



СБОРНИК РАБОТ

победителей конкурса научных исследований
в области возобновляемых источников энергии
и энергоэффективности для молодых учёных,
студентов и аспирантов российских вузов
в 2013/2014 учебном году

www.bellona.ru

Санкт-Петербург

2014

Сборник работ победителей конкурса научных исследований в области возобновляемых источников энергии и энергоэффективности для молодых учёных, студентов и аспирантов российских вузов в 2013/2014 учебном году

BELLONA



Санкт-Петербург
2014

В данном сборнике содержатся полные тексты работ победителей конкурса научных исследований в области возобновляемых источников энергии и энергоэффективности для молодых учёных, студентов и аспирантов российских вузов в 2013/2014 учебном году. Работы касаются технического, экономического и юридического аспектов использования возобновляемых источников энергии и энергоэффективности в России.

Конкурс проводился с октября 2013 года по март 2014 года Экологическим правозащитным центром «Беллона» при поддержке Общероссийской общественной организации «Российский Союз Молодежи», журнала «Экология и право» и Белгородского института альтернативной энергетики.



Организатор конкурса:

BELLONA

Экологический Правозащитный Центр
«Беллона»

При поддержке:



Журнал «Экология и Право»



Белгородский институт альтернативной
энергетики



При реализации проекта используются средства государственной поддержки, выделенные в качестве гранта в соответствии с распоряжением Президента Российской Федерации от 29.03.2013 № 115-рп и на основании конкурса, проведенного Общероссийской общественной организацией «Российский Союз Молодежи».

Редактор:
Ксения Вахрушева

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

I место - Анна Гентова, магистрантка Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета: Комбинированный преобразователь энергии морских волн....6	
II место - Дмитрий Михеев, аспирант Московского Государственного Университета имени М. В. Ломоносова: Циклотронный преобразователь энергии – мощное перспективное устройство для беспроводной микроволновой передачи энергии в промышленных масштабах	26
III место - Степан Конаков, аспирант Санкт-Петербургского государственного политехнического университета: Разработка новой конструкции и метода управления лопастями для повышения эффективности работы ветроэнергетических установок большой мощности	40
III место - Максим Фомин, заместитель декана в Оренбургском государственном аграрном университете: Обоснование режимно-конструктивных параметров ветротеплоэнергетической установки для энергообеспечения автономных мелкофермерских предприятий.....	62

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

I место - Дмитрий Гринько, аспирант Оренбургского государственного аграрного университета: Комплексное электроснабжение на основе комбинированного использования возобновляемых источников энергии.....	72
II место - Руслан Орёл, студент Новосибирского государственного университета экономики и управления «НИНХ»: Экономическая эффективность получения и использования биогаза на сельскохозяйственном предприятии.....	95
II место - Дарья Маслова, студентка Новосибирского государственного университета экономики и управления «НИНХ»: Эколого-экономическая эффективность использования низкопотенциальных геотермальных вод на территории Новосибирской области.....	113
III место - Валерия Шестакова, студентка Южно-Уральского государственного университета: Искусственная дорожная неровность как альтернативный источник энергии	128

ЮРИДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

I место – Не присуждалось.....	143
II место - Илья Усов, юристконсул ОАО Белгородский институт альтернативной энергетики: Развитие законодательства об альтернативной энергетике как направление государственной политики в сфере охраны окружающей среды.....	143
III место - Анна Безукладникова, старший преподаватель Удмуртского государственного университета: Правовые аспекты использования возобновляемых источников энергии в Российской Федерации: актуальные проблемы и практические рекомендации.....	155
III место - Константин Мухаметкалиев и Ольга Мухаметкалиева, старший преподаватель Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники и студентка Национального Исследовательского Томского государственного университета: Анализ законодательства Российской Федерации и зарубежных стран в сфере использования возобновляемых источников энергии.....	170

НОМИНАЦИЯ: ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В РОССИИ

I место - Анна Гентова, магистрантка Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета

Комбинированный преобразователь энергии морских волн

Актуальность темы

Основными современными энергетическими ресурсами являются не возобновляемые природные вещества: уголь, нефть и газ. Однако их стоимость растет, а запасы сокращаются. В процессе производства электроэнергии на ТЭС происходит огромный выброс вредных веществ в атмосферу.

Серьезным тормозом для развития АЭС являются проблемы утилизации радиоактивных отходов. Кроме того, урановая руда – дорогостоящее и трудно добываемое сырье, запасы которого ограничены. АЭС являются потенциальными источниками техногенных катастроф и требуют больших капиталовложений в строительство. Показательным примером является план строительства плавучих атомных электростанций для Арктики и Дальнего Востока. Г. Греф отмечал: «Стоимость одного киловатта установленной мощности плавучей атомной станции - \$7200. Это никогда не окупится». Тем не менее Росэнергоатом планировал создать до 2015 года семь плавучих АЭС [1]. В настоящее время строительство первой станции планируется закончить в 2016 году. Затягивающиеся сроки строительства и перерасход средств подтверждают вывод о неэффективности этого проекта.

Основной недостаток нетрадиционных возобновляемых источников энергии - низкие плотности энергии. Так, для ветровых и солнечных установок характерны плотности энергии менее 1 кВт/м². Энергия морских волн обладает более высокой плотностью энергии. Морские волны накапливают в себе энергию ветра на значительном пространстве разгона и являются, таким образом, природным концентратом энергии. Среднегодовой потенциал волновой энергии на восточном побережье Камчатки, Курильских островов и о. Сахалин оценивается в 30 - 40 кВт/м, Японского моря – 20 – 25 кВт/м.

Важным преимуществом волновой энергетики является возможность применения модульного принципа - последовательного сооружения блоков ограниченной мощности, без больших начальных затрат на строительство, свойственных приливным электростанциям и ГЭС. Попутно волновые генераторы могут быть использованы в качестве волноломов и рейдовых причалов, для защиты акваторий портов и сооружений морских промыслов.

В настоящее время около 160 организаций в 27 странах реализуют проекты по волновой энергетике. В мире около 500 маяков и навигационных буев получают питание от волновых генераторов. Существуют не менее 17 активно рекламирующихся опытных или промышленных образцов волновых электростанций (ВлЭС) мощностью более 100 кВт. Большое разнообразие конструкций и принципов работы ВлЭС говорит о том, что их развитие находится на самой начальной стадии, а потенциал развития очень велик.

Актуальность применения экологически чистой волновой энергетики в перспективе подтверждается растущим интересом к освоению океанских просторов в самых разных аспектах – от добычи шельфовых месторождений полезных ископаемых до строительства плавучих городов.

Цель работы: предложить новые технические решения для преобразователей волновой энергии, обеспечивающих существенное повышение эффективности по сравнению с известными проектами и имеющих реальную возможность реализации, в частности, на побережье Дальнего Востока.

Задачи

- Анализ волнового режима прибрежных акваторий ДВ.
- Патентный поиск и анализ проектов ВлЭС.
- Постановка и решение изобретательской задачи на основе ТРИЗ. Предложение вариантов волновых преобразователей.
- Расчётный анализ гидродинамики волновых преобразователей.
- Экономическое обоснование и разработка плана дальнейшей реализации проекта.

Научная новизна

1. На основе анализа эффективности существующих проектов и действующих ВлЭС выявлены их недостатки и предложен базовый вариант ВлЭС.
2. На основе ТРИЗ предложены новые варианты волновых преобразователей комбинированного типа. Получен патент на полезную модель. Заявлено изобретение.
3. Получены результаты расчётного анализа.

Практическая значимость

1. Предложен проект экологически чистого обеспечения многих прибрежных районов ДВ неограниченным во времени возобновляемым источником энергии морских волн, позволяющий отказаться от привозного топлива.
2. Возведение ВлЭС возможно с последовательным наращиванием мощности, без больших начальных затрат. Возможно строительство по единой технологии, как относительно малых, так и больших станций.
3. Комбинированное применение ВлЭС в качестве волноломов, рейдовых причалов и др. прибрежных сооружений позволит улучшить условия прибрежного судоходства, рыболовства, развития разных видов промысла и разведения морских культур. При воздействии цунами ВлЭС, принимая на себя энергию волн, может частично или полностью защитить территорию.

1. Характеристика волновых режимов

Рентабельность и сроки окупаемости ВлЭС прямо зависят от параметров волнения в районах предполагаемой эксплуатации. Поэтому, с целью уменьшения стоимости и ускорения самоокупаемости установок, для разных районов надо изготавливать установки, рассчитанные на среднюю высоту волн именно в этих районах. Прочность и надёжность конструкции ВлЭС должна быть рассчитана на параметры экстремальных волн, возможных в данном районе.

В реальных условиях ветровое волнение является нерегулярными и для оценки удельной мощности ВлЭС необходимо иметь долгосрочные статистические данные по высотам и периодам волн.

На сайте [2] представлены статистические и текущие данные о распределении высоты волн в разных регионах мирового океана, из которых видно, какой существует

беспрецедентно огромный ресурс экологически чистой энергии. В качестве характерного примера на рисунке 1.1 приведены высоты волн в северной части Тихого океана.

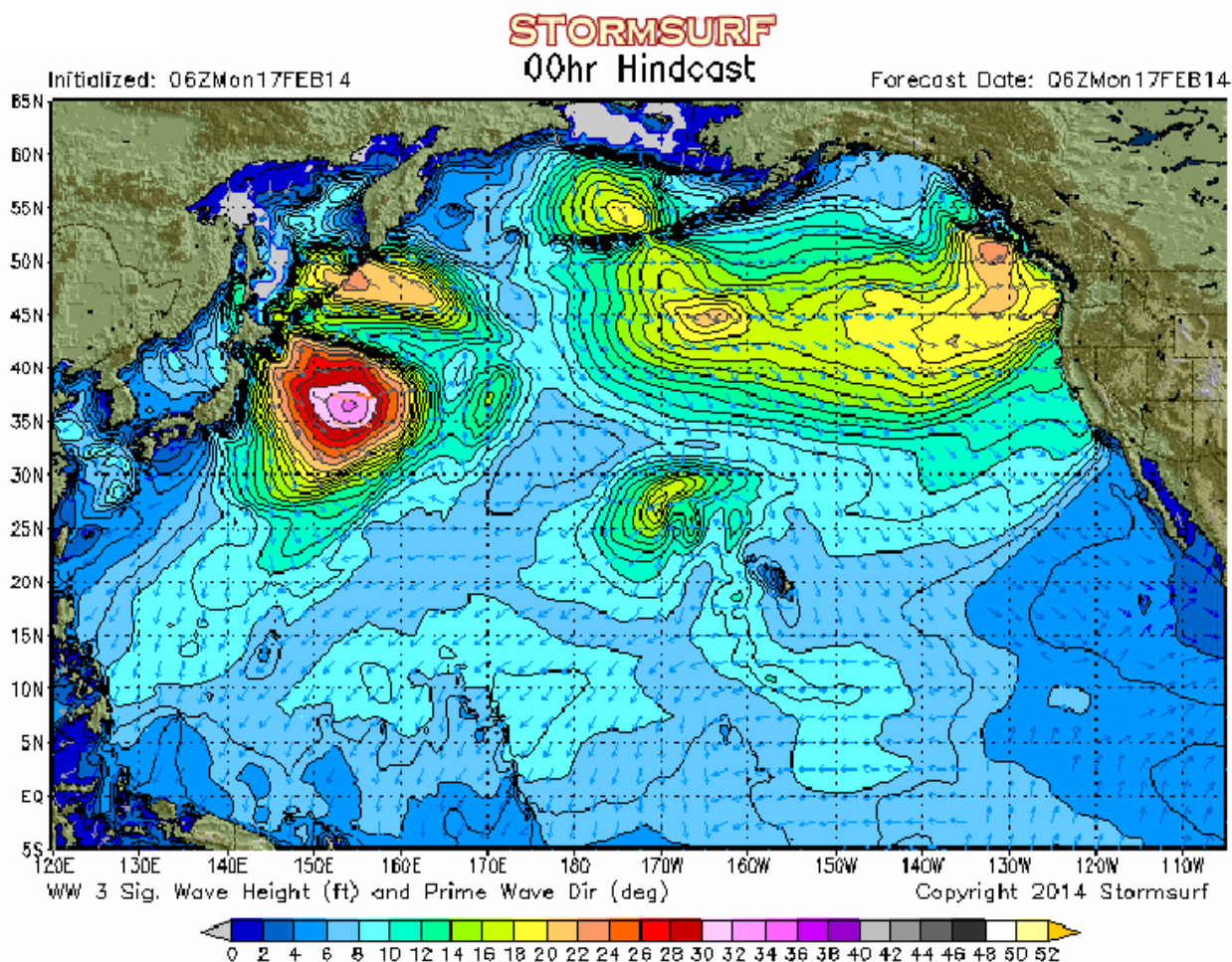


Рисунок 1.1 – Типичная картина высоты волн (в футах) в Тихом океане 17 февраля 2014 г. [2]

В таблице 1.1 представлены некоторые данные о волнении в Дальневосточном регионе России [3].

Таблица 1.1 – Параметры волнения у побережья ДВ России

Район	Средняя высота, м	Средняя мощность, кВт/м	Наибольшая высота, м
Берингово море	2	41	15
Курилы	1,5 - 2	40	20
Охотское море	1,5	20 - 30	8
Японское море	1	10 - 20	5

Берингово море по степени бурности занимает первое место среди морей, омывающих берега России. Значительные размеры, большие глубины и интенсивная штормовая деятельность способствуют развитию на его акватории сильного волнения в любое время года. Умеряющее влияние оказывают льды, снижая в суровые годы максимальные высоты волн в 2 раза по сравнению с мягкими зимами.

В течение всего года в Беринговом море преобладает волнение с высотой волн до 2 м и периодом 6 с. Летом повторяемость такого волнения у побережья составляет 90 %, уменьшаясь зимой до 70-80 %. В течение всего года возможна крупная зыбь высотой до 1-3 м [3]. Лед в море наблюдается с сентября по июнь включительно. Однако у берегов Камчатки припайный лёд небольшой толщины формируется преимущественно в бухтах. На побережье Камчатки известны два случая сильных цунами в 1960 г., максимальная высота до 2,5 м (о. Карагинский), в 1969 г. - до 10-15 м (м. Озерной).

На Курильских островах повторяемость высот волн 2,0-2,5 м летом составляет 28-33%. Осенью и зимой интенсивность циклонов резко возрастает, образуются и более крупные волны. Ледообразования в холодное полугодие не наблюдается (благодаря интенсивному приливному перемешиванию в сочетании с волнением температура воды не достигает отрицательных значений) [3].

В Охотском море в холодный период часты крупные ветровые волны и зыбь. В летние месяцы интенсивность волнения ослабевает. Преобладает волнение высотой 2-4 м.

Японское море лежит на пути следования тайфунов с юга. Даже если тайфун сам и не накрыл какой-либо из регионов ДВ, то разогнанная им волна приходит к побережью трехметровой зыбью.

Ледяной покров в Японском и Охотском морях достигает максимального развития в середине февраля. Обычно зимой льдом покрывается вся прибрежная область Охотского моря, а также заливы северной части Японского моря.

Количественные оценки энергетических ресурсов от морских волн были сделаны в 1974 году С. Солтером и Д. Моллисоном с использованием данных, собранных океанским судном погоды «Индия». Судно находилось в 700 км от западного побережья Шотландии. Было подсчитано, что среднегодовая валовая плотность энергии волн, определяемая как общая энергия волн, проникающих в круг диаметром один метр в год, составляет около 700 МВт·час/м. Если бы вся эта энергия могла быть преобразована в электричество, то энергии волн, проникающих в круг диаметром один метр, было бы достаточно для обеспечения около 100 домов [4].

При определении валового ресурса учитывается вся энергия волн, включая энергию экстремальных штормовых волн, которую очень сложно извлечь (как правило, во время шторма механизмы преобразователей энергии волн работают в холостом режиме, - иначе проблематично обеспечить их прочность от экстремальных волновых нагрузок). Многие волновые преобразователи могут использовать волны не со всех сторон, а с одного направления. Кроме того, большая часть энергии волн не захватывается в силу ограниченного к.п.д. волновых преобразователей. Тем не менее, средняя валовая плотность энергии волн по-прежнему используется в качестве стандартной меры их энергоресурса.

Следствием использования такой оценки энергии волн является то, что прибрежные ресурсы волновой энергии оказываются значительно меньше, чем на шельфе и в открытом море. Это является причиной распространённого мнения, что волновые электростанции должны быть расположены на глубине, вдали от берега. Однако опыт применения прибрежных устройств показывает, что перспективы их применения для потребителей небольшой мощности также обнадеживающие, особенно для районов, удалённых от общей электрической сети.

Исследования энергии волн на ограниченной глубине проводились в 20 км от побережья Шотландии глубине 10 м при уклоне дна 1:100. Оказалось, что здесь среднегодовая валовая плотность энергии волн уменьшилась на 30% по сравнению с волнами открытого моря, в то время как среднегодовая эксплуатационная плотность энергии снизилась всего на 13%. Аналогичные

результаты были получены и для других прибрежных районов [4]. Таким образом, морское дно в прибрежном районе можно рассматривать как фильтр, который выделяет эксплуатационные волны. Направление волн упорядочивается по отношению к линии берега, а слишком крупные волны теряют свою разрушительную силу. С этой точки зрения небольшие прибрежные волновые электростанции являются не менее привлекательными, чем крупные установки для открытого моря.

2. Обзор схем волновых преобразователей

Первые патенты и действующие устройства для использования энергии волн появились в начале XX века: в 1910 г. вблизи г. Бордо демонстрировалась волновая установка мощностью 1 кВт [5]. Сейчас существует несколько сотен оригинальных технических решений волновых энергетических систем (ВлЭС). Однако практически приемлемыми оказываются лишь десятки. При этом их эффективность в значительной степени определяется местными природными условиями.

В работе был выполнен поиск информации за период с 1990 по 2013 годы в различных источниках: в электронной базе данных ФИПС; в реферативных журналах; в учебной и научной литературе; в ресурсах Интернет. В процессе анализа информационных источников были изучены несколько десятков реализованных и перспективных проектов. Даже краткое их описание представляет собой отдельную обзорную научную работу. Поэтому рассмотрим только некоторые характерные проекты (рисунок 2.1).

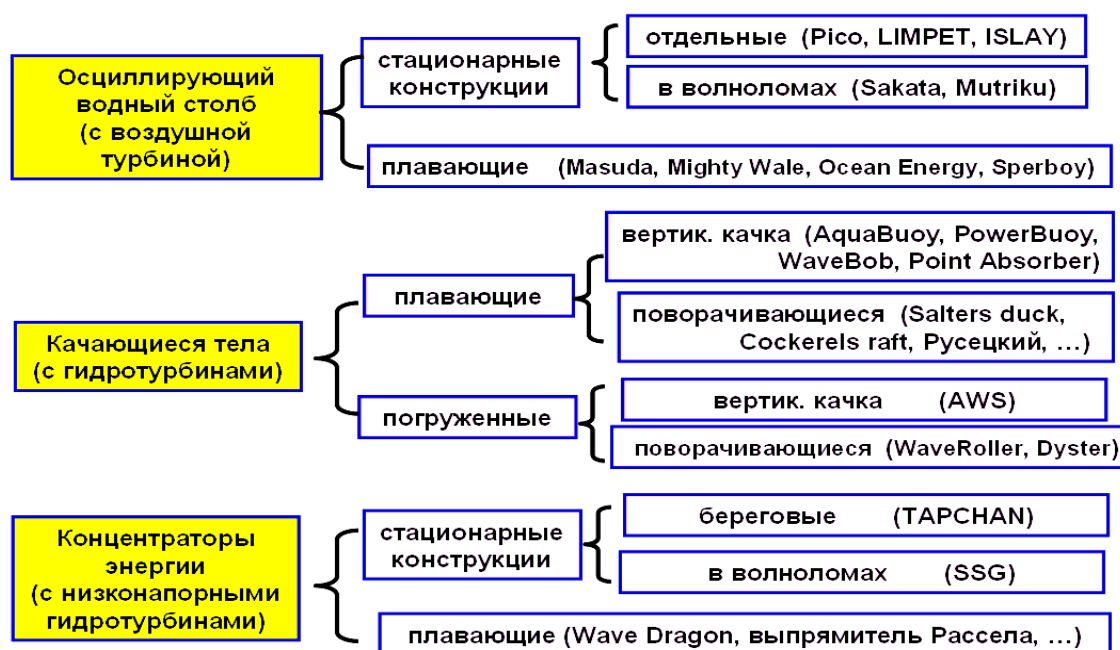


Рисунок 2.1 – Классификация ВлЭС

«Утка» Солтера [4, 5] состоит из крупных поплавков, последовательно укрепленных на общем валу. Под действием волн поплавок приходит в движение и через привод вращают генератор тока. Система из двадцатиметровых «уток» общим весом 16 тонн испытывалась в течении четырех месяцев в различных волновых условиях озера Лох- Нес и показала КПД 50 %.

Недостатки:

- необходимость передачи медленного колебательного движения на привод генератора;
- ненадежность якорных систем для гирлянды устройств большой протяженности;

- вследствие высокой чувствительности системы к направлению волн необходимость отслеживать изменение их направления для получения высокого КПД преобразования;
- ограниченный диапазон длины волн, обеспечивающих эффективность применения;
- затруднения при сборке и монтаже из-за сложности формы поверхности «утки».
- высокая вероятность разрушений от волновых и ледовых нагрузок.

«Плот» Коккерелла [4, 5]. Вариант ВлЭС по принципу плота Коккерелла реализован шотландской фирмой Pelamis Wave Power. Четыре секции, соединенные шарнирно, под воздействием волн изгибаются, что приводит в действие гидроцилиндры с приводом на генераторы тока. Преобразователь имеет длину 120 м и вес 700 т. Мощность одного преобразователя – 700 кВт. Эффективность – около 45 %.

Недостатки :

- высокая вероятность разрушений от волновых и ледовых нагрузок;
- низкая эффективность, особенно при воздействии небольших коротких волн;
- зависимость эффективности от направления волн;
- среднегодовой коэффициент использования мощности не более 0,4;
- высокий уровень удельных капитальных затрат, около 6000 \$/кВт.

Откосно-конфузорный концентратор энергии TAPCHAN [5, 6]. В резервуар у берега ведет конический канал. Волны попадают в канал, увеличиваются в высоте по мере сужения канала и заплескиваются в резервуар. По трубе вода возвращается в море через низконапорные гидротурбины мощностью 350 кВт. Такая электростанция работает в Норвегии с 1985 года. По аналогичному принципу работают системы типа Overtopping Wave Energy Converter (OWEC) или Wave Energy Harnessing Breakwater) [7, 8].

Недостатки :

- применение ограничивается регионами, где приливы незначительны.
- сильное обледенение при низких температурах воздуха;
- высокие потери энергии волн на трение и при встрече с частично отражёнными волнами;
- узкий диапазон волн, при котором возможна эффективная работа концентратора, - низкая эффективность при воздействии небольших коротких волн;
- высокий уровень капитальных затрат;
- ограниченность условий местности, где обеспечивается эффективность установки.

Волновой преобразователь типа Oscillating wave surge converters (OWSC), примером которого является установка «Oyster» (“Устрица”) [9]. Располагается вблизи берега на глубинах порядка 12 м. Поплавок в виде створки, шарнирно закрепленной к фундаментной плите, раскачивается волнами и приводит в движение поршневой насос, связанный гидравлическим приводом с электрогенератором.

Недостатки:

- эффективное использование только на крупных волнах;
- возможность сдвига и разрушения сооружений штормовыми волнами.

Осциллирующий водный столб OWC [4, 5]. При набегании волны на частично погруженную полость, открытую под водой, столб жидкости в полости колеблется, вызывая

изменения давления воздуха в полости. Полость связана с атмосферой через конфузурную трубу и турбину Уэлса. Преимущество ОВС состоит в том, что скорость воздуха перед турбиной значительно увеличена за счет сужения трубы. Это позволяет сочетать медленное волновое движение с высокочастотным вращением турбины.

Недостатки:

- при малых волнах сжатие воздуха незначительно;
- возможность разрушений от волновых и ледовых нагрузок для плавающих конструкций;
- вероятность обледенения турбины.

Таким образом, в настоящее время существует множество патентов и проектов волновых преобразователей, однако их практическая эффективность не может быть достигнута без тщательной проработки и согласования функциональных элементов.

3. Постановка и решение изобретательской задачи

3.1. Базовый вариант преобразователя энергии волн

Типичным сооружением, испытывающим волновое воздействие, является волнолом. Если его выполнить в виде железобетонного массива-гиганта с резервуаром и низконапорными гидротурбинами, то можно получить волновой преобразователь энергии, известный как Overtopping Wave Energy Converter (OWEC) или Wave Energy Harnessing Breakwater) [7 – 8], схема которого в поперечном разрезе приведена на рисунке 3.1.

Напор преобразователя h создаётся в результате наката волн и заполнения резервуара. В подводной части задней стенки имеются отверстия – каналы с размещёнными в них гидрогенераторами. Площадь сечения каналов необходимо подбирать таким образом, чтобы в них обеспечивалась приемлемая скорость течения. Для этого должен поддерживаться максимальный уровень воды в бассейне, так как скорость течения в канале v зависит от перепада уровней воды h в бассейне и в море:

$$v \approx \sqrt{2gh}.$$

Для изучения процессов гидродинамики ВлЭС типа OWEC выполнены численные расчёты на основе метода конечных объемов, в которых изменялись форма фронтальной стенки (рисунок 3.2), ширина резервуара и площадь подводного канала [10, 11].

По результатам проведённых расчётов был сделан ряд выводов.

1. Фронтальная стенка может быть откосной в сторону моря. Однако результаты расчётов показали, что при крутом откосе отражённая волна скатывается навстречу следующему гребню и существенно гасит его.

2. Эффективной и простой оказалась стенка с вертикальной подводной частью и откосной вершиной. При этом отражение волн незначительно увеличилось по сравнению с полностью откосной стенкой. Подводная часть стенки обеспечивает взброс волны. Далее гребень волны по верхнему откосу направляется вперёд и перехлестывает через край в бассейн.

3. Скорость потока в подводном канале зависит от площади его сечения. При большой площади канала волны не успевают заполнять бассейн доверху. В результате уменьшается напор и скорость потока. Если канал имеет малую площадь сечения, а волны большие, они выплескиваются назад, и расход через канал также уменьшается.

4. В результате волнения в бассейне скорость потока в подводном канале

неравномерная. Скорость, связанная с гидростатическим напором, относительно мала. Для сглаживания пульсаций давлений можно предложить специальные устройства или генераторы должны быть приспособлены к работе в режиме пульсирующих потоков.

5. Форма задней стенки должна быть оптимизирована с целью исключения образования отражённых волн, переплёскивающих обратно через переднюю стенку.

6. Угол наклона откоса фронтальной стенки влияет на течение в резервуаре. Чем более пологая стенка, тем меньше деформируется поверхность воды в камере. В результате уменьшаются всплески в камере и перепады скорости на выходе.

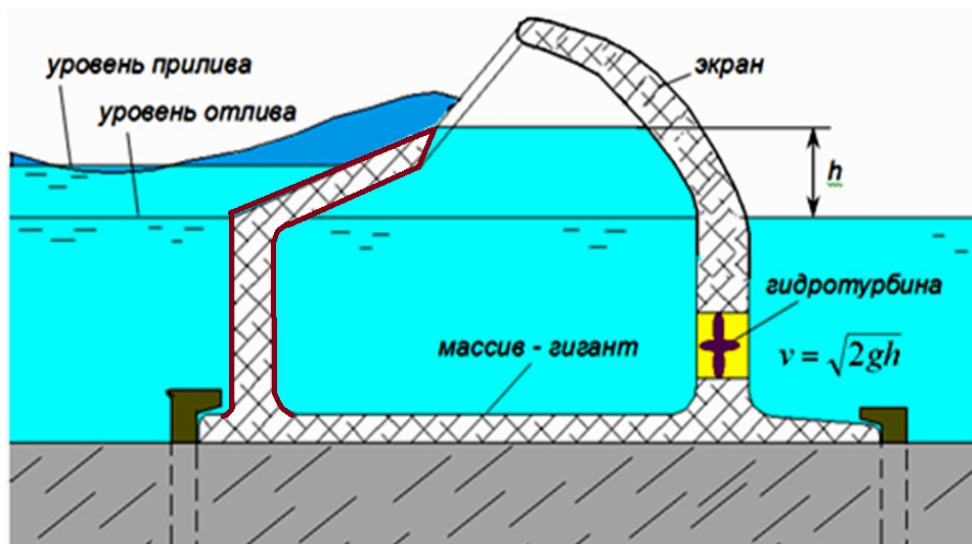


Рисунок 3.1 – Простой тип OWEC с низконапорными гидротурбинами [7]

Обобщая результаты предыдущих исследований, определены недостатки преобразователей типа OWEC:

- потери энергии при отражении волн от фронтальной стенки и при плескании в бассейне;
- узкий диапазон волн, при котором возможна эффективная работа системы,
- низкая эффективность (к.п.д. не более 20%).

