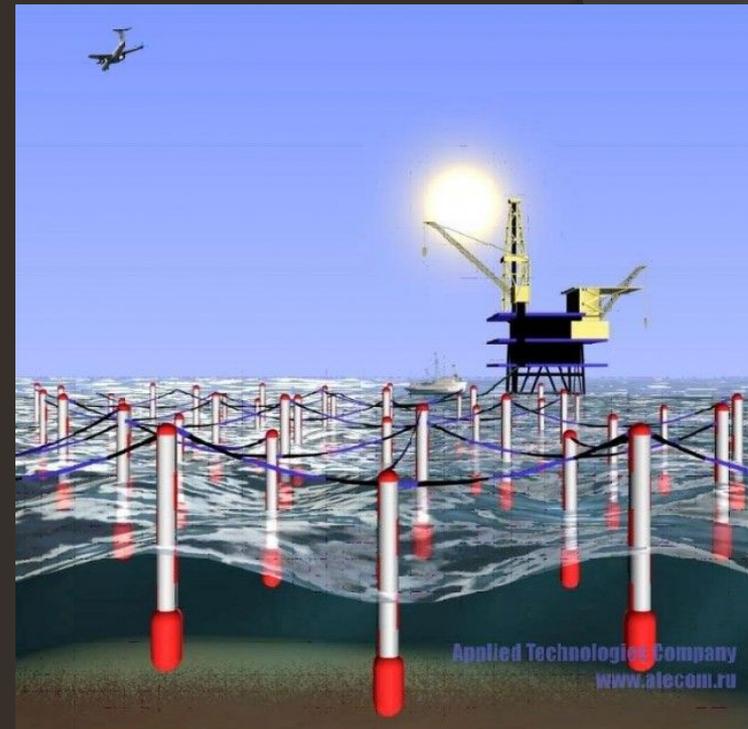


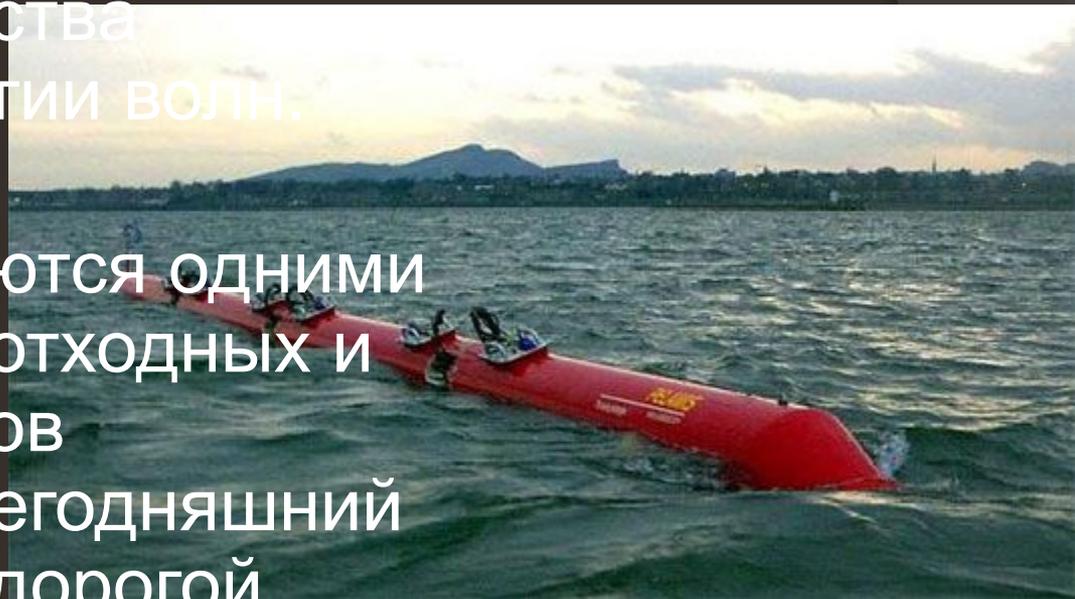
ВОЛНОВАЯ ЭНЕРГЕТИКА

- ◎ **Энэ́ргия волн океана** — энергия, переносимая волнами на поверхности океана. Может использоваться для совершения полезной работы — генерации электроэнергии, опреснения воды и перекачки воды в резервуары. Энергия волн — неисчерпаемый источник энергии.



Волновая электростанция

- Установка, расположенная в водной среде, целью которой является получение электричества из кинетической энергии волн.
- Волновые электростанции являются одними из самых чистых, безотходных и безопасных источников электроэнергии. На сегодняшний день, данный вид не дорогой энергии используется весьма мало, не более 1% от всего производимого электричества в мире.



Принцип действия волновых электростанций

- 1) Использование вертикальных подъемов и спадов волны для привода в действие водяных или воздушных турбин, соединенных с электрогенераторами.
- 2) Использование горизонтального перемещения волн с помощью устройств флюгерного типа для получения через специальную передачу вращательного движения.
- 3) Концентрация волн в сходящемся канале, в котором их кинетическая энергия поддерживала бы напор воды, достаточный для привода в действие турбины.

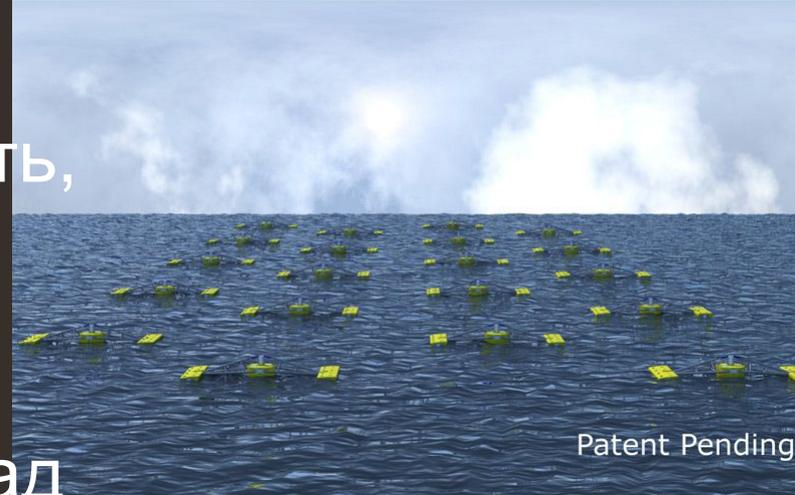


- Одно из устройств первой группы представляет собой вертикальную трубу, погруженную нижним открытым концом в достаточно спокойные слои моря и закрытую сверху. Труба закреплена на поплавке. В верхней ее части, в "волновой" камере, вода имеет свободную поверхность. При подъеме волны уровень свободной поверхности в "волновой" камере поднимается и сжимает воздух, который приводит в действие воздушную турбину, соединенную с электрогенератором. При спаде волны через атмосферный клапан в "волновую" камеру засасывается новая порция воздуха. И далее процесс повторяется. Период колебаний уровня воды - 5-6 с.

