



АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Преподаватель:

Бекбаев А.Б., д-р. техн. наук, профессор кафедры
«Энергетика»

bekbaev_a@mail.ru

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

- Лекция №11

- Энергия морей и океанов



По завершению урока Вы будете знать:

- Об энергии приливов и отливов. О преобразовании энергии приливов,отливов и волн. Об использовании океанских течений. О преобразовании тепловой энергии а также и других видов энергии океана.

Поверхность Мирового океана занимает около 70 % поверхности планеты и составляет примерно 360 млн км². Большая часть этой поверхности открыта (свободна ото льда) и хорошо поглощает солнечное излучение. В океанской воде примерно 65 % солнечного излучения поглощается первым метром водной толщи и до 90 % — десятиметровым слоем. В дневное время в низких широтах вода прогревается на глубину около 10 м и более за счет процессов теплопроводности и турбулентного перемешивания.

Запасенное океаном тепло частично переизлучается, а частично передается в атмосферу теплопроводным пограничным слоем и вследствие испарения. Соотношение этих процессов в полосе широт $\pm 70^\circ$ характеризуется примерно одинаковыми значениями: длинноволновое излучение в атмосферу и космическое пространство — 41 %, передача тепла атмосфере за счет теплопроводности — 5 %, потери на испарение — 54 %.

Разница температур на различных участках земной и океанской поверхности провоцирует возникновение движений воздушных и водных масс (ветров и океанских течений). За счет движения воздушных и водных масс запасенная океаном энергия переносится по всей планете, причем в области между экватором и 70° с. ш. в среднем 40 % тепла переносится океанскими течениями, а на 20° с. ш. вклад океана в перенос энергии составляет до 74 %.

Около 70 % суммарного солнечного излучения испытывает в океане и на поверхности суши различные изменения: преобразуется в тепло 43 %; расходуется на испарение и образование осадков 22 %; сообщение энергии рекам, ветру, волнам, различным видам течений в океане составляет 0,2 %. Примерно 0,02 % всей энергии воспринятого планетой солнечного излучения идет на образование продукции фотосинтеза и частично на образование ископаемого топлива.

Распределение океанских источников энергии по мощности

	Всего, МВт	Допускающих преобразование, МВт
Приливы	$1 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^4$
Течения	$3 \cdot 10^5$	$9 \cdot 10^2$
Биомасса	$3 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^4$
Волны	$1 \cdot 10^6$	$9 \cdot 10^4$
Градиент солености	$3 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^5$
Градиент температуры	$4 \cdot 10^7$	$4 \cdot 10^4$
Океанские ветры	$9 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^5$

При оценке возможностей различных видов энергии океана приняты и учтены следующие условия:

- энергетическое использование приливной энергии возможно только в течение 30 % времени;
- данные по океанским течениям получены с учетом 1%-го допустимого замедления скорости течения;
- при оценке возможностей энергетического использования продукции океанского фотосинтеза приняты во внимание 50 % эффективности преобразования бурых водорослей в метан и возможность размещения соответствующих ферм в 20 % районов естественного апвеллинга (*апвеллинг* — подъем глубинных вод, богатых биогенными веществами, играющими роль удобрений);
- для прибрежных волновых генераторов установлены к.п.д. 50 % и время работы 40 % годового бюджета времени;
- к.п.д. преобразования градиента солености принят равным 3 %, а градиента температур — 5 %, причем в последнем случае считается реальным разместить преобразователи на 2 % поверхности океана в тропической зоне;
- для ВЭС коэффициент преобразования энергии ветра принят равным 60 %.

Энергия приливов и отливов

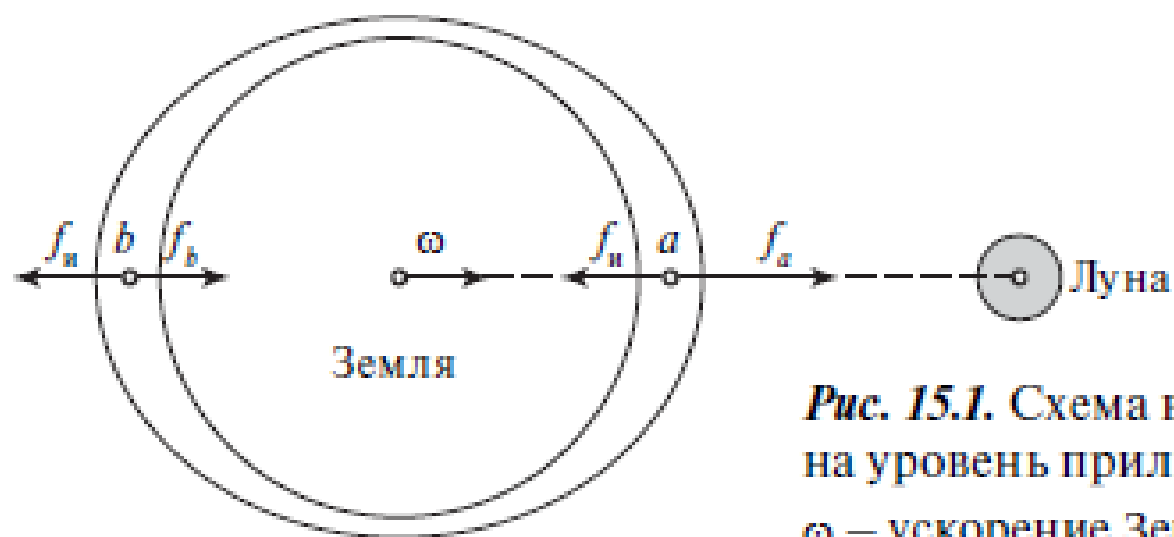


Рис. 15.1. Схема влияния Луны на уровень приливов:

ω — ускорение Земли, вызванное притяжением Луны; f_n — сила инерции; f_a, f_b — силы притяжения частиц воды Луной $f_b < f_n < f_a$

Таблица 15.2

Сведения о приливах в некоторых портах мира

Порт	Интервал между приливами		Средняя высота прилива, м
	ч	мин	
Рейкьявик, Исландия	4	50	2,77
р. Коксоак, Гудзонов пролив, Канада	8	56	7,65
Барнтко, залив Фанди, Канада	0	9	12,02
Портленд, шт. Мэн, США	11	10	2,71
Бостон, шт. Массачусетс, США	11	16	2,90
Нью-Йорк, шт. Нью-Йорк, США	8	15	1,34
о. Марака, Бразилия	6	0	6,98
Бальбоа, Панама	3	5	3,84
Сан-Франциско, шт. Калифорния, США	11	40	1,19
Сиэтл, шт. Вашингтон, США	4	29	2,32
Ситка, шт. Аляска, США	0	7	2,35
Санрайз, залив Кука, шт. Аляска, США	6	15	9,24
Дарвин, Австралия	5	0	4,39

Окончание табл. 15.2

Порт	Интервал между приливами		Средняя высота прилива, м
	ч	мин	
Рангун, Мьянма	4	26	3,90
Занзибар, Танзания	3	28	2,47
Гранвиль, Франция	5	45	8,69
Лит, Великобритания	2	8	3,72
Лондон, Великобритания	1	18	5,67
Дувр, Великобритания	11	6	4,42
Эйвонмут, Великобритания	6	39	9,48
Рамси, о. Мэн, Великобритания	10	55	5,25
Гамбург, Германия	4	40	2,23

Таблица 15.3

Приливные ресурсы в некоторых регионах мира

Регион	Средняя разница между уровнями прилива и отлива, м	Потенциальная мощность, МВт
Северная Англия	9,8	1680
Мон-Сен-Мишель, Франция	8,4	9700
Тугурский залив, Россия	9	8000
Пенжинская губа, Россия (вариант в южном створе)	11	87 000
Пенжинская губа, Россия (вариант в северном створе)	13,4	21,4
Мезень, Россия	10	11,4–19,2
Пассамакводди, США, Канада	5,5	1800
Кобсук, США	5,5	722
Аннаполис, Канада	6,4	765
Майнас-Кобеквист, Канада	10,7	19 900
Камберленд, Канада	10,1	1680
Петиткодиак, Канада	10,7	794

Наиболее очевидным способом использования океанской энергии в современных условиях представляется строительство приливных электростанций (ПЭС). Суммарная мощность морских приливов оценивается различными авторами в довольно широком диапазоне — от 1 до 4 млрд кВт, в то время как мощность водотоков всех рек — в 850 млн кВт.