Попытаемся исключить недостатки системы OWEC с применением теории решения изобретательских задач (ТРИЗ).

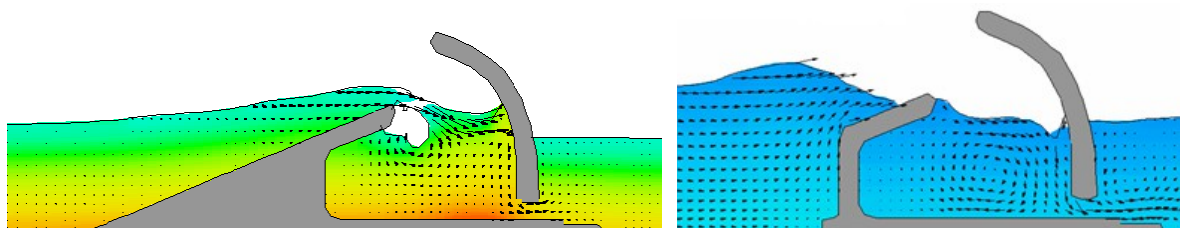


Рисунок 3.2 – Примеры расчётов преобразователей типа OWEC

3.2. Новые конструктивные схемы на основе применения ТРИЗ

Итак, за основу принят волновой преобразователь типа OWEC. Его фронтальная стенка обычно откосная со стороны моря. Однако компьютерный анализ гидродинамики

преобразователя OWEC показал, что при крутом откосе гребень волны растёт не намного больше, чем при вертикальной стенке. В результате при малой волне лишь небольшая часть гребня волны переливается через край фронтальной стенки. Эффективный рост гребней волн может быть только при пологом откосе и сужающемся канале (тип TAPCHAN), однако при этом вследствие вязкого трения существенно теряется энергия волны. А самое главное, резко увеличиваются размеры, а значит и стоимость сооружения.

Отсюда вытекает техническое противоречие: если фронтальную стенку сделать полой для концентрации энергии волн, то большая часть энергии волн расходуется на трение, а малые волны просто не доходят до камеры. Если же применить вертикальную стенку, то большая часть энергии волн расходуется на отражение волн от стенки.

Для разрешения этого противоречия были проанализированы варианты фронтальной стенки разной формы. В результате был выбран вариант, имеющий стенку с вертикальной подводной частью и откосной вершиной у поверхности (рисунок 3.1). Однако по-прежнему волна частично отражается от фронтальной стенки обратно в море и гасит следующую за ней волну.

При больших волнах в бассейне образуются внутренние волны. В результате часть воды выплескивается обратно (рисунок 3.3, а), а в каналах гидротурбин поток воды неравномерный. Кроме того, при экстремальных волнах происходит сильный удар по экранирующей стенке, что может привести к ее разрушению или к опрокидыванию всей конструкции (рисунок 3.3, б).

Отсюда вытекает первое физическое противоречие: экранирующая стенка необходима для захвата волн в камеру, но её нужно убрать, так как она приводит к выплёскиванию крупных волн из камеры, а при накате особо крупных волн может привести к разрушению или опрокидыванию всей конструкции.

В результате получено решение (рисунок 3.4): подвижный экран на шарнирах, приводимый в движение ударами волн. Движение экрана передаётся гидравлическому преобразователю энергии. В результате эффективность повышается. В бассейне не образуются крупные, выплёскивающиеся наружу волны. Кроме того, податливый экран меньше сопротивляется экстремальным волнам, что повышает надёжность сооружения.

Второе физическое противоречие: фронтальная стенка должна быть высокой, чтобы отражённые от экрана крупные волны не выплёскивались обратно, и должна быть низкой, чтобы небольшие волны переливались через неё (рисунок 3.5). Особенно противоречивыми являются требования к её высоте при наличии существенных приливов.

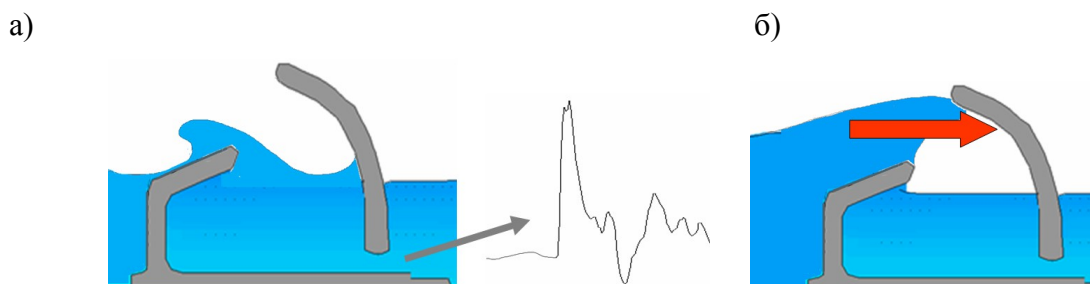


Рисунок 3.3 Динамика волн в резервуаре

а – волновые всплески; б – удар большой волны в экранирующую стенку

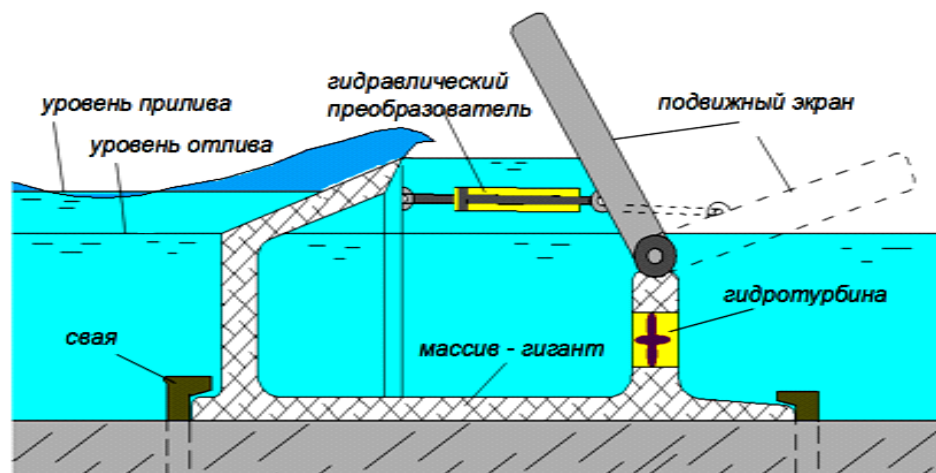


Рисунок 3.4 – Преобразователь OWEC с подвижным экраном

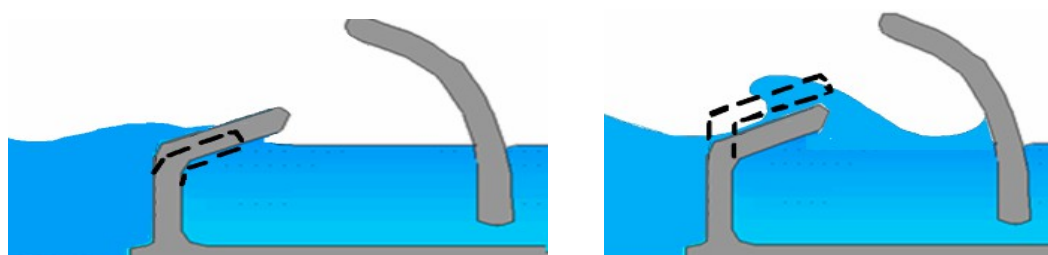


Рисунок 3.5 Варианты фронтальной стенки

В результате получено решение (рисунок 3.6): гидростатический напор увеличивается за счёт шарнирной и плавающей наклонной части передней стенки. В этом случае высота передней стенки автоматически регулируется.

Дальнейшее развитие заключается в использовании части энергии волн, которая теряется на отражение от передней стенки. Отражённые волны гасят набегающие волны. В результате их энергия теряется в толчее волн перед стенкой (рисунок 3.7).

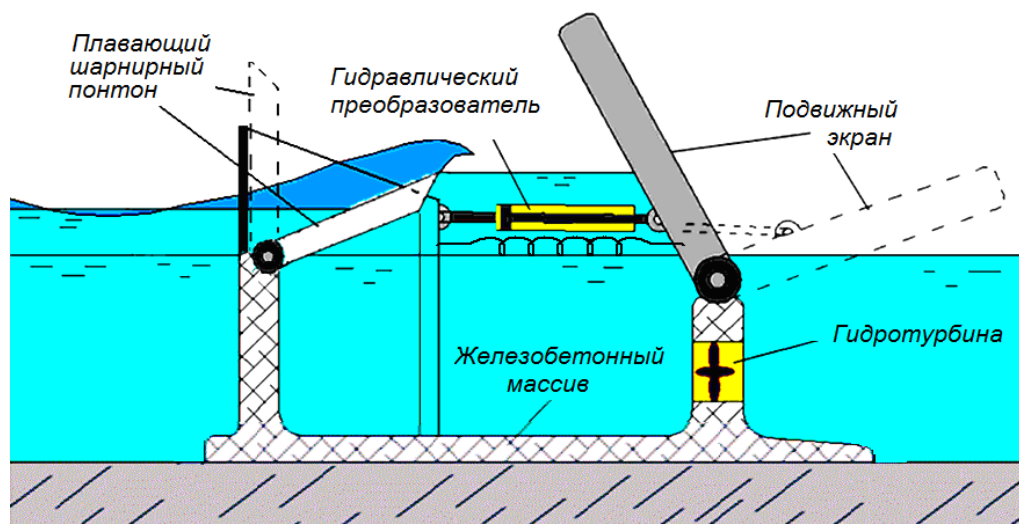


Рисунок 3.6 – OWEC с двумя типами преобразователей энергии и подвижной верхней частью фронтальной стенки

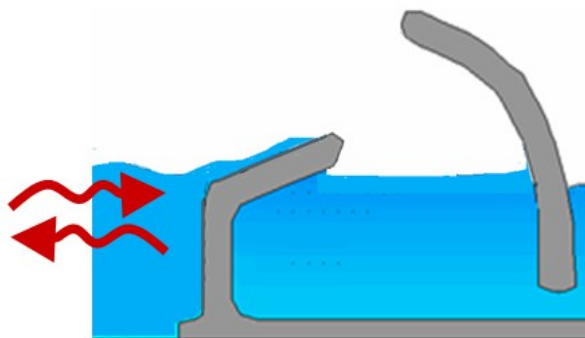


Рисунок 3.7 – Потери энергии на фронтальной стенке

Третье физическое противоречие: фронтальная стенка должна быть, чтобы удерживать воду и создавать напор в камере. Но эту стенку нужно убрать, так как она отбрасывает большую часть энергии волн. Получены два решения этого противоречия: 1) клапаны в передней стенке, пропускающие частицы волны в бассейн и запирающиеся при обратном течении (рисунок 3.8); 2) преобразователь с подвижной передней стенкой, работающей аналогично системе «Oyster» (рисунок 3.9).

Таким образом, введением подвижных элементов получаем наиболее эффективное использование энергии волн в широком диапазоне волнового спектра при повышении устойчивости конструкции к воздействиям экстремального волнения.

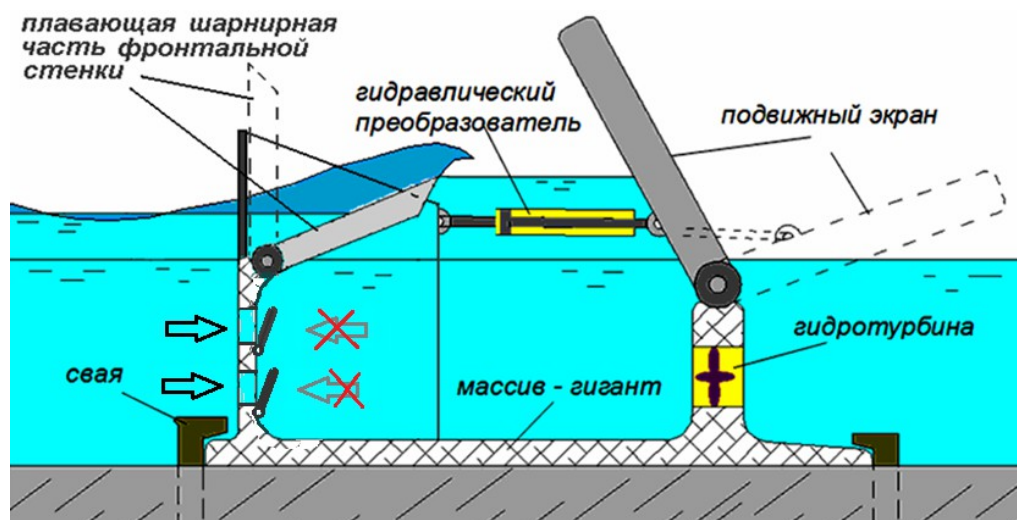


Рисунок 3.8 – Вариант OWEC с энергопоглощающей передней стенкой

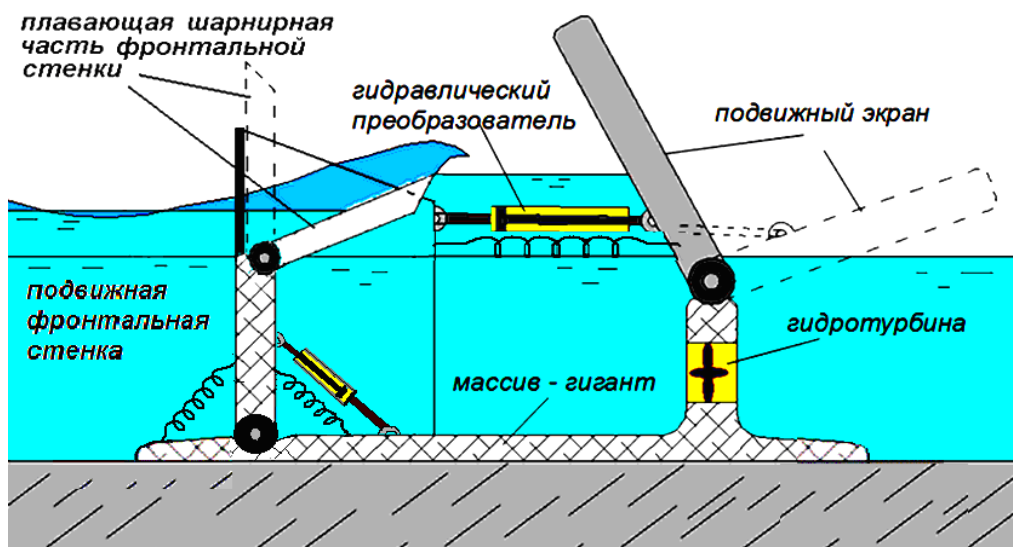


Рисунок 3.9 – Вариант ОВЕС с энергопоглощающей передней стенкой

3.3. Решение проблемы обледенения

При эксплуатации волновых электростанций в северных районах возникнет проблема их обледенения. В первую очередь покрываются льдом надводные части конструкций при отрицательных температурах воздуха. При обледенении подвижных частей устройство перестает выполнять свою основную задачу. Также при обледенении некоторых частей, они теряют свою прочность, что может привести к их повреждению.

Эта же проблема существует при эксплуатации судов. На рисунке 3.10 представлена статистика процессов обледенения судов [12]. Видно, что основной причиной обледенения являются брызги от разрушающихся волн, прилипающие к надводной поверхности конструкций, имеющих отрицательную температуру. При этом нарастание льда преимущественно происходит со скоростью менее 0,6 см/час при температуре воздуха ниже -30°C и скорости ветра до 9 м/с.

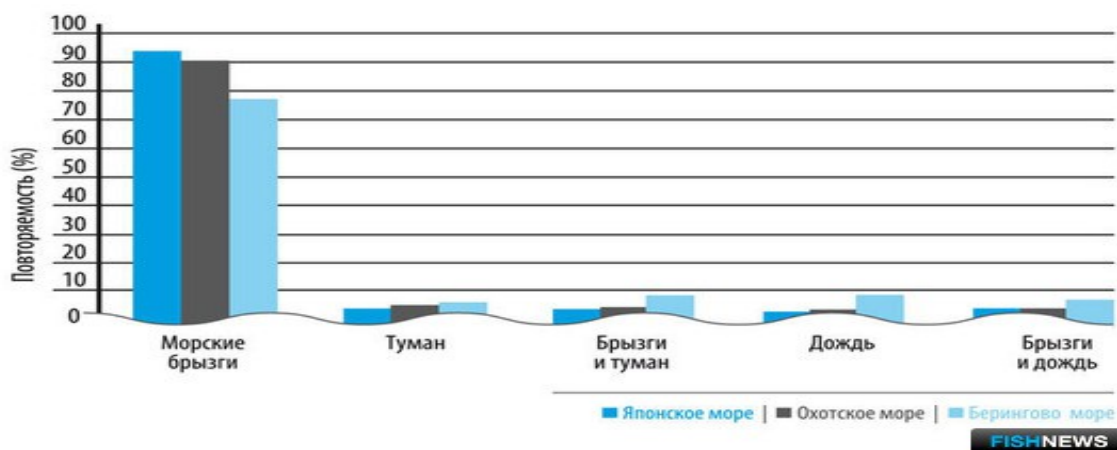


Рисунок 3.10 – Повторяемость обледенения судов от разных причин обледенения [12]

Следует отметить некоторые отличия процессов обледенения судов и волновых преобразователей: а) надводные части волнового преобразователя выступают над поверхностью воды в меньшей степени, чем палуба и надстройки судна (во всяком случае это

касается системы OWSC); б) способы борьбы с обледенением, используемые на судне (околка льда, применение противообледенительных растворов, уход от шторма в порт – убежище и др.), или не годятся, или сложно применимы для волновых электростанций.

Полностью или частично можно исключить обледенение конструкций путём их погружения под воду. При этом система OWSC может быть приспособлена к работе под водой (при некотором снижении эффективности). Сложнее обстоит дело с системой OWEC. Можно допустить обледенение при фиксации конструкций и остановке работы преобразователей на период с декабря по апрель. Остановка работы в любом случае неизбежна при образовании сплошного ледяного покрова. Однако на восточном побережье Камчатки и Курил, на открытом побережье Приморья припайный лед обычно не образуется.

При решении проблемы будем исходить из идеального конечного результата (ИКР), заключающегося в способности устройства полностью противостоять обледенению (ледяная корка не образуется).

Рассмотрим анализ *законов развития технических систем*:

- Закон увеличения степени идеальности систем.
- Ледяная корка образуется на части поверхности с отрицательной температурой. Чем меньше площадь этой поверхности, тем ближе система к идеалу.
- Закон увеличения степени динамичности систем.
- Система должна двигаться, чтобы: сбрасывать лёд; постоянно погружаться в воду, снижая скорость нарастания ледяной корки; или чтобы лёд растрескивался при вибрации и не нарастал на подвижных соединениях.
- Закон увеличения энергетической проводимости систем.
- Развитие систем идет путем повышения проводимости полезных потоков энергии.
- Закон перехода с макроуровня на микроуровень.

Критической областью является поверхность между твёрдым телом и воздухом в смеси с водой. Чтобы к этой поверхности не прилипал лёд, используют микроплёнки различных типов, смазку несмачиваемыми материалами и т.п.

Далее сформулируем *технические противоречия*:

- Можно использовать нагрев, но тогда на него будет расходоваться большая часть энергии. Если при этом волнение будет небольшим или вообще отсутствовать (обледенение при конденсации и замерзании воды из влажного воздуха), то вместо источника энергии мы получим только расход энергии;
- Можно максимально уменьшить площадь надводных частей сооружения, подверженных обледенению. В частности, в системе OWEC убрать заднюю экранирующую стенку. Но тогда эффективность системы в рабочих условиях эксплуатации, особенно при воздействии крупного волнения, будет недопустимо снижена.
- Рассмотрим подробнее эти противоречия. Их анализ позволил выйти на соответствующие *физические противоречия*:
- Температура поверхности надводных частей должна быть положительной (чтобы исключить замерзание частиц воды), но это невозможно, если температура воздуха на поверхности контакта отрицательная.

- Площадь надводной поверхности должна отсутствовать (чтобы не образовывалась ледяная корка) и должна быть большой (чтобы улавливать гребни волн).

Для разрешения этих противоречий выполнен вепольный анализ системы. В оперативной зоне имеем (рисунок 3.11): вещество конструкции B_1 ; брызги B_2 ; поле отрицательных температур воздуха Π_1 ; поле положительных температур морской воды Π_2 .

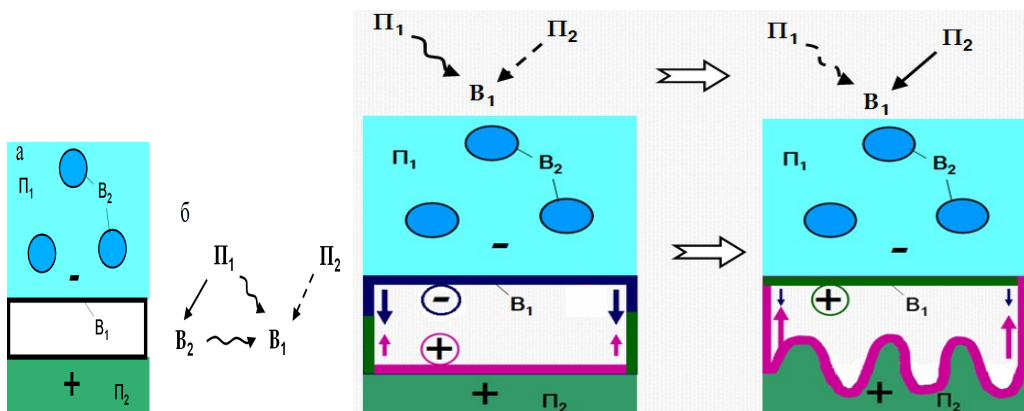
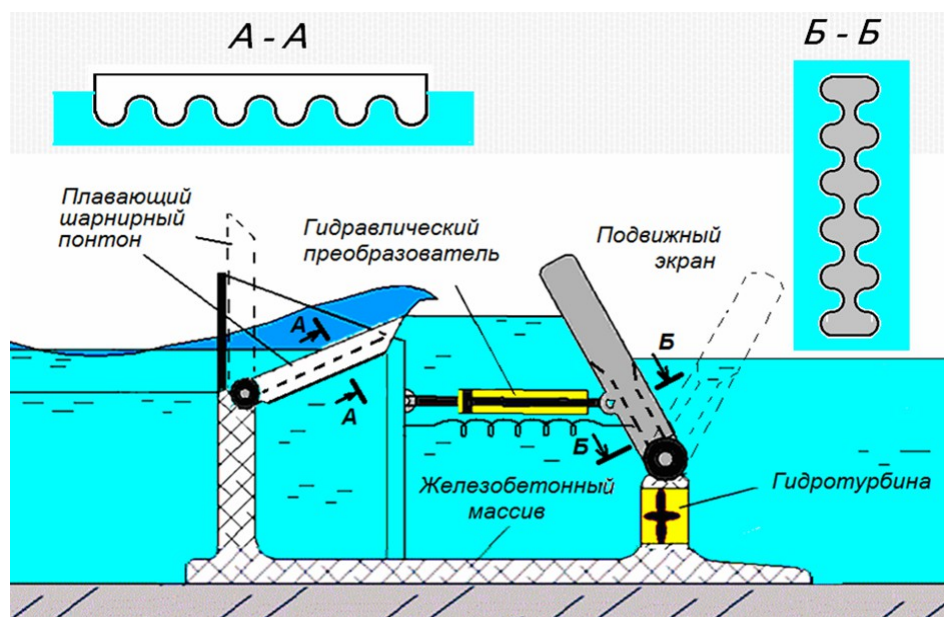


Рисунок 3.11 – Вепольный анализ системы

Исходная вепольная система имеет вредное воздействие отрицательных температур воздуха Π_1 и переохлаждённых брызг B_2 , а также недостаточный нагрев от морской воды на конструкцию B_1 . Для усиления воздействия (омывания поверхности водой с положительной температурой) следует использовать ресурсы (по возможности, даровые, внутрисистемные ресурсы). Таким ресурсом является только вода Π_2 , имеющая положительную, но слишком низкую температуру.

Для усиления теплового воздействия традиционно применяются радиаторные батареи. Используем этот принцип (рисунок 3.11), увеличивая площадь нагрева под водой. Это можно сделать путём гофрировки подводной части (рисунок 3.12).

Таким образом, достигнут идеальный конечный результат без использования дополнительных ресурсов и без существенного усложнения конструкции понтонов. (Более того, гофры могут выполнять роль рёбер жесткости понтонов. Значит конструкция не усложняется, а даже упрощается.)



4. Расчетный анализ комбинированной системы

Здесь рассмотрены результаты расчётов комбинированных преобразователей методом конечных объемов. Модель имеет размеры: глубина – 1,25 м; высота откосной дамбы – 0,5 м; высота фронтальной вертикальной стенки – 0,7 м; ширина бассейна – 2 м.

Волнение в численной модели задается вертикальными колебаниями волнопродуктора в виде подвижного участка дна на удалении от преобразователя. Волны зыби подходят к вертикальной стенке на докритической глубине.

На рисунках 4.1 – 4.3 приведены результаты численного анализа.

Анализ результатов позволил сделать выводы.

При накате волн на систему с неподвижной фронтальной стенкой большая часть волны отражается. В результате перед стенкой формируются стоячие волны. Но, несмотря на то, что высота стоячих волн увеличена, в резервуар попадает лишь небольшая часть воды (рисунок 4.1).

При накате волн на систему с шарнирным понтоном над фронтальной стенкой, несмотря на то, что значительная часть энергии волн расходуется на отражение от вертикальной стенки и образование стоячих волн, их гребни свободно переливаются в резервуар, образуя перепад уровней воды. Шарнирная верхняя часть стенки по мере заполнения резервуара за счёт плавучести поднимается, исключая обратный перелив. Если резервуар не имеет выходных водопроводов, то постепенно уровень в нём поднимается на высоту гребней волн (рисунки 4.2).

