

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАЛЫХ ГЭС НА РЕКАХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

В. И. Красовский¹⁾, А. А. Бохан¹⁾

¹⁾ Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, ул. Долгобродская, 23/1, 220070, г. Минск, Беларусь, vikras@iseu.by

Рассматриваются перспективы использования погружных свободнопоточных гидроэлектростанций с пассивными магнитными подшипниками на реках Республики Беларусь. Учитываются географические особенности страны, обоснованы преимущества выбора магнитных подшипников перед традиционными вариантами, а также анализируются различные типы турбин. Приведены рекомендации по адаптации технологии к местным гидрологическим условиям, в том числе использование искусственных сужений русла для повышения эффективности. Подчеркивается экономическая и экологическая целесообразность внедрения малогабаритных бюджетных ГЭС, как способа развития возобновляемой энергетики в регионе.

Ключевые слова: погружные гидроэлектростанции; свободнопоточные турбины; магнитные подшипники; возобновляемая энергетика; малые ГЭС.

PERSPECTIVES ON THE USE OF SMALL HYDROPOWER PLANTS ON THE RIVERS OF THE REPUBLIC OF BELARUS

V. Krasovsky¹⁾, A. Bokhan¹⁾

¹⁾ International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, Dolgobrodskaya str., 23/1, 220070, Minsk, Belarus, vikras@iseu.by

The paper explores the prospects of using submerged free-flow hydroelectric power plants with passive magnetic bearings on the rivers of the Republic of Belarus. The study considers the country's geographical features, substantiates the advantages of magnetic bearings over traditional options, and analyzes various turbine types. Recommendations for adapting the technology to local hydrological conditions are provided, including the use of artificial channel narrowing to increase efficiency. The economic and environmental feasibility of implementing small, low-cost hydropower plants is emphasized as a way to develop renewable energy in the region.

Keywords: submerged hydroelectric power plants; free-flow turbines; magnetic bearings; rivers of the Republic of Belarus; renewable energy; small hydropower plants.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2025-2-113-116>

Республика Беларусь имеет преимущественно равнинный рельеф. Средняя высота территории Республики Беларусь составляет около 160 метров над уровнем моря. При этом около 70 % территории страны занимают низменности с абсолютными высотами до 200 метров. Таким образом, большая часть Республики Беларусь имеет высоты, незначительно превышающие средний уровень на 40 метров. Средний уклон рек в Беларуси составляет 0,2—0,3 м/км, а максимальные значения уклона достигают 2,5 м/км на отдельных участках, что обуславливает относительно низкие скорости течения в большинстве рек, но создаёт локальные зоны с повышенной энергетической перспективностью.

Эти географические особенности существенно ограничивают возможность строительства классических гидроэлектростанций с дамбами, требующих высоких напоров воды. В Республике Беларусь насчитывается более 20 000 рек общей протяжённостью около 90 000 км, что де-

дает перспективным использование малых гидроэнергетических установок. В условиях поиска альтернативных и экологически чистых источников энергии особое внимание привлекают гидроэлектростанции (ГЭС), использующие энергию течения рек. Одним из перспективных решений являются погружные свободнопоточные ГЭС, оснащённые пассивными магнитными подшипниками. Их применение на реках Республики Беларусь может стать важным шагом в развитии возобновляемой энергетики страны.

Принцип работы погружных свободнопоточных ГЭС заключается в использовании кинетической энергии водного потока без необходимости создания плотин или водохранилищ. Вода свободно протекает через турбину, приводя её в движение. Конструкция может фиксироваться несколькими способами: анкерным креплением на дне реки, подвесным креплением на опорах или размещением на плавучих платформах. В условиях Республики Беларусь предпочтительным вариантом является подвесное крепление, так как погружные ГЭС могут устанавливаться только на несудоходных реках. Данный метод позволяет минимизировать воздействие на окружающую среду и упростить процесс монтажа и технического обслуживания.