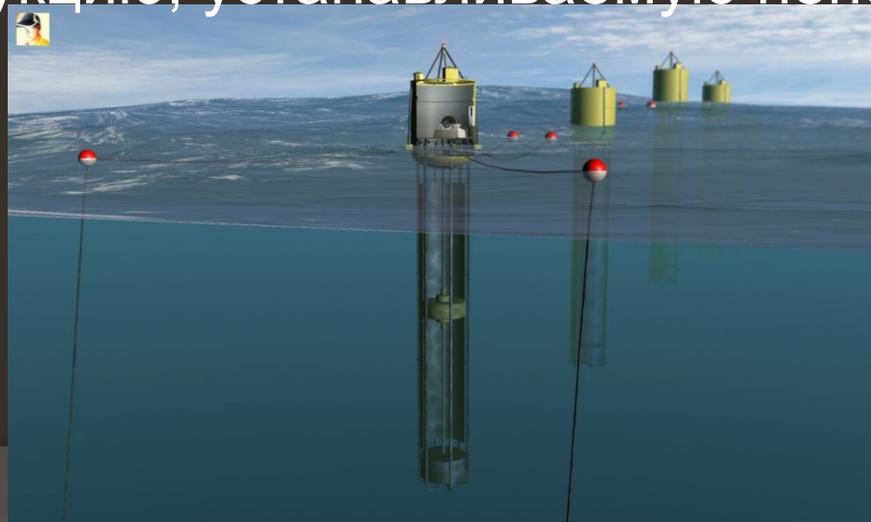


Преобразователи, использующие энергию колеблющегося водяного столба

- При набегании волны на частично погруженную полость, открытую под водой, столб жидкости в полости колеблется, вызывая изменения давления в газе над жидкостью. Полость может быть связана с атмосферой через турбину. Поток может регулироваться так, чтобы проходить через турбину в одном направлении, или может быть использована турбина Уэлса.



Уже известны по крайней мере два примера коммерческого использования устройств на этом принципе - сигнальные буи, внедренные в Японии Масудой (рис. 9.12) и в Великобритании сотрудниками Королевского университета Белфаста. Более крупное и впервые включенное в энергосеть устройство построено в Тофтестоллене (Норвегия) фирмой Kvaerner Brug A/S. Основной принцип действия колеблющегося столба показан на рис. 9.13. В Тофтестоллене он используется в 500-киловаттной установке, построенной на краю отвесной скалы. Кроме того, национальная электрическая лаборатория (NEL) Великобритании предлагает конструкцию, устанавливаемую непосредственно на морском дне



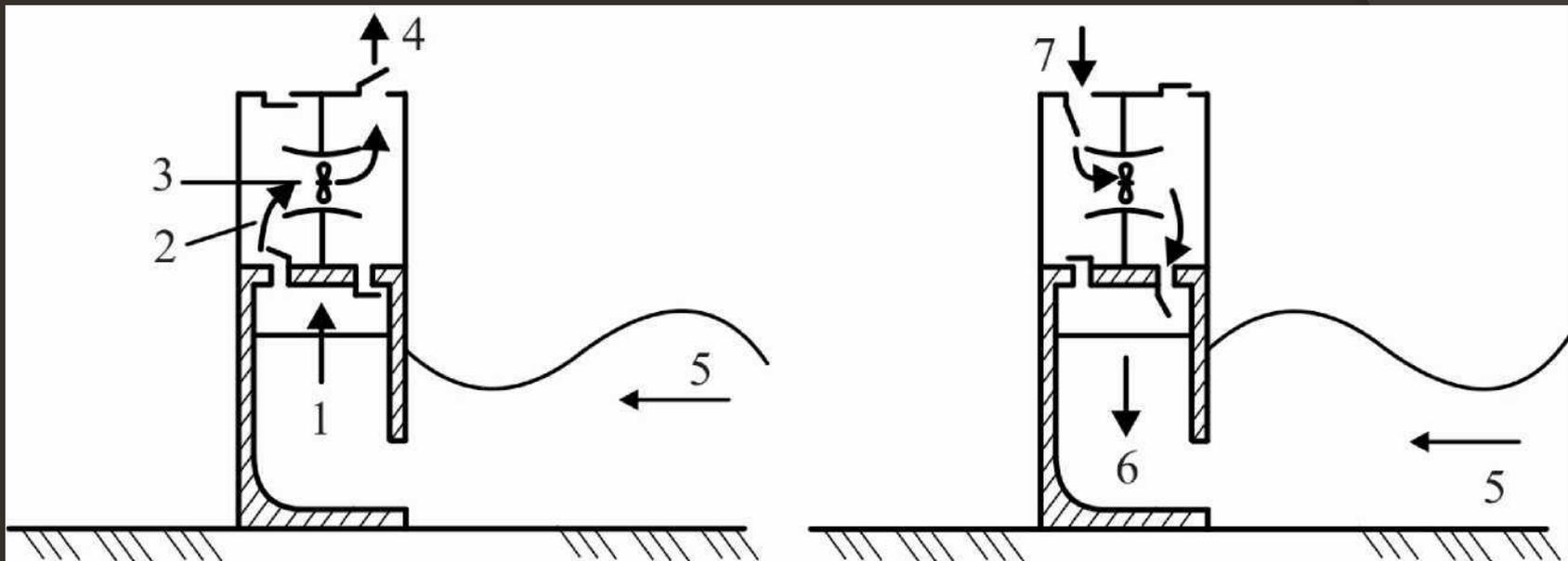
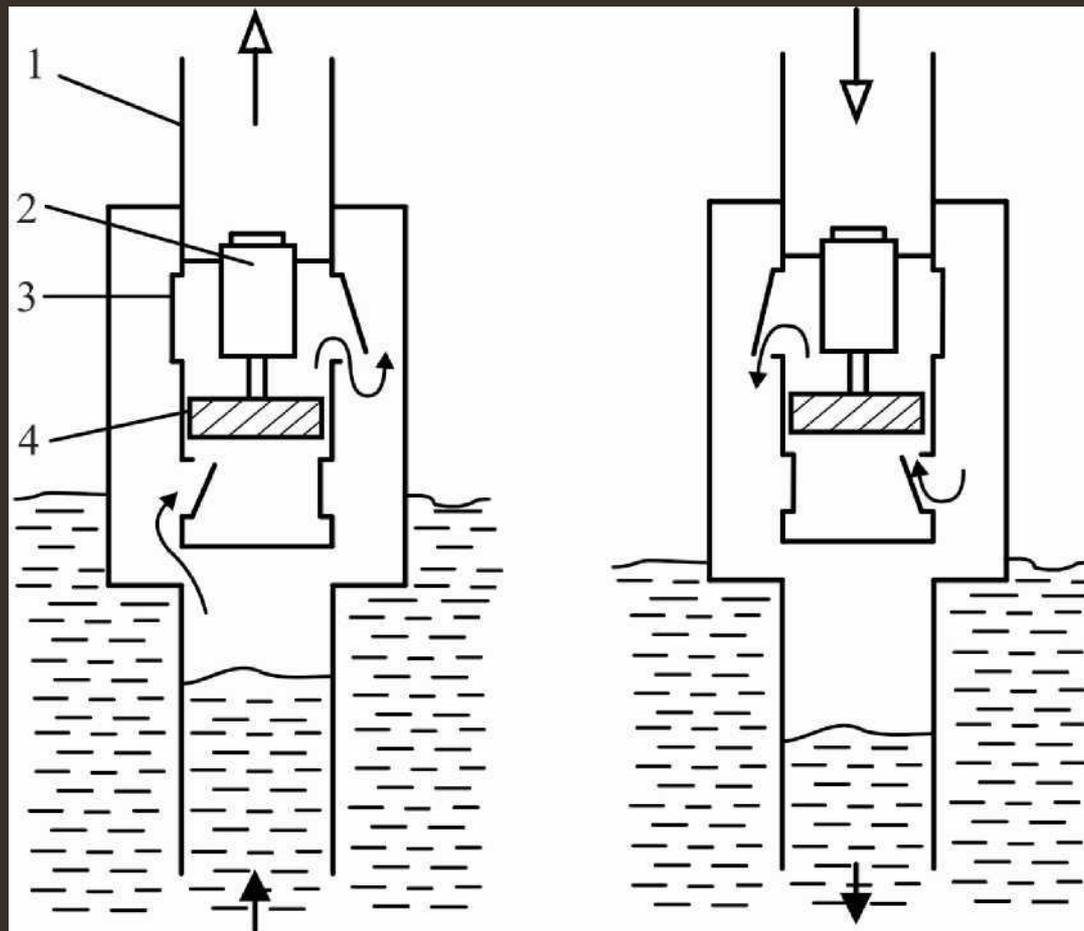