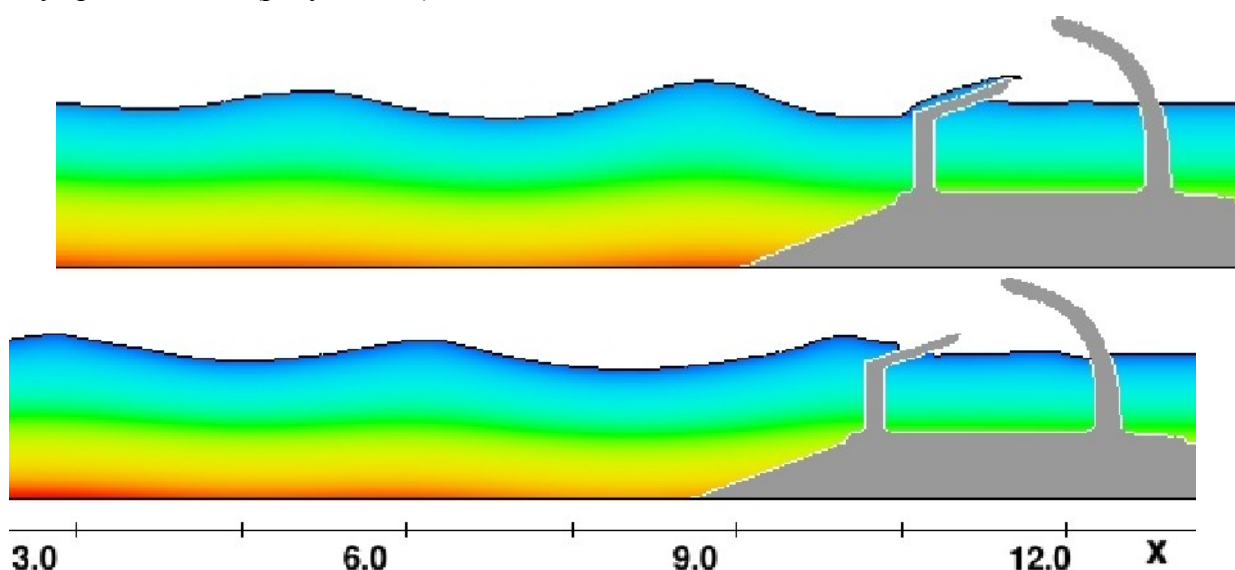
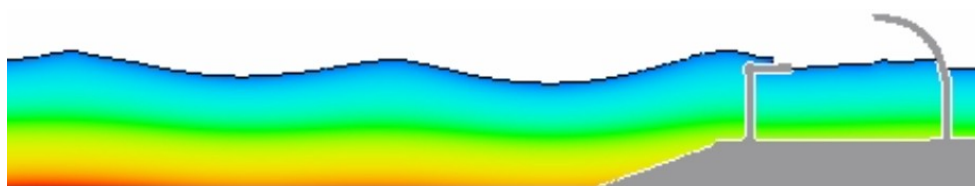


Рисунок 4.1 – Накат волн на преобразователь с неподвижной стенкой. $h = 23$ см; $T = 1,43$ с



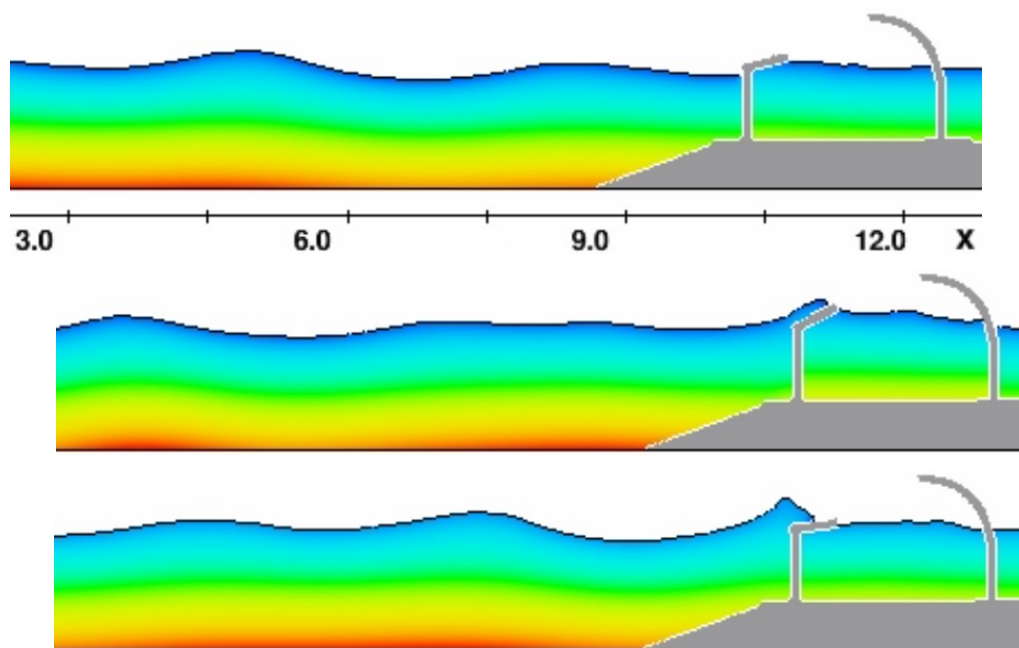


Рисунок 4.2 – Накат волн на преобразователь с неподвижной вертикальной стенкой и шарнирной верхней частью. $h = 23$ см; $T = 1,43$ с.

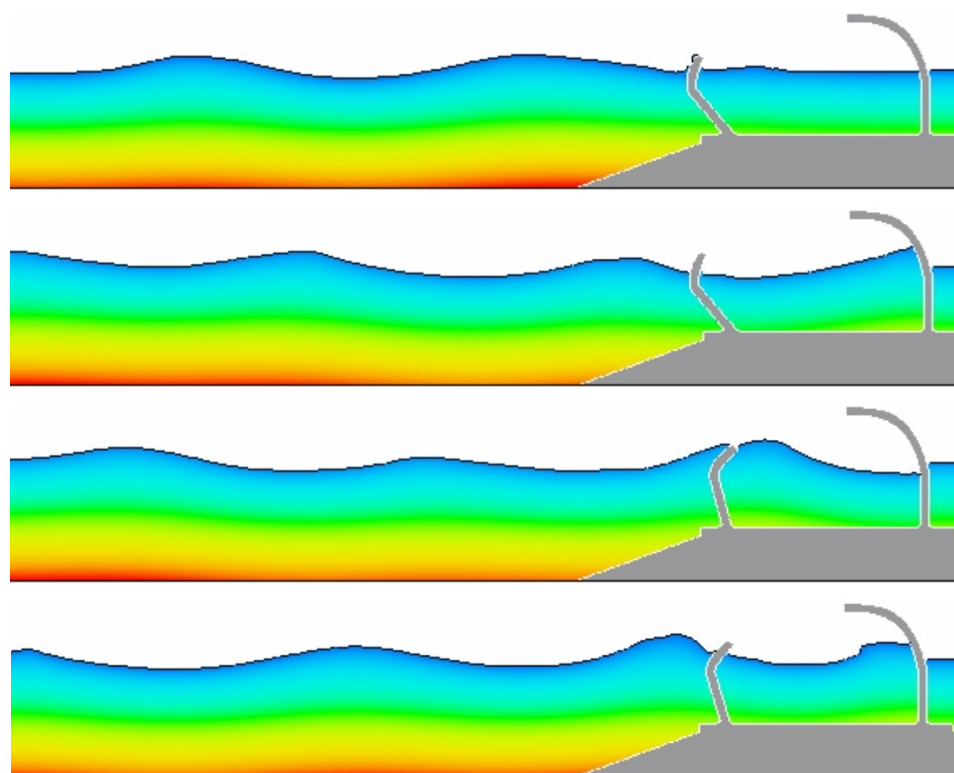


Рисунок 4.3 – Накат волн на преобразователь с подвижной фронтальной стенкой. $h = 23$ см; $T = 1,43$ с.

При накате волн на систему с шарнирной фронтальной стенкой, вследствие качки этой стенки в такт набегающим волнам, перед ней не формируются взбросы, и не происходит отражение волн (рисунок 4.3). Практически отсутствует и перелив в бассейн. Отражает волны тыловая неподвижная стенка. Таким образом, данная конструкция не обеспечивает формирование перепада уровней, достаточного для её работы в качестве системы OWEC. Однако, если предусмотреть полезное сопротивление движению фронтальной стенки

(устройство отбора мощности) и ограничить тем самым её раскачку, то формирование некоторого перепада уровней можно обеспечить. Эффективность системы OWEC будет ниже, чем при неподвижной фронтальной стенке, зато может быть обеспечен отбор кинетической энергии волн.

5. Эффективность и план реализации проекта

5.1. Технико-экономическое обоснование

Обоснование экономической эффективности. Разрабатывая проект ВлЭС, следует исходить в первую очередь из рентабельности будущей энергоустановки, из возможности снижения себестоимости, простоты изготовления деталей, монтажа и эксплуатации, и также, из возможности промышленного производства.

Оценим зависимость выходной мощности предлагаемой ВлЭС от высоты волн и от размеров сооружения.

Энергия одной волны на 1 м её фронта определяется в виде [13]:
$$E \left[\frac{1}{8} \rho g h^2 \lambda \right].$$

Исследования базовых преобразователей энергии волн OWEC (без дополнительных элементов), показали [10], что их к.п.д. составляет от 15% (для волн высотой 1 м) до 35% (для волн высотой более 2 м). Расчёты и эксперименты с моделью преобразователя типа OWSC показали [11], что их к.п.д. составляет от 20% (для длинных волн) до 30 – 40% (для более коротких волн на небольших глубинах). С учётом этих обстоятельств оценена энергетическая эффективность комбинированных преобразователей. Результаты этой оценки представлены в таблице 5.1.

Оценка *стоимости строительства* 1 погонного метра сооружения приведена в таблице 5.2. *Срок окупаемости* ВлЭС, исходя из среднемировой цены на энергию (\$0,1/кВт·ч), составляет от 8 до 13 месяцев. Сравнение экономических показателей проекта с другими энергетическими системами приведено в таблице 5.3.

Социальная значимость данного проекта состоит в том, что он направлен на развитие экологически чистых малых и средних энергосистем, ориентированных на социальное обустройство населения, снижение цен на энергию, защиту от штормовых волн и цунами, попутное развитие прибрежного судоходства и местных промыслов.

Из-за низкой плотности заселения и изолированности многих прибрежных районов Дальнего Востока от общей энергосистемы, целесообразно использование волновых или гибридных электростанций (в комплексе с ветряными, приливными или дизельными) небольшой и средней мощности с возможным аккумулированием энергии в топливных элементах или путём электролиза с получением водорода и кислорода.

Одновременное применение комбинированных OWEC в качестве волноломов, рейдовых причалов и др. сооружений позволит улучшить условия прибрежного судоходства, рыболовства, развития разных видов промысла и разведения морских культур. При воздействии цунами конструкция, принимая на себя энергию волн, может частично или полностью защитить прибрежную территорию.

Таблица 5.1 – Энергия волн и выходная энергия комбинированного преобразователя на единицу длины фронта

h, м	λ, м	Энергия волн	Энергия преобразователя на выходе, Вт·ч/м
------	------	--------------	---

		Е, кДж/м	Е, Вт·ч/м	OWEC	Комбинированного
1	18	22,1	6,2	1	2
2	28	135,5	38	7	17
3	46	500	140	30	84

Таблица 5.2 – Ориентировочная стоимость строительства ВлЭС (на 1 м длины)

Затраты	Стоимость, тыс. руб./м	
	преобразователя OWEC	комбинированного преобразователя
Изготовление и монтаж бетонных и металлических конструкций	180	300
Механическое и электротехническое оборудование	200	300
Гидротехнические работы	100	120
Технический надзор	40	80
Итого	520	800

Таблица 5.3 – Эффективность ВлЭС в сравнении с другими энергосистемами

ЭС	Удельная стоимость, \$/кВт	Срок окупаемости, год	Наим. нач. капиталовложения, млн. \$	Экологичность	Доп. функции	Ключевые особенности
ТЭС	1000 (6500)	4	1,3	-	-	Выбросы на ДВ России: 40 млн. т CO ₂ и др. вредных веществ в год.
ГЭС	1200	2	300	-	+	Регулирование стока рек Длительность строительства, затопление территории
АЭС	1400 (7200)	11	330	-	-	Опасность техногенных катастроф, ограниченные запасы дорогого топлива, проблемы утилизации отходов
ВЭС	1500	1,5	1	+	-	Ограниченный срок службы. Шумность.
ПЭС	~1000	0,5	250	+	-	Большие мощности при удаленности энергопотребителей
ВлЭС	600 - 900	0,7 – 1,1	0,3 – 0,5	+	Защита от волн, причалы	Преимущества по большинству параметров

Строительство комбинированных OWEC возможно с последовательным наращиванием мощности, без больших начальных затрат. Простота элементов конструкции позволит строить их на отечественных предприятиях, решая проблему занятости и не закупая зарубежное дорогое оборудование. Например, постройка наплавных конструкций ВлЭС может быть налажена на Амурском судостроительном заводе.

5.2. План дальнейших исследований и реализации проекта

В плане работ на ближайшее время предусматривается дальнейший компьютерный анализ и оптимизация параметров установки; изготовление масштабного опытно-экспериментального образца ВлЭС с выходной мощностью до 2 кВт при волнах высотой до 0,5 м. После испытаний первой энергоустановки в опытовом бассейне планируется изготовление крупномасштабного образца мощностью до 10 кВт при волнах высотой до 1 м, (способного выдерживать штормовые нагрузки в реальных морских условиях с последующим продвижением продукции на рынок и привлечением инвестиций.

В реализации проекта могут участвовать различные отечественные предприятия Дальнего Востока.

Заключение

Выполненная работа имеет следующие основные результаты:

- выполнен патентный поиск и анализ существующих проектов и действующих ВлЭС, выявлены их недостатки;
- на основе ТРИЗ предложены и запатентованы новые конструкции эффективных преобразователей ВлЭС, в том числе с решением проблемы обледенения;
- на основе проведенных компьютерных расчетов выявлены особенности гидродинамики ВлЭС, проработаны варианты конструкций и намечены пути их дальнейшей оптимизации;
- выполнено технико-экономическое обоснование проекта и доказана эффективность ВлЭС. Предложен план реализации проекта.

Практическая реализация проекта позволит отказаться от привозного топлива для отдаленных прибрежных районов ДВ и приведет к качественному улучшению уровня жизни населения. Волновая энергия является неисчерпаемой и экологически чистой.

Одновременное применение ВлЭС в качестве волноломов, рейдовых причалов и др. сооружений позволит улучшить условия прибрежного судоходства, рыболовства, развития разных видов промысла и разведения морских культур. При воздействии цунами ВлЭС, принимая на себя энергию волн, может частично или полностью защитить прибрежную территорию.

Строительство ВлЭС возможно с последовательным наращиванием мощности, без больших начальных затрат. Простота конструкции ВлЭС позволит строить их на отечественных предприятиях, без закупки зарубежного дорогого оборудования. Например, массовая постройка наплавных железобетонных конструкций ВлЭС может быть налажена на Амурском судостроительном заводе, решая проблему занятости.

Результаты исследований были одобрены на нескольких научно-технических конференциях, в том числе международной конференции студентов по ТРИЗ-технологиям и конференции PACOMS-2012 (по проблемам шельфа тихоокеанского региона). Работа получила первое место в городском конкурсе студенческих научных работ в области инноваций и технического творчества (Комсомольск на Амуре, 2013). Получен патент на полезную модель и подана заявка на изобретение.

Для дальнейшей реализации проекта имеется научно-техническая база: Опытный бассейн КНАГТУ, модельные мастерские, методики и средства компьютерного

проектирования, опытные научные сотрудники и молодые учёные.

Список использованных источников

1. Герман Греф сомневается в окупаемости плавучих АЭС. – РИА Новости. – 17.05.2007. – Режим доступа: <http://www.atominform.ru/news/air1417.htm>
2. Stormsurf [Электронный ресурс]: For delivering the highest quality marine weather data to those who ride waves. – Режим доступа: <http://www.stormsurf.com/locals/npac.shtml>
3. Сайт ФГБУ "ДВНИГМИ". – Режим доступа: <http://www.ferhri.org/>
4. Росс Д. Энергия волн. - Ленинград : Гидрометеиздат, 1981. - 112 с.
5. Коробков В.А. Преобразование энергии океана. – Л.: Судостроение, 1986, 279 с.
6. Tjugen K. J. TAPCHAN ocean energy project // Proc. European Wave Energy Symp., Edinburgh, UK, July 1993. 265–276, European Commission EUR 15571.
7. Kobayashi N., Wurijanto A. Wave Overtopping on Coastal Structures // Journal of Waterway, Port, Coastal Ocean Engineering, ASCE, 1989. Vol 115. pp 235-251.
8. C.G. Koutitas, Y.G. Savvidis Modelling of a Wave Energy Harnessing Breakwater // Proc. of the 18 Int. Offshore and Polar Eng. Conf. Vancouver, BC, Canada, July 6-11. 2008. pp 327-330.
9. Whittaker T., Folley M. Nearshore oscillating wave surge converters and the development of Oyster / Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. 2011. pp 345-364.
10. Чижиумов С.Д., Каменских И.В., Трубецкая О.В. Возможность использования энергии морских волн на дальневосточном побережье // Мореходство и морские науки-2011: доклады 2-й Сахалинской морской НТК (февраль 2011). Южно-Сахалинск: СаХГУ, 2011.
11. Chizhiumov S.D., Kamenskih I.V. The Models of Sea Waves Energy Converters // The Tenth ISOPE Pacific-Asia Offshore Mechanics Symposium (PACOMS 2012), Vladivostok, Russia, October 3-5, 2012. С. 16-21.
12. Петров А. Обледенение судов на акваториях морей ДВ // Fishnews – Новости рыболовства, январь 2013. <http://www.fishnews.ru/rubric/krupnyim-planom/6385>.
13. Чижиумов С.Д. Основы динамики судов на волнении: учеб. пособие / С. Д. Чижиумов. – Комсомольск-на-Амуре : ГОУВПО «КНАГТУ», 2010. 110 с.
14. Чижиумов С.Д. Преобразование энергии морских волн // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета, №3, 2010, с. 16-24.
15. Чижиумов С.Д., Гентова А.А. Преобразователь энергии прибрежных волн. Патент на полезную модель № RU 129568 U1. Заявка № 2012146202/06. Зарегистрировано в Гос. реестре полезных моделей РФ 27.06.2013. (МПК F03B 13/12)
16. Чижиумов С.Д., Каменских И.В., Синюкова М.А., Гентова А.А. Моделирование преобразования энергии волн // Морские интеллектуальные технологии. – 2014, № 1, – в печ.
17. Каменских И.В., Гентова А.А. Преобразователи энергии морских волн // Наука и образование в жизни современного общества. Сб. науч. трудов по матер. научно-практич. конф. 29.11.2013, ч.13, М-во обр. и науки РФ. Тамбов: Изд. ТРОО «Бизнес-Наука-Общество», 2013. С. 14-15.

II место - Дмитрий Михеев, аспирант Московского Государственного Университета имени М. В. Ломоносова

Циклотронный преобразователь энергии – мощное перспективное устройство для беспроводной микроволновой передачи энергии в промышленных масштабах

Солнечная космическая энергетика

Проблемы роста общего энергопотребления и энергетической безопасности, выброса промышленных отходов в атмосферу и глобальных климатических изменений вызывают необходимость поиска новых экологически чистых источников энергии. Одним из подобных источников могут выступать космические энергосистемы, транслирующие энергию солнечного излучения наземным потребителям с помощью направленного микроволнового луча.

Развитие радиолокации и интенсивные работы по освоению дециметровых и сантиметровых диапазонов микроволн заложили основу для широкого использования микроволновой энергетика и вызвали растущий интерес к беспроводной передаче энергии с помощью направленного микроволнового излучения. Микроволновый диапазон (в частности, поддиапазон 2,4-5,8 ГГц) даёт возможность существенно уменьшить размеры передающих и приёмных антенн и отличается высоким уровнем эффективности устройств генерации и преобразования энергии электромагнитного излучения в проектах беспроводной передачи энергии. В последние годы идея использования микроволнового излучения для передачи энергии наземным потребителям получила новое развитие в связи с проектами низкоорбитальных солнечных космических электростанций с мощностью 10- 100 МВт [1-3].

Поиск и создание новых экологически чистых источников энергии, несомненно, является одной из важнейших задач современного развития человечества. Солнечная космическая энергетика предполагает сбор энергии солнечного излучения в космосе и беспроводную передачу ее на Землю. Солнечная космическая энергетика может решить как энергетические, так и экологические проблемы, причем не просто сделать шаг в нужном направлении, а именно решить. Солнечная космическая энергетика может обеспечить каждого человека на Земле необходимым количеством энергии при минимальном воздействии на окружающую среду.

Известно, что запасы доступной солнечной энергии в космосе в миллиарды раз превышают уровень всей энергии, потребляемой человечеством сегодня. Жизненный цикл Солнца оценивается в 4-5 миллиардов лет, поэтому солнечная космическая энергетика – это долговременное решение энергетической проблемы. Конечно, на поверхность Земли попадает всего $1/2300000000$ часть излучения Солнца. Тем не менее, это самый большой существующий потенциальный источник энергии. Солнечная энергия сегодня используется практически всеми космическими аппаратами. Использование данной технологии в глобальных масштабах в сочетании с уже продемонстрированной технологией беспроводной передачи энергии может практически полностью удовлетворить потребность нашей планеты в электрической энергии.

Другой насущной необходимостью человечества является перевод нашей транспортной системы на электрическую энергию. В то время как сегодня электричество

движет относительно небольшим числом транспортных средств, в недалеком будущем ожидается широкое развитие гибридных транспортных средств, использующих электроэнергию из сети. Развитие батарей, сверхпроводников и топливных ячеек постепенно приведёт к значительному ослаблению роли двигателей внутреннего сгорания в транспортных системах. Но станет возможным только при условии, что мы сможем производить огромные необходимые объёмы электроэнергии. Простая замена двигателей внутреннего сгорания на электродвигатели в транспортных системах ничего не даст, если электроэнергия для них будет производиться электростанциями, потребляющими ископаемое топливо. В то же время солнечная космическая энергетика может обеспечить необходимой экологически чистой энергией любую электрическую транспортную систему будущего.

Достоинства солнечной космической энергетики

- В отличие от энергетики, использующей нефть, газ, уголь и биотопливо, солнечная космическая энергетика не эмитирует газы, приводящие к парниковому эффекту.
- В отличие от энергетики, использующей уголь или ядерное топливо, солнечная космическая энергетика не нуждается в водных ресурсах, потребность в которых постоянно увеличивается.
- В отличие от энергетики, использующей биотопливо, солнечная космическая энергетика не нуждается во всё растущей потребности в земельных пахотных ресурсах и не зависит от уровня производства биотоплива. Продовольствие может по-прежнему оставаться основой для экспорта в нуждающиеся страны, а не для производства биотоплива.
- В отличие от ядерной энергетики солнечная космическая энергетика не производит огромных объёмов вредных отходов, которым необходимы захоронение и охрана в течение столетий.
- В отличие от наземной солнечной энергетики и систем, использующих энергию ветра, солнечная космическая энергетика доступна в больших объёмах 24 часа в сутки и 7 дней в неделю. Она работает независимо от уровня облачности, времени суток или скорости ветра.
- В отличие от ядерной энергетики солнечная космическая энергетика не является лёгкой мишенью для террористов.
- В отличие от энергетики, использующей уголь или ядерное топливо, солнечная космическая энергетика не нуждается в горнодобывающей промышленности, создающей проблемы для окружающей среды.
- Солнечная космическая энергетика обеспечит подлинную энергетическую независимость для тех наций, которые будут развивать её. При этом будет нейтрализован основной источник межнациональной конкуренции за ограниченные запасы наземных энергетических ресурсов.
- Солнечная космическая энергия может быть транспортирована в практически любую точку земного шара и может быть преобразована в любой другой вид энергии там, где нет разветвлённых электрических сетей. Солнечная космическая энергетика может быть использована и для опреснения морской воды.
- Солнечная космическая энергетика может быть использована для решения проблем энергетической безопасности и климатических изменений.
- Солнечная космическая энергетика приведёт к созданию дешёвых космических транспортных аппаратов и прогрессу в освоении околоземного пространства.

Эффективность передачи, преобразование в постоянный ток

При анализе потенциальных возможностей микроволновой передачи энергии важно учитывать как эффективность передачи, так и достигнутый уровень переданной мощности. Общая эффективность системы микроволновой передачи энергии может рассматриваться как произведение эффективности составляющих компонент – эффективности систем генерации микроволн, эффективности передачи микроволнового излучения от передающей антенны к приёмной антенне и эффективности обратного преобразования микроволн в электрический ток для энергоснабжения потребителей.

Одной из основных проблем, которые необходимо разрешить для реализации идеи построения систем беспроводной передачи энергии, является создание мощных приборов, эффективно преобразующих энергию микроволнового излучения в постоянный электрический ток. К элементам приёмно-выпрямительного тракта предъявляются следующие требования:

- высокая энергоёмкость;
- надёжность системы при коммутации;
- устойчивость к внешним электрическим воздействиям (грозам);
- высокая эффективность преобразования, слабо зависящая от перепада мощности по приёмной антенне (не менее 80-90%);
- минимально возможное число элементов (высокая удельная мощность на один прибор);
- минимальный уровень обратных (отражённых) излучений на гармониках основного сигнала;
- простота конструкции;
- невысокая стоимость при массовом производстве.

Системы с полупроводниковыми ректенными элементами

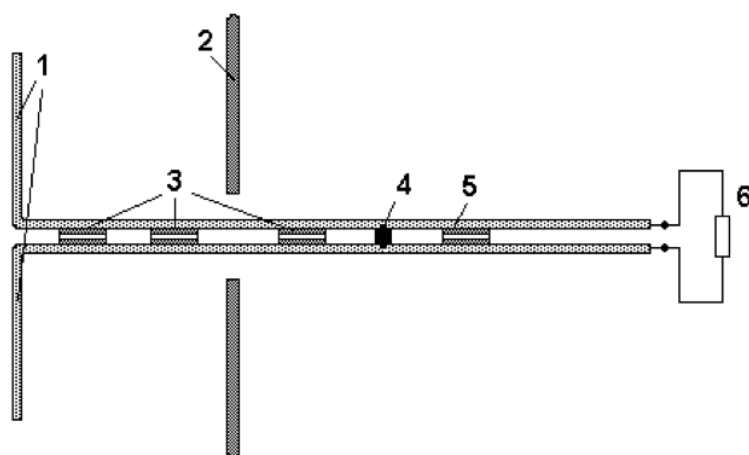


Рис. 1. Ректенный элемент с однополупериодным выпрямителем на диоде Шоттки, 1- полуволновой диполь, 2 - отражающая поверхность, 3 - встроенный фильтр нижних частот, 4 - диод Шоттки, 5 - выходной фильтр, 6 - нагрузка в цепи постоянного тока.

Одним из наиболее распространённых типов преобразователя волн микроволнового диапазона в постоянный ток является ректенна с полупроводниковым диодом Шоттки (рис.1)

[4-7]. Ректенна представляет собой антенную решетку приёмно- выпрямительных элементов, каждый из которых состоит из приёмной антенны и выпрямительной схемы. В рассматриваемом случае ректенна образована полуволновыми диполями, расположенными на высоте $\lambda/4$ от экрана, со встроенными диодами с барьером Шоттки. Каждый из полуволновых диполей имеет встроенный высокоэффективный диод с барьером Шоттки. Важно принять во внимание уровень переизлучения ректенных систем на гармониках рабочей частоты, неизбежно возникающих в процессе преобразования микроволн. Относительный уровень мощности высших кратных гармоник может достигать нескольких процентов (2-5% на удвоенной частоте) и уменьшается с номером гармоники. Однако при высоком уровне передаваемой мощности и без принятия специальных мер по подавлению высших гармоник приёмные наземные системы микроволновых линий передачи энергии могут создавать серьёзные помехи существующим системам передачи информации и радиосвязи. С этой целью в конструкцию полуволнового ректенного элемента вводят фильтры низких частот, предназначенные для уменьшения уровня высших кратных гармоник рабочей частоты, излучаемых ректенной. Отметим, что подобные ректенны не обладают высокой надёжностью в силу того, что диоды приходится собирать в серии диодов, так как их выходная мощность сравнительно невелика; как следствие, выход из строя одного диода влечёт выход из строя всей системы.

Наивысшее значение эффективности преобразования ректенны было достигнуто в лабораторных условиях: 91,4% при входной мощности микроволн до 10 Вт на единичном экземпляре диода Шоттки для рабочей частоты 2,45 ГГц [6]. На частоте 5,8 ГГц эффективность преобразования ректенн с диодами Шоттки достигает 82% при входной мощности 50 мВт [7].

Циклотронный преобразователь энергии, устройство и принцип действия

Альтернативой ректеннам могут стать циклотронные преобразователи энергии (ЦПЭ) [8], заметно превосходящие их по удельной мощности (до 100 кВт/прибор), величине выходного напряжения, устойчивости к электромагнитным и радиационным воздействиям и перегрузкам.

Рассмотрим принцип действия ЦПЭ, основанный на взаимодействии электромагнитного высокочастотного поля с поперечными волнами электронного потока.

Существует два принципа динамического управления электронным потоком в электровакуумных микроволновых приборах. В первом случае электрическое высокочастотное поле направлено вдоль вектора скорости дрейфа электронного потока. Такой принцип модуляции используется в ряде классических электровакуумных приборов, например, в клистроне, лампах бегущей и обратной волны.

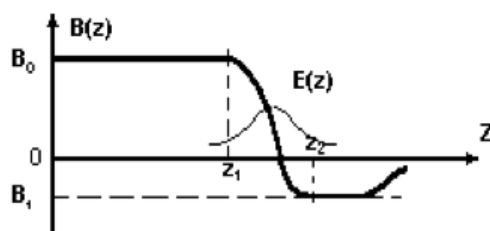
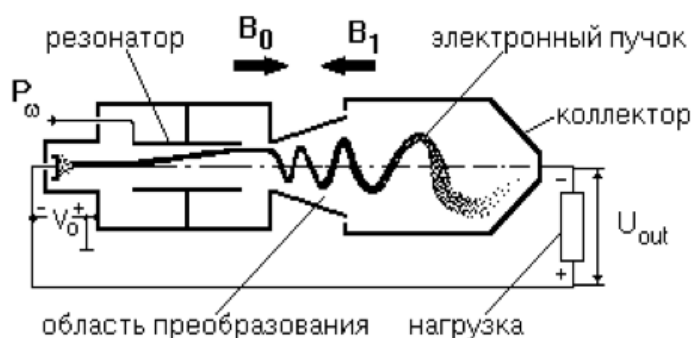


Рис. 2. Конструкция циклотронного преобразователя энергии (ЦПЭ) и диаграмма распределения магнитного поля на его оси. P_0 – входная микроволновая мощность; V_0 – ускоряющее напряжение электронной пушки; B_0 , B_1 – начальное и конечное значение магнитного поля на оси прибора; z_2-z_1 – протяженность области преобразования; $E(z)$ – проникающее электростатическое поле коллектора; U_{out} – выходное напряжение на нагрузке.

