

Российский союз научных и инженерных организаций
Комитет по проблемам применения
возобновляемых источников энергии



X Международная ежегодная конференция
**«Возобновляемая и малая
энергетика 2013»**

Сборник трудов

Под редакцией П.П. БЕЗРУКИХ
С.В. ГРИБКОВА

Москва, 2013 г.

Российский союз научных и инженерных организаций
Комитет по проблемам применения
возобновляемых источников энергии



Х Международная ежегодная конференция
**«Возобновляемая и малая
энергетика 2013»**

Сборник трудов

Под редакцией П.П. БЕЗРУКИХ
С.В. ГРИБКОВА

Москва, 2013 г.

Настоящий сборник трудов X международной конференции «Возобновляемая и малая энергетика 2013». В сборнике содержатся статьи по актуальным вопросам разработки, внедрения и перспективам развития и применения возобновляемых источников энергии в России.

Уважаемые друзья, соратники, коллеги!

Разрешите приветствовать Вас в связи с началом работы нашей

Юбилейной конференции!

Прошедшие девять конференций сыграли положительную роль в решении непростой задачи - развитии возобновляемой энергетики в России. Сейчас в каком-то смысле можно говорить, если не о переходе в наступление, то об окончании глухой обороны.



Как Вам известно, 28 мая 2013 г. Опубликованы первые из долгожданных документов, частично реализующих федеральный закон №250-ФЗ от 04.11.2008 г., по которому были внесены поправки в федеральный закон №35-ФЗ «Об электроэнергетике», касающиеся возобновляемой энергетики и стимулирования её развития.

Распоряжением Правительства РФ от 28 мая 2013 г. № 861-р утверждены **«ИЗМЕНЕНИЯ, которые вносятся в Основные направления государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 года»**. В соответствии с этими изменениями, к сожалению, целевой показатель по вводу мощности уменьшен почти в три раза, и отсутствуют целевые показатели по вводу мощности в геотермальной энергетике и на основе биомассы.

- Постановлением Правительства РФ от 28 мая 2013 г. № 449 «О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности» утверждены:

ПРАВИЛА определения цены на мощность генерирующих объектов, функционирующих на основе возобновляемых источников энергии, **«МЕТОДИКА определения доли затрат, компенсируемой за счёт платы за мощность генерирующих объектов, функционирующих на основе возобновляемых источников энергии»** и **«МЕТОДИКА расчёта составляющей цены на мощность генерирующих объектов, функционирующих на основе возобновляемых источников энергии, обеспечивающих возврат капитальных и эксплуатационных затрат»**. Наша задача – внимательно изучить указанные документы, провести анализ их функционирования на практике и начать работу по внесению требуемых жизнью изменений. Надеюсь, что эту работу мы начнём уже на этой конференции.

степень надкритичности состояния потока. Степень рассогласования гидродинамических и тепловых движений по-разному проявляется в докритическом и закритическом режимах преобразования лучистой энергии. Докритический режим течения характеризуется стабилизацией гидродинамических движений. Энергия, которая поступает в систему без экранировки, рассеивается в тепло. В закритическом режиме течения, развивается неустойчивость гидродинамических и тепловых движений. Вязкая диссипация энергии экранируется. Возможность роста кинетической энергии потока, определяется исключительно энергообменом между турбулентными движениями различного масштаба.

Условные обозначения

C – теплоемкость, дж/кг·град; H – высота вытяжной трубы, м; $\hat{L}$ – длина пути воздуха в коллекторе, нормированная на его радиус; R – радиус коллектора, м; Re – число Рейнольдса; Γ – циркуляция скорости, м²/с; Q – интенсивность солнечной радиации Вт/м²; S_m – площадь трубы, м²; S_R – площадь коллектора, м²; T – температура, град С°; V_t , V_r , V_z – составляющие скорости: тангенциальная, радиальная, осевая, м/с; g – ускорение свободного падения, м/с²; h – высота коллектора м; n – коэффициент пропускания радиации верхним покрытием коллектора; r_m – радиус трубы, м; (r, φ, z) – координаты цилиндрической системы отсчета; α – альbedo подстилающей поверхности; θ – угол входа потока в коллектор; τ – время, перемещения частиц среды в коллекторе, с; ν – кинематический коэффициент вязкости, м²/с; μ – коэффициент полезного действия, %; ν' – коэффициент турбулентной вязкости, м²/с; π – статическое давление, отнесенное к удельному весу, м; ρ – плотность, кг/м³. Индексы: $кр$ – критический; 0 – значение внутри коллектора; ∞ – фоновое значение; m – значение на границе вихря.