Для обеспечения эффективной и надёжной работы турбин важно правильно выбрать тип подшипников. Традиционные подшипники скольжения требуют постоянной смазки, что увеличивает затраты и создаёт риск загрязнения воды. Роликовые подшипники подвержены механическому износу и могут снижать общую эффективность системы. В отличие от них, пассивные магнитные подшипники работают без механического контакта, используя эффект магнитной левитации. Это снижает износ, увеличивает срок службы системы, исключает риск утечек масел и повышает КПД ГЭС. Магнитные подшипники обеспечивают достаточную устойчивость вала при низких скоростях потока, исключая потребность в активной балансировке[4]. Данный вариант подшипников является оптимальным для эксплуатации на реках Республики Беларусь благодаря своей долговечности, экономичности и экологической безопасности.



Рис. 1 Пассивный магнитный подшипник

При выборе турбин для погружных свободнопоточных ГЭС важно учитывать соотношение стоимости и эффективности. Турбины Дарье отличаются простой конструкцией, низкой себестоимостью и позволяют эффективно преобразовывать энергию низкоскоростных потоков воды в электричество[2]. Однако их КПД уступает более сложным технологическим решениям. Турбина Горлова, благодаря особой геометрии лопастей, позволяет значительно повысить эффективность преобразования гидродинамической энергии в механическую, особенно при низких скоростях течения[3]. Хотя такие турбины дороже в производстве и установке, они обеспечивают более стабильную и эффективную работу ГЭС, что делает их предпочтительными для эксплуатации в условиях рек Республики Беларусь.

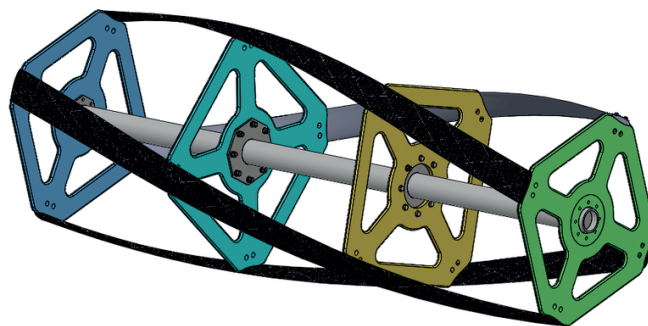


Рис. 2 Турбина Горлова

Адаптация технологии для рек Республики Беларусь требует учёта гидрологических особенностей водотоков. Поскольку реки страны имеют сравнительно невысокие скорости течения, необходимо оптимизировать конструкцию турбин. Для повышения эффективности возможно использование низконапорных турбин, применение модульных конструкций, а также размещение станций в стратегически важных точках с учётом гидрологических условий. Дополнительно может применяться создание искусственных сужений русла реки или использование природного рельефа для увеличения скорости потока и повышения эффективности работы турбины.

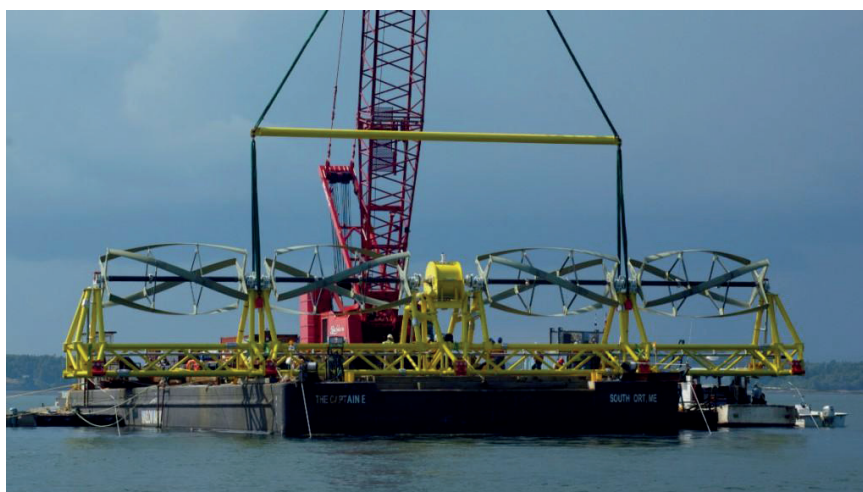


Рис. 3 Экспериментальная приливная установка компании The Ocean Renewable Power Company