В другом случае электронный поток дрейфует вдоль внешнего постоянного магнитного поля, а переменное во времени электрическое поле действует перпендикулярно к нему. Данный принцип динамического управления электронным потоком называется поперечной модуляцией.

Принцип действия ЦПЭ основан на поперечной модуляции электронного потока. Его конструкция содержит электронную пушку, резонатор, коллектор, область реверсивного изменения магнитного поля (область преобразования), форма которого задаётся с помощью специально сконструированной системы радиально намагниченных магнитов (рис. 2).

Пушка включает катод, анод и фокусирующий электрод. Между катодом и анодом приложено ускоряющее напряжение. На электроны в области пушки действуют в основном электростатические поля, созданные указанными электродами и собственным пространственным зарядом пучка. Формирование электронного потока происходит в переходной области между пушкой и резонатором. Здесь сила электростатического поля, создаваемого электродами, резко уменьшается. Продолжается действие силы пространственного заряда, которая в конце этой области становится главной дефокусирующей силой, стремящейся расширить поток. Начинает действовать фокусирующая сила нарастающего магнитного поля, достигающего в конце области заданной величины.

Сформированный электронный поток попадает в ёмкостный зазор резонатора типа Каччия с поперечным высокочастотным полем [9]. Входная мощность микроволн в резонаторе преобразуется в поперечную кинетическую энергию вращательного движения этого потока при условии циклотронного резонанса $\omega_c = \omega$, где ω – частота микроволн на входе в резонатор, ω_c – циклотронная частота. Иными словами, происходит возбуждение быстрой циклотронной волны (БЦВ). Величина внешнего постоянного магнитного поля подобрана так, чтобы на частоте сигнала обеспечивался циклотронный резонанс электронного потока с быстропеременным электрическим полем. При этом фазовая скорость БЦВ стремится к бесконечности, обеспечивая сильную связь электронного пучка с высокочастотной компонентой электрического поля, возбуждаемого в резонаторе. Возбуждение других нормальных волн электронного потока не учитывается, так как они не находятся в синхронизме с электрическим полем. Как итог, на выходе резонатора поперечная кинетическая энергия имеет максимальное значение, при этом она значительно превышает величину энергии продольного движения потока в $W = P_{вх}/P_0$ раз за вычетом потерь в резонаторе, где $P_{вх}$ – входная мощность микроволнового излучения, P_0 – начальная мощность пучка.

Геометрические размеры резонатора, как правило, малы по сравнению с длиной волны в свободном пространстве, поэтому фазовым запаздыванием в резонаторе можно пренебречь, что эквивалентно предположению о бесконечной скорости распространения поля в резонаторе.

Затем вращающийся электронный поток попадает в область реверсивного изменения магнитного поля. Величина продольного магнитного поля становится равной, вследствие чего появляется радиальная составляющая магнитного поля. При этом векторы поперечных скоростей электронов разворачиваются вдоль продольного направления. Иначе говоря, происходит преобразование быстрой циклотронной волны (БЦВ) в медленную синхронную

волну (МСВ). Результатом становится ускорение электронного пучка.

Далее происходит замедление электронного потока тормозящим полем коллектора, вследствие чего кинетическая мощность преобразуется в мощность постоянного тока. Стоит отметить, что в коллекторной зоне появляются отражённые электроны, а также возникает явление вторичной эмиссии с поверхности коллектора, что непосредственно сказывается на эффективности работы прибора. Для подавления этих эффектов принимаются различные меры по обработке внутренней поверхности коллектора, вносятся различные изменения в его конструкцию. Например, на поверхность коллектора наносится материал с низким коэффициентом вторичной эмиссии.

Показано, что предпочтительному режиму работы преобразователя соответствуют области с ускоряющим потенциалом $U_0 \leq 10$ кВ и максимальной входной мощностью 20- 30 кВт. При помощи подобного устройства можно получить достаточно высокие значения КПД преобразования. В качестве примера следует выделить циклотронный преобразователь с эффективностью до 83%, входной мощностью микроволн 10 кВт на частоте 2,45 ГГц и выходным напряжением 15-20 кВ [10].

Разработка демонстрационного прототипа циклотронного преобразователя энергии

На кафедре фотоники и физики микроволн физического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова проводится работа по созданию демонстрационного прототипа ЦПЭ с мощностью входного микроволнового сигнала 1 кВт на частоте 2,45 ГГц.

В рамках этого проекта предусмотрено использование магнитной системы на постоянных магнитах, снижение потенциала электронного пучка до 2 кВ, а для увеличения долговечности до 10-20 тысяч часов – использование электронной пушки с импрегнированным катодом с низкой средней плотностью тока (менее 1 А/см²). Перечисленные выше требования приводят к необходимости использования в ЦПЭ плотных электронных пучков с микропервеансом больше 1,0 мкА/В^{3/2} и компрессией более 10.

Несколько слов о конструкции коллектора. Коллектор имеет два отдельных токоприёмных электрода для статического и динамического режимов работы циклотронного преобразователя. В статическом режиме работы (при отсутствии мощности микроволн на входе) электронный пучок проходит по оси в отверстие конусного электрода и оседает на его токоприёмном электроде. В динамическом режиме работы (при подаче микроволн на вход преобразователя) электронный поток отклоняется от оси реверсной области и оседает на цилиндрическом токоприёмном электроде коллектора.

В демонстрационном прототипе ЦПЭ особое внимание уделено к пушке с частично экранированным катодом. Предполагается использование модифицированной пушки ЛБВ УВ-384. Магнитное сопровождение пучка без оседания на стенки трубы дрейфа осуществляется за счёт оптимизации размеров и взаимного расположения катода и фокусирующего электрода.

Описание магнитной системы

В разрабатываемом образце преобразователя используются магнитная система из сплава NdFeB (рис. 3), состоящая из постоянных магнитов с радиальными направлениями векторов намагниченности. Кольцевые магниты соединены восемнадцатью продольными железными переключками (магнитопроводами) для получения необходимого уровня магнитного поля (0,0875 Тл) и повышения однородности продольного магнитного поля в области резонатора ЦПЭ. На торцах системы помещены металлические диски с отверстиями, радиус которых можно изменять, а так же с одной из сторон прикреплен металлический цилиндр, выполняющий роль экрана вблизи области реверса.



Рис. 3. Окончательный вариант магнитной системы ЦПЭ.

Уровень магнитного поля определяется условиями циклотронного резонанса в области резонатора и практически не допускает корректировки. Экспериментально измеренное распределение продольной компоненты магнитного поля приведено на рис. 4.

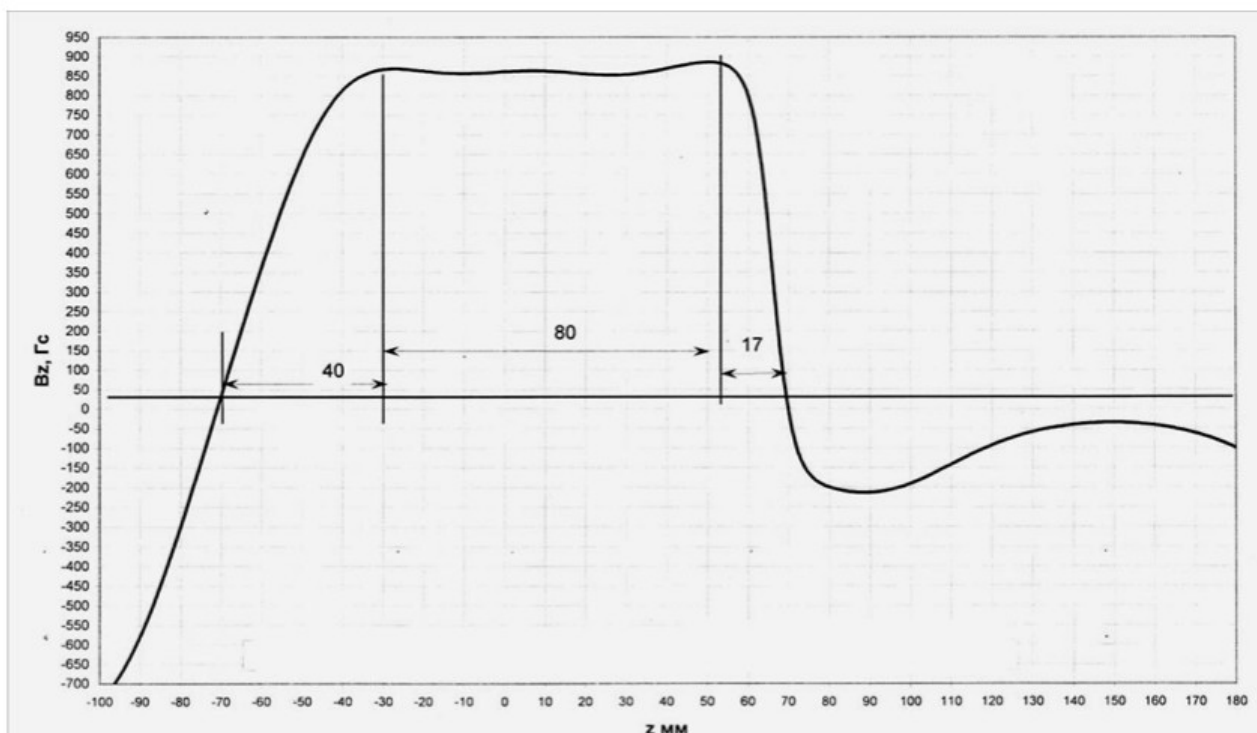


Рис. 4. Распределение продольной компоненты магнитного поля в ЦПЭ

Область нарастания магнитного поля от нулевого до максимального значения зависит от отверстия в полюсном наконечнике и имеет длину 40 мм при диаметре отверстия 40 мм. Для наилучшей компрессии электронного пучка сферический катод электронной пушки помещается в область нулевого магнитного поля.

Моделирование объёмного резонатора ЦПЭ

В ходе обсуждений был предложен вариант цилиндрического резонатора, заключающий в себе относительную простоту конструкции, что, естественно, играет немаловажную роль при его изготовлении. В полости резонатора имеется два цилиндрических и одно прямоугольное отверстия. Верхние грани прямоугольного отверстия образуют ламели, в узком и протяжённом зазоре между которыми возбуждается поперечное

высокочастотное поле микроволнового сигнала, вводимого посредством петли связи.

Электронный пучок инжектируется в резонатор через круглое отверстие в торце, проходит через зазор между ламелями и выходит из резонатора через отверстие в противоположном торце. При взаимодействии высокочастотного поля с электронным пучком подводимая энергия микроволн преобразуется в поперечное циклотронное вращение пучка при условии циклотронного резонанса.

При этом в пучке не происходит продольной модуляции по плотности, то есть пучок не группируется в сгустки [11]. Поэтому действие сил пространственного заряда незначительно, и передача мощности сигнала в пучок несёт линейный характер. Следовательно, электровакуумные приборы, в которых используется данный вариант резонаторного устройства, лишены ограничений по КПД, связанных с действием сил пространственного заряда.

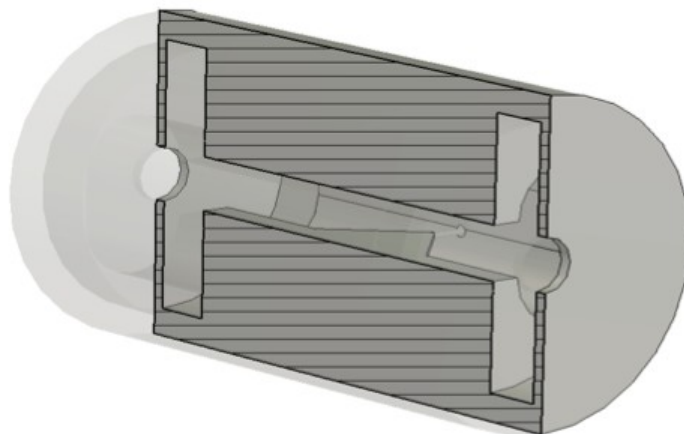


Рис. 5. Модель резонатора ЦПЭ.

Другой отличительной особенностью данной конструкции резонатора является длительное взаимодействие высокочастотного поля с быстрой циклотронной волной электронного потока. В сравнении с резонаторами клистронов, где пролётный угол электронов обычно не превышает $\pi/2$, в резонаторе с ламелями пролётный угол электронов может быть равен нескольким десяткам π . Кроме того, в конструкцию резонатора заложена возможность использования ленточного электронного потока с целью увеличения тока пучка и, как следствие, его мощности. Для этого необходимо увеличить ширину прямоугольного отверстия и одновременно уменьшить объём цилиндрических.

Создана трёхмерная модель цилиндрического резонатора (рис. 5). Её геометрические размеры подобраны так, чтобы обеспечить циклотронный резонанс на частоте 2,45 ГГц при входной мощности 1 кВт. Эволюция полей в рамках данной модели прослеживается посредством алгоритма решений уравнений Максвелла во временной области. В рамках данного алгоритма модель разбивается гексагональной сеткой. Число разбиений сетки определяет время расчёта модели. Ввиду простой конструкции резонатора число разбиений невелико. Кроме того, симметрия модели по одной из поперечных координат также сокращает время расчёта.

Энергия микроволн вводится через волноводный порт 1 (рис. 6). Для симуляции электронного пучка используется дискретный порт 2 с некоторым сопротивлением. Сопротивление дискретного порта Z выражается как обратная величина проводимости пучка:

$$Z = 1 / G_e,$$

$$G_e = 1/8 \cdot I_0/U_0 \cdot (l_0/d_0)^2.$$

где G_e - электронная проводимость пучка в условиях циклотронного резонанса,

I_0 – ток пучка, U_0 – ускоряющее напряжение, d_0 – величина зазора между ламелями, l_0 – длина ламели.

Проведено моделирование взаимодействия поля с пучком. Моделирование резонатора позволяет получить S-параметры матрицы рассеяния, в частности, коэффициент отражения (S_{11}) и коэффициент передачи из порта 1 в порт 2 (S_{12}). Проведена оптимизация данных параметров с целью получения максимально возможного коэффициента передачи при минимально возможном коэффициенте отражения для обеспечения высокоэффективного энергообмена резонансной моды с электронным пучком.

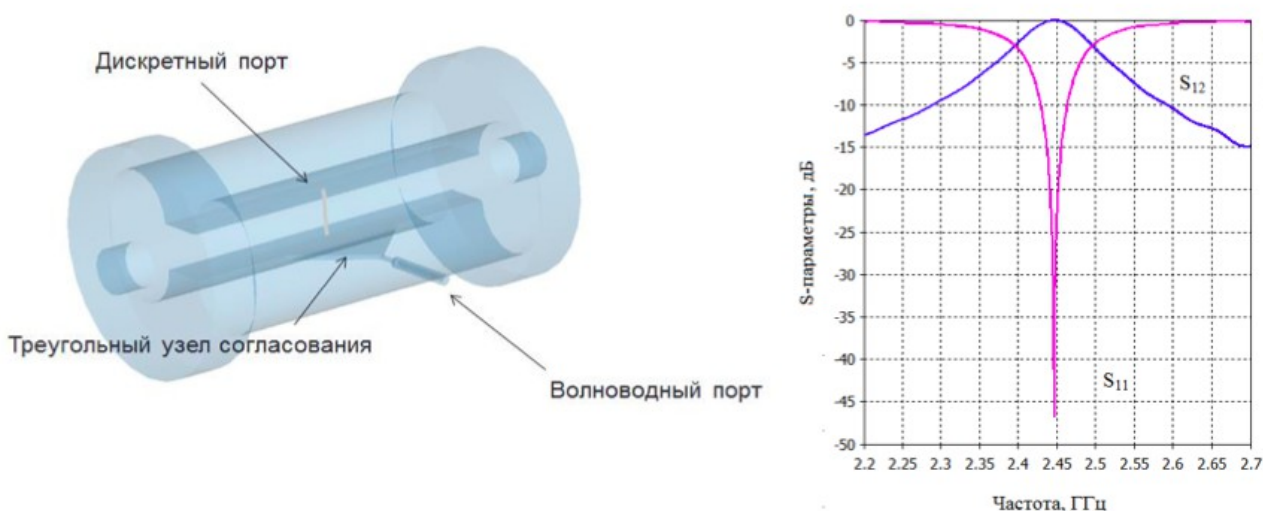


Рис. 6. Внутренняя полость резонатора ЦПЭ и параметры S-матрицы рассеяния.

В рамках оптимизации определялись форма и местоположение петли связи, а также геометрия и размеры согласующего узла резонатора, обеспечивающие высокоэффективный энергообмен резонансной моды с электронным пучком.

Выбор был сделан в пользу треугольного узла согласования. Посредством данного узла высокоомная нагрузка, вносимая электронным пучком, согласуется с 50-омной нагрузкой на входе микроволнового сигнала. В результате моделирования установлено, что эффективность энергообмена может составлять более 99 % (рис. 6):

$$S_{11} = -46,72 \text{ дБ (0,5\%)},$$

$$S_{12} = -0,05 \text{ дБ (99,5\%)}.$$

Оценка КПД преобразования экспериментального макета ЦПЭ

В полученном профиле реверсивного магнитного поля (рис. 4) изучена динамика преобразования энергии вращения электронного пучка в потенциальную энергию в тормозящем поле предколлектора. Поле предколлектора создается с помощью дополнительного барьерного электрода, потенциал которого на 300 – 350 В ниже, чем потенциал токоприёмного электрода коллектора. Для оценки КПД преобразования использовался пакет программ, разработанный на кафедре фотоники и физики микроволн, для расчёта динамики электронного пучка в реверсивном магнитном поле в присутствии тормозящего поля предколлектора.

Начальные данные для задачи получены при расчётах электронной пушки для входной мощности микроволн 1 кВт:

потенциал электронного пучка – $U_0 = 2000 \text{ В}$;
 ток электронного пучка – $I_0 = 0,125 \text{ А}$;
 радиус электронного пучка – $r_n = 0,8 \text{ мм}$;
 микропервеанс – $P_\mu = 1,4 \text{ мкА/В}^{3/2}$;
 длина области реверса – $Z_{\max} = 50 \text{ мм}$;
 циклотронный радиус – $R_c = 3,13 \text{ мм}$;
 начальное значение магнитного поля – $B_0 = 0,0875 \text{ Тл}$;
 конечное значение магнитного поля – $B_1 = -0,00875 \text{ Тл}$;
 Результаты расчётов представлены на рис. 7.

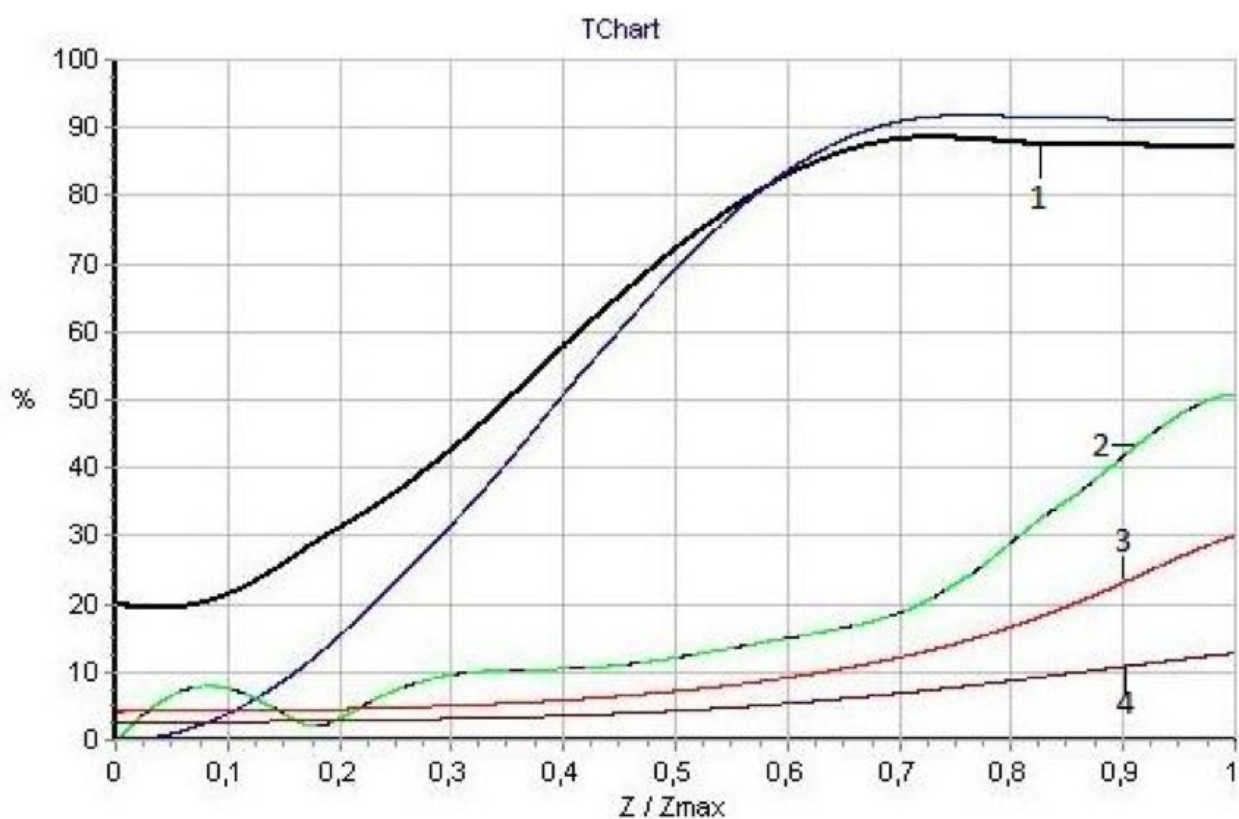


Рис. 7. К расчёту КПД преобразования экспериментального макета ЦПЭ: Представленные графики представляют из себя:

- кривая 1 – КПД преобразования мощности микроволн в постоянный ток;
- кривая 2 – разброс скоростей;
- кривая 3 – максимальные размеры пучка;
- кривая 4 – минимальные размеры пучка.

Данные расчёты были проведены при напряжении барьерного электрода $U_0 = 8750 \text{ В}$. С учётом напряжения на аноде (2 кВ) и тока пучка (0,125 А) получаем, что выходная мощность равна $P_{\text{вых}} = 6750 * 0,125 \text{ Вт} = 844 \text{ Вт}$ при входной мощности микроволн $P_{\text{вх}} = 1000 \text{ Вт}$.

Итого, оценочное значение КПД: $\eta = 84,4\%$.

Оценочное значение КПД (с учётом потенциального барьера): $\eta_{\text{реальн.}} = 80,6\%$.

Заключение

Использование нетрадиционных источников энергии, в частности солнечной энергии, является одним из приоритетов современной науки и техники. Передача энергии от солнечных батарей, расположенных в космосе на геостационарной орбите Земли, сфокусированным микроволновым излучением потребителю – одна из самых впечатляющих научно-технических задач. Важнейшей составной частью этого проекта является наземный приёмно-преобразующий комплекс, в котором осуществляется преобразование энергии микроволнового излучения в потребительские формы энергии, в частности, в энергию постоянного тока. В настоящее время прибором, наиболее полно удовлетворяющим требованиям, предъявляемым к элементам приёмно-выпрямительного тракта, является циклотронный преобразователь энергии.

В рамках работы описан принцип действия преобразователя и на основе модельных расчётов показана принципиальная возможность создания подобного устройства с высокой эффективностью (более 80 %) преобразования энергии микроволн в энергию постоянного тока. Результаты расчётов подробно описаны в публикациях, представленных ниже.

Список публикаций автора по теме представленной работы

1. Д. А. Михеев, В. Л. Саввин, А. В. Коннов, Г. М. Казарян, К. В. Иванов.

Энергообмен высокочастотного поля с электронным пучком в условиях циклотронного резонанса // Известия РАН. Серия физическая, 2014, том 78, No2, С.247-250;

2. В. Л. Саввин, А. В. Коннов, Д. А. Михеев, Г. М. Казарян. О динамике ленточного электронного пучка в плоско-симметричном реверсе магнитного поля // Известия РАН. Серия физическая, 2013, том 77, No12, С.1785-1788;

3. А. В. Коннов, Г. М. Казарян, Д. А. Михеев, В. Л. Саввин, Т. И. Чернобай.

Формирование и структура электронного пучка в электронно-оптической системе циклотронного преобразователя энергии // «Журнал радиоэлектроники», 2012, No5;

4. В. Л. Саввин, Г. М. Казарян, А. В. Коннов, Д. А. Михеев, Ю. А. Пирогов.

Энергоёмкие и высокоэффективные преобразователи для беспроводной передачи энергии // Альтернативный киловатт, 2012, No 2, С.24-28;

5. В. Л. Саввин, Г. М. Казарян, Д. А. Михеев, А. В. Коннов. Пространственный заряд и рекуперация энергии в циклотронном преобразователе // Журнал радиоэлектроники, No11, 2011.

Список использованной литературы

1. Cox W.J. The Race For Space Solar Energy // The Public Record, March 2011 <http://pubrecord.org/politics/9116/race-space-solar-energy/>

2. Celeste A., Jeanty P., Pignolet G. Case study in Reunion island // Acta Astronautica, vol.54, 2004, pp. 253-258.

3. McSpadden J., Mankins J. Summary of Recent Results from NASA's Space Solar Power (SSP) // Programs and the Current Capabilities of Microwave WPT Technologies, 2002, p. 24

4. Leroy P., Akoun G., Essakhi B., Santandrea L., Pichon L., Guyot C. An efficient global analysis of a rectenna using the combination of a full-wave model and a rational approximation // Eur. Phys. J. Appl. Phys. No.29, 2005, pp.39-43.
5. Gómez C., García J.A., Mediavilla A., Tazón A. A High Efficiency Rectenna Element using E-pHEMT Technology // Proc. of 12th GAAS Symposium, 2004, pp.315-318.
6. Brown W. History of Power Transmission by Radio Waves // IEEE Trans., V. MTT-32, No9, 1984.
7. McSpadden J., Fan L., Chang K. High Conversion Efficiency 5.8 GHz Rectenna // IEEE MTT Digest, p.547, 1997.
8. Vanke V., Matsumoto H., Shinohara N. Cyclotron Wave Electrostatic Amplifier // Journal of Radioelectronics, No10, 1999.
9. Зайцев А.А. Вопросы эффективности взаимодействия поперечных волн электронного потока с электромагнитными полями // Дисс. на соискание ученой степени канд. физ.-мат.наук. Москва, физический факультет МГУ, 1979.
10. Vanke V.A., Savvin V.L. Cyclotron-Wave Converter for SPS Energy Transmission System // Proc. of Sec. Intern. Symp. Power from Space, Paris, 1991, pp. 515-520.
11. Пеклевский А.В., Саввин В.Л., Сухоруков А.П. Нелинейные поперечно- волновые взаимодействия в расходящихся аксиально-симметричных магнитных полях // Известия РАН, Серия физическая, 2008, том 72, No12, С. 1785-1788.

III место - Степан Конаков, аспирант Санкт-Петербургского государственного политехнического университета

Разработка новой конструкции и метода управления лопастями для повышения эффективности работы ветроэнергетических установок большой мощности

Аннотация

В данной работе рассмотрена эффективность существующих ветроэнергетических установок (ВЭУ) большой мощности. Предложена новая конструкция лопасти ветроколеса и новый метод управления, призванный повысить энергоэффективность ВЭУ.

Рассмотрена история развития технических устройств по преобразованию энергии ветра и исследованы основные технологические тренды развития. Показано, что рост доли ветроэнергетики во всем мире идет достаточно быстрыми темпами, а на рынке появляются ВЭУ все большей мощности с интеллектуальными системами управления.

В работе рассмотрены базовые физические принципы функционирования современных ВЭУ. Приведен анализ основных аэродинамических параметров, влияющих на генерируемую мощность.

В работе приведен анализ проблем, которые возникают при эксплуатации ВЭУ большой мощности в реальных условиях и приводят к снижению их энергоэффективности.

С использованием методов ТРИЗ и теории развития технических систем был найден способ повышения эффективности ВЭУ большой мощности за счет использования разработанной оригинальной конструкции лопасти ветроколеса и применения нового адаптивного метода управления в режиме реального времени.

Эффективность предложенного решения была показана при рассмотрении учета влияния следующих реальных факторов на работу ВЭУ: изменение скорости ветра по сечению ветроколеса, в том числе и с высотой, изменение скорости ветра во времени по скорости и по направлению, изменение частоты вращения ветроколеса. Было однозначно доказано, что применение предложенной конструкции лопасти ветроколеса и нового метода управления позволяет повысить энергоэффективность ВЭУ на 10-15% сейчас.