Для определения потенциальной мощности P_n (кВт) и годовой выработки электроэнергии $\mathcal{E}_n$ (кВт·ч) отдельных створов, в которых возможно сооружение ПЭС, рекомендуются следующие эмпирические формулы:

$$P_n = 225 A^2 F; \quad \mathcal{E}_n = 1,97 \cdot 10^6 A^2 F,$$

где A — среднегодовая амплитуда прилива, м;

F — площадь бассейна, км².

— несовпадение основных периодов возникновения приливов (12 ч 25 мин и 24 ч 50 мин), связанных с движением Луны, с привычным для человека периодом солнечных суток (24 ч), в связи с чем оптимум приливной генерации находится не в фазе с потребностями в энергии;

— изменение высоты прилива и мощности приливного течения с периодом в две недели, что приводит к колебаниям выработки энергии в течение лунного месяца;

— необходимость создания больших потоков воды с большим расходом при малом перепаде высот, что заставляет использовать большое количество сравнительно маломощных турбин, работающих параллельно;

— более высокие в сравнении с ГЭС капитальные затраты на сооружение ПЭС;

— потенциальные экологические нарушения и изменение режимов морских акваторий.

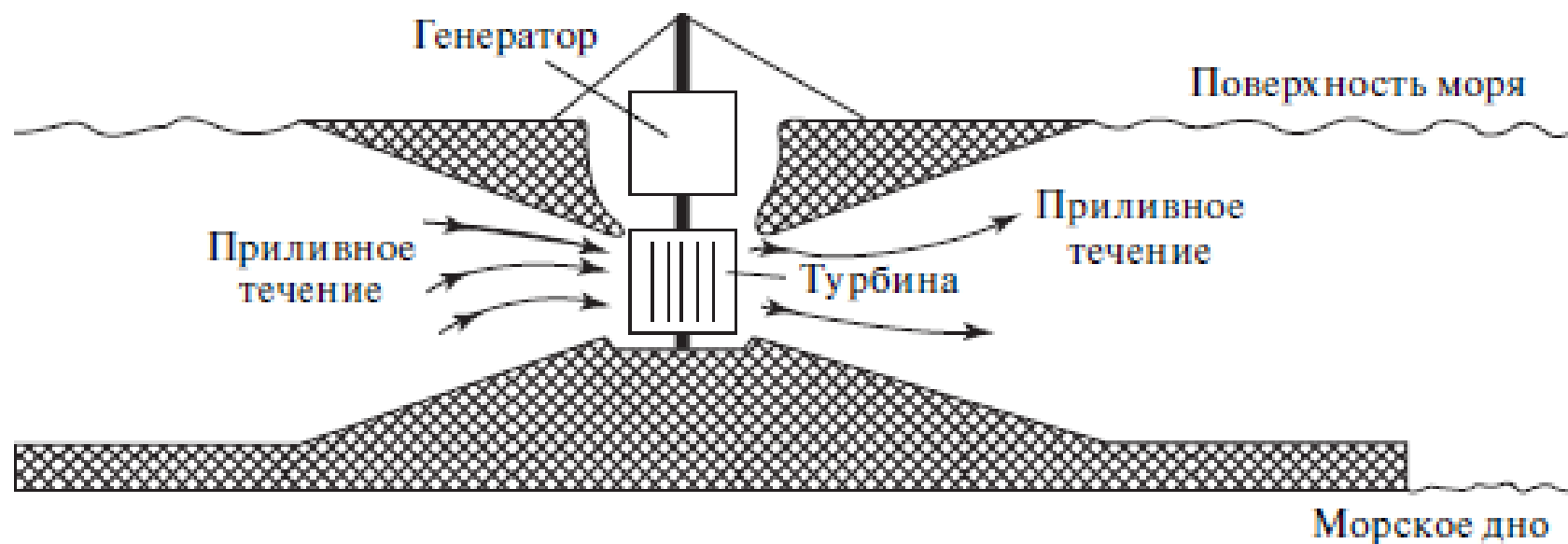


Рис. 15.2. Схема электростанции на приливном течении

Первая морская ПЭС мощностью 635 кВт была построена в 1913 г. в бухте Ди около Ливерпуля. В 1935 г. приливную электростанцию начали строить в США. Американцы перегородили часть залива Пассамакводи на восточном побережье, истратили 7 млн долларов, но работы пришлось прекратить из-за неудобного для строительства, слишком глубокого и мягкого морского дна, а также из-за того, что построенная неподалеку крупная ТЭС сделала строительство ПЭС неактуальным.

Следующая ПЭС мощностью 240 МВт была пущена лишь в 1966 г. во Франции в устье реки Ранс, впадающей в пролив Ла-Манш, где средняя амплитуда приливов составляет 8,4 м. На ПЭС «Ранс» (La Rance) 24 гидроагрегата вырабатывают в среднем за год 502 млн кВт·ч электроэнергии. Для этой станции создан приливный капсульный агрегат, позволяющий осуществлять три режима работы: прямой (генераторный), обратимый (насосный) и в качестве водопропускного отверстия. По оценке специалистов, эксплуатация ПЭС «Ранс» является экономически оправданной, годовые издержки эксплуатации ниже, чем на ГЭС, и составляют не более 4 % капитальных вложений.



Всего в настоящее время в мире действуют десять напорных ПЭС, выполненных по одnobассейновой схеме. Кроме ПЭС «Ранс» во Франции и Кислогубской в России в 1971–1980 гг. построены семь ПЭС в Китае суммарной мощностью 10 МВт и ПЭС «Аннаполис» в Канаде (20 МВт, 1985 г.).

Существуют проекты крупных ПЭС в Великобритании («Северн», 1000 МВт), в Канаде («Кемберленд», 1150 МВт и «Кобекуид», 4030 МВт), ведутся проектные работы по ПЭС в России, Австралии, Индии, Аргентине, строится ПЭС «Гаролин» в Корее.

- существование замкнутого напорного фронта заметно меняет экологическую ситуацию в бассейне;
- располагаемая мощность ПЭС, определяемая режимом прилива-отлива, непрерывно изменяется, обращаясь в ноль неоднократно в течение суток;
- велика стоимость здания станции и сооружений напорного фронта, рассчитываемых на штормовую океанскую волну и тяжелую ледовую нагрузку. Это определяет высокие удельные затраты на единицу установленной мощности и относительно высокую себестоимость вырабатываемой электроэнергии;
- наличие напорного фронта определяет неблагоприятный режим финансирования объекта, так как лишь после полного окончания (и оплаты) работ по напорному фронту станция начинает работать и возвращать капитальные затраты.

