

3. Антонова А.М., Воробьев А.В. Атомные электростанции: учебное пособие / А.М. Антонова, А.В. Воробьев. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 230 с.
4. СНиП 2.04.02-84. Пособие по проектированию градирен.
5. Методика теплового и аэродинамического расчета аппаратов воздушного охлаждения. ВНИИНЕФТЕМАШ, 1982.
6. СП 131.13330.2018. Строительная климатология, свод правил.

Научный руководитель: А. В. Воробьев, к.т.н., доцент НИЦ И.Н. Бутакова ИШЭ ТПУ.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРИЛИВНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

В.Г. Горячев¹, А.А. Полева¹, Е.В. Кузьмина²
Томский политехнический университет^{1,2}
ИШЭ, НОЦ И.Н. Бутакова,^{1,2} группа 5Б94¹ группа 5Б95²

Рассмотрены достоинства и недостатки, работа существующих проектов, а также перспективы развития ПЭС

На данный момент быстрыми скачками разрабатываются программы развития возобновляемых источников энергии (ВИЭ), способные в будущем составить конкуренцию традиционной энергетике. Большой интерес исследования использования энергии Мирового океана, путем создания волновых и приливных (ПЭС) электростанций, вызван в странах, расположенных на морских побережьях и обладающих необходимыми природными ресурсами [1].

Стоит отметить, что в Римской империи существовали первые мельницы, работающие на энергии приливов и отливов. В 1913 году была построена первая приливная электростанция (ПЭС), она находилась неподалеку от Ливерпуля в бухте Ди (Великобритания), мощность которой составляла всего 0,635 МВт. На сегодняшний день в мире энергопотенциал приливной энергии, который является технически осуществимым к использованию, составляет более, чем 3500 млрд кВт-ч в год, что сопоставимо с речными энергоресурсами 4000 млрд кВт-ч [1].

ПЭС — один из видов гидроэлектростанций, при котором для получения электроэнергии используют энергию воды.

Наивысшие приливы на территории России наблюдается в Пенжинской губе Охотского моря (13,4 м), а также в Белом море (до 10 м). В 1968 году на Берегу Баренцева моря была построена первая и единственная приливная электростанция, которая получила название — Кислогубская ПЭС. На сегодняшний день крупнейшая в мире ПЭС находится в Южной Корее, она начала работать в августе 2011 года и обладает установленной мощностью 254 МВт. Такие электростанции есть Китае, Франции и Канаде [2].

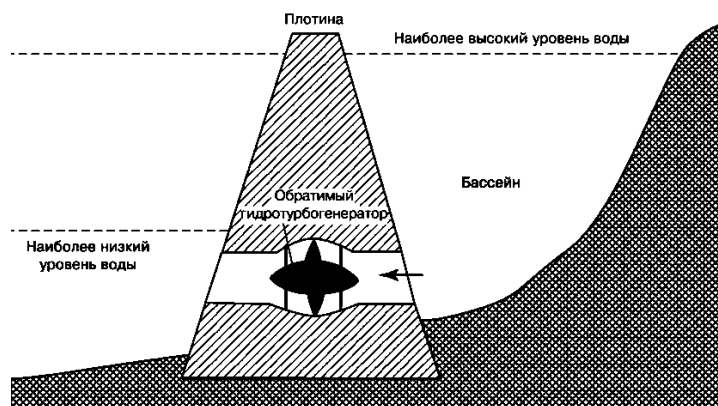


Рис. 1. Принцип работы приливной электростанции (ПЭС)

Опыт эксплуатации первых в мире ПЭС - Ранс во Франции (рис.1) и Кислогубской в России помог выявить основные достоинства и недостатки приливных электростанций [3].

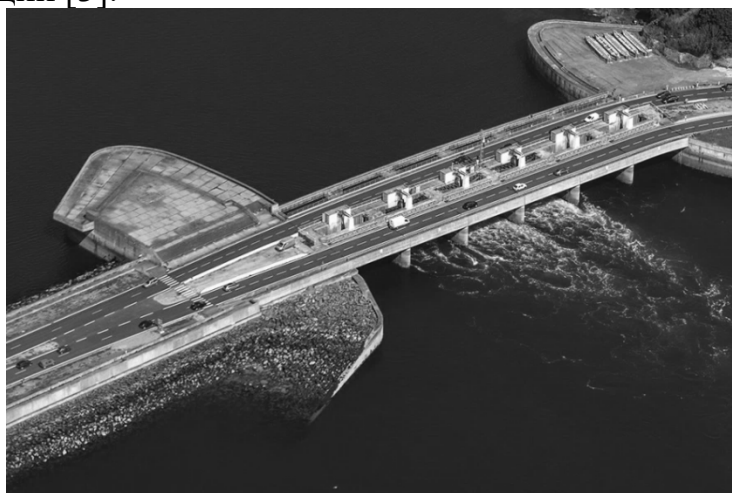


Рис. 2. ПЭС «Ля Ранс» во Франции

Достоинства:

- работа ПЭС не сопровождается вредными выбросами, в отличие от работы ТЭЦ;
- длительный срок службы;
- возможность прогнозирования количества получаемой энергии;
- невысокая цена вырабатываемой электроэнергии;
- отсутствие угрозы катастрофы при аварийном разрушении плотины;
- отсутствие угрозы для морского транспорта;
- дополнительная защита берегов от шторма;
- капитальные вложения на сооружения ПЭС не превышают затрат на ГЭС благодаря апробированному в России наплавному способу строительства (без перемычек) и применению нового технологичного ортогонального гидроагрегата.

Недостатки:

- нерегулярность работы;
- низкая продолжительность активного периода – 4-5 ч. На протяжении дня бывает 4 цикла, состоящих из активной и пассивной части (1–2 ч);

- длительная окупаемость строительства из-за недостаточной эффективности;
- сложности возведения сооружения, которые связаны с тем, что оптимальные места для ПЭС находятся у изрезанных берегов.

В России выполняются несколько проектов приливных электростанций на Охотском море. Такие как Тугурская ПЭС, мощность которой составляет 8.0 ГВт и Пенжинская ПЭС, с мощностью 87 ГВт. Энергия этих электростанций может быть передана в районы Юго-Восточной Азии, в которых преобладает недостаток энергии. Мезенская ПЭС проектируется на Белом море, ее мощность составляет 11.4 ГВт, энергию которой пойдет в Западную Европу по объединенной энергосистеме «Восток-Запад». Рекордные приливы происходят в месте стыка полуострова Камчатка с материком, в Пенжинской губе. Вода в этом месте на площади 21 тыс. квадратных километров поднимается на 9-13 метров. Объем воды, прибывающей за сутки около 500 кубических километров, в сравнение можно привести Волгу, которая прогоняет через ГЭС данный объем воды за два года. Согласно предположениям, мощность Пенжинской ПЭС может составить 100 гВт/ч. На сегодняшний день, самая крупнейшая ГЭС мира – китайская ГЭС «Три ущелья», она производит всего 22 гВт/ч, а Саяно-Шушенская ГЭС – 6,4 гВт/ч. Атомные электростанции также во много раз уступают проекту по производительности: к примеру, создаваемая Росатомом АЭС «Аккую» в Турции планируется на 4,8 гВт/ч [4].

Большая мощность и экологичность являются основными преимуществами проектов приливных электростанций. Экологическая безопасность ПЭС подтверждается и тем, что даже возможная катастрофа дамбы не нанесет ущерба экологии региона, так как ее работа обеспечивается вращающейся турбины водой [4].

Основная проблема дальневосточного проекта – высокая стоимость реализации, которая оценивается в 60 млрд долларов, а также немаловажный фактор играет то, что ближайшие регионы не нуждаются в больших объемах энергии. Однако главное преимущество данного проекта заключается в возможности производить водород, требующий больших энергоресурсов. Также открывается возможность построить завод по сжижению водорода для его экспорта в Японию, ЕС и другие страны. Действующая энергетическая стратегия России предполагает наращивание экспорта водорода с 0,2 млн тонн в 2024 году до 2 млн тонн уже к 2035 году. Согласно плану, в середине XXI века продажа водорода на внешних рынках должны приносить стране около 100 млрд долларов ежегодно. Это позволит не только сократить зависимость РФ от экспорта не возобновляемых ресурсов, но и обеспечить ее доминирование на рынке новой энергетики [5].

Стоит отметить, что было подписано соглашение между компанией «Н2 Чистая энергетика», главой которой является Павел Грачев, и корпорацией развития Камчатского края о разработке проекта Пенжинской приливной электростанции (ПЭС) в северо-восточной части залива Шелихова Охотского моря. Основная цель проекта — Пенжинская ПЭС должна стать одним из крупнейших мировых источников для производства водорода [5].