Таким образом, работа вносит значительный вклад в развитие ветроэнергетики и способствует решению глобальных экологических проблем человеческой цивилизации.

Ветроэнергетика. История, современное состояние и перспективы развития

Ветроэнергетика сегодня переживает эпоху второго рождения. Как мы знаем, движение воздуха еще с древних времен рассматривалось как один из самых важных феноменов в природе, наравне с тем как восходит и заходит солнце или идет дождь. Ветер мог принести приятную прохладу в жаркий полдень в Афинах или страшные разрушения во время тропического тайфуна в Китае.

Использовать энергию ветра люди также научились давно, и было это сделано мореходами, кому ветер наполнял паруса, и земледельцами, которые строили ветряные мельницы и станции для подъема воды. Искусство использовать ветер достигло своего расцвета в 19 веке, когда неуклюжие пароходы еще не были столь распространены, а мировой

флот практически полностью состоял из парусных судов, которые могли легко совершить кругосветное путешествие. Сейчас невозможно точно посчитать, какую энергию давали бы все парусники мира того времени, но можно точно сказать, что она была не малая.

После ухода парусных судов, энергия ветра практически не привлекала к себе внимание. В скромном объеме были представлены ветряные мельницы, которые к середине 20 века практически потеряли свою актуальность с приходом новых средств производства и электрификацией. Так, например, в Голландии из 9 тысяч ветряных установок, работающих в середине 19 века, лишь меньше 10 процентов было в рабочем состоянии в 1960 г [1].

Однако именно электрификация не дала умереть учению человека использовать ветер. С самого начала эры электричества были осуществлены попытки соединить ветряное колесо с генератором и заставить его вырабатывать энергию. Во второй половине XX века появилась концепция использования ВЭУ для генерации электроэнергии в отдаленных и сельских районах в отсутствие центральных электрических сетей. В тот момент обычно рассматривались системы малой и средней мощности, которые могли бы обеспечить энергией несколько домов или одну ферму. При этом основной упор делался на простоту и надежность конструкции.

Одновременно активно рассматривались самые разные схемы построения ВЭУ в том числе: с вертикальным расположением оси, с использованием аэродинамического или пневматического способа передачи энергии, с применением аэродинамических диффузоров для концентрации ветрового потока и т.д. Вполне вероятно, что и сегодня ВЭУ могли бы использоваться только для питания телевизоров на дачном участке, если бы не глобальный экологический кризис, который стал проявляться с последней четверти прошлого века и сегодня носит характер острейшей глобальной проблемы, которая грозит существованию самой человеческой цивилизации.

Изменения в составе атмосферы происходят по вине человека и заключаются в выбросах в атмосферу Земли миллиардов тонн парниковых газов в год в процессе сжигания ископаемых видов топлива, которые используются для получения электрической энергии. График Килинга показывает постоянное увеличение концентрации CO_2 в атмосфере, что в первую очередь связано с антропогенной деятельностью [2]. На этом фоне при поддержке политиков разных стран в последнее время стали активно развиваться программы по использованию возобновляемых источников энергии. В связи с негативным отношением к атомной энергетике, учитывая её потенциальную опасность, главный вектор развития энергетики сегодня направлен на использовании энергии воды, солнца и ветра.

Гидроэнергетика сегодня стоит на первом месте по производству электричества на основе возобновляемых источников энергии. Так, например, на 2010 год гидроэнергетика обеспечивала производство до 76% возобновляемой и до 16% всей электроэнергии в мире. В будущем эта отрасль будет наращивать свои мощности, особенно в развивающихся странах Китай, Индия, Бразилия. При этом основную часть энергии вырабатывают большие ГЭС, которые приводят к значительным изменениям в биогеоценозах, в областях, где располагаются водохранилища и плотины. К недостаткам также можно отнести то, что в промышленно развитых областях мира, в том числе Европе и Америке, ресурсы гидроэнергетики невелики и в основном уже исчерпаны. Таким образом, эта отрасль не может стать основным источником роста в энергетике для указанных регионов.

Солнечная энергетика, не смотря на постоянные успехи в области повышения КПД солнечных фотопреобразователей, также вряд ли в ближайшее время станет основным источником производства электроэнергии. Такой способ подходит для дополнительного локализованного производства электричества в небольших системах, как, например, в частных домах или гибридных автомобилях. Немаловажную роль в трудном развитии этой

отрасли играют экономические соображения. Высокотехнологичное производство солнечных панелей делает стоимость солнечного электричества чрезмерно высокой. Кроме того, максимальные ресурсы солнечной энергии приходится на тропические районы и пустыни, где теплый климат и малая плотность населения, что, как следствие, определяет низкий уровень энергопотребления.

На этом фоне становится очевидным, что ветроэнергетика сегодня является самым привлекательным способом производства электричества. Не смотря на то, что распределение ветровых энергоресурсов имеет свои региональные особенности, здесь нет таких жестких ограничений как в гидроэнергетике. Именно ветроэнергетика стала сегодня основным вектором развития электрических мощностей в Европе и США. Иллюстрацией к этому является соотношение объема инвестированных средств в различные области возобновляемой энергетики. Так в 2010 году инвестиции в возобновляемую энергетику во всём мире составляли \$211 млрд. Из них в ветроэнергетику было инвестировано \$94,7 млрд, в солнечную энергетику — \$26,1 млрд и \$11 млрд — в технологии производства энергии из биомассы и мусора [3].

Ветроэнергетика сегодня показывает постоянный рост мощности, что иллюстрирует график на рисунке 1. Причем это касается не только Европы и Америки, но и развивающихся стран, например Китая, который в 2012 году вышел в лидеры по суммарной мощности ВЭУ [4]. На конец 2013 года общемировой объем электроэнергии, вырабатываемой на ветроэлектростанциях (ВЭС) вырос по сравнению с 2012 г еще на 12% и составил 318 000 МВт [5].

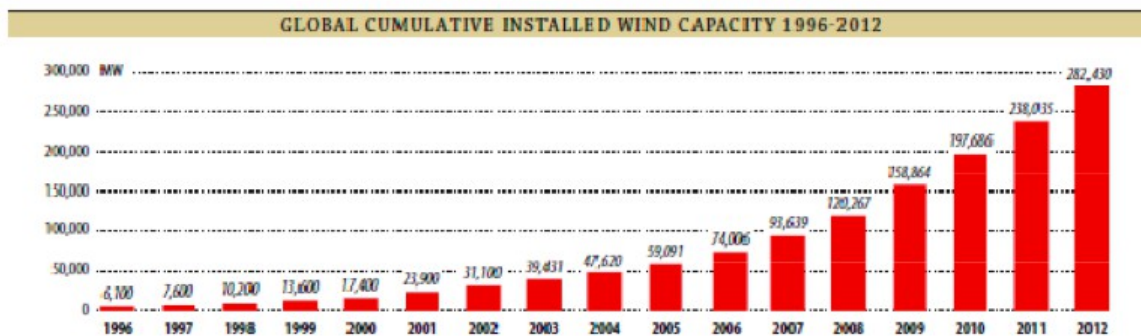


Рисунок 1 – Общая мощность установленных в мире ВЭУ [4].

Развитие ветроэнергетики пользуется большой политической поддержкой. Так в 2005 году была принята программа Wind Worst 12, согласно которой планируется к 2020 году довести долю ветроэнергетики в мировом производстве энергии до 12% или выражая в цифрах до 1 254 030 МВт [6]. Основной тренд развития ветроэнергетики – строительство ветроэнергетических установок (ВЭУ) большой мощности. Так если в 2005 году самая мощная ВЭУ была рассчитана на 5 МВт, то уже сейчас широко распространены ветровые турбины на 7 МВт [7], а также существуют представленные на рынке установки на 10 МВт [8,9,10]. В целом, доля ВЭУ большой мощности составляет более 80% общемирового рынка производства ветроэнергетических установок.

Следует заметить, что разработка и использование ветровых турбин большой мощности имеют ряд технических особенностей, которые необходимо учитывать. В нашем проекте мы рассмотрели некоторые существенные и важные моменты в работе ВЭУ, которые ранее не были должным образом учтены, а также предложили новое устройство лопасти и схему управления ВЭУ большой мощности. Сделанные разработки позволяют повысить КПД ветроэнергетических установок на 10-15%, что, в конечном итоге, приводит к значительному повышению объема выработки электричества с использованием энергии ветра.

Основные принципы работы ВЭУ

Прежде чем говорить о тонкостях функционирования ВЭУ большой мощности необходимо кратко объяснить принцип работы ветровых турбин. Отметим, что практически все существующие сегодня ВЭУ мощностью более 2 МВт построены по трехлопастной схеме с горизонтальным расположением оси вращения ветроколеса. Поэтому в дальнейшем мы будем рассматривать именно такую архитектуру ветроэнергетической установки. На рисунке 2 показан внешний вид ВЭУ.



Рисунок 2 – Ветроэнергетическая установка мощностью 2.5 МВт. (На рисунке можно сравнить размеры ВЭУ с размерами всем известных опор высоковольтных ЛЭП)

Энергия ветра представляет собой кинетическую энергию движущейся массы воздуха. Ветроколесо, установленное перпендикулярно вектору скорости воздушного потока, может развить мощность, которая прямо пропорциональна площади, ометаемой ветроколесом, а также кубу скорости ветра. Однако забрать всю энергию от воздушного потока невозможно, и, как было показано Жуковским и Бетцом, максимальное значение коэффициента использования ветра (т.е. отношение мощности ветра к мощности вырабатываемой идеальной ветроустановкой) не может превышать $16/27$ [11].

По типу использования возникающих аэродинамических сил на лопастях ВЭУ, они делятся на системы, где используют силу давления воздушного потока, и на установки, где используются аэродинамические силы. Ветроколеса, построенные по первому типу, имеют много лопастей (более 4) и начинают вращаться при меньших скоростях ветра.

Однако они имеют меньшую скорость вращения и не эффективны для получения большой мощности. Типичные сегодня ВЭУ имеют три лопасти специального профиля и используют возникающие аэродинамические силы, для того, чтобы привести лопасть в движение. При этом скорость движения концов лопастей может быть значительно больше скорости ветра, что определяет высокий коэффициент быстроходности и, как следствие, большой коэффициент использования ветра.

Рассмотрим аэродинамические силы, возникающие на лопасти ВЭУ. На рисунке 3 показан профиль с хордой длиной c , который расположен по направлению к воздушному потоку, двигающемуся со скоростью V_∞ , под углом атаки α .

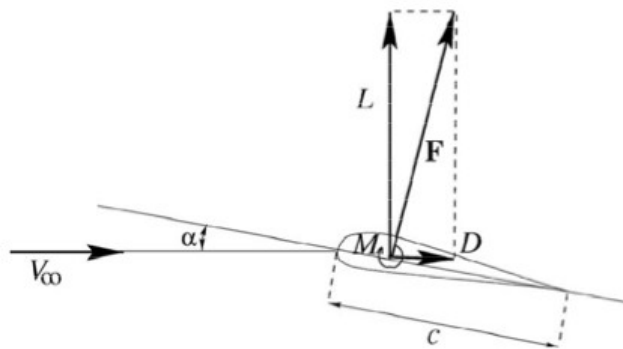


Рисунок 3 – Аэродинамические силы, возникающие на крыловидном профиле [12].

На крыле под действием разницы давлений, между нижней и верхней поверхностью профиля возникает результирующая сила F , которая может быть разложена на две составляющие: перпендикулярную вектору скорости L и параллельную ей D . Эти составляющие определяют соответственно подъемную силу и силу сопротивления.

Поскольку сила зависит от геометрических размеров крыла, то для описания качества аэродинамического профиля используют безразмерные коэффициенты подъемной силы C_L и лобового сопротивления C_d . Отношение C_L/C_d называется аэродинамическим качеством профиля (K). Очевидно, что чем больше подъемная сила и меньше сопротивление, тем лучше, а значение аэродинамического качества больше.

Сами же эти коэффициенты, главным образом, зависят от скорости потока воздуха и определяющего его числа Рейнольдса, а также угла атаки. Для определения оптимальных режимов работы крыла строят графические зависимости C_L от C_d при различных α , или C_L от α , которые называются полярами крыла. Пример поляры аэродинамического профиля показан на рисунке 4.

Как можно видеть, максимальное соотношение C_L/C_d определяется касательной, проведенной к поляре из начала координат. При этом угол атаки α_{design} не соответствует углу максимальной подъемной силы. Очень важно понимать, что эффективность снижается при изменении угла атаки от расчетного как в большую, так и в меньшую сторону.

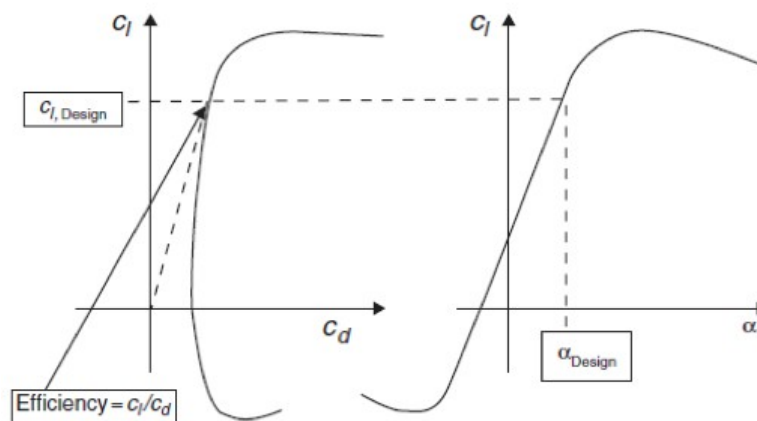


Рисунок 4 – Поляры аэродинамического профиля [13].

Особенностью лопасти ВЭУ является тот факт, что при работе она испытывает действие не только исходного ветрового потока, но и кажущегося, так называемого, вымпельного ветра, который рождается при вращательном движении лопасти. Рассмотрим как это влияет на аэродинамические характеристики. На рисунке 5 показано, как складываются две составляющие скорости ветра: истинный ветер V_a который может ощутить наблюдатель, стоя около башни ВЭУ, и который перпендикулярен плоскости ветроколеса, и кажущийся ветер V_{rot} , который мог бы ощутить наблюдатель, находясь на лопасти

ветроколеса вращающегося с частотой ω .

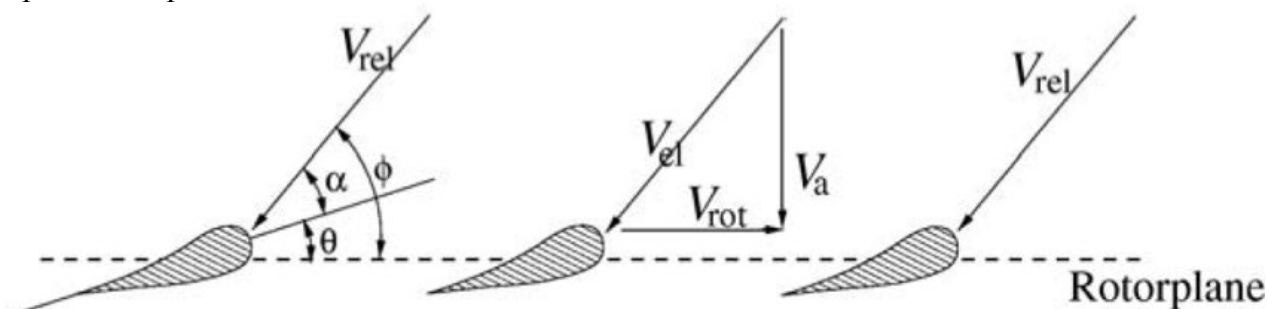


Рисунок 5 – Схема сложения скоростей воздушного потока [12].

При этом результирующая скорость ветра V_{rel} направлена под углом ϕ к плоскости ветроколеса. Угол атаки, который измеряется между V_{rel} и хордой лопасти равен α , а угол установки лопасти относительно плоскости вращения составляет θ .

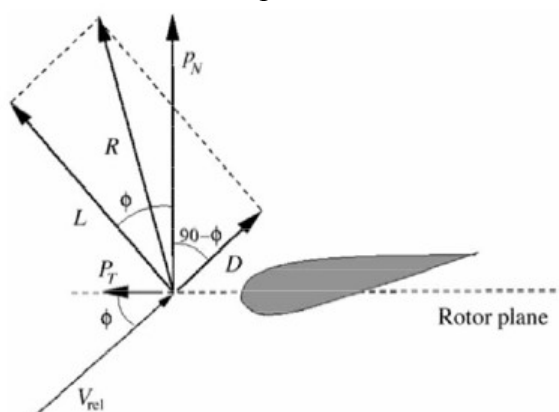


Рисунок 6 – Распределение сил на лопасти ВЭУ при действии на неё суммарного ветрового потока [12].

На рисунке 6 показано как аэродинамические силы, действующие на профиль лопасти, могут быть разложены на нормальную и тангенциальную составляющие P_T и P_N относительно плоскости вращения ветроколеса. При этом тангенциальная составляющая заставляет лопасть двигаться, совершая при этом работу по вращению вала генератора и, соответственно, приводя к выработке электроэнергии.

Важный момент, поскольку лопасть совершает не поступательное движение, а вращательное, то разные части лопасти имеют различные линейные скорости. Соответственно даже при постоянной скорости ветра V_a , скорость V_{rot} будет иметь различные значения для частей лопасти, не одинаково отстоящих от центра вращения. Все это приведет к тому, что суммарная скорость V_{rel} будет иметь различный угол ϕ по отношению к плоскости ветроколеса.

Следовательно, для того чтобы сохранить оптимальный угол атаки α необходимо увеличивать угол установки лопасти для её частей, близких к центру вращения, и уменьшать его для концов лопасти. Такое построение лопасти называется кручением (twist) и применяется на всех современных ВЭУ.

Рассмотрим, для примера, как изменяется скорость V_{tot} и углы атаки для различных частей лопасти. Так для примера в таблице 1 приведен такой расчет для лопасти ВЭУ Nordtank NTK 500/41 [12].

Таблица 1

Радиус от центра	Угол установки	Хорда, м	V_{tot} , м/с при $\omega = 27$ об/мин	ϕ , ° при $V_a = 12$ м/с	Угол атаки, ° ($\alpha = \phi - \theta$)
------------------	----------------	----------	--	-------------------------------	--

вращения, м	лопасти θ , °				
4.5	20	1.63	12.7	43.4	23.4
7.5	10	1.48	21.2	29.53	19.53
10.5	4.85	1.29	29.7	22.01	17.16
13.5	2.6	1.1	38.2	17.45	14.85
16.5	0.77	0.88	46.6	14.45	13.68
20.3	0.02	0.27	57.4	11.81	11.79

Как можно видеть из таблицы 1 длина хорды уменьшается к концу лопасти. При этом основание лопасти по конструктивным соображениям должно иметь длинную хорду. Поэтому наиболее эффективной будет работа этой части при больших углах атаки, когда скорости потоков не велики, а линейные скорости сравнимы со скоростью ветра. Для концов лопасти, напротив, характерны высокие скорости потоков и малый угол ϕ . При этом лучше использовать малые углы атаки. Модель и внешний вид лопасти показаны на рисунках 7, 8.

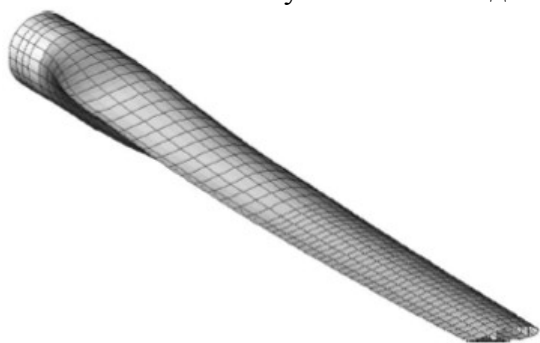


Рисунок 7 – Модель лопасти [13].



Рисунок 8 – Вид лопасти [14].

Завершая обсуждение принципа работы существующих ВЭУ мегаватного класса, нужно сказать о способах управления мощностью. В первом приближении, управление мощностью заключается в её ограничении при достижении максимально допустимых скоростей ветра. Обычно эта скорость лежит в пределах 20-30 м/с.

Существует два основных механизма ограничения мощности ВЭУ – так называемые pitch и stall методы. Последний метод используется в установках со специально спроектированным профилем, у которого при усилении ветра начиная от конца лопасти происходит срыв потока и, соответственно, уменьшение подъемной аэродинамической силы. Такое саморегулирование широко используется для небольших ВЭУ.

Метод pitch регулирования или иными словами метод изменения угла установки

лопастей раньше характеризовался как излишне технически сложный и неэффективный при проектировании установок большой мощности [15]. Однако сегодня это утверждение не соответствует действительности и практически все мощные ВЭУ используют pitch регулирование. Более того, осуществлен переход к чуть более сложной, но значительно более прогрессивной системе регулирования каждой лопасти отдельно [16]. Такие системы позволяют осуществлять улучшенный контроль управления мощностью, при котором можно избежать частых остановок и запусков ветроколеса при многократном переходе средней скорости ветра через установленную критическую величину. Эффективность генерации электроэнергии при этом значительно возрастает [17]. Также распространенным вариантом pitch регулирования является поворот не всей лопасти, а только её конца, для создания дополнительного аэродинамического сопротивления быстрому вращению лопасти [12].

Важно отметить, что сегодня уже стало традиционным использовать в ВЭУ асинхронные генераторы с переменной скоростью вращения. Это позволяет начать генерацию энергии уже при малых скоростях воздушного потока и поддерживать максимальным коэффициент использования ветра при различных параметрах быстротходности [1].

Свои особенности имеют ВЭУ большой мощности и в механизме, следящим за изменением направления ветра. Поскольку ветроколесо и сам машинный блок генератора обладают значительной массой, то осуществлять поворот вокруг вертикальной оси возможно только при помощи двигателя. Эта энергозатратная операция и поэтому используется в случае, если скорость ветра поменяла свое направление и сохраняет его в течение какого-то продолжительного времени. Эта задержка составляет обычно около 10- 15 минут. То есть кратковременные изменения направления ветра не отслеживаются ВЭУ, что, естественно, влияет на эффективность использования энергии ветра.

Подводя итог этому краткому описанию принципов работы и управления ВЭУ большой мощности можно указать современные тенденции и проблемы в этой области для того, чтобы суть предлагаемого проектом технического решения стала очевидной. Во-первых, есть тенденция увеличения мощности ВЭУ, что непосредственно связано с увеличением диаметра ветроколеса. Во-вторых, решены технические трудности динамического pitch регулирования отдельных лопастей и эта схема вместе с асинхронным двигателем, работающим при переменной скорости вращения турбины, все шире используется в адаптивных схемах управления генерируемой мощностью.

Проблема энергоэффективности работы ВЭУ большой мощности

Рассмотрев принцип работы ВЭУ большой мощности можно указать на основную проблему, с которой сталкиваются такие системы. Она очевидна. Как мы знаем, с увеличением мощности растут геометрические размеры ветроколеса. Так для ВЭУ SeaTitan 10 MW высота установки генератора составляет 125 метров, а диаметр ротора 190 м [10]. Было бы глупо ожидать, что в верхней точке на высоте 220 м и в нижней точке на высоте 30 м скорость ветра будет одинакова. Т.е. если для небольших и средних ВЭУ при их малой площади ротора мы могли еще считать поток воздуха через его сечение постоянным, то для ВЭУ большой мощности это приближение не применимо!

Далее, с увеличением диаметра ветроколеса падает частота вращения ротора. Так если для ВЭУ Enercon E-44 / 900 kW она составляет до 34 об/мин [18], то для SeaTitan 10 MW она равна 10 об/мин. Т.е. полный оборот лопасть проходит за 6 секунд. Если для малых ВЭУ вследствие быстроты вращения изменением параметров ветра за один оборот можно было пренебречь, то для ВЭУ большой мощности мы должны все это учитывать. Т.е. за время

полного оборота ветроколеса неравномерное распределение воздушного потока по сечению ветроколеса может значительно измениться и по скорости и по направлению.

Тот, кто когда-либо запускал воздушного змея, не понаслышке знает, что даже достаточно сильный ветер является очень непостоянным.

К чему приводит описанная выше ситуация. Все очень просто, если изменяется скорость ветра V_a , то при постоянной скорости вращения V_{rot} , суммарная скорость набегающего на лопасть потока V_{rel} будет изменяться не только по величине, но и, что очень существенно, по направлению! Т.е. при постоянном угле установки лопасти θ , изменение угла φ приводит к изменению угла атаки α . Последнее, как мы понимаем и видим из графика на рисунке 4 приводит к снижению качества аэродинамического профиля и, как следствие, уменьшению КПД ВЭУ.

Еще одним недостатком, который мы уже описывали, является невозможность отслеживания кратковременных изменений в направлении ветра. Очевидно, что в этом случае угол атаки лопасти также меняется, приводя к снижению эффективности.

Таким образом, увеличивая мощности ВЭУ, мы приходим к ситуации, когда её эффективность, вследствие указанных явлений значительно понижается. Решение данных противоречий могло бы существенно повысить КПД ВЭУ и сделать их использование более эффективным. Кто-то может поспорить и предположить, что небольшое изменение угла атаки не приводит к таким серьезным проблемам, как мы пытаемся представить. Ниже мы детально рассмотрим этот вопрос, однако можно отметить, что немецкие специалисты, занимающиеся ВЭУ считают, что ошибка угла установки лопасти в 0.3° может привести к аэродинамической разбалансировке турбины [14]. Таким образом, мы должны согласиться с тем, что для уменьшения неэффективности работы ВЭУ большой мощности необходимо принять во внимание указанные выше факторы, которые раньше просто не проявлялись в ВЭУ малой мощности, и попытаться решить все эти проблемы.

Концепция предлагаемого решения

Увидев проблемы, которые встречаются при эксплуатации ВЭУ большой мощности, мы стали решать их, применяя методiku ТРИЗ и основываясь на объективно существующих законах развития технических систем. Проследим логический ход наших мыслей, который привел нас к такому эффективному решению.

Рассмотрим основное техническое противоречие для ВЭУ большой мощности. В идеальном случае равномерного воздушного потока вся лопасть расположена так, что каждая её часть, имеет аэродинамический профиль с оптимальным углом атаки, обеспечивающий максимальный КПД. Однако из-за неравномерности воздушного потока в пространстве и во времени, каждая часть лопасти на самом деле имеет угол атаки, который не соответствует оптимальному α , и поэтому КПД снижается. Поворот всей лопасти, как это осуществляется при pitch регулировании, ситуацию не решает, поскольку каждая часть лопасти имеет свой оптимальный установочный угол в каждый конкретный момент времени. Т.е. необходимо чтобы каждая часть лопасти имела оптимальный установочный угол для достижения максимального КПД. Но это сделать нельзя, потому что лопасть поворачивается как единое целое.

На этом этапе многие уже догадались, какое техническое решение мы предлагаем, но чтобы не спешить, мы проанализируем историю развития наиболее близкой в ветроэнергетике технической системы. Этой системой оказывается самолет, потому что для самолета также очень важно иметь максимальное аэродинамическое качество крыла. В авиастроении довольно давно столкнулись с проблемой того, что для разных режимов полета

необходимы разные крылья: для посадки с малой скоростью подходит крыло с большой подъемной силой, а для полета на сверхзвуковых скоростях нужно тонкое крыло с острой стреловидностью и минимальным аэродинамическим сопротивлением. Тот, кто хотя бы раз летал на самолете точно знает как авиастроители решили эту задачу. Они просто сделали крыло изменяющимся! Предкрылки и закрылки есть на каждом современном самолете, а самые совершенные образцы летной техники имеют крыло с изменяемой стреловидностью.

Очевидно, что это же решение можно использовать и для лопастей ВЭУ. Более того, первый шаг в этом направлении был сделан разработчиками ветроустановок ещё очень давно – pitch контроль сделал лопасти подвижными! Второй шаг также уже совершен – инженеры придумали, что лучше отдельно управлять каждой лопастью, и этот способ уже внедрен в серийные образцы! Следующие полшага опять-таки были сделаны – лопасть разбита на части, чтобы для осуществления аэродинамического контроля можно было поворачивать только её конец!

Однако до сих пор еще не было предложено решение, которое мы излагаем в нашем проекте. Т.к. каждая часть лопасти в каждый момент времени должна иметь оптимальный угол атаки, то лопасти следует разделить по длине на части, которые будут управляться отдельно и независимо от других! В идеальном случае, чем больше частей составляют лопасть, тем лучше, но здесь при современном уровне развития техники есть свои объективные ограничения и поэтому разумно ограничиться длиной участка в 10-15 метров.