Перспективным направлением является адаптация технологий, разработанных такими компаниями, как The Ocean Renewable Power Company, Openhydro и New Energetics[1], специализирующимися на приливных электростанциях, к условиям рек с низкой скоростью течения. Эти компании накопили значительный опыт в проектировании и эксплуатации свободнопоточных турбин, способных эффективно работать в условиях низких напоров и переменных течений.

Внедрение погружных свободнопоточных ГЭС с пассивными магнитными подшипниками в Республике Беларусь представляется экологически целесообразным. Такие установки имеют низкие эксплуатационные затраты, быструю окупаемость и не требуют строительства плотин, что минимизирует влияние на экосистему и сохраняет естественное русло реки, что соответствует стратегическим целям устойчивого развития страны. С экономической точки зрения внедрение малых ГЭС в Беларуси представляется целесообразным по нескольким причинам. Во-первых, низкая стоимость строительства и эксплуатации погружных турбин позволяет бы-

стро окупить вложения. Во-вторых, такие установки могут обеспечить стабильное энергоснабжение для удалённых и малонаселённых районов, снижая зависимость от централизованных сетей. В-третьих, возможная поддержка международных организаций в виде грантов и льготных кредитов делает проекты ещё более доступными для реализации.

Важным аспектом успешной реализации технологии является адаптация существующего законодательства. Для обеспечения более гибкого и масштабного внедрения возобновляемых источников энергии, в частности погружных свободнопоточных ГЭС, целесообразно пересмотреть регуляторные ограничения на установку малых ГЭС на несудоходных реках, упростить процедуры согласования и лицензирования, а также внедрить стимулы для частных инвесторов и местных сообществ. Такая законодательная адаптация может стать катализатором развития региональной энергетической инфраструктуры и ускорить переход Республики Беларусь к более устойчивой и экологически чистой энергетике.

Применение погружных свободнопоточных ГЭС с пассивными магнитными подшипниками на реках Республики Беларусь открывает дополнительные перспективные возможности для развития возобновляемой энергетики. Внедрение данной технологии способствует повышению энергетической безопасности страны, снижению зависимости от ископаемого топлива и сохранению природных экосистем. Это позволяет достичь устойчивого развития региона, обеспечивая баланс между экономическими интересами и охраной окружающей среды.

Библиографические ссылки

1. *Brian Kirke* //Hydrokinetic turbines for moderate sized rivers. 2020. // [Электронный ресурс]. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7487085/> (дата обращения: 10.02.2025).
2. Design of Low Head Hydrokinetic Turbine // [Электронный ресурс] // International Journal of Trend in Scientific Research and Development Vol. 3 Issue 5, August 2019 URL: <https://www.ijtsrd.com/papers/ijtsrd27865.pdf> (дата обращения: 10.02.2025)
3. // Experimental Comparison between Hydrokinetic Turbines: Darrieus vs. Gorlov. Rodolfo Espina-Valdés, [и др.]. 2022. // [Электронный ресурс] Environmental Sciences Proceedings Vol. 21 Issue 1 URL: <https://www.mdpi.com/2673-4931/21/1/26>
4. *Ferreiro R., Pérez F.J.* Developing Magnetic Bearings for Subsea Oceanic Environments 2014. // [Электронный ресурс] // Journal of Maritime Research 2011 Vol. 8 No.1 URL: <https://www.jmr.unican.es/index.php/jmr/article/view/144> (дата обращения: 10.02.2025)