Схема установки, в которой используется принцип колеблющегося водного столба (разработана Национальной инженерной лабораторией NEL, Великобритания, размещается непосредственно на грунте, турбина приводится в действие потоком одного направления):

1 - волновой подъем уровня; 2 - воздушный поток; 3 - турбина; 4 - выпуск воздуха; 5 - направление волны; 6 - опускание уровня; 7 - впуск воздуха



Пневмобуй Масуды: 1- корпус;
2 - электрогенератор;
3 - клапан;
4 - воздушная турбина

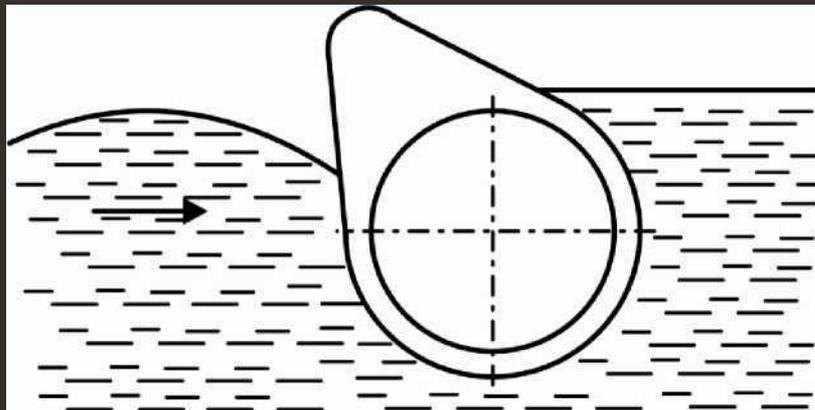
- Главное преимущество устройств на принципе водяного колеблющегося столба состоит в том, что скорость воздуха перед турбиной может быть значительно увеличена за счет уменьшения проходного сечения канала. Это позволяет сочетать медленное волновое движение с высокочастотным вращением турбины. Кроме того, здесь создается возможность удалить генерирующее устройство из зоны непосредственного воздействия соленой морской воды.



Преобразователи, отслеживающие профиль ВОЛНЫ

В этом классе преобразователей остановимся в первую очередь на разработке профессора Эдинбургского университета Стефана Солтера, названной в честь создателя «утка Солтера».

Техническое название такого преобразователя - колеблющееся крыло. Форма преобразователя обеспечивает максимальное извлечение