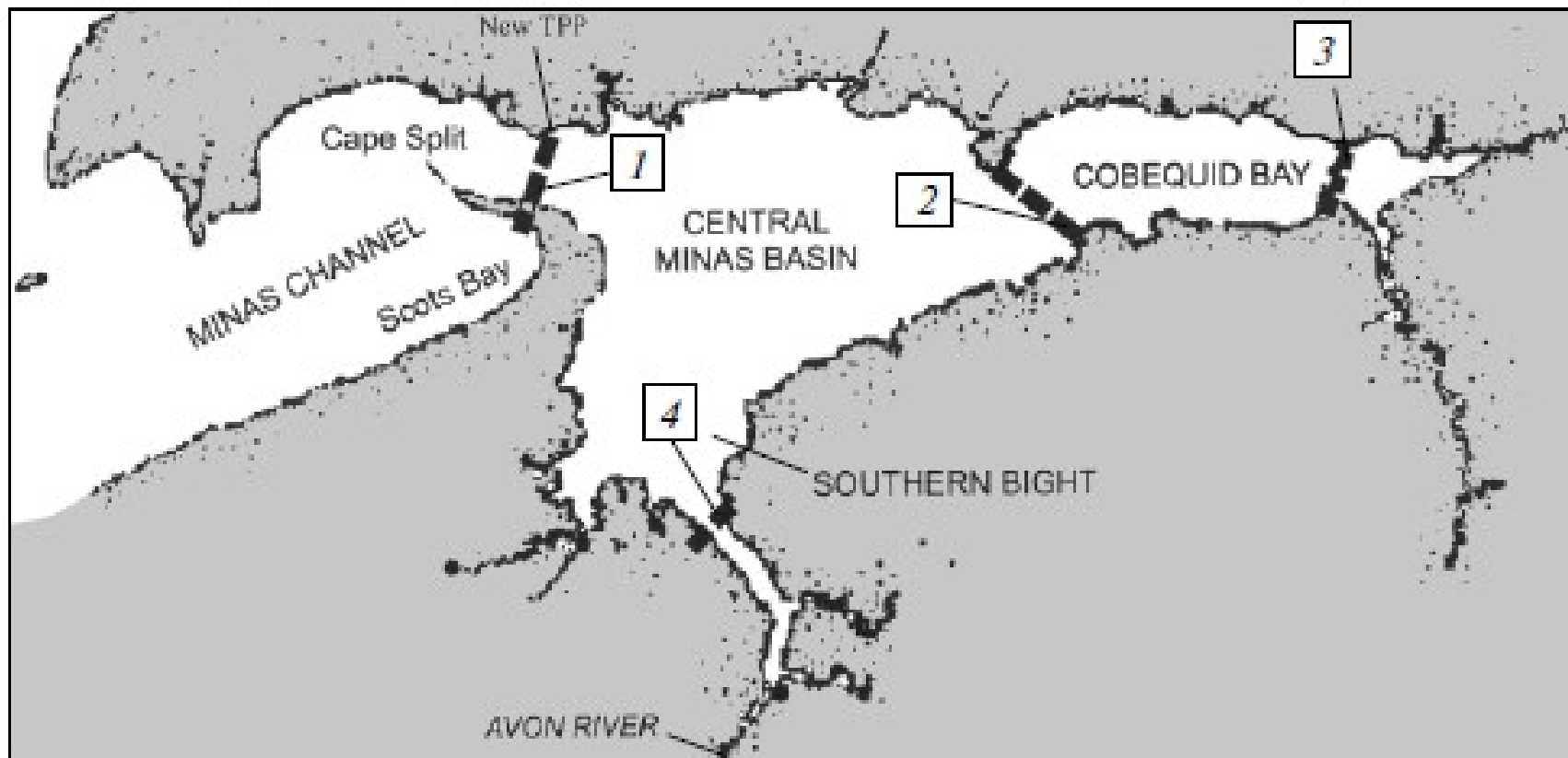
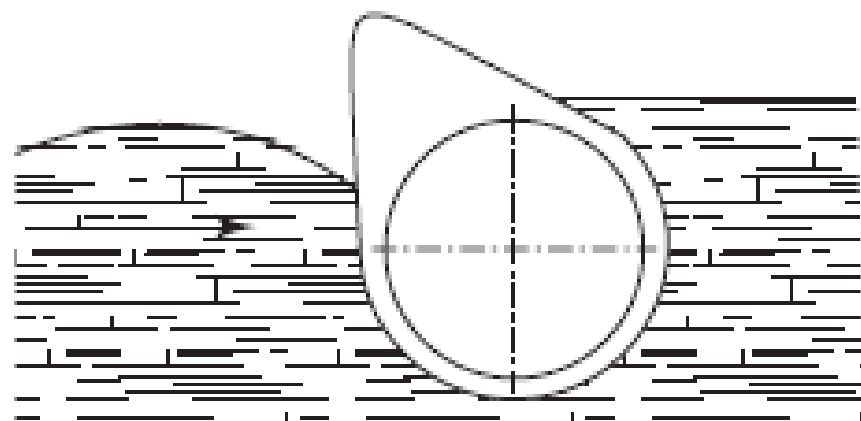


Рис. 15.3. Приливная электростанция на восточной части залива Fundy (Minas Basin) в створе мыса Split:

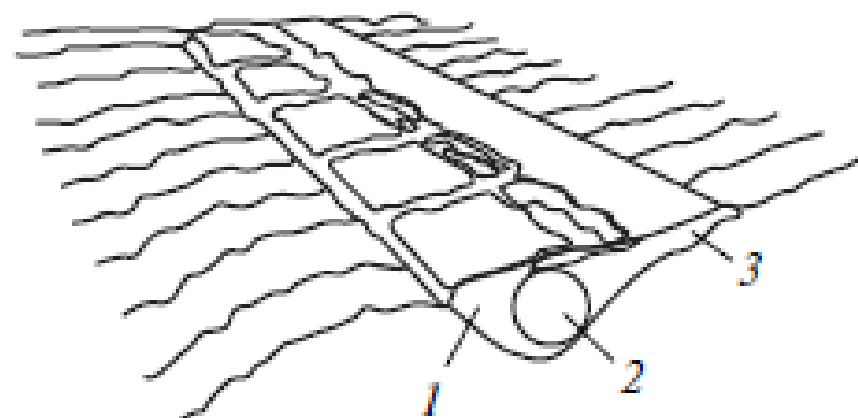
1 – створ агрегатов основной ПЭС; **2–4** – створы ПЭС, формирующих базисную мощность

Преобразование энергии волн

- волны являются неразрушающимися, синусоидальными, с нерегулярной длиной, фазой и направлением прихода;
- в то время как изменяющиеся очертания волн свидетельствуют о распространении волнового движения, сами по себе частицы жидкости не связаны с этим движением и не перемещаются в его направлении;
- амплитуда движения частиц жидкости экспоненциально уменьшается с глубиной;
- амплитуда волны не зависит от ее длины, скорости распространения и периода, а зависит лишь от характера предшествовавшего взаимодействия ветра с морской поверхностью.



а)



б)

Рис. 15.4. Конструктивная схема «утки Солтера»

а) схема преобразования энергии волны; *б)* вариант конструкции преобразователя: 1 – плавучая платформа; 2 – цилиндрическая опора с размещенными в ней приводами и электрогенераторами; 3 – асимметричный поплавок

Недостатки «уток Солтера»:

- 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 необходимо отслеживать изменение их направления для получения максимального к.п.д.;
- затруднения при сборке и монтаже из-за сложности формы поверхности «утки».

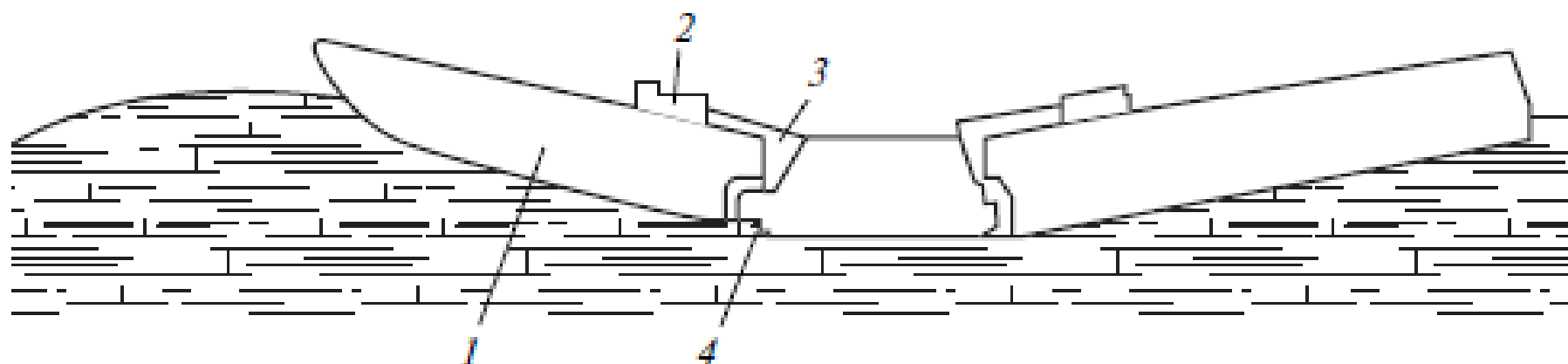


Рис. 15.5. Контурный плот Коккерелла:

1 – колеблющаяся секция; *2* – преобразователь; *3* – тяга; *4* – шарнир

Существуют также преобразователи, использующие энергию колеблющегося водяного столба. При набегании волны на частично погруженную полость, открытую под водой, столб воды в полости колеблется, вызывая изменение давления газа (воздуха) над жидкостью. Из-за колебаний уровня воды воздух то выходит из полости, то входит в нее. Верхняя часть полости связана с атмосферой через турбину, которая вращается в одном направлении независимо от направления потока воздуха. Даже небольшие волны амплитудой 35 см заставляют турбину вращаться со скоростью более 2000 об/мин. Уже известно по крайней мере два примера коммерческого использования устройств на этом принципе – сигнальные буи, внедренные в Японии Масудой и в Великобритании сотрудниками Королевского университета Белфаста (рис. 15.6).

