| Вид подвода / Параметры | Q, м³/ч | H, м | н, об/мин | N, Вт | КПД, % |
|--|---------|------|--------------|-------|--------|
| Подвод, выполненный по подобию пасти Гигантской акулы | 24 | 0,09 | 1500 | 4,1 | 67,2 |
| | 30 | 0,32 | | 22,9 | 87,8 |
| | 36 | 0,57 | | 50,7 | 90 |
| | 42 | 0,81 | | 84,6 | 90 |
| Тороидальный подвод без внутреннего контура | 24 | 0,09 | | 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 .



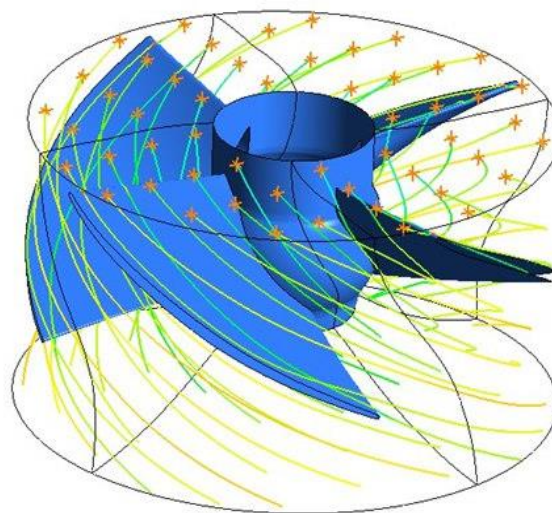
- Повышение биобезопасности проточных частей гидроагрегатов становится важным направлением современной гидроэнергетики.
- Эксплуатация гидроагрегатов может приводить к травмированию и гибели рыб, нарушая водные экосистемы; основные факторы и зоны воздействия показаны на схеме.



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

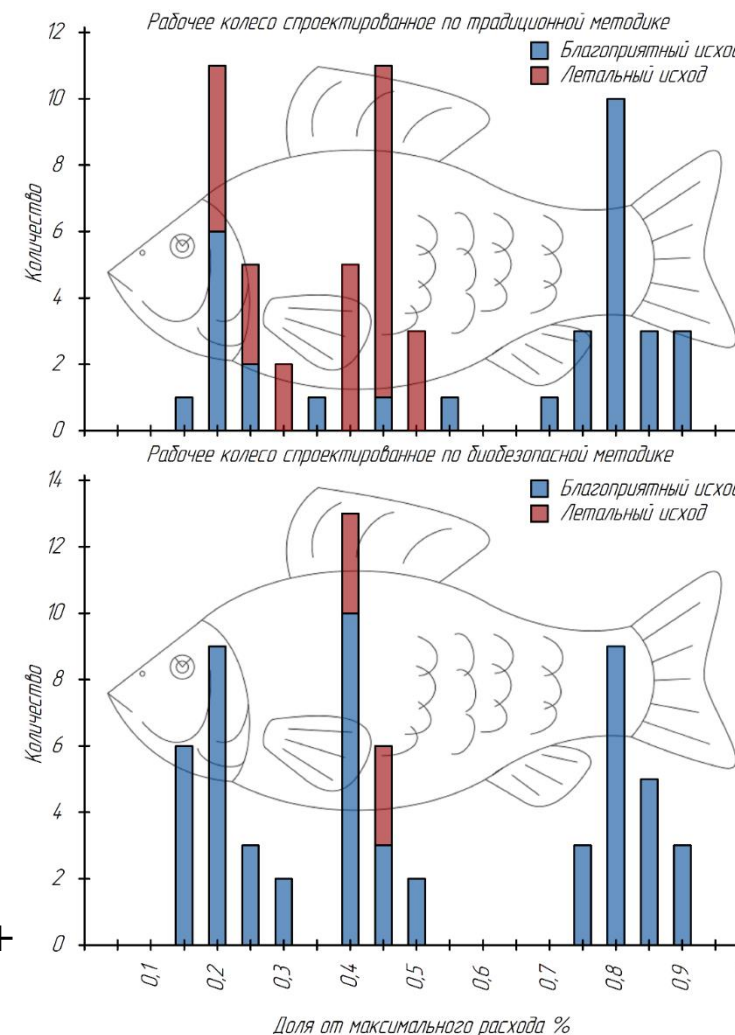
1 – повышение давления, 2 – область разряжения, 3 – кавитация, 4 – удар,
5 – истирание, 6 – срез, 7 – турбулентность

- 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

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



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