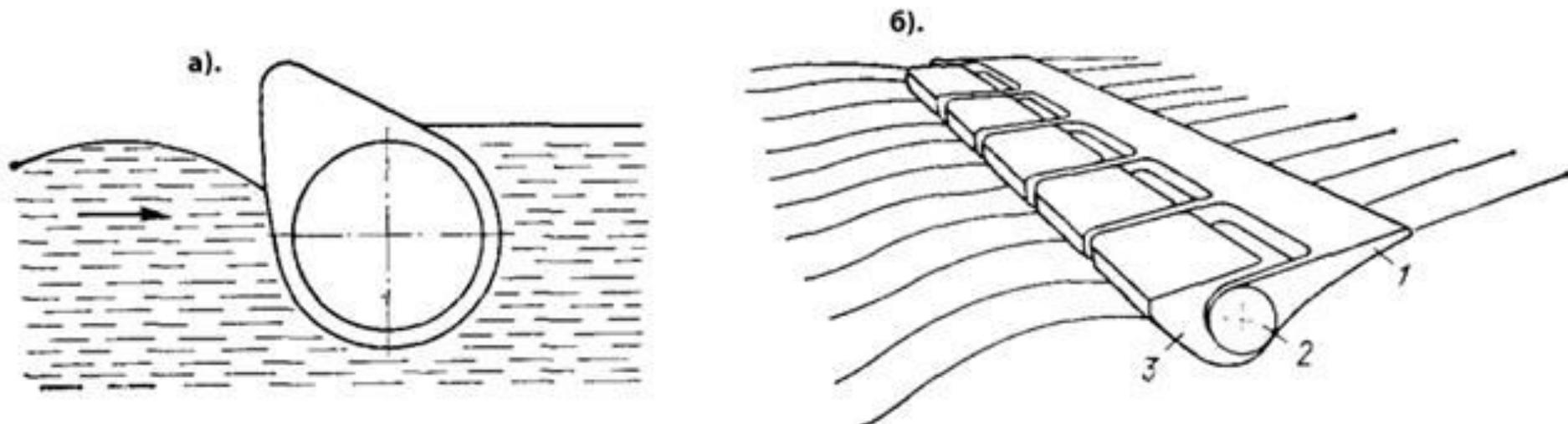
Волны, поступающие слева, заставляют утку колебаться.

Цилиндрическая форма противоположной поверхности обеспечивает отсутствие распространения волны направо при колебаниях утки вокруг оси.

Мощность может быть снята с оси колебательной системы с таким расчетом, чтобы обеспечить минимум отражения энергии.

Отражая и пропуская лишь незначительную часть энергии волн (примерно 5%), это устройство обладает весьма высокой эффективностью преобразования в широком диапазоне частот возбуждающих колебаний

- Разработка профессора Эдинбургского университета Стефана Солтера, известная под названием "утка Солтера", представляет собой преобразователь волновой энергии. Техническое название такого преобразователя - колеблющееся крыло. Форма преобразователя обеспечивает максимальное извлечение мощности. Рабочей конструкцией является поплавок ("утка"), профиль

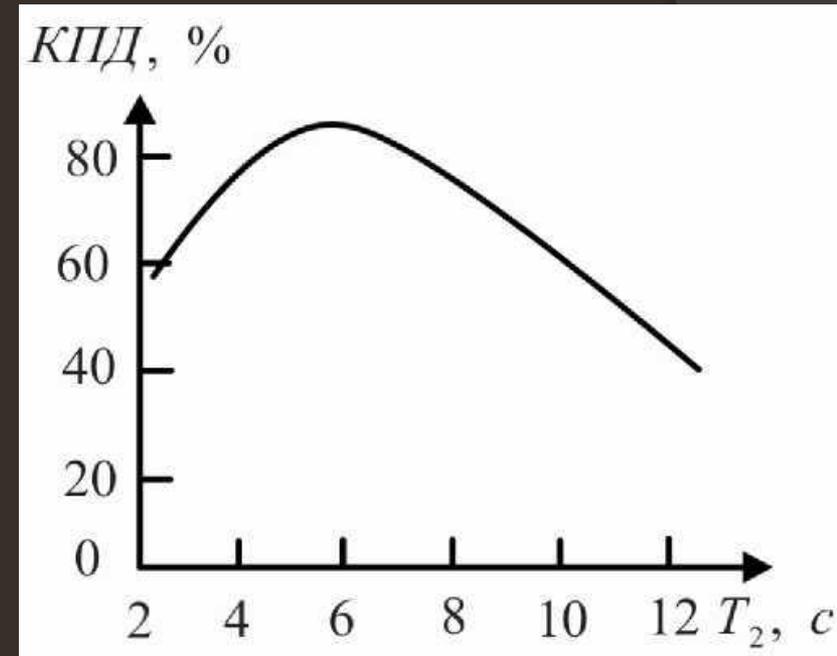


«Утка Солтера»: а – схема преобразования энергии волны;
б – вариант конструкции преобразователя;
1 – плавучая платформа; 2 – цилиндрическая опора с размещенными в ней приводами и электрогенераторами; 3 – ассиметричный поплавок.

Эффективность «утки Солтера» (диаметр 15 м, ось зафиксирована)

Наиболее серьезными недостатками для «уток Солтера» оказались следующие:

- > необходимость передачи медленного колебательного движения на привод генератора;
- > необходимость снятия мощности с плавающего на значительной глубине устройства большой протяженности; вследствие высокой чувствительности системы к направлению волн необходимость отслеживать изменение их направления для получения высокого КПД преобразования;
- > затруднения при сборке и монтаже из-за сложности формы поверхности «утки».

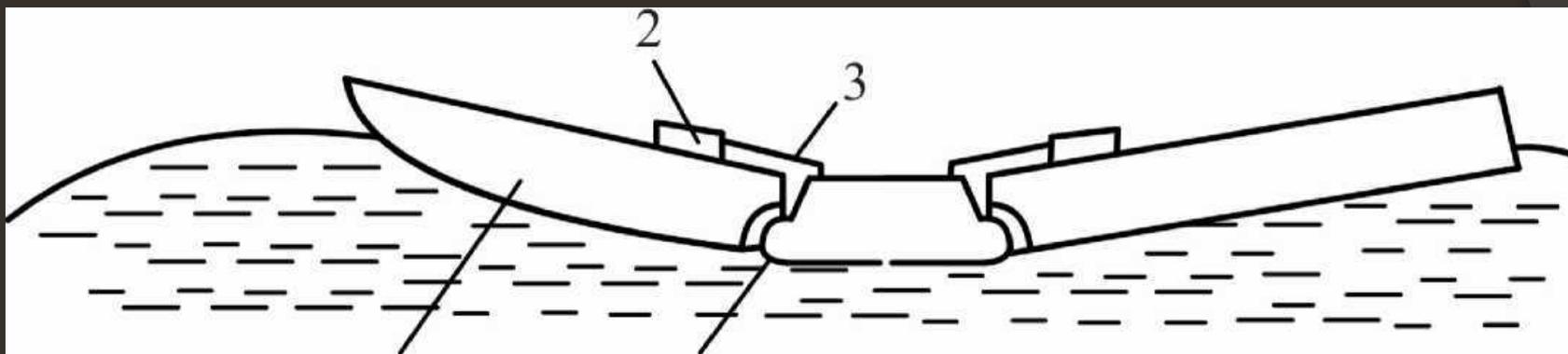


Наиболее серьезными недостатками для «уток Солтера» оказались следующие:

- — необходимость передачи медленного колебательного движения на привод генератора;
- — необходимость снятия мощности с плавающего на значительной глубине устройства большой протяженности;
- — вследствие высокой чувствительности системы к направлению волн необходимость отслеживать изменение их направления для получения высокого КПД преобразования;
- — затруднения при сборке и монтаже из-за сложность формы поверхности «утки».