ЛИТЕРАТУРА

1. Безруких П.П. Об экологических и стоимостных показателях возобновляемой энергетики // Возобновляемые источники энергии: Лекции ведущих специалистов. Выпуск 7/ под общей редакцией А.А.Соловьева, С.В.Киселевой - М.: Университетская книга, 2012. С.22-35.
2. Dhahri A, Omri A A Review of solar Chimney Power Generation Technology // International Journal of Engineering and Advanced Technology, 2013, V.2, N 3, P.1-17
3. Haaf W, Friedrich K, Mayr G, Schlaich J, (1983) Solar Chimneys. Part I: Principle and Construction of the Pilot Plant in Manzanares. International Journal of Solar Energy 2:3-20
4. <http://www.sutpt2012.org>
5. Соловьев А.А. Парниковые солнечно - ветровые электростанции // Возобновляемые источники энергии. М.: Геофак, МГУ, 2003. С. 67-78.

УДК 621.22.01

К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВОДОРОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРИЛИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Д.А. Соловьев

Старший научный сотрудник Института энергетической стратегии, к.ф.-м.н.

Введение

Масштаб современного развития мировой энергетики достиг критической черты, за которой ресурсные факторы и проблемы экологии приобретают статус системных ограничений устойчивого развития. Поэтому, на первый план выходит вопрос о становлении нового понимания роли нетрадиционных энергетических ресурсов, и в первую очередь, ресурсов Мирового океана, которое бы позволило строить более гармоничные отношения между людьми и природой. Традиционные энергетические ресурсы на основе ископаемого природного топлива не в состоянии обеспечить энергетическую безопасность современной цивилизации даже в текущем XXI веке, а представление о неисчерпаемости ресурсов Земли, о способности окружающей среды выдерживать любую антропогенную нагрузку, все быстрее уходит в прошлое. Для дальнейшего развития требуется осуществить эволюционные преобразования энергетики путем перехода от существующих ресурсов и технологий к более эффективным и безопасным технологиям, в том числе, использующим нетрадиционные возобновляемые источники энергии.

Сочетание инновационных подходов к технологиям эффективной утилизации энергии Мирового океана и грамотного территориального планирования без сомнения даст возможность снизить долю углеводородной составляющей в энергетическом балансе. В этой связи приливные электростанции (ПЭС), использующие практически неисчерпаемую кинетическую энергию вращения Земли, могут стать одним из перспективных источников дешевой энергии и чистой пресной воды. А использование водородных технологий, позволит в будущем интенсифицировать процессы накопления и передачи, вырабатываемой ПЭС электроэнергии. Известно, что большинство установок возобновляемой энергетики характеризуются нерегулярной и случайной генерацией энергии. К числу энергоисточников с наиболее предсказуемыми и циклическими колебаниями выработки энергии относятся приливные электростанции, которые работают в ритме приливов. Поэтому есть основания считать, что их использование поможет решить проблему неравномерности потребления энергии, как в течение суток, так и по временам года. Морские приливы, несут в себе значительный энергетический потенциал для полезного использования: в мировом масштабе его оценивают в 1000 ГВт, в то время как энергию всех рек Земли - в 850 ГВт.

(для справки, один энергоблок АЭС имеет мощность 1 ГВт). Энергетические ресурсы приливов только в Белом и Охотском морях более чем в несколько раз превышают ресурсы наиболее крупных рек России.