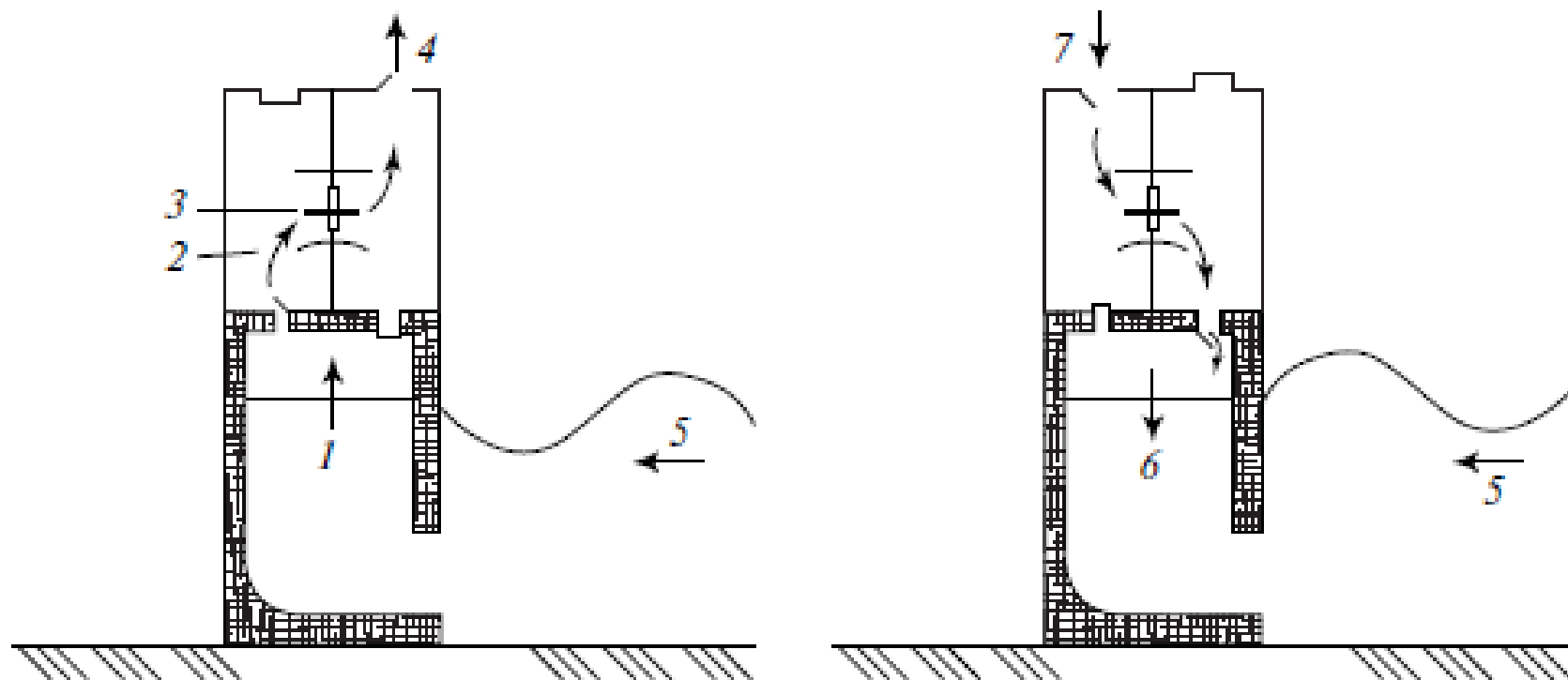


Рис. 15.6. Схема установки, преобразующей энергию колеблющегося водяного столба:

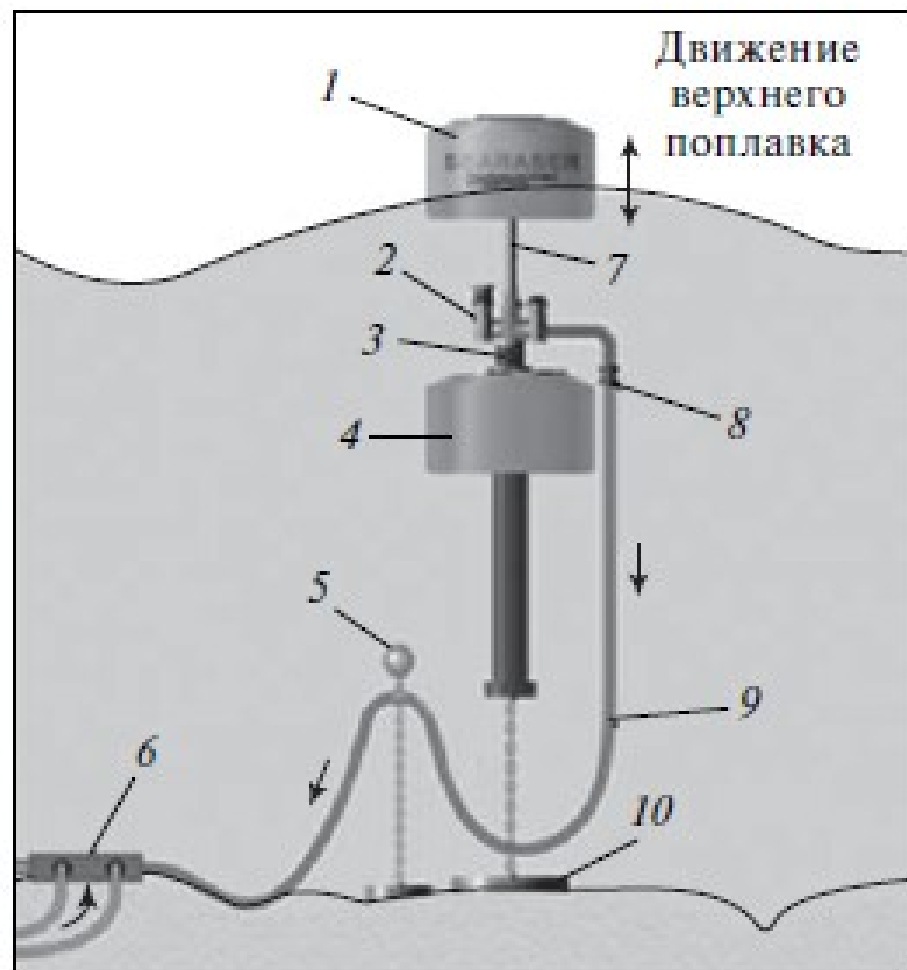
1 – волновой подъем уровня; 2 – воздушный поток; 3 – турбина; 4 – выпуск воздуха; 5 – направление волны; 6 – опускание уровня; 7 – впуск воздуха



В Великобритании разрабатывается оригинальная конструкция волновой энергоустановки типа «моллюск», в которой в качестве рабочих органов используются мягкие оболочки камеры. В них находится воздух под давлением, несколько большим атмосферного. Накатом волн камеры сжимаются, образуется замкнутый воздушный поток из камер в каркас установки и обратно. На пути потока установлены турбины Уэллса с электрогенераторами. Создается опытная плавучая установка из 6 камер, укрепленных на каркасе длиной 120 м и высотой 8 м. Ожидаемая мощность составляет 500 кВт. Дальнейшие разработки показали, что наибольший эффект дает расположение камер по кругу.

Рис. 15.7. Схема поплавковой системы Смита:

- 1 — верхний поплавок;
- 2 — клапаны;
- 3 — приливная колонна;
- 4 — нижний поплавок;
- 5 — поплавок поддержки шланга;
- 6 — коллектор;
- 7 — поршень;
- 8 — разъем;
- 9 — шланг;
- 10 — якорь





В настоящее время волноэнергетические установки используются для энергопитания автономных буйев, маяков, научных приборов. Попутно крупные волновые станции могут быть использованы для волнозащиты морских буровых платформ, открытых рейдов, марикультурных хозяйств. Практически началось промышленное использование волновой энергии. В мире уже около 400 маяков и навигационных буйев получают питание от волновых установок. В Норвегии с 1985 г. действует первая в мире промышленная волновая станция мощностью 850 кВт. Создание волновых электростанций определяется оптимальным выбором акватории океана с устойчивым запасом волновой энергии, эффективной конструкцией станции, в которую встроены устройства сглаживания неравномерного режима волнения.



Ученые давно работают над проблемой использования океанского прибоя. По подсчетам специалистов, волна с амплитудой 1,5 м и длиной 15 м имеет мощность 4,3 кВт; с амплитудой 3 м — 17,9 кВт, с амплитудой 6 м — 220 кВт. Однако использование этой энергии технически очень сложно, так как эти волны в основном разрушают, а не создают. Они разрушают причальные стенки, волноломы, перемещают большие массы песка и камней. Промышленно использовать потенциал прибоя пока не удастся.