Другой вариант волнового преобразователя с качающимся элементом - *контурный плот Коккерелла*.

Контурный плот - многозвенная система из шарнирно соединенных секций. Как и «утка», он устанавливается перпендикулярно к фронту волны и отслеживает ее профиль.



Детальные лабораторные испытания модели плота в масштабе 1/100 показали, что его эффективность составляет около 45% (-). Это ниже, чем у «утки» Солтера (но плот привлекает другим достоинством: близость конструкции к традиционным судостроительным) (+). Изготовление таких плотов не потребует создания новых промышленных предприятий и позволит поднять занятость в судостроительной промышленности (+).

Пилотный проект **волновой электростанции** компания Ocean Power Delivery реализовала в Европейском морском энергетическом центре на островах Orkney в северной Шотландии.

Первая коммерческая **волновая электростанция** уже запущена в пяти километрах от северного побережья Португалии. Электростанция, созданная по заказу концерна Eneeris, состоит из трех конвертеров мощностью 750 кВт каждый. Суммарная мощность станции составляет 2,25 МВт, вырабатываемой электроэнергии достаточно для снабжения полутора тысяч домов на побережье.

Впечатляет экологический эффект от использования конвертеров **Pelamis**: использование одного модуля мощностью 750 кВт в течении года позволяет отказаться от сжигания такого количества органического топлива, которое дало бы выброс 2000 тонн парникового газа CO₂!





Сборка конвертера волновой энергии Pelamis

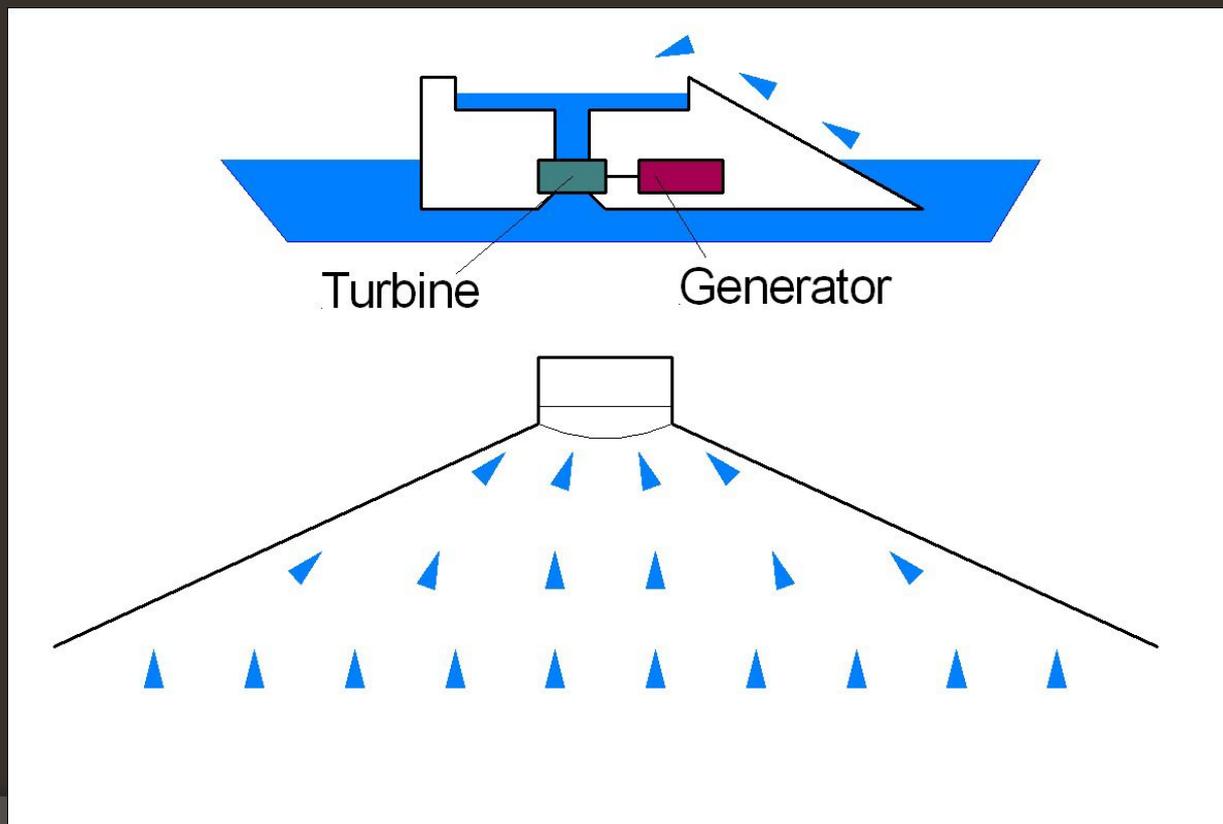
Сейчас идет подготовка к реализации второй фазы проекта Pelamis в Португалии. Это строительство электростанции мощностью 22,5 МВт, которой будет достаточно для электроснабжения 15 000 домов. Она сможет спасти атмосферу планеты от выброса 60 000 тонн CO₂. Станция займет около одного квадратного километра площади океана.

В перспективе человечество может обеспечить все прибрежные города энергией волн! Что же представляет собой конвертер волновой энергии Pelamis? Это длинный (120 метров), круглый в сечении цилиндр диаметром 3,5 метра, состоящий из трех модулей, соединенных подвижной связью. В каждом модуле установлен электрогидравлический генератор мощностью 250 кВт, специально разработанный компанией ABB.



Концентрация волн в сходящемся канале

Движение океанских волн сопровождается выделением фантастических объемов энергии. Однако человечество пока так и не научилось эффективно перерабатывать эту энергию для своих целей. Одна из успешнейших на данный момент попыток – волновая электростанция Oceanlinx в акватории города Порт-Кембла, Австралия.