Но как часть лопасти узнает какой угол установки следует использовать? Здесь на помощь можно призвать современные датчики и сенсорные системы. Мы говорили, что физической причиной возникновения подъемной силы является разница давлений между поверхностями аэродинамического профиля. Т.е. если на поверхности профиля расположить микродатчики давления, которые сегодня распространены очень широко во всех отраслях техники, то мы можем контролировать распределение давления и суммарную подъемную силу, на элементе. При изменении угла атаки воздушного потока распределение давления изменяется, но по сигналу от датчиков мы можем изменить угол установки части лопасти для его восстановления и, как следствие, для поддержания максимальной эффективности.

Мы не рассматриваем здесь подробно механизм поворота части лопасти, но утверждаем, что это не является нерешаемой технической проблемой, поскольку уже давно удалось создать достаточно легкий, компактный и надежный механизм поворота всей лопасти. Для части лопасти, которая значительно легче, это сделать также возможно. На рисунке 9 показан один из вариантов исполнения поворотного механизма части лопасти.

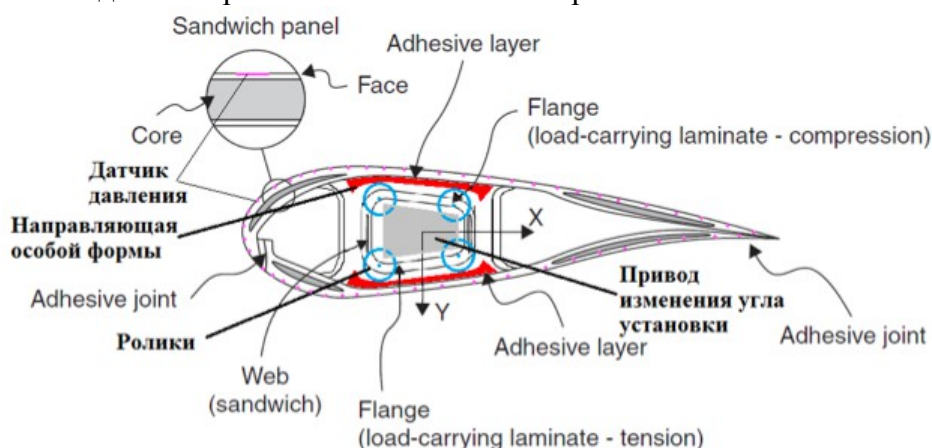


Рисунок 9 – Вариант устройства поворотного механизма лопасти. [На основе 13].

Итак резюмируем наше техническое решение. Для повышения эффективности работы ВЭУ большой мощности мы предлагаем **разбить лопасть по длине на составные части,**

которые постоянно в процессе работы, для поддержания оптимального угла атаки при изменении частоты вращения ротора, скорости и направления истинного ветра, **изменяют угол установки** свободно друг от друга на основании информации, полученной от установленных на поверхности каждой части лопасти массива датчиков давления. Такая концепция построения ВЭУ позволит эффективно использовать локальные и кратковременные изменения скорости и направления ветра, которые всегда существуют на большой площади ветроколеса. Также предлагаемая система осуществляет аэродинамический контроль скорости вращения турбины при усилении ветра. Найденное нами решение является логическим продолжением линии исторического развития ВЭУ и поэтому является эффективным и жизнеспособным, позволяя повысить КПД установок, снизив тем самым стоимость вырабатываемой электроэнергии и способствуя решению глобальных энергетических и экологических проблем.

Оценка эффективности предложенного решения

Зависимость аэродинамического качества от угла атаки α и угла φ

Для того, чтобы оценить эффективность предложенного решения, в первую очередь необходимо понять на сколько сильно изменяется эффективность лопасти при изменении угла атаки, после чего можно оценивать, как меняется этот угол от различных факторов.

Для расчета изменения эффективности крыла построим полярю профиля NACA 415, который часто используется для построения лопастей ВЭУ [13]. С использованием программы XFLR5 рассчитаем полярю зависимости C_l/C_d как функцию от угла атаки при числе Рейнольдса равным $1 \cdot 10^6$.

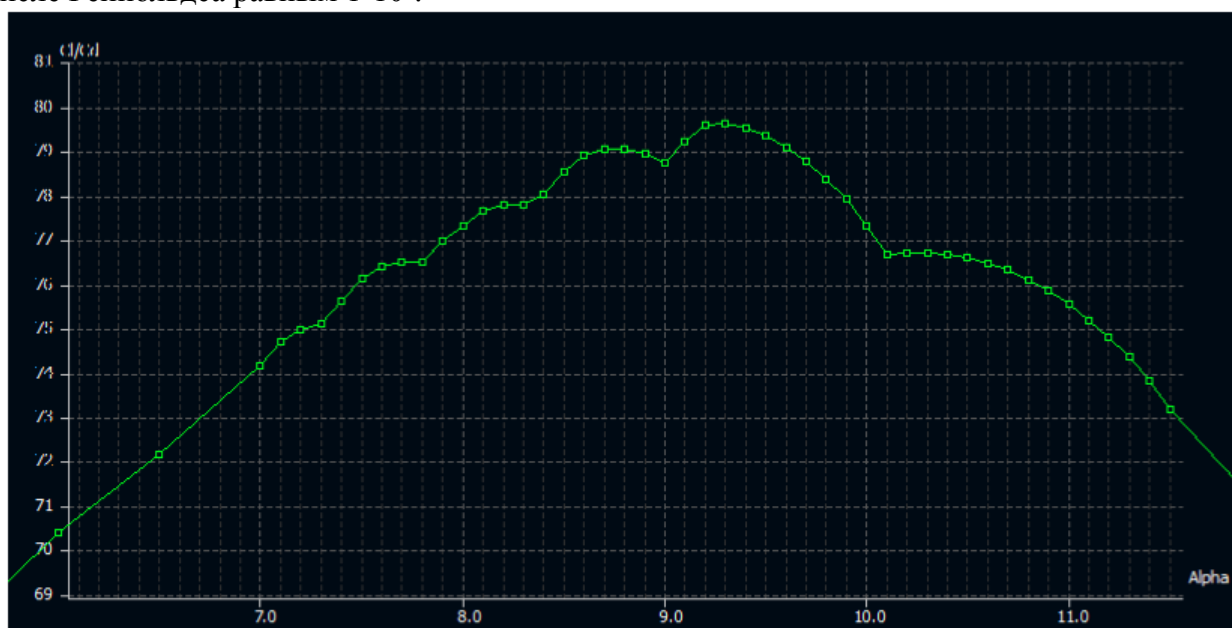


Рисунок 10 – График зависимости C_l/C_d от угла атаки α при $Re=1 \cdot 10^6$

Как мы можем видеть, максимум аэродинамического качества соответствует α равным 9.3° и составляет величину 79.63. При изменении на 0.5° влево или вправо от максимума мы имеем значение аэродинамического качества соответственно 79 и 78.3. Т.е. изменения составляют 1.6%. При отклонении угла атаки на 1° , максимальное отклонение составляет 3.6%, изменение α на 2° приводит к отклонению на 6.6%, а уход угла атаки от оптимального значений на 3° приводит к снижению аэродинамического качества на 9%.

Здесь важно отметить, что как показано в [12], шероховатость и загрязненность

поверхности может очень сильно понижать аэродинамическое качество профиля. Реально достигнутые значения примерно на 20% меньше расчетных. Этот факт мы должны учитывать, когда будем проводить исследования на практике, однако общая тенденция к уменьшению аэродинамического качества при отклонении угла атаки от оптимального сохраняется на том же количественном уровне.

Угол атаки является характеристикой расположения аэродинамического профиля лопасти относительно набегающего потока. Непосредственное использование этой величины связано с определенными неудобствами. Однако мы знаем, что существует связь между углами α , φ и θ (см. рисунок 5) и при постоянной величине угла установки θ изменения угла φ прямо соответствуют изменениям угла атаки α . Однако с величиной φ работать удобнее, поскольку она может быть легко определена из соотношения скорости истинного ветра и частоты вращения. Поэтому в дальнейшем мы рассмотрим только то, как изменяется угол φ при вариации различных параметров ветрового потока, получая одновременно оценку изменения угла α и аэродинамического качества лопасти.

Зависимость угла φ от скорости ветра V_a

Рассмотрим теперь относительные скорости V_a , V_{rot} и V_{rel} для ВЭУ мощностью 10 мВт с длиной лопасти 90 м. В таблице 2 приведен расчет угла φ (между вектором скорости набегающего воздушного потока V_{rel} и плоскостью вращения ветроколеса) в зависимости от скорости истинного ветра V_a при постоянной частоте вращения $\omega=10$ об/мин.

Таблица 2

Расстояние от оси вращения, м	V_a , м/с	Угол φ , °					
		5	10	15	20	25	30
5	5,23	43,72	62,41	70,80	75,37	78,22	80,15
10	10,47	25,55	43,72	55,12	62,41	67,32	70,80
20	20,93	13,44	25,55	35,64	43,72	50,08	55,12
30	31,40	9,05	17,67	25,55	32,51	38,55	43,72
50	52,33	5,46	10,82	16,00	20,93	25,55	29,84
70	3,91	73,27	7,78	11,58	15,28	18,85	22,28
90	94,20	3,04	6,06	9,05	11,99	14,87	17,67

Как мы видим, даже для самых больших радиусов лопасти изменения в угле φ при изменении скорости ветра всего лишь на 5 м/с составляют 3°. Для малых радиусов эти величины ещё больше! Как мы знаем, изменение угла φ приводит и к изменению угла атаки α , что снижает аэродинамическое качество лопасти.

Основной вывод, который можно сделать из этого заключается в том, что даже для небольшого изменения скорости ветра становится существенным изменение угла атаки лопасти.

Теперь, когда определено то, как изменяется угол атаки при изменении скорости ветра, и как при этом падает эффективность лопасти, осталось определить на сколько сильны

колебания скорости и направления ветра и влияют ли они на самом деле на эффективность использования ВЭУ большой мощности.

Изменение скорости ветра от высоты

Как мы все знаем, движение воздуха около поверхности земли замедляется благодаря силам вязкого трения на границе потока. Иными словами ветер около поверхности земли значительно замедляется, а на высоте его скорость значительно больше. Согласно [1] скорость ветра V_1 на высоте h_1 определяется через скорость ветра V_ϕ на высоте флюгера h_ϕ через степенную зависимость с показателем m по формуле:

$$V_1 = V_\phi (h_1 / h_\phi)^m$$

Среднегодовое значение параметра $m=0.2$, и, соответственно, если скорость на высоте 30 м в нижней части ротора диаметром 190 м составляет 5 м/с, то в верхней части она равна 9.3 м/с, т.е. отличается на 45%. Как мы опять видим из таблицы 2 это может привести к изменению угла ϕ на 3° и, как следствие, мы потеряем 9% мощности, которую вырабатывает этот сектор. Если оппоненты скажут, что нужно взять не крайние точки, а середину лопасти, например на длине 45 м, то соответствующие высшие и низшие точки будут иметь высоты 75 и 150 м. При этих условиях расчета мы получаем скорости 7.48 и 8.75 м/с. Рассчитанное изменение угла атаки составляет 1.5° , что приводит к потерям аэродинамического качества примерно на 5%, что также является достаточно значительной величиной. А если скорость ветра на высоте составляет не 5 а 10 м/с, то даже для точки на середине лопасти мы имеем изменение угла атаки на 3° .

Таким образом, мы доказали, что даже в идеальном потоке, где учитывается только граничное трение воздушного потока о поверхность земли или моря, из-за большого диаметра и низкой частоты вращения ротора мы имеем значительное различие в скоростях воздушного потока по высоте ветроколеса, что приводит к потерям мощности всей ВЭУ порядка 6-8%. Корректировка угла атаки частей лопасти, в зависимости от их высоты и положения позволило бы реализовать энергетические потери в соответствующем объеме.

Изменение скорости ветра по поперечному сечению ротора

Можно объективно предположить, что распределение скорости воздушного потока по горизонтальному сечению ротора диаметром 190 м будет также неоднородным. Здесь можно выделить такую особенность, что пространственная и временная неравномерность скорости ветра тем больше чем этот ветер сильнее. Таким образом, мы получаем, что чем сильнее ветер и чем больше энергии вырабатывает турбина, тем больше потерь мы наблюдаем вследствие неравномерности потока на большой площади ветроколеса. И хотя специальных исследований по поводу истинного распределения скорости ветра по горизонтальному сечению турбины не проводилось, мы можем предварительно оценить её величину и заключить, что она приводит к потерям 2-3% от вырабатываемой турбиной электроэнергии. Соответственно точная подстройка угла установки части лопасти в зависимость от локальных ветровых условий позволит повысить эффективность ВЭУ на соответствующую величину.

Изменение скорости ветра во времени

Ветер, как уже было замечено, является явлением не постоянным и может иметь значительные колебания во времени с достаточно высокой частотой. На рисунке 11, показано,

как регулирование угла установки лопасти (так называемое pitch регулирование) может отыгрывать быстрые изменения скорости ветра, сохраняя мощность ВЭУ постоянной в допустимых пределах.

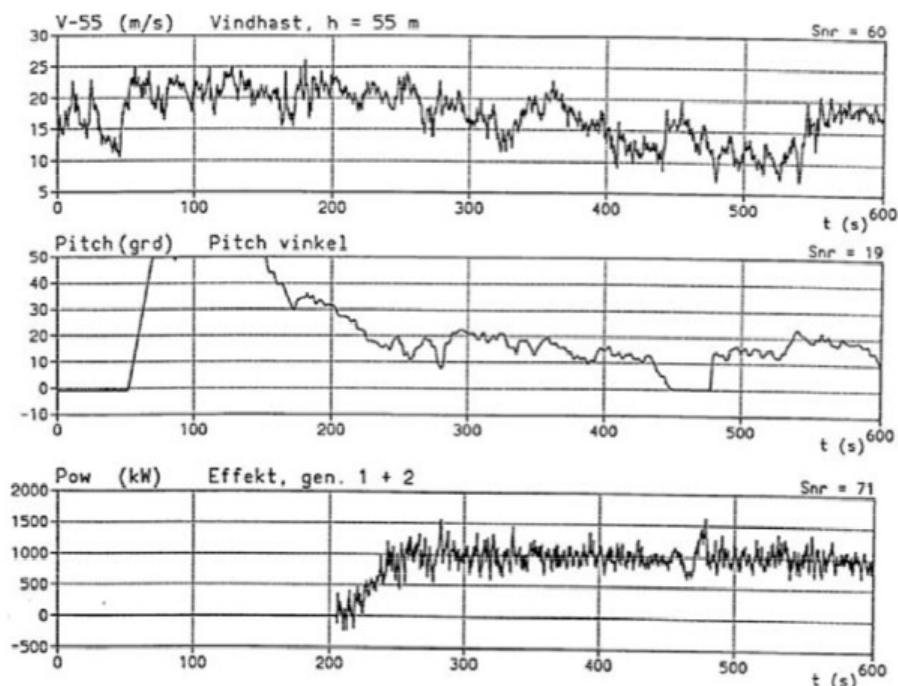


Рисунок 11 – Изменения скорости ветра, угла установки лопасти и мощности ВЭУ во времени [12].

В указанном примере есть две особенности, во-первых, приведенные данные о скорости ветра получены от точечного анемометра и не включают рассмотрение распределения скорости ветра по поперечному сечению ветроколеса, а, во-вторых, угол установки лопасти контролируется изменением частоты вращения. Скорость изменения частоты вращения обычно мала и частично этим и объясняется невозможность более точно регулировать мощность, даже если время подстройки угла установки лопасти мало. Этот фактор усугубляется с уменьшением частоты вращения ветроколеса, что характерно для ВЭУ большой мощности.

Предлагаемое нами решение с разделением лопасти на независимо регулируемые части, во-первых, позволяет быстрее осуществлять поворот лопасти, за счет значительно меньшей массы её части, а, во-вторых, дает возможность получать данные о скорости ветра на основе показаний датчика давления. Все это делает систему более управляемой и позволяет реагировать на более краткосрочные изменения скорости ветра.

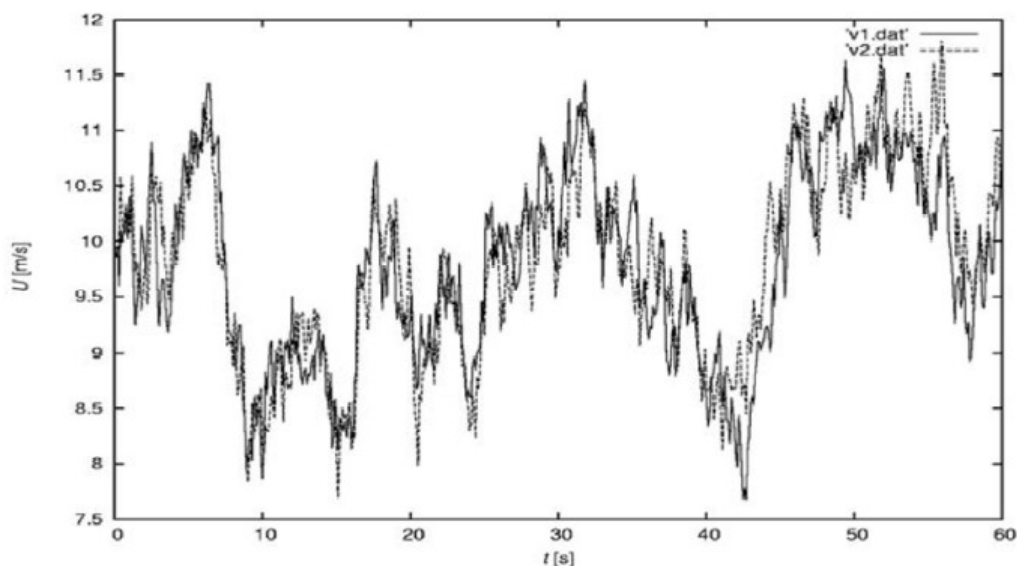


Рисунок 12 – График кратковременных изменений скорости ветра [12].

О кратковременном характере измерения скорости ветра можно судить по данным, представленным на рисунке 12. Мы можем понять, что, например, даже при средней скорости ветра 9.5 м/с. Его мгновенное значение может измениться на 2-3 м/с за 1.5-2 с. Учитывая, что период вращения ветроколеса составляет 6 с, указанные изменения становятся значительными. При этом изменение угла атаки для точки, расположенной на расстоянии 50 м от основания лопасти составляет порядка 3° , что как мы знаем, соответствует уменьшению аэродинамического качества на 9%. Для частей лопасти, расположенных ближе к центру, эти величины еще больше, а для конца лопасти на расстоянии 90 м, изменение угла атаки составляет 1.8° , что соответствует потерям мощности в 5%.

Таким образом, можно заключить, что существующие даже для несильного ветра быстрые изменения скорости приводят к потерям энергии порядка 6-7%. Для сильного ветра эти величины еще больше. Снизить эти потери и повысить на соответствующую величину мощность ВЭУ возможно при использовании предложенной конструкции и метода управления лопастью. При этом быстродействие и энергоэффективность системы поворота лопастей, как было показано на основании данных работы [12], на сегодняшний день является вполне достаточной, для практической реализации предложенной в проекте разработки.

Малые изменения направления ветра

До этого момента мы уже внесли существенные изменения в модель воздушного потока перейдя от идеального однородного ветра в неравномерному и изменяющемуся по сечению ветроколеса и во времени ветру. Однако даже при этом мы считали его направление постоянным и строго перпендикулярным плоскости ветроколеса. Сейчас мы избавимся и от этой идеализации.

С учетом того, что механизм поворота ВЭУ работает с 10-15 минутной задержкой от реального изменения направления ветра, нам нужно в первом приближении оценить на сколько сильно изменяется направление ветра за время меньшее, чем указанный период. Основываясь на данных, представленных на рисунке 11 и 12, мы можем оценить отклонения от средней величины при различных постоянных времени. Так на характерном временном отрезке 10 с, скорость ветра отклоняется от среднего на 10%, при масштабе времени 100 с, эта величина составляет 25%. Мы можем предположить, что изменение направления ветра

связано с изменением скорости по синусоидальному закону. Поэтому можно оценить отклонения от среднего направления как 3-5° за характерное время 10 с, и 10-15 ° за характерное время 100 с.

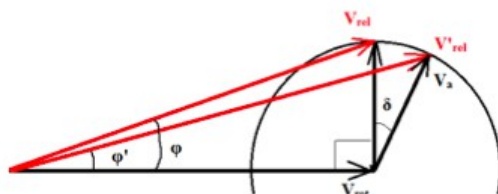


Рисунок 13 – Схема расчета изменения угла φ при изменении направления истинного ветра.

Рассчитаем как при этом изменяется угол атаки для разных частей лопасти при постоянной скорости ветра 10 м/с. Результаты расчетов показаны в таблице 3. Схема изменения угла φ при изменении направления ветра показана на рисунке 13.

Из таблицы 3 видно, что для точки на середине лопасти на длине 50 м отклонение угла φ при изменении направления ветра на 15° составляет 0.9°, что соответствует уменьшению аэродинамического качества на 3%. Для точек, которые расположены ближе к центру ветроколеса, эти величины соответственно значительно больше. Как мы можем видеть, малоугловые, кратковременные (характерное время изменения 10 с) вариации направления скорости ветра незначительно влияют на изменение угла атаки. Вариации с характерным временем 100 с могут приводить к значительным изменениям угла атаки и соответственно требуют корректировок в постановке лопасти, для повышения эффективности ВЭУ.

Таблица 3

Расстояние от оси вращения, м	$\delta, ^\circ$ $V_{rot}, \text{ м/с}$	Угол $\varphi, ^\circ$					
		0	1	3	5	10	15
5	5,23	62,41	61,63	60,08	58,54	54,76	51,06
10	10,47	43,72	43,24	42,29	41,33	38,94	36,54
20	20,93	25,55	25,36	24,97	24,57	23,50	22,35
30	31,40	17,67	17,58	17,38	17,17	16,56	15,88
50	52,33	10,82	10,79	10,70	10,61	10,33	9,98
70	3,91	7,78	7,76	7,71	7,66	7,49	7,26
90	94,20	6,06	6,05	6,02	5,99	5,86	5,70

Следует отметить, что при среднесрочном изменении ветра, лопасти проходящие верхнюю и нижнюю части траекторий должны иметь разнонаправленные изменения угла атаки, потому что мгновенная линейная составляющая скорости изменяет проекцию своего вектора на 180 градусов.

Очевидно, что вклад потерь энергии ВЭУ за счет краткосрочных и среднесрочных изменений направления ветра становится пренебрежимо мал при небольших скоростях ветра, и довольно существенным и требующим коррекции и учета при скоростях более 10 м/с. Повышение энергоэффективности при использовании предложенной в проекте схеме управления лопастями за счет отслеживания среднесрочных изменений направления скорости ветра может достигать 3-5%.

Изменения скорости вращения ветроколеса

Поскольку ветроколесо мощной турбины имеет достаточно большую массу и момент инерции, то переходные процессы, связанные с изменением его скорости вращения происходят достаточно медленно. Т.е. часто может возникать ситуация, когда ветер изменил свою скорость, а ветроколесо еще не успело отреагировать на эти изменения. При этом, как мы понимаем, изменяется соотношение линейной скорости лопасти, которая зависит от частоты вращения, и скорости ветра, следовательно изменяется угол атаки и качество аэродинамического профиля. Сказанное выше иллюстрирует таблица 4, которая показывает значение угла φ для постоянной скорости ветра $V_a=10$ м/с при различных частотах вращения ветроколеса ω .

Таблица 4

Расстояние ω , об/мин от оси вращения, м	Угол φ , °			
	10	9	8	7
5	62,41	64,81	67,32	69,92
10	43,72	46,73	50,08	53,80
20	25,55	27,97	30,86	34,33
30	17,67	19,50	21,72	24,48
50	10,82	11,99	13,44	15,28
70	7,78	8,63	9,69	11,04
90	6,06	6,73	7,56	8,63

Как мы можем видеть, даже незначительное изменение частоты вращения приводит к большим вариациям угла атаки. При этом потери энергии могут достигать 8-9% для концов лопасти и 20-25% для средней части. Длиться эти потери будут до тех пор, пока скорость вращения не достигнет расчетных значений, что для больших роторов может составлять порядка нескольких минут. При этом если скорость ветра как мы видели выше меняется постоянно, то фактически около 40% времени ветроколесо будет иметь частоту вращения, отличную от оптимальной, что значительно снижает энергоэффективность ВЭУ. Очевидно, что при этом также необходимо проводить подстройку угла установки лопасти для уменьшения этих потерь.

Заключение

Как мы отчетливо показали выше, эффективность преобразования кинетической энергии ветра в электрическую энергию при помощи ВЭУ существенно зависит от аэродинамических параметров ветроколеса. Угол установки лопасти определяет фактический угол атаки аэродинамического профиля относительно набегающего воздушного потока. Это непосредственно сказывается на аэродинамическом качестве профиля, что напрямую обуславливает энергоэффективность ветроэнергетической системы. Однако мы доказали, что угол атаки может варьироваться в значительных пределах из-за следующих факторов: изменение скорости ветра по сечению ветроколеса, в том числе и с высотой, изменение скорости ветра во времени по скорости и по направлению, изменение частоты вращения ветроколеса. Т.е. в реальных условиях эксплуатации, ветровое поле существенно неоднородно, а условие оптимальности расположения аэродинамического профиля

относительно воздушного потока не выполняется для большей части лопасти в течение продолжительного времени. Это приводит к снижению энергоэффективности ВЭУ в сумме от разных факторов на 10-15%.

В нашем проекте предлагается лопасть, разделенная на части, которые могут независимо друг от друга изменять свой угол установки на основании показаний от датчиков давления, которые расположены на поверхности профиля. При этом возможно тонко настраивать угол установки части лопасти для того чтобы постоянно поддерживать его оптимальное значение и тем самым повышая энергоэффективность системы.

Технические вопросы, касающиеся возможности практической реализации проекта, на сегодняшнем этапе развития решены на высоком уровне, о чем, например, свидетельствует возможности высокоскоростного pitch регулирования каждой лопасти.

Описанные эффекты снижения энергоэффективности относятся, главным образом, к ВЭУ большой мощности, поскольку они имеют значительный диаметр ветроколеса и соответствующую небольшую частоту вращения. Поскольку вектор развития ветроэнергетики направлен сегодня в сторону разработки и массового использования подобных больших систем, предложенная в проекте методика повышения энергоэффективности ВЭУ будет являться актуальной и востребованной не только сейчас, но и в будущем, переводя ветроэнергетические системы на новую ступень развития.

Предложенное решение кому-то может показаться несколько фантастичным, но на самом деле, и мы это уже объясняли, оно основано на детальном анализе истории развития технических систем, в частности авиастроения. Более того, ветроэнергетика уже давно начала путь к адаптирующимся, изменяемым лопастям и ветроколесам, о чем свидетельствует история развития метода pitch регулирования мощности. Так что предложенный нами метод, который по своей сути решает проблему управления лопастью, является логическим и закономерным шагом в развитии ветроэнергетики и рано или поздно он был бы найден и внедрен в жизнь, поскольку его эффективность очевидна.

Кроме того, использование предлагаемой конструкции позволит открыть новый путь при проектировании профилей лопастей ВЭУ. Если раньше, понимали, что небольшие изменения угла атаки неизбежны, то старались выбирать профили таким образом, чтобы зависимость аэродинамического качества от угла атаки имела плоский максимум, обеспечивающий постоянство этой величины при небольших вариациях. Естественно при этом абсолютное значение аэродинамического качества уменьшалось. Теперь, когда наш проект дает возможность постоянно контролировать угол атаки части лопасти, можно использовать другие профили с большим значением аэродинамического качества и более острым максимумом на графике. По предварительным оценкам это может привести к увеличению эффективности еще на 5-10%.

Мы разработали описанную в работе конструкцию лопасти и метод её управления совсем недавно. Наше участие в конкурсе, который организует Экологический Правозащитный Центр «Беллона», определено желанием найти людей и организации, которые были бы заинтересованы в продолжение работ по данному проекту. Мы надеемся, что наш проект заинтересует компании, занимающиеся созданием ВЭУ, а участие в конкурсе позволит начать сотрудничество с ними для проведения более подробных и многосторонних исследований, с возможностью последующей экспериментальной проверкой и будущим практическим внедрением.

Литература

1. Безруких П. П. Ветроэнергетика. Справочное и методическое пособие. – Directmedia, 2013.