Использование энергии океанских течений

Наиболее мощные течения океана — крупный потенциальный источник энергии. Механическая мощность, которую можно извлечь из океанского течения, определяется тем же соотношением, которое используется для оценки этой величины в ветроэнергетике

$$P = 1/2 \cdot k S \rho V^3,$$

где k — коэффициент преобразования;

S — площадь, перекрываемая концентратором энергии в потоке, м^2 ;

ρ — плотность воды, $\text{кг}/\text{м}^3$;

V — скорость течения, $\text{м}/\text{с}$.

Коэффициент преобразования энергии, зависящий от типа турбин, для ориентировочной оценки можно принять равным 0,6 для свободно вращающегося рабочего колеса и 0,75 для того же колеса в насадке.

Отчуждение огромных площадей на Земле для проектов, связанных с использованием солнечной энергии, а также высокая стоимость защиты солнечных установок от воздействия окружающей среды во многих случаях позволяет по этим показателям отдать предпочтение энергетическим проектам, использующим энергию океанских течений.

Строительство крупных ветровых турбин (диаметром до 200 м) практически невозможно из-за ограничений, связанных с прочностью материала и массовыми (весовыми) характеристиками подобных устройств. Для турбин, работающих в морской среде, массовые ограничения менее существенны из-за действия на элементы конструкции силы Архимеда. Повышенная плотность воды позволяет, кроме того, уменьшить столь существенное для воздушных турбин воздействие вибраций, вызывающих усталостное разрушение материалов. Известно, что для турбины в насадке при установленной мощности 40 МВт, при скорости течения 1,5 м/с понадобится рабочее колесо диаметром 200 м. Такие размеры для турбины, работающей в морской среде, по прочностным соображениям вполне допустимы.

Если взять за эталон течение со скоростью 1 м/с, то на земном шаре найдется достаточно мест для размещения электростанций в океанах и вблизи их берегов (рис. 15.8). Особенно интересен в этом отношении Атлантический океан (Гольфстрим, Северное Пассатное, Бенгельское, Гвинейское, Флоридское течения). В Тихом океане внимание привлекают течение Куроисио и экваториальные течения, которые использовались древними цивилизациями при освоении новых тихоокеанских островов и континентов. Могут быть также использованы течения в различных проливах: Гибралтарском, Бабель-Мандебском, в Ла-Манше, между островами Курильской гряды и т. д. В этих проливах можно использовать не только поверхностные, но и глубинные потоки, часто имеющие противоположные поверхностным направления течения и обладающие требуемыми скоростями. В узких и не слишком глубоких проливах системы Ла-Манш и в проливах между некоторыми островами Курильской гряды нередко течения со скоростями до 10 м/с.

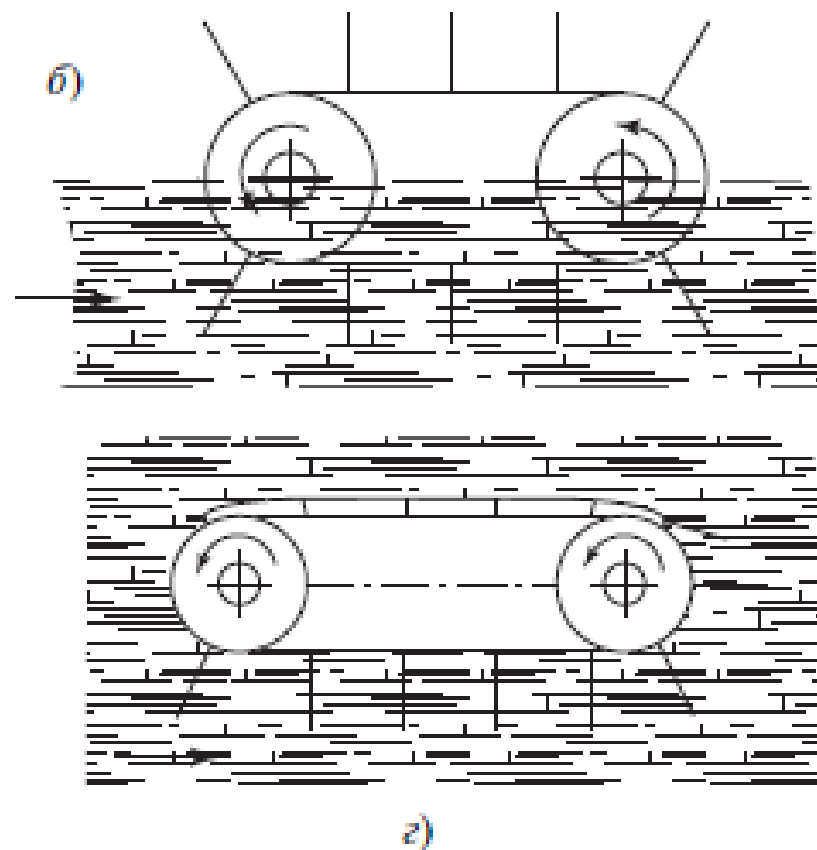
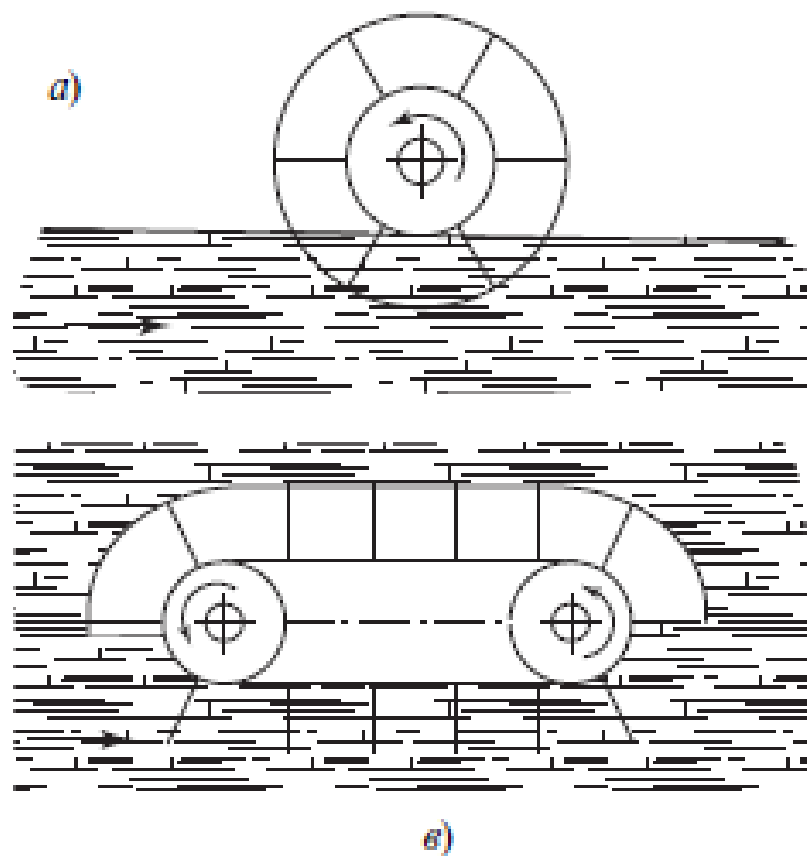


Рис. 15.9. Эволюция водяного колеса:

а) колесо-прототип; **б)** ленточное колесо на плавучем основании; **в)** ленточное колесо в толще потока; **г)** ленточное колесо со складными лопастями