Волновая электростанция Oceanlinx.

Основным элементом, определяющим эффективность работы волновой электростанции, является турбина. Из-за того, что направление движения волн и их сила постоянно меняются, обычные турбины для выработки волновой электроэнергии непригодны. Поэтому на станции Oceanlinx используется турбина Denniss-Auld с регулируемым углом поворота лопастей.

Одна силовая установка Oceanlinx обладает мощностью (в пиковом режиме) от 100 кВт до 1,5 МВт. Установка в Порт-Кембла поставляет в электросеть города 450 кВт электричества. Принцип работы волновой электростанции заключается в том, что проходящие через нее волны толчками заполняют водой специальную камеру, вытесняя содержащийся в этой камере воздух. Сжатый воздух под давлением проходит через турбину, вращая ее лопасти. В результате вырабатывается электричество





Подводные устройства

Преимущества подводных устройств состоят в том, что эти устройства позволяют избежать штормового воздействия на преобразователи.

Однако при их использовании увеличиваются трудности, связанные с извлечением энергии и обслуживанием.

Для примера можно рассмотреть преобразователь типа «бристольский цилиндр», относящийся к группе устройств, работающих под действием скоростного напора в волне.

Наполненный воздухом плавучий корпус (цилиндр), имеющий среднюю плотность 0,6-0,8 т/м³, закреплен под водой на опорах, установленных на грунте.

Цилиндр колеблется в волне, совершая движение по эллиптической траектории и приводя в действие гидравлические насосы, вмонтированные в опоры и преобразующие энергию движения цилиндра. Перекачиваемая ими жидкость может подаваться по трубопроводам на генераторную станцию, единую для нескольких цилиндров.

Одно из преимуществ идеи «бристольского цилиндра» то, что после настройки на оптимальную частоту он не отражает энергию других частот, а дает ей возможность распространяться далее, где ее могут поглотить другие преобразователи, например цилиндры с другой частотой.

"Архимедово волновое качание" (Archimedes Wave Swing — AWS), по словам авторов разработки, самую мощную и производительную волновую электростанцию: 150 мегаватт на квадратный километр.

Принципиальное отличие AWS от всех остальных проектов в этой области в том, что они... невидимы и никому не мешают. Потому как находятся под водой на глубине порядка 40-50 метров. Причём от верхушки сооружения до поверхности будет оставаться примерно 6 метров, что одинаково хорошо как с эстетической, так и с практической точки зрения.

Ну, с эстетической-то понятно (лицезреть AWS в действии смогут разве что дайверы). А что с практической? Дело в том, что большинство проектов волновых и приливных электростанций работает на поверхности воды или даже на побережье, что, несомненно, мешает передвижению судов, да и самим устройствам вредит – любое сильное волнение или, что ещё хуже, шторм быстро выводят механизмы из строя.

Пилотный проект из пяти "бочек" был запущен в октябре 2004 года у берегов Португалии и в течение двух недель прошёл все испытания весьма успешно.



Собственно сама AWS представляет собой цилиндр диаметром 12 и высотой 30 метров. Весит такой гигантский буй примерно 800 тонн и способен вырабатывать энергию для 500 домов, то есть выдаёт до 12 гигаватт-часов в год.

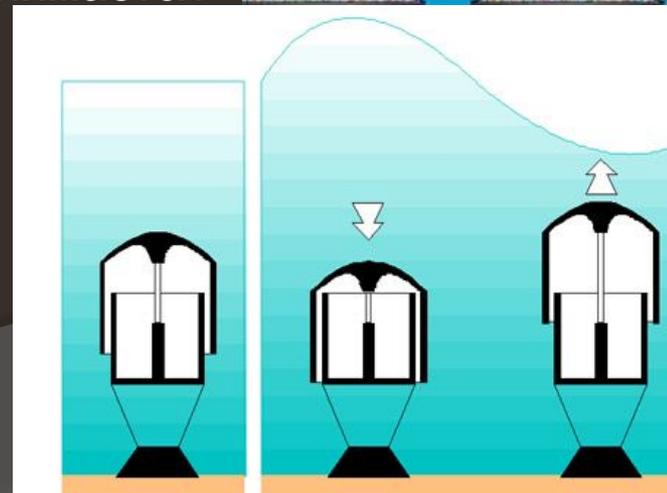
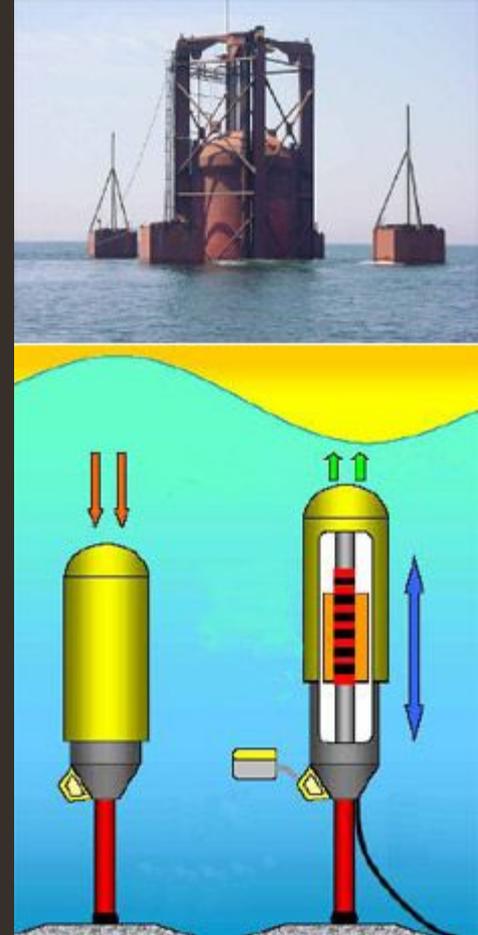
Соответственно, рассчитанная стоимость одного киловатт-часа по нынешнему курсу порядка - 13 российских рублей.

Дороговато, но авторы системы говорят, что с её масштабированием цена киловатта будет снижаться.

Цилиндр пустотелый, а его внутренность заполнена газом. Нижняя часть цилиндра крепится ко дну, верхняя же находится в "свободном плавании", то есть может двигаться вверх-вниз относительно нижней части. Принцип действия прост как всё гениальное: проходящая над буйком волна "давит" на верхнюю часть цилиндра, заставляя её проседать под своей тяжестью, а газ внутри — сжиматься. Как только волна уходит, давление понижается, и верхняя часть цилиндра поднимается обратно.