В настоящее время технологии, обеспечивающие качественный рост эффективности использования ресурсов приливной энергетики, находятся в стадии активного формирования (для них ожидается быстрое внедрение новых технологических решений) и они приобретают все большую актуальность для будущего развития энергетики.

Среди перспективных инновационных путей использования ресурсов приливной энергетики, прежде всего, можно выделить два направления: применение водородных технологий накопления и передачи энергии; создание эффективных опреснительных установок на базе приливных станций.

Важным элементом их успешной практической реализации является создание энергоустановок, основанных на одновременном, совместном с ПЭС, использовании различных технологических решений и других видов ВИЭ. Такой подход по созданию и практическому внедрению комплексных энергосистем, в конечном счете, будет обеспечивать устойчивый спрос и востребованность возобновляемых источников гидравлической энергии на рынке энергетических услуг.

Интенсивному развитию приливной энергетики должно способствовать энергоэффективное территориальное планирование с учетом интеграции ПЭС в природно-экологический каркас территории. Такой подход может стать основой для устойчивого развития экономически отсталых и малоосвоенных регионов России.

По прогнозу МЭА [1] применение приливных энергетических технологий получат мощный импульс развития к 2030 - 2035 гг. При этом в ближайшем будущем доля энергии, получаемой за счет ресурсов Мирового океана, будет существенно возрастать, а ее стоимость снижаться [2]. Так, к примеру, из прогноза МЭА следует, что стоимость 1 кВт установленной мощности, для приливных электростанций в 2030 г. будет ниже по сравнению с нынешним уровнем примерно на 50% и составит величину порядка 1200-1400 долларов США. В конечном счете, проблема заключается не в возможности извлечения из океана энергии в различных формах, а в экономической оправданности этого процесса, с тем, чтобы найти пути (технологии) экономически выгодной утилизации получаемой энергии. Поэтому, при разработке новых технологий ее преобразования, сегодня основное внимание уделяется экономическим аспектам их применения. На сегодняшний день, помимо непосредственного опреснения морской воды, существуют уже вполне отработанные технологии утилизации электроэнергии, вырабатываемой приливными электростанциями (рис. 1.). На перерабатывающих объектах, которые возможно размещать, в том

числе на морских платформах с выработанными нефтяными скважинами, можно осуществлять переработку морепродуктов в продукты питания и минерального сырья для технических нужд. Среди задач, перспективных с точки зрения использования вырабатываемой электроэнергии, особое место занимает возможность организации крупномасштабного производства водорода на основе электролиза морской воды.