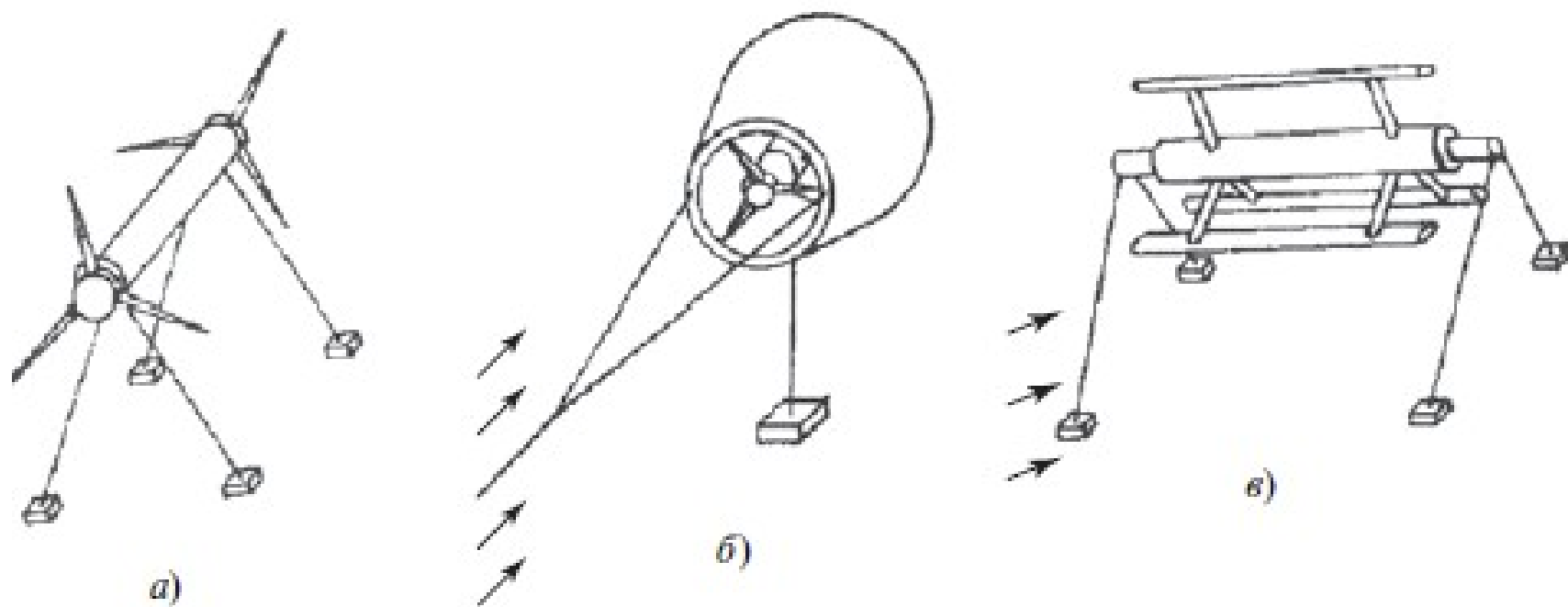


Рис. 15.10. Варианты схем перспективных турбин для океанских ГЭС:
 а) свободный ротор; б) ротор в насадке; в) ротор, устанавливаемый поперек потока

Известны американские проекты по программе «Кориолис», предусматривающей установку во Флоридском проливе, в 30 км восточнее города Майами 242 турбин, каждая с двумя рабочими колесами диаметром 168 м, которые вращаются в противоположных направлениях. Пара рабочих колес размещается внутри полой камеры из алюминия, обеспечивающей плавучесть турбины. Для повышения эффективности лопасти колес предполагается сделать достаточно гибкими. Вся система «Кориолис» общей длиной 60 км будет ориентирована по основному потоку. Ее ширина (при расположении турбин в 22 ряда по 11 турбин в каждом) составит 30 км. Агрегаты предполагается отбуксировать к месту установки и заглубить на 30 м, чтобы не препятствовать судоходству. Полезная мощность каждого агрегата с учетом потерь на собственные нужды и при передаче мощности на берег составит 43 МВт. Опытный образец такой турбины диаметром 1,5 м испытан во Флоридском проливе; были сообщения о разработке турбины с рабочим колесом диаметром 12 м и мощностью 400 кВт.



Электростанция на Гольфстриме может стать «первой ласточкой» в освоении энергии Мирового океана, имеющего много достаточно мощных течений. Японские ученые, например, проявившие большой интерес к экспериментам с турбиной Горлова, говорят о большой эффективности подобных сооружений на тихоокеанском течении Куро시오. О его колоссальном энергетическом потенциале позволяют судить следующие цифры: у южной оконечности острова Хонсю ширина течения составляет 170 км, глубина проникновения — до 700 м, а объем потока — около 38 млн м³/с.

1. Разработка технологии изготовления океанских концентраторов энергии низкой стоимости с необходимыми рабочими характеристиками при малой массе. С этой целью необходимо изучить возможности уменьшения стоимости элементов их конструкций путем автоматизации производства и применения новых перспективных материалов.

2. Определение возможности использования существующих материалов или необходимости создания новых, необходимых для постоянно работающих в морской воде силовых конструкций и поворотных механизмов преобразователей.

3. Разработка методических руководств и средств обслуживания океанских электростанций. Первые разработки таких устройств должны опираться на результаты полунатурных экспериментальных исследований проблем обслуживания гигантских конструкций в морской воде — с учетом подверженности этих конструкций обрастанию и коррозии, трудностей передачи энергии потребителю.



Необходима разработка технологии монтажа и демонтажа оборудования и составных частей станции, которая, очевидно, во многом может использовать приемы и способы, применяемые в судостроении и космонавтике.

4. Разработка систем, обеспечивающих ориентацию и управление пространственным положением станции как непосредственно в океанском течении, так и во время профилактических работ на поверхности океана.

5. Исследование проблем, связанных с передачей энергии от генератора до потребителей; разработка критериев и оценка эффективности совместной работы энергетического оборудования.

6. Исследование возможности транспортировки персонала, оборудования и грузов, необходимых для обеспечения нормальной эксплуатации станций.

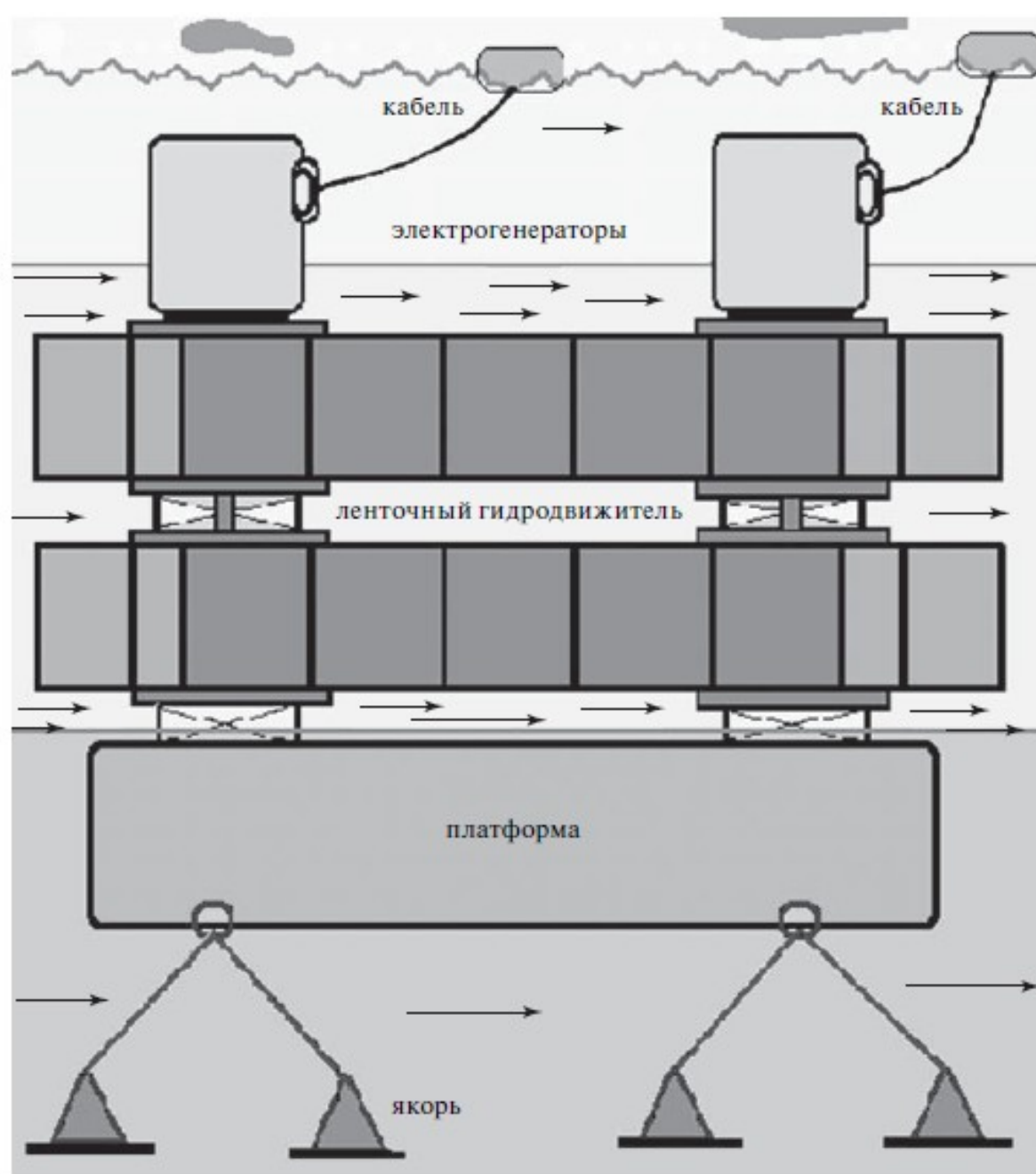


Рис. 15.11. Компоновка океанской электростанции с ленточным преобразователем

Преобразование тепловой энергии океана

Мировой океан — крупнейший естественный коллектор солнечного излучения. В нем между теплыми, поглощающими солнечное излучение поверхностными водами и более холодными придонными существует разность температур в 10–20 °С. Это обеспечивает непрерывно пополняемый запас тепловой энергии, которая может быть преобразована в другие виды энергии. Сам термин «преобразование тепловой энергии океана» — «ocean thermal energy conversion» (ОТЕС) — означает преобразование некоторой части этой тепловой энергии в механическую работу и далее в электроэнергию.