Такое механическое движение вверх-вниз преобразуется в электричество с помощью линейного генератора (обычных катушки и магнита), по тому же принципу, что и в этом проекте.

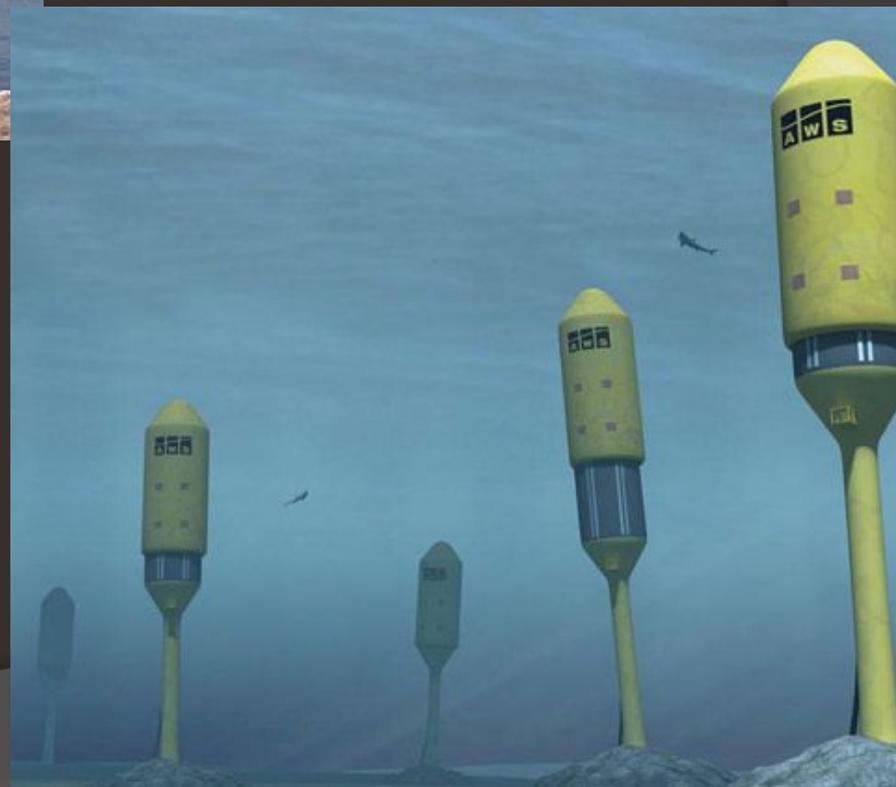
Электрический ток в основную сеть на побережье пересылается по электрическим кабелям, проложенным от каждой AWS по дну





В то же время система AWS, сделанная из тех же материалов, что и подводные части нефтяных вышек, находится в глубоких, спокойных водах.

Другие плюсы этого проекта: дешевизна оборудования, большее количество производимой энергии на той же площади (в сравнение с другими источниками природной энергии), безопасность для окружающей среды, простота монтажа и обслуживания.



Стоит одна такая "бочка" порядка 4 миллионов евро и рассчитана на непрерывную работу в течение восьми лет.

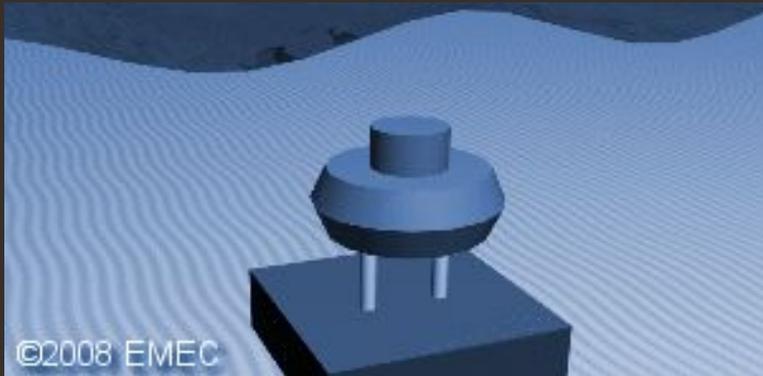
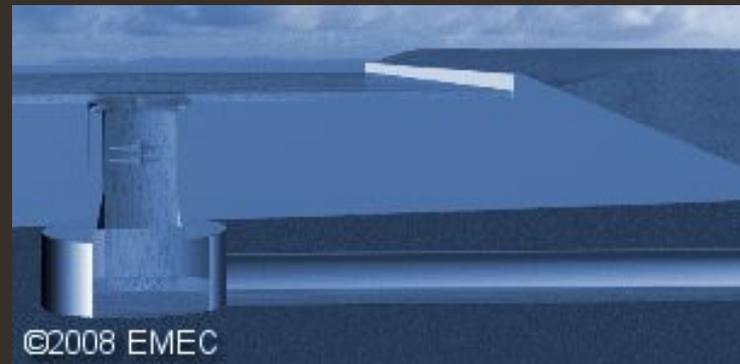
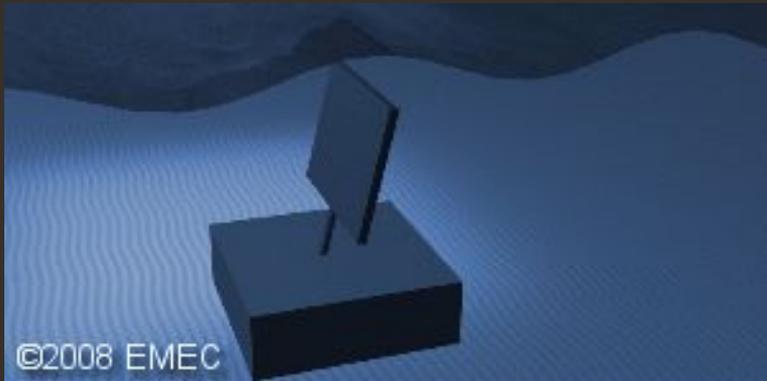
Конечно, построить ферму из нескольких AWS, которая бы качественно и, главное, бесперебойно снабжала город (или даже города) энергией можно не везде.

Наиболее подходящими считаются западное побережье Великобритании, Португалии и Испании, тихоокеанское побережье Канады и США (от Ванкувера до Сан-Франциско), Чили и даже Южной Африки и Новой Зеландии — прежде всего за счёт того, что здесь волнение на море не затухает 24 часа в сутки.