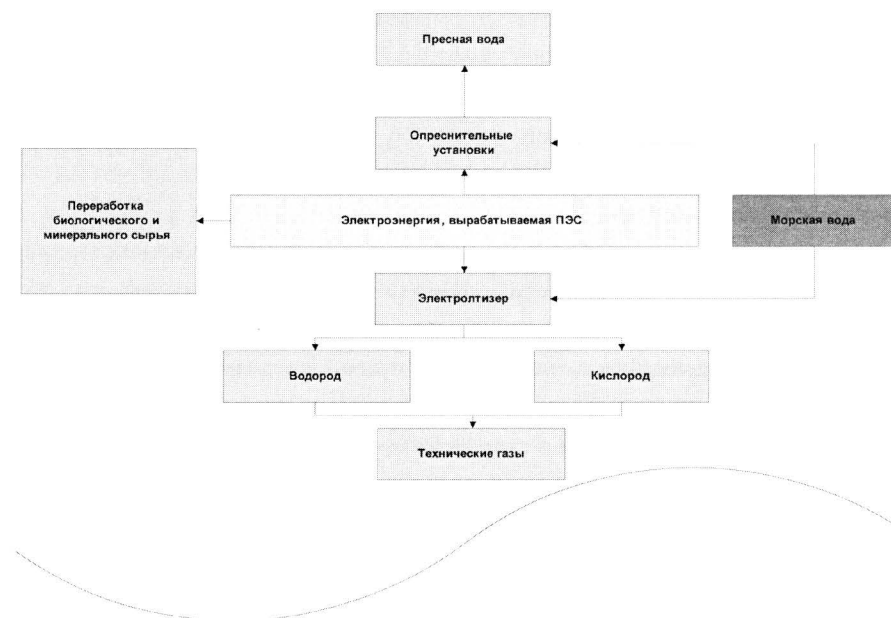


Рисунок 1

Водородные технологии и приливная энергетика

Большие перспективы открывает идея использования ПЭС для получения из морской воды водорода, запасы которого в океане практически неисчерпаемы. Полученный водород может накапливаться в подводных резервуарах, а затем транспортироваться по трубам к местам потребления. Водород решит проблему получения самого эффективного и «чистого» топлива для стационарных и транспортных энергетических установок, для теплоснабжения городов и других задач. Водород как энергоноситель обладает уникальными физико-химическими свойствами, позволяющими преобразовывать теплоту его сгорания в работу с КПД, существенно превышающим КПД стационарных и транспортных энергоустановок с использованием традиционных топлив. Однако непосредственная замена водородом природного топлива в эксплуатируемых в настоящее время энергоустановках в большинстве случаев не может быть достаточно эффективной. Это связано с тем, что такая замена, как правило, не реализует всех преимуществ водорода, а затраты на его полу-

чение из воды выше стоимости природного газа и нефти. Полностью преимущества водорода как энергоносителя удастся реализовать только в случае, если будет разработана новая техника, специально предназначенная для работы на водороде. Водород как искусственный энергоноситель с примерно одинаковой и высокой эффективностью может быть использован в различных отраслях промышленности (энергетике, химии, металлургии, транспорте и т. д.) для вытеснения углеводородных топлив и ядерной энергии. Это уникальное его свойство особенно проявляется при создании энерготехнологических комплексов различных типов. Стоит отметить, что на пути практического использования водорода стоит немало технических преград. Так, например, для хранения и транспортировки водород придется охлаждать до температуры -263°C , для чего потребуются обеспечить сверхэффективную теплоизоляцию.

Цикличная приливная энергия может быть эффективно использована и с помощью потребителя – регулятора, в качестве которого наиболее целесообразно применять водород. Либо необходим подбор соответствующих производств, способных экономично работать в прерывистом режиме и производственный процесс которых легко поддается автоматизации. Требования к таким производствам с небольшим числом часов использования – низкая трудоемкость, минимальная капиталоемкость и возможность складирования продукции. Для снижения затрат при передаче электроэнергии целесообразно размещение такого потребителя поблизости от малообжитых участков побережья с высокими приливами, где имеется значительная концентрация приливной энергии, которая может сочетаться с энергоемким потребителем-регулятором (например, Пенжинский и Тугурский заливы на Охотском побережье России, Мезенский залив – в Белом море, а так же губа Долгая-Восточная на Кольском полуострове в Мурманской области.).

При проработке проектов создания ПЭС, на первый план выходят экономические вопросы, связанные с энергозатратами на сжижение, а также стоимостью производства водорода. По оценке американской национальной технической академии [3] текущая оптовая цена сжатого водорода при крупномасштабном производстве и транспортировке по трубопроводам — \$2/кг, перспективная — на 40 центов ниже. Энергетически один кг водорода эквивалентен галлону бензина (3,8 л.), текущая средняя оптовая цена которого — \$1/л. На автозаправках США розничная стоимость водорода, полученного преобразованием природного газа, — \$3,50/кг и \$6,30/кг — для электролитического метода (себестоимость процесса \$6-\$7 за килограмм водорода при использовании электричества из промышленной сети; \$7-\$11 за килограмм водорода при использовании электричества, получаемого энергоустановок на базе ВИЭ). Перспективная розничная цена водорода составляет \$2,3/кг и \$3,9/кг соответственно. В настоящее время средняя оптовая стоимость во-

дорода, произведенного методом конверсии природного газа, составляет около 1,5-2,0\$/кг. В промышленных условиях удельные расходы при электролизе воды на 1 кг водорода составляют: электроэнергии — 55-60 кВт*ч; воды — 9 кг; кислорода — 8 кг; выбросов CO_2 — 41кг. Для производства 100 норм. $\text{м}^3/\text{час}$ водорода методом электролиза необходимо чтобы мощность питания электроэнергией от электростанции составляла величину 400 кВт, при этом расход воды будет - 78 л/час. В то же время, затраты энергии на сжижение водорода и кислорода превышают затраты энергии на его производство приблизительно в 4,5-5 раз и могут составить величину до 25 % от количества энергии, содержащегося в самом сжиженном газе.