Преобразование тепловой энергии, запасенной океаном, требует создания тепловой машины, тем или иным способом использующей естественный перепад температур между прогретыми поверхностными и охлажденными глубинными слоями вод.

В первом приближении доля преобразуемой энергии может быть определена через к.п.д. термодинамического цикла Карно как $\Delta T/T$, где ΔT — величина перепада температур между нагревателем и холодильником; T — абсолютное значение температуры нагревателя.

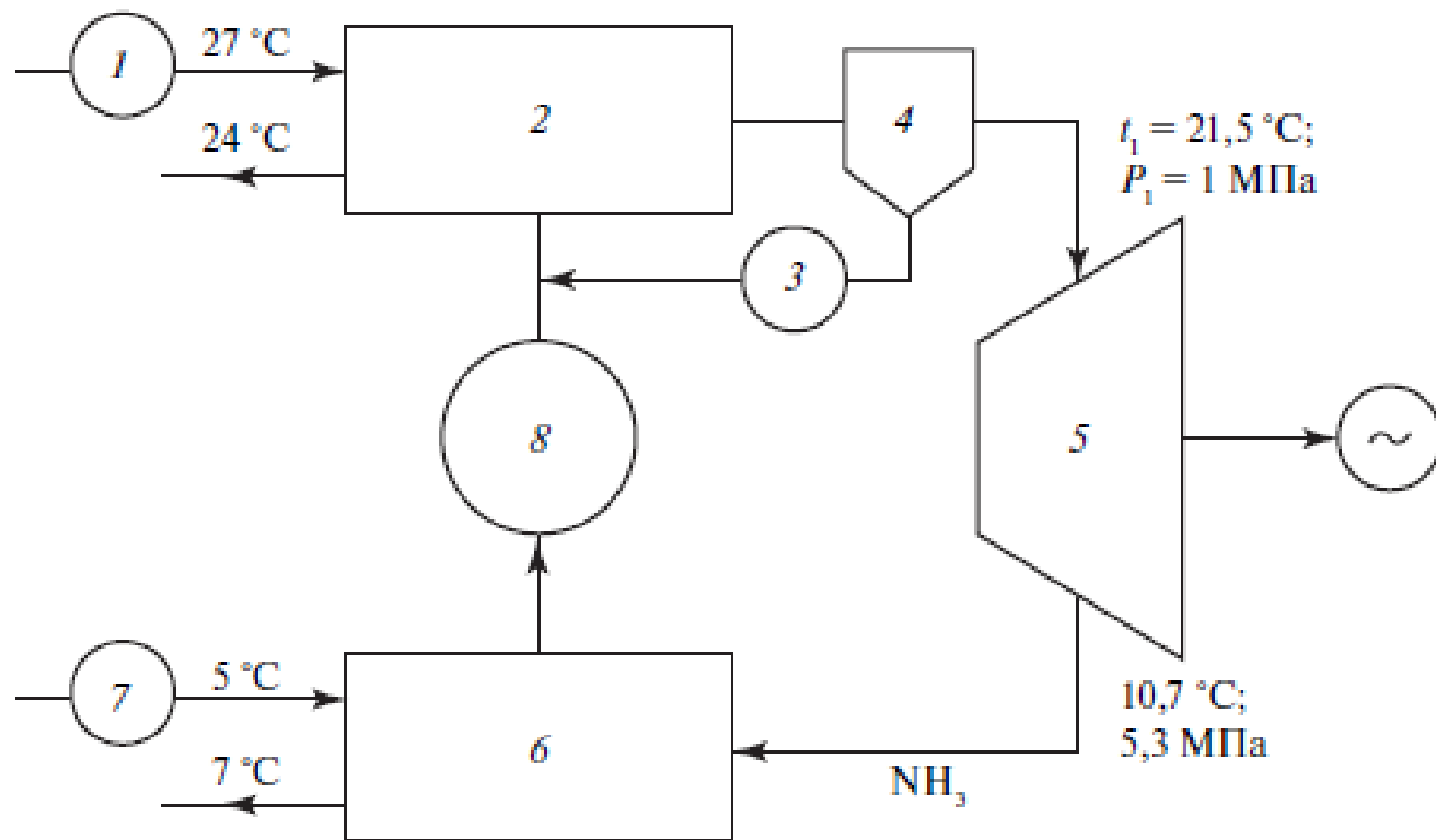


Рис. 15.12. Схема термальной установки, работающей по замкнутому циклу:
 1 – насос теплой воды; 2 – испаритель; 3 – насос осушителя парообразного рабочего тела; 4 – осушитель; 5 – турбина с генератором; 6 – конденсатор; 7 – насос для забора холодной воды; 8 – насос для подачи рабочего тела

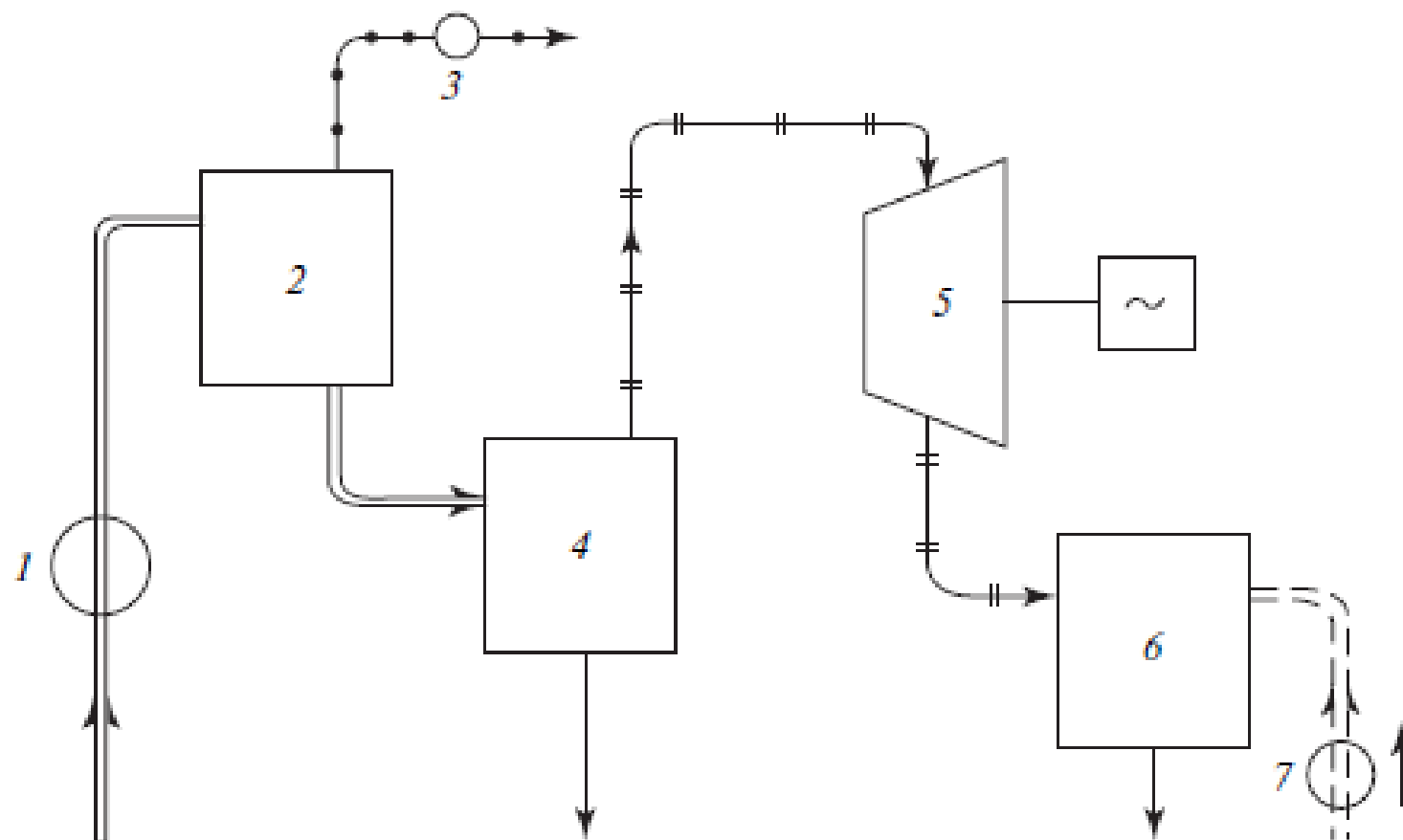


Рис. 15.13. Схема ОТЭС, работающей по открытому циклу Клода:

1 – насос теплой воды; 2 – деаэратор; 3 – вакуумный насос; 4 – испаритель;
5 – турбина с электрогенератором; 6 – конденсатор; 7 – насос для подъема
холодной воды



Особенность работы таких станций — так называемый «треугольный» цикл: нагрев и испарение рабочего тела в результате политропного процесса, адиабатное расширение через турбину, изотермическое сжатие при подаче в испаритель с одновременным отводом избыточного тепла в холодильнике. К.п.д. такого цикла, как показано в одной из работ А. К. Ильина, ниже к.п.д. термического цикла Карно примерно в 2 раза.

Расчеты показывают, что удельная мощность, получаемая с 1 м² площади океана при разности температур воды и воздуха 10 °С составляет примерно 18 кВт/м², при разности температур 20 °С — 60 кВт/м², при разности температур 30 °С — 125 кВт/м².

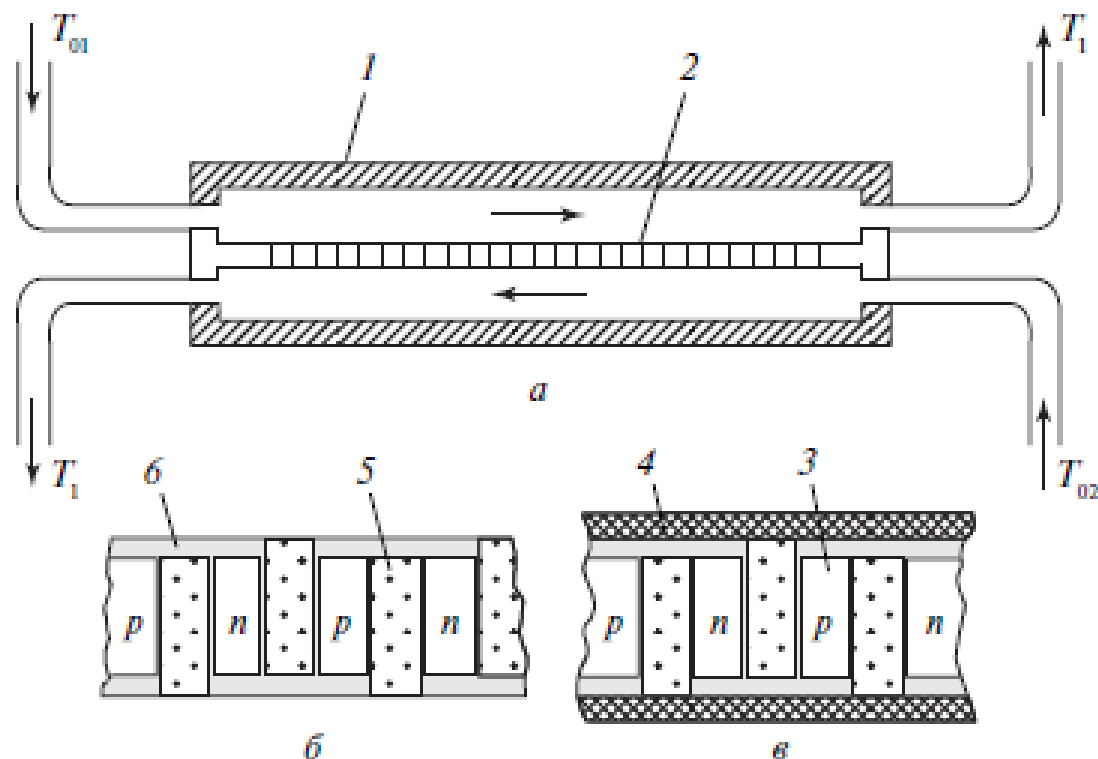


Рис. 15.14. Схема ОТЭС с прямым преобразованием тепловой энергии в электрическую:

а) устройство отдельного блока: 1 – кожух; 2 – термоэлектрический генератор;
 б) и в) варианты устройства термоэлектрического преобразователя: 3 – полупроводниковые элементы с n - и p -проводимостью; 4 – поверхностное изолирующее покрытие; 5 – изолятор; 6 – соединительные шины



К недостаткам таких систем относятся достаточно высокая стоимость материалов и необходимость изолировать спаи от непосредственного контакта с морской водой, так как в этом случае происходит шунтирование (через воду) соседних элементов, обладающих высоким собственным сопротивлением, и, следовательно, снижение выходной мощности. В свою очередь, изолирование спаев не только приводит к удорожанию преобразователей, но и к ухудшению показателей их работы. Работы, выполненные группой исследователей из университета Осаки (Япония), показывают, что при отсутствии изолятора в несколько раз увеличивается съём полезной мощности. Однако необходимо иметь в виду, что в опытах японских исследователей использовалась не сама морская вода, а фторуглеродистые соединения.

Другие виды энергии океана

Соленая вода океанов и морей таит в себе огромные неосвоенные запасы энергии, которая может быть эффективно преобразована в другие формы энергии в районах с большими градиентами солености. Это, например, устья крупнейших рек мира, таких как Амазонка, Парана, Конго и др. Осмотическое давление, возникающее при смешении пресных речных вод с солеными, пропорционально разности в концентрациях солей в этих водах. В среднем это давление составляет 24 атм., а при впадении реки Иордан в Мертвое море — 500 атм. В качестве источника осмотической энергии предполагается также использовать соляные купола, заключенные в толще океанского дна. Расчеты показали, что при использовании энергии, полученной при растворении соли среднего по запасам нефти соляного купола, можно получить не меньше энергии, чем при использовании содержащейся в нем нефти.



Морские водоросли как источник энергии. В биомассе водорослей, находящихся в океане, заключается огромное количество энергии. Предполагается использовать для переработки на топливо как прибрежные водоросли, так и фитопланктон. В качестве основных способов переработки рассматриваются сбраживание углеводов водорослей в спирты и ферментация больших количеств водорослей без доступа воздуха для производства метана. Разрабатывается также технология переработки фитопланктона для производства жидкого топлива. Эту технологию предполагается совместить с эксплуатацией океанских термальных электростанций, подогретые глубинные воды которых будут обеспечивать процесс разведения фитопланктона теплом и питательными веществами.

Комплекс «Биосоляр». В проекте комплекса «Биосоляр» обосновывается возможность непрерывного разведения микроводоросли хлорелла в специальных контейнерах, плавающих по поверхности открытого водоема. Комплекс включает систему связанных гибкими трубопроводами плавающих контейнеров и оборудования для переработки водорослей, располагаемого на берегу или морской платформе. Контейнеры, играющие роль культиваторов, представляют собой плоские ячеистые поплавки из армированного полиэтилена, открытые сверху для доступа воздуха и солнечного света. Они связаны трубопроводами с отстойником и регенератором. В отстойник откачивается часть продукции для синтеза, а из регенератора в контейнеры поступают питательные вещества — остаток от анаэробной переработки в специальном резервуаре (метантенке). Получаемый в нем биогаз содержит метан и углекислый газ.

Тестовые вопросы

- 1.

1.1

1.2

1.3

1.4

- 2.

2.1

2.2

2.3

2.4

3.

3.1

3.2

3.3

3.4

4.

4.1

4.2

4.3

4.4

5.

5.1

5.2

5.3

5.4