К другим обязательным требованиям относится подходящий рельеф дна (глубины до 80-90 метров в местах, где проходят морские пути, и рельеф, позволяющий прокладывать кабели к побережью).

Кроме того, желательно, чтобы волновые "фермы" находились не далее чем в 12 часах плавания от ближайшего промышленного порта.





Использование энергии океанских течений

Механическая мощность, которую можно извлечь из океанского течения, определяется тем же соотношением, которое используется для оценки этой величины в ветроэнергетике:

$$P = \eta A \rho V^{3/2}$$

Коэффициент преобразования энергии, зависящий от типа турбины, для выполнения приближенных расчетов можно принять равным 0,6 для свободно

вращающегося рабочего колеса и 0,75 для того же колеса в насадке.

Строительство крупных ветровых турбин (диаметром до 200 м) практически

невозможно из-за ограничений, связанных с прочностью материалов и массовыми характеристиками подобных устройств.

Для турбин, работающих в морской среде, массовые ограничения менее существенны из-за действия на элементы конструкций силы Архимеда.

Повышенная плотность воды позволяет, кроме того, уменьшить столь существенное для воздушных турбин воздействие вибраций, вызывающих усталостное разрушение материалов.

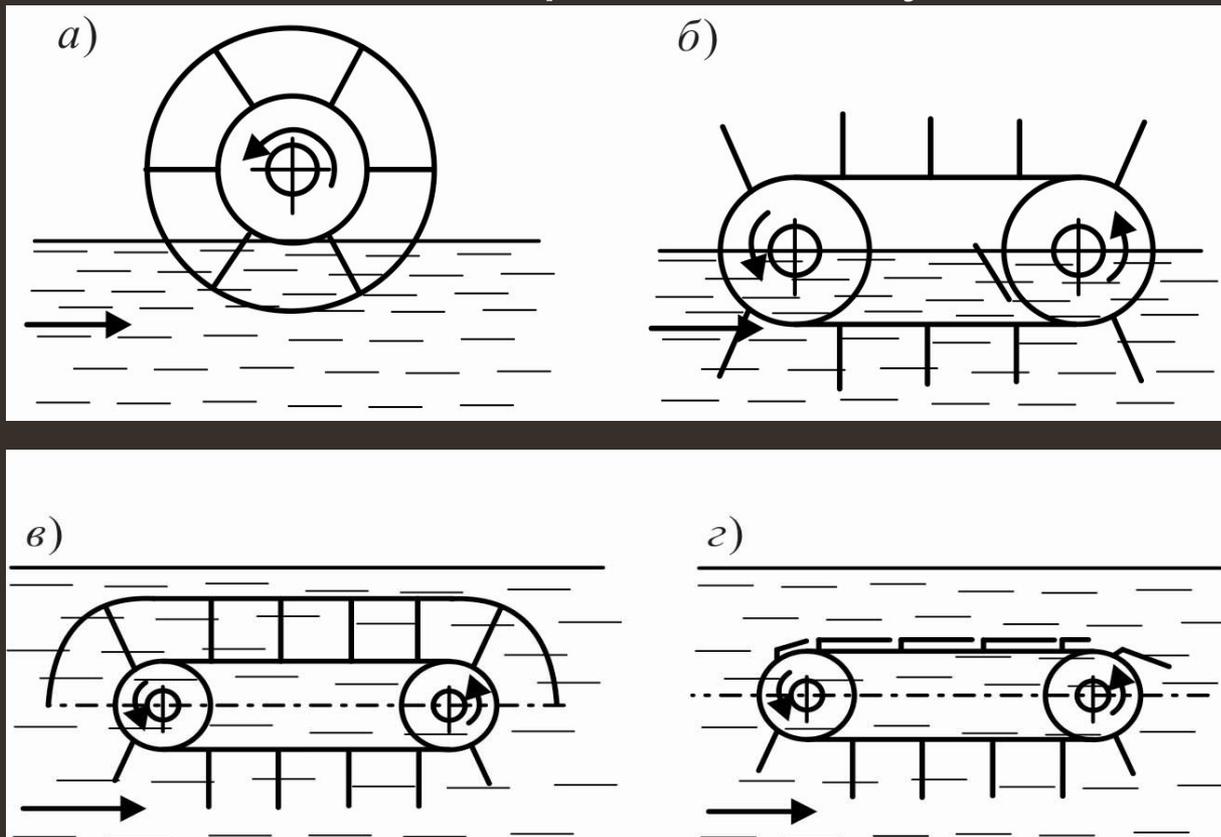
Достоинства океанских течений в качестве источников энергии по сравнению с ветровыми потоками:

- отсутствие резких изменений скорости (сравните с изменениями скорости при порывах ветра, при ураганах и т.п.).
- при достаточном заглублении в толщу воды турбины ОГЭС надежно защищены от волн и штормов на поверхности.

В качестве **недостатков** преобразователей энергии океанских течений следует отметить

- для эффективного использования течений в энергетике необходимо, чтобы они обладали определенными характеристиками. В частности, требуются достаточно высокие скорости потоков, устойчивость по скорости и направлению, удобная для строительства и обслуживания география дна и побережья.
- удаленность от побережья влечет удорожание транспортировки энергии и обслуживания этих станций, как, впрочем, и любых других.
- большие глубины требуют увеличения затрат на сооружение и обслуживание якорных систем, малые – создают помехи судоходству.
- именно географические факторы не позволяют сейчас говорить о строительстве ОГЭС в открытом океане, где несут свои воды наиболее мощные течения. При средних и малых глубинах, особенно в местах образования приливных течений, важную роль играет топография дна.
- необходимость создавать и обслуживать гигантские конструкции в морской воде, подверженность этих конструкций обрастанию и коррозии, трудности передачи энергии.

Для характеристики схем установки преобразователей можно выделить две основные схемы – сооружений, закрепляемых на морском дне, и сооружений, плавающих в толще воды и заякоренных к дну.



а – колесо-прототип;

б – ленточное колесо на плавучем основании;

в – ленточное колесо в толще потока;

г – ленточное колесо со складными лопастями

Выполнили:

- ◎ Григорьев
- ◎ Лукъянов
- ◎ Терновский
- ◎ Косырев
- ◎ Медведева