Другое важнейшее направление использования ресурсного потенциала ПЭС – это получение пресной воды. В настоящее время пресную воду получают в основном из морской воды, при этом для широкомасштабного производства используются эффекты дистилляции и мембраны. К мембранным методам относятся: электродиализ и обратный осмос. К дистилляционным методам относятся: многоступенчатые дистилляционные системы, системы многократного вскипания и механической декомпрессии. При этом, опреснение морской воды является достаточно дорогим способом получения пресной воды, стоимость которого по меньшей мере в три раза выше, чем затраты на производство воды традиционными способами. В зависимости от используемого метода, энергозатраты на 1 м^3 составляют от 0,7 кВт*ч до 40 кВт*ч [4], таким образом, цена 1 м^3 пресной воды на крупных установках для дистилляционного метода составляет в зависимости от мощности

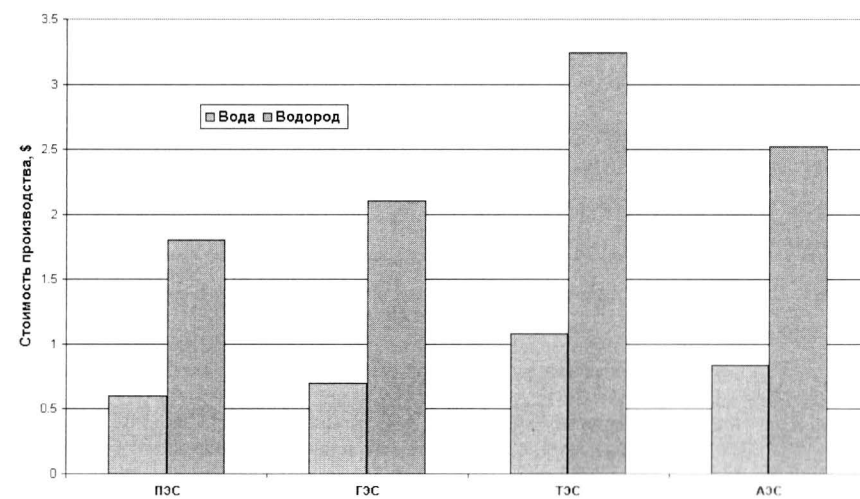


Рисунок 2

установки $2,0 - 0,5 \text{ \$}/\text{м}^3$, для электродиализа и обратного осмоса — $0,3 - 0,2 \text{ \$}/\text{м}^3$ при солености $2 - 4 \text{ г/л}$.

Оправданность использования электроэнергии, получаемой на ПЭС для таких энергоемких процессов, как производство водорода и опреснения морской воды в первую очередь связано с тем, что стоимость электроэнергии ПЭС в энергосистеме самая низкая (Рис.2.). Это доказывается эксплуатацией ПЭС Ранс в энергосистеме Франции, где стоимость электроэнергии ПЭС в среднем за последние годы составила $0,03 \text{ \$}/\text{кВт}\cdot\text{ч}$ при стоимости в том же году энергии на ГЭС — $0,035$, ТЭС — $0,054$, и АЭС — $0,042 \text{ \$}/\text{кВт}\cdot\text{ч}$. Причем, тенденция разрыва стоимости в пользу ПЭС со временем будет только увеличиваться.