2. <http://co2now.org/>
3. [http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2011/08/renewables-investment-](http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2011/08/renewables-investment-breaks-records?cmpid=rss)
4. [breaks-records?cmpid=rss](http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2011/08/renewables-investment-breaks-records?cmpid=rss)
5. http://www.gwec.net/wp-content/uploads/2013/02/GWEC-PRstats-2012_english.pdf
6. http://www.wwindea.org/webimages/Half-year_report_2013.pdf
7. http://www.greenpeace.de/fileadmin/gpd/user_upload/themen/energie/greenpeace_studie_
8. [windforce_12.pdf](http://www.greenpeace.de/fileadmin/gpd/user_upload/themen/energie/greenpeace_studie_windforce_12.pdf)
9. <http://www.enercon.de/en-en/66.htm>
10. <http://sepenerji.com.tr/pdf/catalog3.pdf>
11. [http://www.sway.no/publish_files/Sway_Turbine_presentation_22_October_2012_-](http://www.sway.no/publish_files/Sway_Turbine_presentation_22_October_2012_-_final.pdf)
12. [_final.pdf](http://www.sway.no/publish_files/Sway_Turbine_presentation_22_October_2012_-_final.pdf)
13. <http://www.amsc.com/documents/seatitan-10-mw-wind-turbine-data-sheet/>
14. Янсон Р. А. Ветроустановки // Издательство МГТУ имени Н.Э. Баумана. 2007.
15. Hansen M. O. L. Aerodynamics of wind turbines. – Routledge, 2013.
16. Brondsted P., Nijssen R. (ed.). Advances in wind turbine blade design and materials. – Elsevier, 2013.
17. <http://www.berlinwind.com/englisch/services/blade-angle-measurements/>
18. Адрианов В. Н. и др. Ветроэлектрические станции. – 1960.
19. <http://www.enercon.de/en-en/62.htm>
20. <http://www.enercon.de/en-en/754.htm>
21. <http://www.enercon.de/en-en/60.htm>

III место - Максим Фомин, заместитель декана в Оренбургском государственном аграрном университете

Обоснование режимно-конструктивных параметров ветротеплоэнергетической установки для энергообеспечения автономных мелкофермерских предприятий

Характеристика ожидаемого результата

Известно, что рассредоточенность и раздробленность объектов сельскохозяйственного производства и быта существенно усложняет систему их централизованного энергоснабжения. В настоящее время, несмотря на то, что потребление электрической энергии сельскохозяйственными потребителями составляет около 5% от общей выработки электроэнергии, протяжённость сельских электрических линий 35, 10 и 0,4 кВ в несколько раз превышает протяжённость линий такого же назначения промышленных предприятий. В связи с этим потери энергии в сельских сетях достигают иногда 30 и более процентов, отклонение напряжения превышает все допустимые нормы, низка также и надёжность электроснабжения. Положение усугубляется старением электрических сетей.

В последние годы всё возрастающее внимание обращается на использование альтернативных источников энергии, одним из которых является энергия ветра. Проблема её использования при практически неисчерпаемых ресурсах заключается в непостоянстве скорости ветра по величине и направлению, невысокой плотности энергии и её рассредоточенности. Из этого вытекает проблема окупаемости ветроэнергетических установок и их достаточно высокая металлоёмкость. По современным представлениям решение этой проблемы видится в совершенствовании конструкций ветроагрегатов в соответствии с достигнутым уровнем развития техники и в повышении их единичной мощности. Однако использование сверхмощных ветроагрегатов мегаваттного класса не разрешает проблему передачи мощности именно для сельских потребителей, так как это требует опять-таки усиления сельских электрических сетей и не избавляет от потерь энергии в протяжённых линиях электропередачи и перерывов электроснабжения в связи с их малой надёжностью.

Поэтому на наш, взгляд, для села, наряду с мощными ветроустановками, работающими на энергосистему, необходима разработка ветроагрегатов малой и средней мощности, допускающих установку вблизи объектов энергоснабжения (приобъектных ветроэнергетических агрегатов). Сказанное подтверждается тем, что недостатки ветровой энергии в наибольшей степени могут быть приуменьшены при её использовании именно в сельском хозяйстве, учитывая близость рассредоточенных сельских объектов энергопотребления к источнику энергии и сравнительно небольшие объёмы её потребления. При этом не только отпадает необходимость передачи выработанной ветроагрегатом электрической энергии по сельским электрическим сетям, но и открывается возможность передавать объекту энергоснабжения значительно более дешёвую тепловую энергию, получаемую путём прямого преобразования механической энергии с вала ветротурбины. Проблемы, связанные с непостоянством скорости ветра, также могут быть в значительной степени ослаблены при использовании параллельно с ветроустановками, солнечных коллекторов для получения тепла и использование достаточно ёмких аккумуляторов тепловой энергии, в том числе и сезонных.

В перспективе использование таких комбинированных энергетических установок позволит избавиться от химических источников тепла для отопления помещений в зимнее время года, за счёт его накопления в летнее время. Это позволит также, и повысить бесперебойность электроснабжения объектов.

Ветроэнергетические предпосылки формирования функциональной схемы энергообеспечения автономного потребителя

Как показывает анализ схем локального энергообеспечения децентрализованных предприятий мелкофермерского типа, основополагающим элементом схем является связь энергосиловой установки с технологией сельскохозяйственного производства, при взаимодействии которых обеспечивается адекватная работа всего комплекса в целом.

Специфические условия автономного мелкофермерского производства предъявляют жесткие требования к источникам энергоснабжения работающим в замкнутом цикле технологических операций обеспечивающих бесперебойное энергообеспечение и непрерывную работу технологии производства, сбой в которой может привести к необратимым последствиям во всем производственном комплексе.

Как показывает зарубежный и отечественный опыт, наиболее приемлемой энергосиловой установкой, по критерию надежности и функциональности, для автономных объектов сельскохозяйственного производства является энергетический агрегат на базе ветротурбины с возможностью производства и аккумулирования электрической и тепловой энергии в соответствии с потребностями в них технологических операций в замкнутом цикле автономного сельскохозяйственного производства.

Основной задачей стоящей перед энергетическими агрегатами в агропромышленном комплексе является надежное энергоснабжение всех потребителей участвующих в технологии сельскохозяйственного производства в соответствии с суточным объемом энергопотребления предприятия мелкофермерского типа. Зарубежные и отечественные исследования показывают, что большинство ветроэнергетических установок малой и средней мощности не покрывают в полном объеме суточные потребности в энергии предприятий при номинальной скорости ветрового потока, в связи с этим необходимо устанавливать ветроагрегаты большей мощности, а энергию ветровых потоков в случае ее избытка перераспределять между функциональными преобразующими производственными устройствами.

Сделать вывод об актуальности применения ветроэнергетической установки на территории Оренбургской области, можно лишь после исследования ветроэнергетического потенциала территорий Оренбуржья перспективных для реализации производственной деятельности малых фермерских предприятий.

Одной из важнейших характеристик ветра за длительный период времени является средняя многолетняя скорость ветра. Ветер изменяется в широком диапазоне, но в то же время наблюдаются закономерные, обусловленные временем года (годовой ход) и суток (суточный ход) изменения. Общие представления об интенсивности ветра в Оренбургской области были получены на основе статистических данных средней многолетней скорости ветра, годовом и суточном ходе (рис. 1).

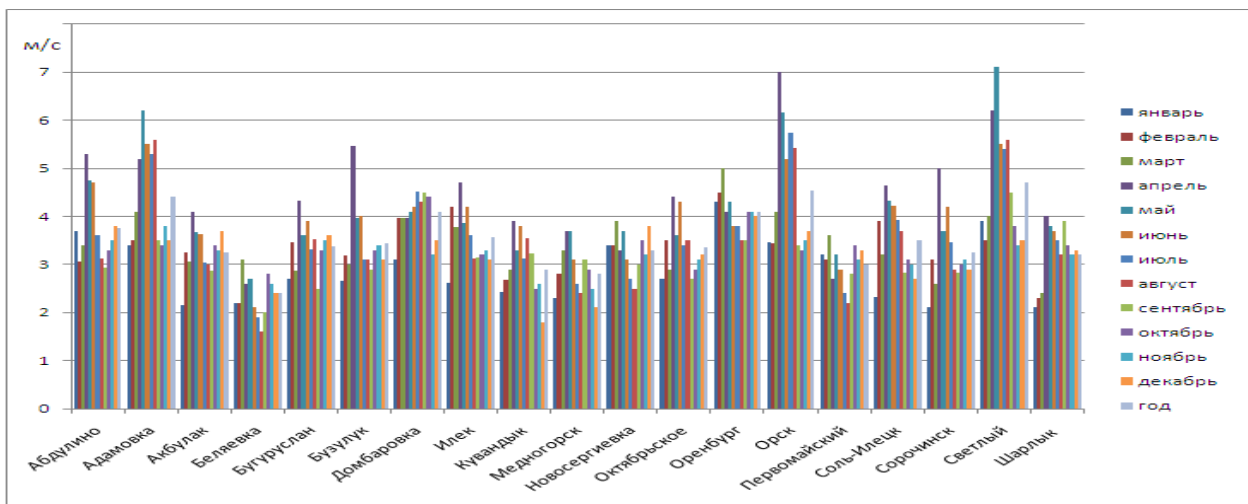
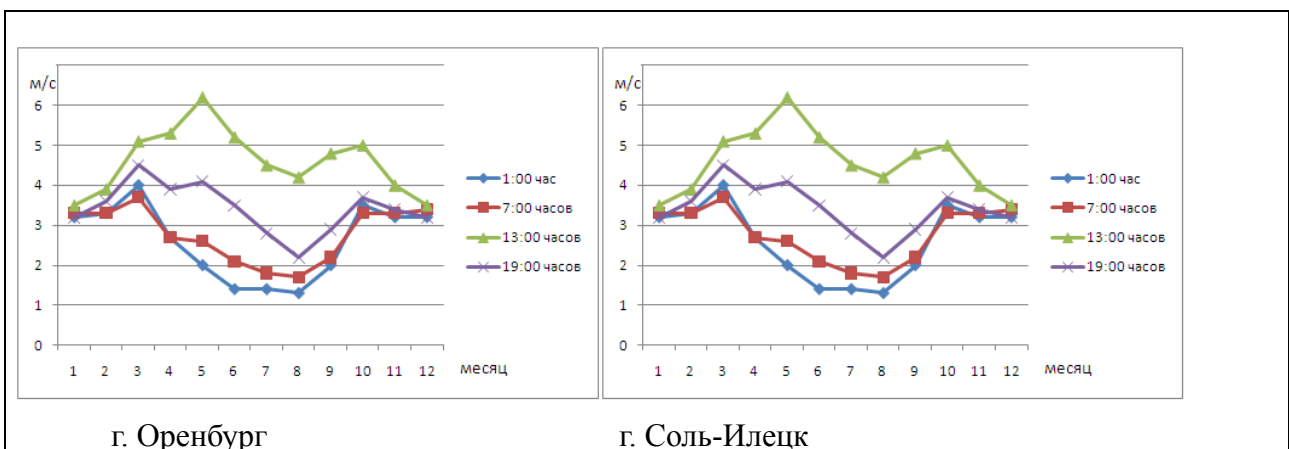


Рисунок 1. Средние месячные и годовые скорости ветра (м/с) на высоте анемометра 10 метров

Средние скорости ветра на территории Оренбургской области, по данным метеостанций расположенных на территории области за последние 25 лет невелики (1-5 м/с). Это объясняется их месторасположением и закрытостью, так как неравномерность рельефа ведет к искажению направления потока ветра у поверхности земли, особенно это заметно в горных районах. Разнообразные возвышенности, речные и горные долины, а также лесные массивы искажают преобладающее направление воздушного потока.

Многолетние статистические данные повторяемости скоростей ветра, в Оренбургской области, показывают, что сильные ветра (более 15 м/с) бывают редко, их вероятность не превышает 3%. В зависимости от формы рельефа изменяется и скорость ветра, например, если в котловинах наиболее вероятны ветры небольших скоростей – 1-2 м/с (31%) и 3-5 м/с (55%), а вероятность ветров со скоростями 6-10 м/с равна около 11%, то на более открытых участках склонов гор вероятность таких ветров составляет соответственно 14, 45 и 33%. (рис 2)

В зимний период в горных районах области бывают сильные ветра при метелях, скорость ветра в течение суток (суточный ход ветра) изменяется незначительно. С приходом весны возникает увеличение скорости ветра на 1,5-2 м/с в дневные часы. Наиболее ярко различается суточный ход скорости ветра в период наблюдений с мая по август. В этот период года скорость ветра имеет наиболее выраженный суточный ход, при котором скорость ветра увеличивается в вечерние и дневные часы и уменьшается в утренние и ночные часы (рис2).



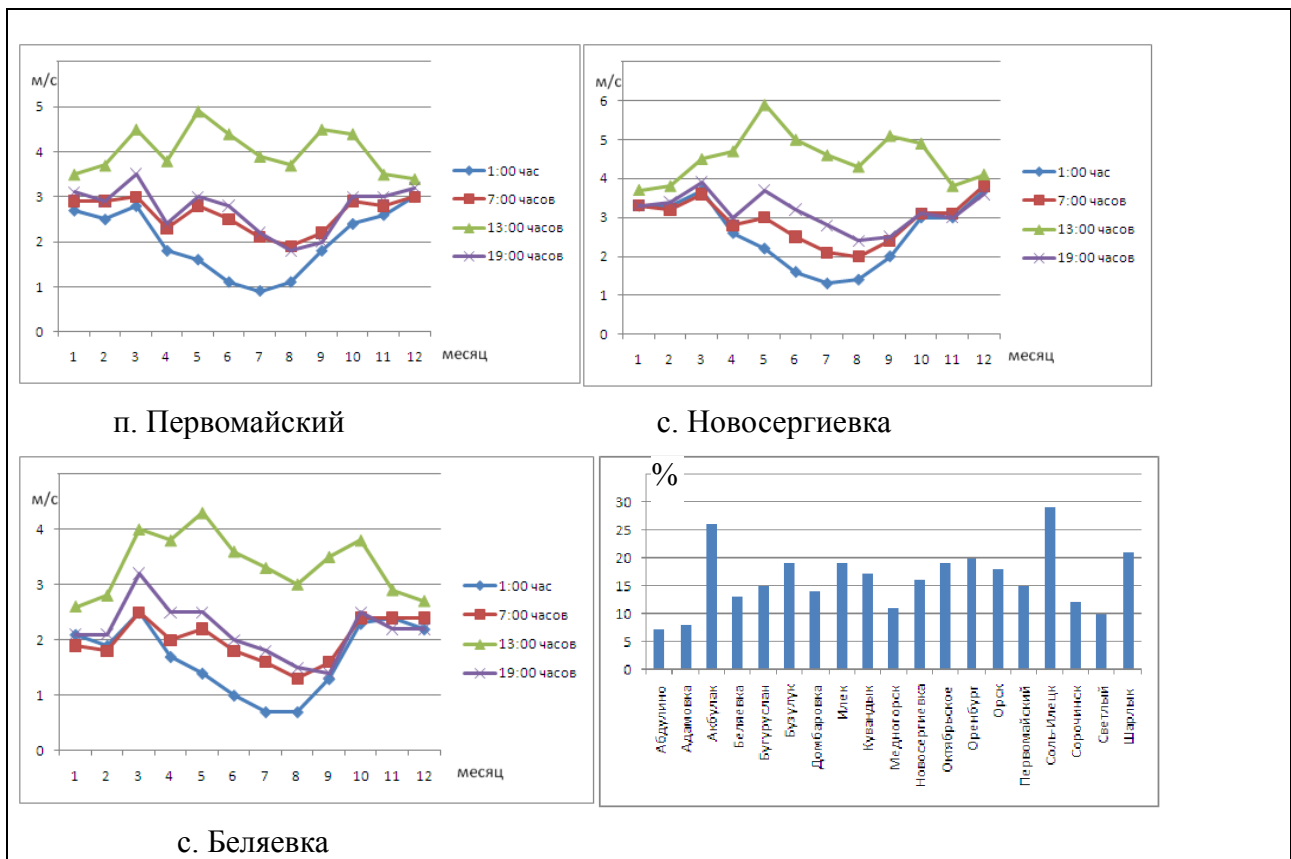


Рисунок 2. Изменение скорости ветра в течение суток и повторяемость штилей за год в районах Оренбургской области

В условиях исследуемой территории Оренбургской области, где в большинстве районов, наблюдаются небольшие скорости ветрового потока, но вместе с тем существует хорошая кормовая база и существует перспектива для формирования мелкофермерского предприятия, целесообразно применение ветроэнергетических установок малой и средней мощности, покрывающих нужды предприятия с возможностью резервирования выработанной энергии и непрерывной работы в замкнутом цикле технологических операций.

Сложность внедрения в технологические процессы ветроэнергетических агрегатов заключается в том, что нельзя ориентироваться на средние месячные или средние дневные скорости ветрового потока, специфика агропромышленного производства предполагает дискретный тип потребления энергии, в связи с этим необходимо рассмотреть вопрос перераспределения и аккумуляции энергии среднесуточного накопления.

Для определения целесообразности применения ветроэнергетического агрегата, необходимо провести первоначальную оценку ветропотенциала местности из данных ближайших к ней метеорологических станций.

Проведенные исследования и районирование территории Оренбургской области на высотах 10,20,30 и 50 м над уровнем земли по средним скоростям ветра на этих высотах позволило выделить три территориальные зоны с различным распределением ветровых потоков: зона А – средняя скорость ветра на высоте 10 метров в пределах от 4 до 5 м/с, зона Б - средняя скорость ветра на высоте 10 метров в пределах от 3 до 4 м/с и зона В - средняя скорость ветра на высоте 10 метров в пределах от 2 до 3 м/с, которые условно разделены изотаксами. (рис 3)

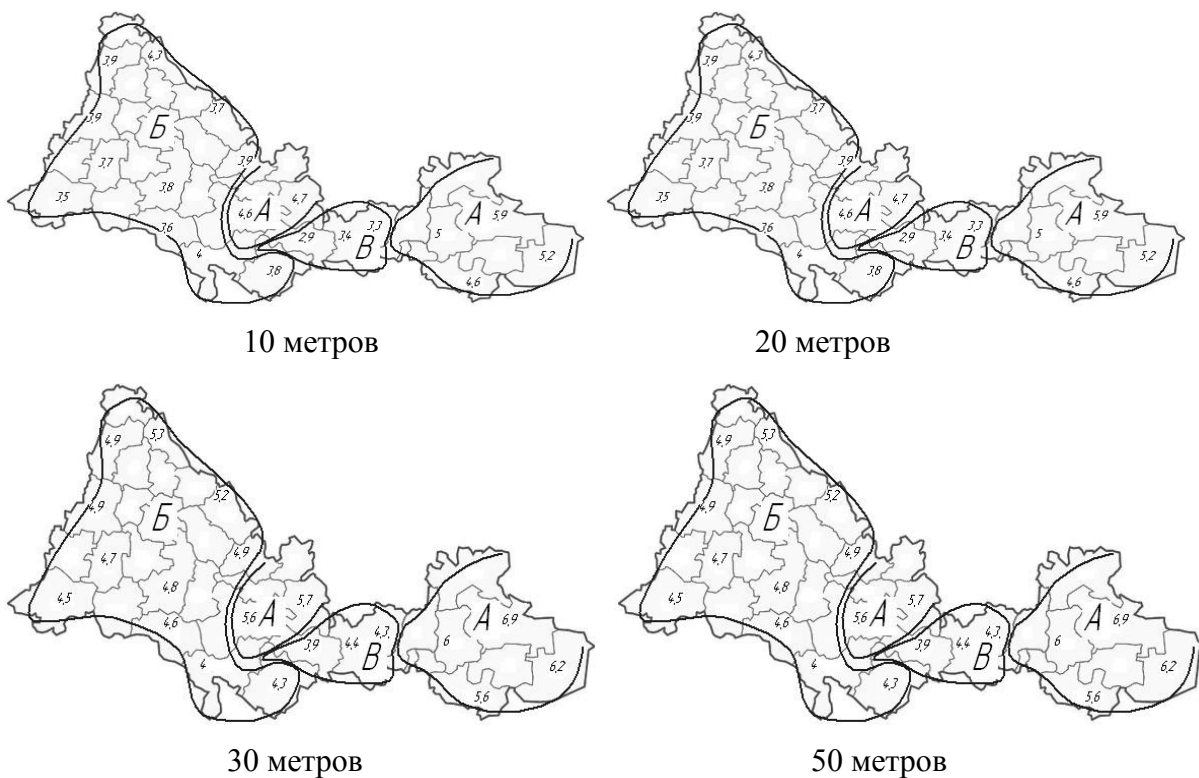


Рисунок 3. Распределение средних скоростей ветра (м/с) и районирование территории Оренбургской области на высотах

Полученные значения скоростей ветрового потока по зонам даже на высоте 10 метров соответствуют начальной рабочей скорости большинства ветроагрегатов используемых зарубежом и в России, с увеличением высоты опорной башни, увеличивается, и скорость ветрового потока действующего на ветроагрегат, вследствие чего возрастает мощность, которую может вырабатывать ветроустановка. (рис. 4)

Таким образом, если определен масштаб класса открытости метеостанции с известными ветровыми условиями и участка для ВЭУ, то по полученным зависимостям можно уточнить расчет ожидаемой выработки энергии на предполагаемом месте установки ВЭУ.

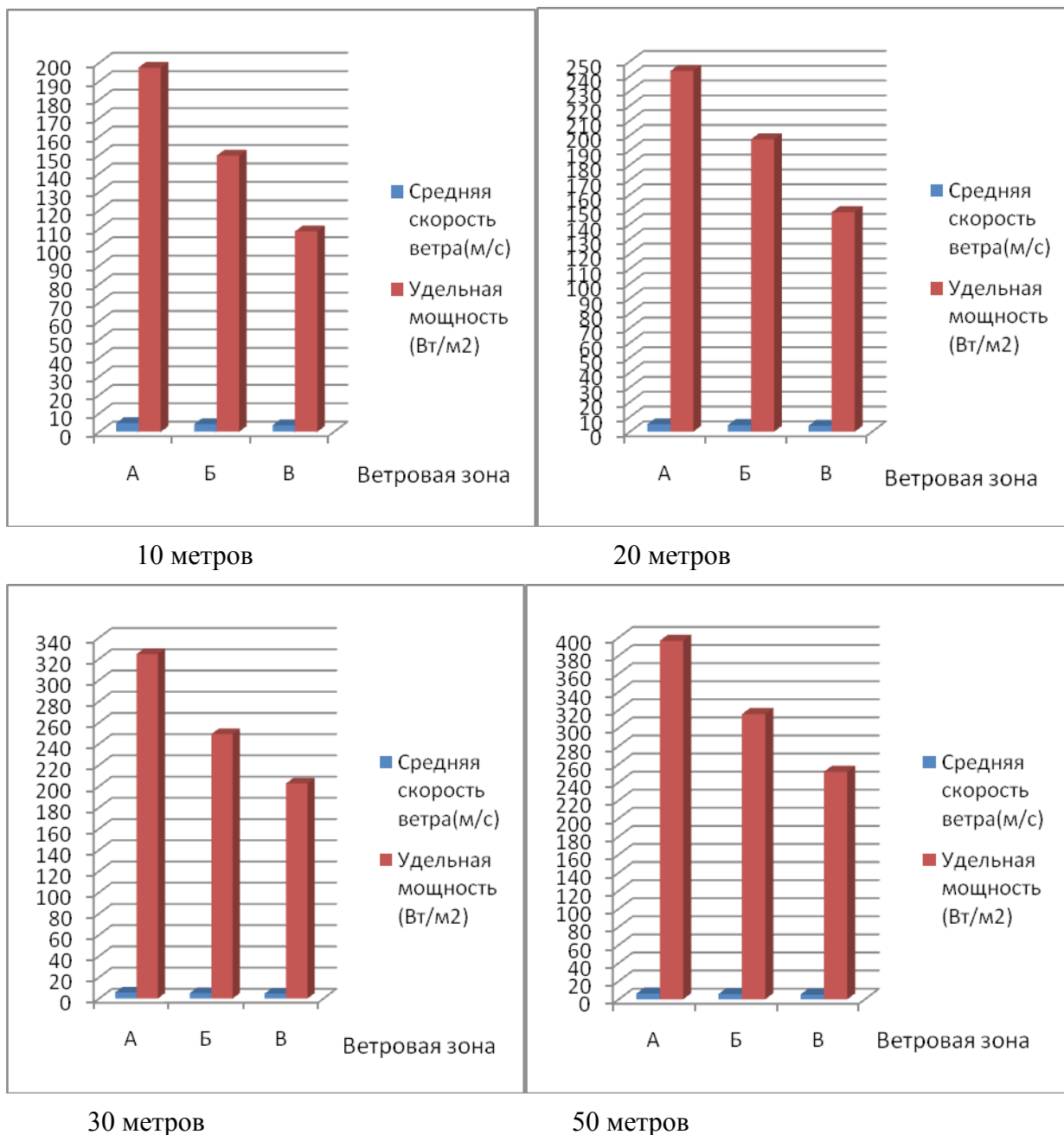


Рисунок 4. Ветроэнергетические ресурсы Оренбургской области на высотах

В процессе работы на примере Оренбургской области мы провели исследования и определили потенциальные и технические ветроэнергоресурсы на высотах 10, 20, 30 и 50 метров над поверхностью земли. В результате исследования было выявлено, что ветроэнергетические ресурсы изменяются над территорией Оренбургской области на высоте 10 м в среднем от 105 до 195 Вт/м², на высоте 20 м от 145 до 245 Вт/м², на высоте 30 м от 200 до 325 Вт/м² и на высоте 50 м от 250 до 400 Вт/м². (рис 4)

Исследования показали, что над территорией Оренбургской области имеется достаточный потенциал ветровых энергетических ресурсов, для автономного энергообеспечения мелкофермерских хозяйств на базе ветроэнергетического агрегата. Но, в связи, с неравномерным распределением скоростей ветра над районами области и существующей вероятности штилей, затрудняется энергообеспечение фермерского

предприятия в соответствии с технологическими операциями в пиковые моменты нагрузки, в течение суток и года. В связи с этим, на сегодняшний момент перед современными исследователями стоит актуальная задача по разработке схемы энергообеспечения автономного мелкофермерского предприятия, максимально адаптированной для конкретных условий мелкофермерского производства, удовлетворяющей потребностям технологии.

В связи с этим необходимо оптимизировать режимно-конструктивные параметры ветроэнергетических установок достаточной производственной мощности для конкретного сельскохозяйственного предприятия в соответствии с его потребностями его в энергии, с целью градуированного распределения выработанной энергии между потребителями и накопления энергии в промежутки времени, когда наблюдается превышение уровня произведенных энергоресурсов над уровнем потребленной энергии, для компенсации энергетического потребления в моменты пиковой нагрузки.

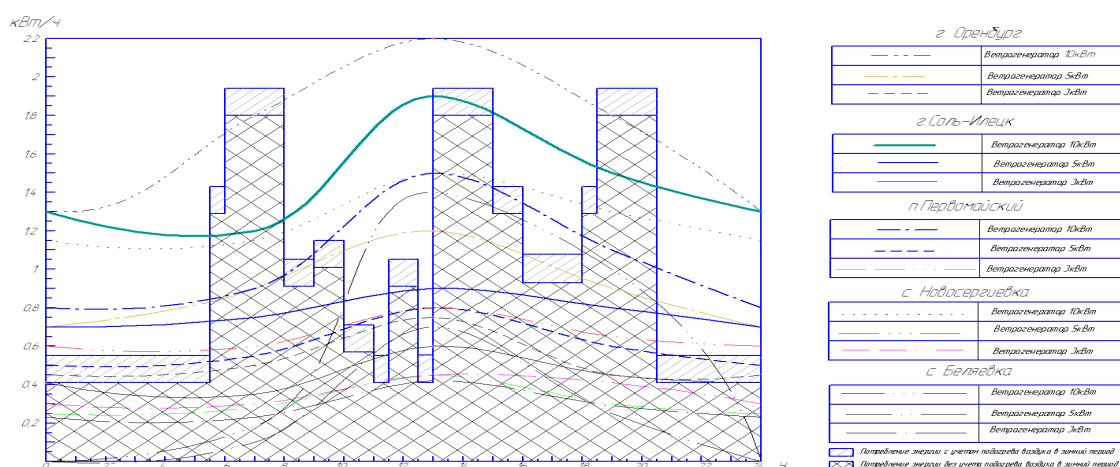


Рисунок 5. Суточное потребление энергии мелкофермерским хозяйством молочного направления 20 голов привязного содержания и способы его покрытия ветроагрегатами различной мощности в районах Оренбургской области

Более 25 % в общем объеме энергопотребления сельскохозяйственного производственного комплекса составляет тепловая энергия. Поисковые исследования наиболее экономичного способа получения тепловой энергии привели к идее использования воды в качестве теплоносителя, при межслоевом трении, в котором вырабатывается тепловая энергия. Как известно вода, как любое материальное тело испытывает сопротивление своему движению, в результате трения в слоях жидкости и о стенки направляющей системы происходит нагрев. Вся сложность возбуждения трения в жидкости состоит в том, чтобы удерживать жидкость в положениях, когда поверхность трения оказывается наибольшей и достичь состояния, при котором давление в массе воды, время трения, скорость вращения жидкости, момент трения и поверхность трения, были бы оптимальными для конкретной конструкции, а так же соответствовали энергетическим характеристикам силовой установки в соответствии со специфическими особенностями потребителей энергии мелкофермерских предприятий.