В 1970-е годы установленная мощность Пенжинской ПЭС составляла до 100 ГВт. Данная цифра соответствует около 40% общей установленной мощности электростанций единой энергосистемы России. Согласно оценке института «Гидропроект» общая стоимость проекта была оценена более чем в \$200 млрд. По заключению института в Пенжинской губе могут быть построены две крупные приливные электростанции, стоимость Пенжинской ПЭС-1 (Северный створ) (рис.3) должна была составить \$60 млрд, ПЭС-2 (Южный створ) (рис.3) — \$200 млрд. С целью осуществления проекта планировалось создать международный консорциум, который также включает энергопотребителей из других стран, таких как Япония, Китай, Южная Корея [6].



Рис.3. ПЭС-1 и ПЭС-2 (Северный и Южный створы)

В июне 2021 года на международном экономическом форуме в Петербурге Алексей Каплун рассказал, что необходимый объем инвестиций, а также источники финансирования будут уточнены по итогам разработки предварительного технико-экономического обоснования проекта. Гендиректор также отметил, что в ближайшее время будет происходить финализация проектных решений, после которой компания приступит к инвестиционной фазе. На данный момент, согласно программе развития водородной энергетики, Россия к 2050 году намерена получать на экспорте экологически чистых видов водорода от \$23,6 млрд до \$100,2 млрд в год, при этом поставляя на мировой рынок от 7,9 млн до 33,4 млн т. «Росатом», «Газпром» и НОВАТЭК являются представителями проектов по развитию водородной энергетики [6].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Котеленко С.В., Красников Д.В. Перспективы развития приливных электростанций 2019 // Известия ТулГУ. Технические науки. 2019. №11. С. 201-204
2. Усачев И.Н. Приливные электростанции и водородная энергетика // Энергия: экономика, техника, экология. 2010. №6. С. 10-17.
3. Достоинства и недостатки приливных электростанций // AltEnergiya.ru [Электронный ресурс]. - Режим доступа:

<https://altenergiya.ru/gidro/prilivnye-elektrostantsij.html> (дата обращения: 11.11.2021).

4. Асарин А.Е. Развитие гидроэнергетики России // Гидротехническое строительство. 2003. №6. С. 60-66.
5. Уникальная ГЭС с дамбой в Охотском море сделает Россию водородной сверхдержавой // Федеральное агентство новостей. [Электронный ресурс].-Режим доступа: <https://social.riafan.ru/1441488-unikalnaya-ges-s-damboi-v-ohotskom-more-sdelat-rossiyu-vodorodnoi-sverhderzhavoi> (дата обращения: 06.11.2021).
6. На Камчатке реанимируют советский проект по водороду на \$200 млрд // rbc.ru. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.rbc.ru/business/12/07/2021/60ec4ab99a7947fca921f1eb> (дата обращения: 06.11.2021).

Научный руководитель: А.Ю. Долгих, ст. преподаватель НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ ТПУ.

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЭНЕРГОБЛОКОВ АЭС С РЕАКТОРОМ ТИПА ВВЭР ЗА СЧЕТ ПЕРЕХОДА НА АВАРИЙНО- СТОЙКОЕ ТОПЛИВО

В.В. Гусаров
Томский политехнический университет
ИШЭ, НОЦ И.Н. Бутакова, группа 5061

Термин устойчивое к авариям толерантное топливо - Accident Tolerant Fuel – (ATF) в формулировке МАГАТЭ должно быть работоспособно как в нормальных условиях работы, так, и это главное – в условиях потери теплоносителя. Основной разрушающий твэлы фактор связан с паро-циркониевой реакцией, происходящей при температуре свыше 1200 °С. Пути решения этой проблемы лежат как в модификации или замены циркониевых оболочек, так и в модификации или применении нового ураноемкого холодного топлива. В результате увеличивается время нагрева до критической температуры.

Объектом исследования эффективности замены ядерного топлива является 4 энергоблок Калининской АЭС с реакторной установкой В-320, в настоящее время работающий на мощности 104 % от номинальной.

Таблица 1. Исходные данные

Наименование, единицы измерения		Значение
Тип ТВС		ТВС-PLUS
Среднее по а.з. обогащение, %		4,7
Рабочее давление, МПа		16
Температура тн, °С	На входе в реактор	291
	На выходе из реактора	321
Тепловая мощность реактора, МВт		3120