Выводы

В России сейчас функционирует единственная ПЭС — Кислогубская - мощностью 400 кВт . После модернизации в 2009 г. её мощность доведена до $1,7 \text{ МВт}$. По оценкам специалистов, за счет использования энергии приливов в России можно получать ежегодно около $270 \text{ млрд. кВт}\cdot\text{ч}$ электроэнергии. К 2020 г. планируется создание трех мощных ПЭС: в Белом море (Мезенской ПЭС, 8 МВт), в Охотском море (Тугурской ПЭС, 8 МВт), а так же в губе Долгая-Восточная на Кольском полуострове (Северная ПЭС, 12 МВт). В Генеральной схеме размещения объектов электроэнергетики до 2020 года, которая одобрена распоряжением Правительства РФ от 22 февраля 2008 г. №215-р, отмечено, что «В период до 2020 г. в соответствии с основными направлениями развития энергетики переход к крупным энергообъектам, использующим возобновляемые энергисточники, возможен путем строительства крупных приливных электростанций». В настоящее время разрабатывается нормативно-техническая документация по реализации Генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики до 2020 года. В рамках реализации этой схемы ведутся работы по предпроектной подготовке документации для строительства новых ПЭС, где представляется крайне важным предусмотреть будущую эффективную утилизацию, получаемой электроэнергии с использованием водородных технологий.

Список литературы

1. World Energy Outlook 2011, IEA, [Электронный ресурс] URL: <http://www.iea.org/>
2. Costs for Different Renewables, BBC News, 2004. IEA, [Электронный ресурс] URL: <http://www.iea.org/>
3. National Academy of Engineering, [Электронный ресурс] URL: <http://www.nae.edu/>
4. Исаева В.Н., Булекова С.Н. Опреснение воды: электрические и комбинированные системы // Сантехника. 2007. №2.
5. Гриднев Д.З. Проектирование природно-экологического каркаса в составе градостроительной документации // Проблемы региональной экологии, 2009, №6, С. 18 –

УДК 620.92:620.97:620.4

ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ НАУЧНОГО И ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Стребков Д.С. – д.т.н., профессор, академик РАСХН, директор Всероссийского научно-исследовательского института электрификации сельского хозяйства, заведующий кафедрой ЮНЕСКО и МГАУ им. В.П. Горячкина «Возобновляемая энергетика и электрификация сельского хозяйства»

В 2010 году возобновляемая бестопливная энергетика обогнала по масштабам развития и установленной мощности мировую атомную энергетику. Ведущая роль в развитии бестопливной энергетики принадлежит солнечной энергетике. Опыт Чехии, которая за один 2010 год ввела в эксплуатацию солнечные электростанции мощностью $1,489 \text{ ГВт}$, показывает, что ни масштабы страны, ни климат не являются препятствием для развития солнечной энергетики. Единственное условие: это грамотное законодательство по стимулированию использования бестопливной энергетики, новейшие технологии и создание собственного производства.

Наличие уникальных запасов углеводородного сырья в России не является препятствием для развития использования солнечной энергетики (СЭ). Большие ресурсы энергоносителей позволяют не делать стратегических ошибок в выборе оптимальных технологий и направлений развития СЭ и создать в России и с учетом опыта западных стран, Китая и Японии собственные инновационные технологии и крупномасштабные проекты использования СЭ. Масштабное развитие использования СЭ должно базироваться на оригинальных инновационных отечественных технологиях. В области солнечной энергетики ГНУ ВИЭСХ является владельцем более 150 патентов.

95% всех СЭС в мире изготавливаются из кремния. Содержание кремния в земной коре $29,5\%$ массы – второе место после кислорода, содержание урана $0,0003\%$. Несмотря на то, что кремния в земной коре больше, чем урана в 98300 раз, стоимость монокристаллического кремния лишь немного уступает стоимости урана, что связано с устаревшей грязной хлорной технологией производства (Сименс-процесс). В ГНУ ВИЭСХ разработаны уникальные бесхлорные технологии получения кремния с низкими энергетическими затратами, на которые получено 8 патентов РФ и США.

Другой подход заключается в снижении расхода кремния на один мегаватт мощности с $6-8 \text{ т}$ в настоящее время в $3-50$ раз за счет использования новых типов концентраторов и матричных кремниевых солнечных элементов (МСЭ), разработанных в России.