В предлагаемой способе основным энергопроизводящим агрегатом является приобъектная ветротеплоэнергетическая установка (ВТЭУ), с гидродинамическим теплогенератором, с помощью которого возможно осуществлять торможение ветроагрегата, до некоторых значений частоты вращения, в результате происходит оптимизация загрузки ветроколеса по мощности. При этом энергия торможения используется для нагрева жидкости, а значит, при таком торможении не изнашиваются механические тормоза, и не требуется установка положения лопастей.

В результате использования теплогенератора в ВТЭУ происходит регулирование частоты вращения ветроагрегата в рабочем диапазоне частот вращения в области рабочих скоростей ветра. Это позволяет максимально использовать энергию ветра. Так же наблюдается малое сопротивление при пуске ВЭУ, что позволяет расширить рабочий диапазон скоростей ветра в области малых значений и тем самым повысить эффективность использования ВЭУ.

Связь системы теплогенератора с потребителем тепловой энергии обеспечивается применением специального надежного устройства связи (Рис.6), которое обеспечивает работу ветроагрегата без утечек теплоносителя при циркуляции в системе теплоснабжения, в случаях ориентации на ветер и вращения поворотной головки ВТЭУ вокруг вертикальной оси.

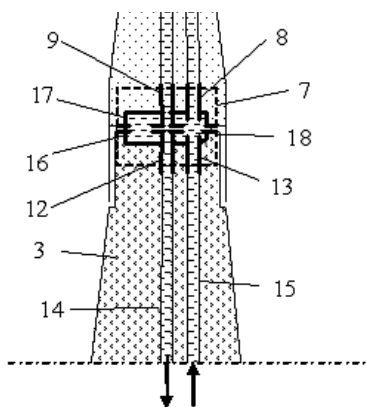


Рисунок 6. Устройство связи теплогенератора и теплопотребителя

Указанное выполнение устройства связи предусматривает отделение контура циркуляции от атмосферы. Тем самым сокращаются потери тепла на испарение жидкости, а также обеспечивается возможность сочленения контуров теплогенератора и теплоприёмника при любом давлении, существующем в контуре теплоприёмника. Всё это в конечном итоге повышает надёжность и эффективность ветроустановки для нагрева воды.

Список использованных источников

1. Морозов Н.М. Приоритетные направления создания техники для механизации животноводства // Техника в сельском хозяйстве. – 1998. - №5 – С. 3-5
 2. Хромов Ю. Как выбраться из «импортной ловушки» //Сельский механизатор. – 1998. - №7- С. 2
 3. Мониторинг и прогнозы социально-экономического развития Российской Федерации, февраль, 2012 г.//Министерство экономического развития Российской Федерации
 4. Башмачников В.Ф. Дефолтов у фермеров не бывает // Сельский механизатор 1999. - №6
 5. Мамедов Г.Б. Резервы эффективности механизации малых ферм // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1999. - №9. – С.7
 6. Шефтер Я.И. Использование энергии ветра. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 200 с.
- Публикации по тематике работы
1. Фомин М.Б., Рахимжанова И.А., Системы регулирования работы

ветроустановки. Молодежь и XXI век: материалы II Международной молодежной научной конференции (Курск, 7-9 апреля 2010г): в 3 ч. Ч. 3 /редкол.: С.Г. Емельянов (отв. ред.); Курск. гос. техн. ун-т. Курск, 2010. 284 с. // 172-175 с.

2. Фомин М.Б. Исследование гидромеханического теплогенератора для ветроэнергетической установки Ежемесячный научный журнал «Молодой ученый» №8, 2009 // 32-34 с

3. Фомин М.Б., Рахимжанова И.А. Применение энергии ветра для теплоснабжения объектов АПК Актуальные проблемы энергетики АПК: Материалы Международной научно-практической конференции/ Под ред. А.В. Павлова. – Саратов: Издательство «КУБиК», 2010. – 407 с. // 344-346 с.

4. Фомин М.Б., Петько В.Г. К разработке ветроэнергетической установки. Совершенствование инженерно-технического обеспечения технологических процессов АПК: материалы международной научно-практической конференции. Вып. №9 / сост. Е.М. Асманкин, М.М. Константинов, А.С. Путрин. – Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 2009. – 180 с. 38- 40

5. Фомин М.Б., Петько В.Г. Экспериментальное исследование гидромеханического теплогенератора. Совершенствование инженерно-технического обеспечения технологических процессов АПК: материалы международной научно-практической конференции. Вып. №9 / сост. Е.М. Асманкин, М.М. Константинов, А.С. Путрин. – Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 2009. – 180 с. //127 -131с

6. Фомин М.Б., Бибарсов В.Ю. Усовершенствование теплоснабжения объектов сельскохозяйственного производства на базе тепловетроэнергетической установки. Состояние, перспективы экономико-технологического развития и экологически безопасного производства в АПК. Ч.1 /Под общ. ред. В.В. Каракулева, Г.В. Петровой, Н.Н.Дубачинской. – Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 2010. – 560 с. // 534-540 с

7. М.Б. Фомин, В.Г.Петько, И.А. Рахимжанова Теплоснабжение объектов АПК с использованием энергии ветра. Известия Оренбургского государственного аграрного университета № 3 (27) 2010. Теоретический и научно-практический журнал. //55-56с

8. Фомин М.Б., Петько В.Г. , И.А. Рахимжанова Испытание теплогенератора для ВЭУ. Известия Оренбургского государственного аграрного университета № 2 (26) 2010. Теоретический и научно-практический журнал. //60-61с

9. Фомин М.Б., Митрофанов А.А. Ветроэнергетика в сельском хозяйстве. Инновационно - промышленный форум. Секция 1. Современные тенденции в технологиях металлообработки и конструкциях металлообрабатывающих машин и комплектующих изделий. Секция 2. Ремонт. Восстановление. Реновация// Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Уфа: Башкирский ГАУ, 2010. – 80с. 65-67

10. Фомин М.Б., Рахимжанова И.А. Опытный образец теплогенератора для ветроэнергетической установки. Инновационно - промышленный форум. Секция 1. Современные тенденции в технологиях металлообработки и конструкциях металлообрабатывающих машин и комплектующих изделий. Секция 2. Ремонт. Восстановление. Реновация// Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Уфа: Башкирский ГАУ, 2010. – 80с. 67-70

11. В.Ю. Бибарсов, М.Б. Фомин, А.Ж. Балмугамбетова, Л.Г. Нигматов Специфика проектирования и развития ВТЭУ Аграрная наука и образование в условиях становления инноваций Материалы международной научно-практической конференции, 2012 г.Оренбург

12. В.Ю. Бибарсов, А.М. Старожуков, М.Б. Фомин, Нигматов Л.Г.

Энергосбережение базовая технология создания эффективного сельского хозяйства
Достижения науки - агропромышленному производству Материалы LI международной научно-технической конференции , 2012 г. Челябинск

13. В.Ю. Бибарсов, А.М. Старожуков, М.Б. Фомин, Нигматов Л.Г. Разработка комбинированной энергетической установки для группового автоматического поения животных Достижения науки - агропромышленному производству Материалы LI международной научно-технической конференции , 2012 г. Челябинск

14. Е.М. Асманкин, С.В. Юмакаева, М.Б. Фомин, А.Ж. Балмугамбетова К вопросу развития энергосберегающих технологий в АПК Известия ОГАУ, 2012, №2 Г.Оренбург

15. В.Ю. Бибарсов, М.Б. Фомин, И.А. Рахимжанова, А.М. Старожуков, Л.Г. Нигматов Разработка и исследование системы бесперебойного автоматического группового поения животных с использованием ВЭУ Инновационные электротехнологии и электрооборудование - предприятиям АПК, Всероссийская научно-практическая конференция, 2012 Г. Ижевск

16. М.Б. Фомин, Л.Г. Нигматов Исследование способа энергообеспечения автономного фермерского хозяйства Инновационные электротехнологии и электрооборудование - предприятиям АПК, Всероссийская научно-практическая конференция, 2012 Г. Ижевск

17. В.Ю. Бибарсов, М.Б., Фомин, А.С., Байков Нигматов Л.Г. Исследование системы электроснабжения сельского дома на основе использования альтернативного источника энергии Материалы международной заочной научно-практической конференции , 2012 г. Новосибирск

№, п/п	№ патента на изобретение	Название патента на изобретение	Соавторы
1	2431762	Ветроустановка для нагрева воды	Петько В.Г., Слободсков П.Н., Бакирова Г.Р.
2	2421628	Ветроэнергетическая установка	Петько В.Г., Бакирова Г.Р.
3	2415296	Ветроэнергетический агрегат	Петько В.Г.

НОМИНАЦИЯ: ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В РОССИИ

1 место - Дмитрий Гринько, аспирант Оренбургского государственного аграрного университета

Комплексное электроснабжение на основе комбинированного использования возобновляемых источников энергии

Аннотация

В работе проведен анализ потенциала использования традиционных и возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Рассмотрены нормативно-правовые меры стимулирования ВИЭ за рубежом и в Российской Федерации. Проанализированы научно-технические достижения. Предложен метод расчета КПД и произведен выбор оптимальной схемы соединения. Проведена оценка потенциала ВИЭ для места изыскания. Предложен подход для нахождения оптимального сочетания традиционных и ВИЭ в комбинированных установках при отдельном и совместном использовании солнечной и ветровой энергии. Определена совокупная стоимость комбинированной установки (за период времени 25 лет) на основе разработанной автором математической модели. Разработан перспективный вариант комбинированной установки с 100% выработкой энергии от ВИЭ. Разработанный метод можно использовать в качестве типового для электроснабжения любой части Российской Федерации.

Введение

Существенным недостатком ВИЭ является нерегулярное поступление энергии, которое может быть компенсировано путем аккумулирования энергии и комбинированного использования ВИЭ, в том числе с традиционными источниками энергии.

Комбинированные установки - это самый перспективный вид энергетики, позволяющий компенсировать недостатки одних энергоисточников достоинствами других [1].

Благодаря совместному использованию ВИЭ в комбинированных установках, можно применять энергогенерирующие устройства меньшей мощности, чем при единичном использовании, что значительно сократит вложения. Повышение конкурентоспособности можно добиться путем выбора рационального сочетания традиционных и возобновляемых энергоресурсов, оптимальным выбором схемы их соединения и устройств генерации энергии под конкретные населенные пункты. Это требует разработки соответствующих методов формирования электроснабжения, так как комбинированные установки, применяемые за рубежом, не могут быть использованы в российских условиях из-за производственно-экономических и природно-климатических различий.

Таким образом, **актуальным** является разработка метода формирования комплексного электроснабжения на основе комбинированного использования ВИЭ.

Цель работы: разработка метода комплексного электроснабжения сельскохозяйственных объектов на основе энергии солнца и ветра, и обеспечение

эффективности их использования.

Объект исследования: комбинированные установки на основе энергии солнечного излучения и ветра с дополнительным резервным источником питания (дизельный генератор/централизованная электрическая сеть)

Предмет исследования: формирование комбинированных установок с учетом характеристик ВИЭ и потребителей электроэнергии.

Задачи исследований. Провести анализ научно-технических достижений в области комбинированного использования ВИЭ; выполнить комплексную оценку потенциала ВИЭ для места изыскания; исследовать различные соединительные схемы комбинированного электроснабжения, разработать метод расчета КПД для выбора самого рентабельного варианта конфигурации; исследовать оптимальное сочетание компонентов комбинированной установки для электроснабжения сельскохозяйственных потребителей при раздельном и совместном использовании солнечной, ветровой и традиционных источников энергии; разработать математическую модель для определения совокупной стоимости комбинированных установок; разработать перспективный вариант комбинированной установки на основе ВИЭ.

Методы исследований: методологической основой исследований является системный подход к анализу комплексной схемы энергоснабжения. В работе использованы основные положения теоретической электротехники, электроснабжения сельского хозяйства, методы математического моделирования процессов энергоснабжения, использующие ВИЭ.

Достоверность: научных положений и результатов работы подтверждаются: применением широко известных методик и подходов, применяемых в научно-технических основах использования ВИЭ. применением и адекватностью математических аппаратов; использованием программ для имитационного эксперимента и анализа полученных данных.

Научная новизна работы: общая методология формирования систем комбинированного электроснабжения на основе энергии солнечного излучения и ветра; метод расчета КПД схем соединения; подход для рационального сочетания традиционных и возобновляемых энергоресурсов в системе энергоснабжения; подход к оптимизации параметров систем, с учетом нерегулярности ВИЭ и случайным характером потребления электроэнергии; математическая модель для нахождения совокупной стоимости комбинированных установок на основе ВИЭ.

Практическая значимость работы: методика нахождения оптимальной соединительной конфигурации комбинированных установок, результаты расчета КПД по предложенной методике; технико-экономический подход к выбору оптимального сочетания компонентов комбинированных установок; математическая модель, которая позволяет определить совокупную стоимость комбинированных установок и выбрать наиболее экономически выгодный тип комбинированной установки; перспективная модель электроснабжения на основе комбинированного использования ветротурбины и фотоэлектрических преобразователей.

Внедрение научно-исследовательских результатов: основные положения научной работы внедрены в научно-исследовательскую деятельность ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный технический университет», в частности используются в научно-исследовательской работе научно образовательного центра «Управление технико-экономическими системами» (приложение А, В) и субподрядчиком ФГБОУ ВПО Оренбургского ГАУ - ООО «Мысль» в рамках региональной целевой программы «Энергоснабжение и повышение энергоэффективности» (приложение С).

Апробация работы и публикации. Результаты выполненной работы доложены и

одобрены на научных конференциях: Оренбургского ГАУ, Ульяновского ГТУ, Грозненского ГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова, IV Международной научно-практической конференции - фундаментальные и прикладные исследования в современном мире (Санкт-Петербург 2013), The results of scientific research in 2013 (Neoplanta, Serbia 2013).

В конкурсах, грантах и т.д. работа ранее не участвовала. По теме работы опубликовано 8 печатных работ, в том числе 3 статьи в рецензируемых журналах (ВАК). Основные положения работы отражены в публикациях:

1. Гринько Д.В., Чиндяскин В.И., Исследование и анализ оптимальных методов и способов комплексного электроснабжения сельскохозяйственных потребителей // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 2(40);

2. Гринько Д.В., Выбор типа комбинированной установки для электроснабжения сельскохозяйственных потребителей // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. №2 (46);

3. Гринько Д.В. Электроснабжение сельскохозяйственных потребителей Оренбургской области на основе комплексного использования комбинированных альтернативных источников энергии // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 2(47);

4. Гринько Д.В. Классификация комбинированных установок на основе возобновляемых источников энергии // Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. Материалы IV Международной научно-практической конференции (24-25 декабря 2013 г.), Санкт-Петербург, 2013.-205с.;

5. Гринько Д.В., Разработка математической модели совокупной стоимости комбинированной установки на основе возобновляемых источников энергии для условий российской федерации // Интеграция науки и практики как условие экономического роста. VI Международная научно-практическая конференция (Ульяновск, 5 декабря – 10 декабря 2013 г.) сборник научных трудов.- Ульяновск: УлГТУ, 2013.-71с.;

6. Гринько Д.В., Выбор оптимального сочетания компонентов комбинированной децентрализованной установки на основе альтернативных источников энергии // Интеграция науки и практики как условие экономического роста. VI Международная научно-практическая конференция (Ульяновск, 5 декабря – 10 декабря 2013 г.) сборник научных трудов.- Ульяновск: УлГТУ, 2013.-71с.;

7. Гринько Д.В., Чиндяскин В. И., Расчет КПД и выбор комбинированной установки на основе альтернативных источников энергии // Инновационные технологии в производстве, науке и образовании. III Международная научно-практическая конференция (Грозный, 6 декабря - 8 декабря 2013 г) сборник научных трудов.- Грозный: ГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова, 2014;

8. Grin'ko D. V., Simulation modeling combined installation on the basic of renewable energy sources for a particular geographic point // Theoretical & Applied Science. ISPC «The results of scientific research in 2013», 30.12.2013, Neoplanta, Serbia.- №12(8), 2013.-130p.

Анализ потенциала традиционных и возобновляемых источников энергии

В настоящее время в мировой и Российской структуре энергопотребления главная роль принадлежит ископаемому топливу, использование которого ведет к загрязнению окружающей среды, что оказывает отрицательное влияние на здоровье населения. Наиболее опасными веществами при генерации электроэнергии является окись азота и двуокись серы.

Для сокращения загрязнения окружающей среды есть два основных направления: энергосбережение и переход на альтернативные источники энергии. Достижению уменьшения вредных выбросов так же способствует объединенное использование невозобновляемых и ВИЭ.

По оценкам Международного энергетического агентства в ближайшие 25 лет энергопотребление возрастет примерно на 65%.

Предполагается, что до 2050 г. будет израсходовано большинство всех известных мировых запасов нефти и газа. На рис. 1 показан прогнозируемый вклад различных источников энергии в перспективе во времени до 2100 года. Как видно из графика, в настоящее время в мире самая значительная доля потребления энергии полезных ископаемых, которые подвергнутся стремительному снижению во второй половине века. Гидроэнергетика и возобновляемые ресурсы принесут заметный вклад в энергопроизводство к середине века, а ядерная энергетика играет константную роль. К концу века нефть и газ почти полностью исчезнут из схемы. Доминирующими станут ГЭС, возобновляемые источники, уголь и ядерная энергетика [2].

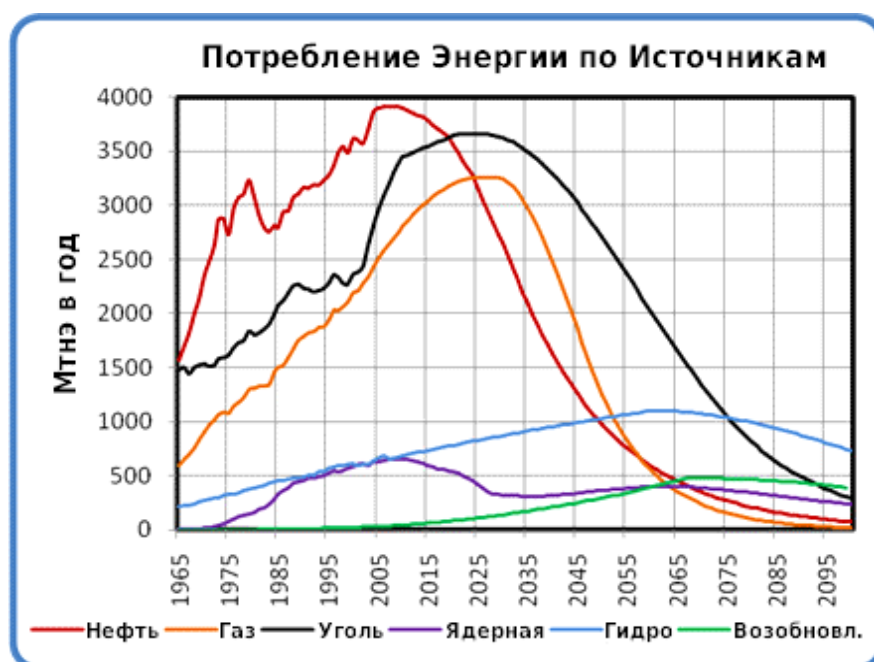


Рис. 1. - Потребление энергии по источникам, 1965 по 2100 гг. [2].

При всей условности и относительности, данный прогноз свидетельствует о том, что необходим переход на новые альтернативные источники энергии.

Структура энергопотребления ВИЭ в России отличается от общей мировой структуры потребления. В России активно внедряются технологии БиоГЭС (62% против общемирового уровня в 12%) и Малых ГЭС (33%, против 6%). При этом почти совсем не развиваются направления ветровой и солнечной энергетики. Основу современной энергетики России составляют: тепловые электростанции - 67%; гидроэлектростанции - 15%; атомные электростанции - 17%; ВИЭ >1% [3].

Применение ВИЭ в России определяется географическими особенностями, обширной территорией, отдаленностью населенных пунктов друг от друга. Именно отдаленные либо имеющие природно-климатические особенности (гористая местность и т.д.) территории в первую очередь могут быть электрифицированы, используя ВИЭ.

Таким образом, всё большее значение будут приобретать ВИЭ, среди которых наиболее перспективными считаются солнечная, ветровая и ГЭС, в данной работе рассмотрены только источники с временной зависимостью, из них энергия ветра и солнца, являющиеся двумя наиболее широко используемыми.

Меры стимулирования технологий ВИЭ

В настоящее время в развитых странах разработана правовая база, направленная на внедрение альтернативной энергетики, в целях сокращения потребления ископаемого топлива.

Гарантированные тарифы на подачу энергии в сеть (FEED-IN-TARIFF) являются наиболее эффективным видом стимулирования использования ВИЭ посредством ценового регулирования. В Европе в настоящее время 21 страна использует этот механизм. Поставщики энергии обязаны закупать энергию от возобновляемых источников в первую очередь и по фиксированным ценам. При этом поставщик (сбытовая компания) закупает электроэнергию ВИЭ по более высоким ценам, чем продает потребителям. Разница субсидируется либо за счет надбавки к цене для потребителя (Дания, Германия), либо за счет бюджета (Испания). Дания была первой страной, использовавшей этот подход [4].

Еще одним способом стимулирования использования ВИЭ в стране является система квот. Данный механизм предусматривает, что поставщик электроэнергии должен доказать, что определенная (установленная правительством) квота реализуемой электроэнергии была произведена за счет ВИЭ. Если поставщик не выполняет свою обязательную квоту по использованию ВИЭ, к нему применяются санкции. Системы квот в настоящее время используются в Бельгии, Италии, Румынии, Швеции, Польше, Великобритании, Индии. Хотя данная система обеспечила реализацию большого числа крупных проектов, в целом, можно сказать, что система квот значительно уступает системе гарантированных тарифов на подачу энергии в сеть [4].

В США, Канаде, Бразилии, Индии, Индонезии, и др. государствах для повышения уровня использования ВИЭ предоставляется возможность использования налогового кредита сроком на 10 лет, существует система финансовых поощрений при использовании ВИЭ [5].

В настоящее время использование ВИЭ остается более дорогим, чем использование традиционного топлива, что вызывает необходимость стимулирования технологий ВИЭ. Модели стимулирования ВИЭ в Европе представлены на рисунке 2.



Рис. 2. Карта распространения моделей стимулирования ВИЭ в Европе [6].

В настоящее время в Российской Федерации предпринят ряд нормативно-правовых мер для стимулирования развития возобновляемой энергии, в том числе разработаны энергетические стратегии на период до 2020 и 2030 года. В рамках реализации стратегий должны быть решены следующие задачи: развитие технологий использования возобновляемых источников энергии, а также многофункциональных энергетических комплексов для автономного энергообеспечения потребителей в районах, не подключенных к сетям централизованного энергоснабжения; освоение эффективных технологий сетевого электро и теплоснабжения на базе возобновляемых источников энергии; отработка технологий комбинированного использования возобновляемых источников энергии.

Таким образом, для увеличения доли ВИЭ государство должно активно содействовать развитию данного направления в энергетике, путем создания мер стимулирования для развития ВИЭ. Чтобы вышеуказанные меры стали эффективными необходима доработка и реализация нормативной базы по стимулированию внедрения ВИЭ. Как показывает опыт других стран, увеличение доли ВИЭ может быть достигнуто лишь при государственной поддержке и субсидиях. Следует отметить необходимость комплексного подхода, включающего меры поддержки ВИЭ не только со стороны государства, но и бизнеса.

Анализ научно технических достижений

На сегодняшний день разработаны несколько видов соединения комбинированных установок на основе ВИЭ [7]: комбинированная централизованная установка переменного тока АС; комбинированная централизованная установка постоянного тока DC; комбинированная установка со смешанным соединением АС/DC. Существует так же возможность децентрализованного (распределенного) соединения комбинированных установок, данный вид соединения в дальнейшем рассматриваться не будет из-за неудобства вызванного сложностями в управлении системой. Следует отметить, что схема децентрализованного электроснабжения так же может являться перспективным вариантом за счет того, что все элементы системы распределены и могут быть размещены удаленно друг от друга в более удобных местах с большей концентрацией ресурсов ВИЭ для конкретного энергогенерирующего устройства.

Для обнаружения потенциала комбинированного использования ВИЭ, необходимо

определить ресурсы солнечной и ветровой энергии, конфигурацию энергогенерирующей системы и рабочий процесс, который определяет, как те или иные узлы будут работать вместе в конкретной ситуации в течение длительного периода времени.

Использование программного обеспечения (ПО), в качестве инструмента для выполнения научных исследований, уменьшает объем физических экспериментов, проведение которых в ряде случаев по тем или иным причинам представляется затруднительным или невозможным. В связи с этим в Национальной Лаборатории Возобновляемых Источников Энергии (NREL, США) было разработано программное обеспечение имитационного моделирования Hybrid Optimization Model for Electric Renewables 2 (HOMER 2) версия 2.81, для технического и экономического анализа параметров комбинированных систем.

Лабораторией NREL (разработчик ПО) была проанализирована возможность использования 10-киловатной комбинированной ветродизельной установки в Мурманской области, данный регион располагает одним из самых высоких на Европейской части территории России потенциалом ветровой энергии. Исследование показало, что комбинированная установка была бы более эффективна, чем существующий 16-киловатный дизельный генератор. По оценке, стоимость производства электроэнергии от дизельной установкой составляла бы \$0,30-0,75 за кВт-час, тогда как стоимость для комбинированной ветро-дизельной установки составила бы \$0,23-0,27 за кВт-час [8].

Группой ученых Д.С. Стребковым, А.К. Сокольским и Ахмедом Т.А. Джайлани, были проанализированы технико-экономические параметры комбинированной солнечно-ветро-бензиновой установки, используя программное обеспечение (ПО) «HOMER», для условий Египта. Результаты показали, что себестоимость 1 кВт·ч электроэнергии, выработанной комбинированной установкой, равна 0,189 \$, выработка электроэнергии от ВИЭ составляла 18% и 81% от бензогенератора [9].

В данных работах отсутствует единая обобщенная методология, не решены вопросы выбора оптимальной схемы соединения, нахождения оптимального сочетания традиционных и ВИЭ, не производилась оптимизация по количеству выработанной энергии от традиционных и ВИЭ. При суммировании затрат не учитывалась стоимость доставки оборудования и топлива, не учитывался суммарный налог на выбросы вредных веществ (плата за негативное воздействие на окружающую среду).

Таким образом, рассмотренные исследования несомненно способствуют широкому внедрению технологий ВИЭ, но не являются исчерпывающими, что вызывает необходимость поиска новых решений. Необходима разработка метода комплексного электроснабжения на основе комбинированного использования ВИЭ.

Метод расчета КПД схем комбинированных установок на основе ВИЭ

Появление большого количества схем соединения энергогенерирующих устройств на основе ВИЭ, создает необходимость поиска наиболее эффективного соединительного типа. Любой из существующих вариантов комбинирования ресурсов ВИЭ с дизельными генераторами и аккумуляторными батареями возможен, но будет иметь различный КПД. Различные факторы могут быть приняты во внимание при выборе комбинированного соединения. Географическое положение (ветрено, солнечно и т.д.), вид источника энергии, тип соединения, характер нагрузки (большее потребление в дневное или ночное время, либо одинаковое), эффективность силовых устройств, преобразующих энергию и т.д. Для нахождения наиболее подходящих технологических решений применения комбинированной системы нужен анализ каждого компонента в отдельности и системы в целом. Произведем

расчет и выбор оптимального типа соединения энергогенерирующих устройств на основе ВИЭ [7]:

1. Комбинированное соединение с шиной переменного тока AC;
2. Комбинированное соединение с шиной постоянного тока DC;
3. Комбинированное смешанное соединение AC/DC.

Каждый тип соединения был рассмотрен с расчётом эффективности потребляемой мощности от каждого источника питания, непосредственно или через аккумуляторную батарею, для сравнения различных вариантов комбинированных схем электроснабжения и повышения эффективности, предлагаются методы расчета.

При анализе всех соединений были учтены потери при преобразовании электрической энергии, связанные с мощностью электрических устройств и аккумуляторными батареями.

Предлагаются коэффициенты, мощности $\{B, C, DC\}$, получаемые от солнечных батарей, ветряных турбин и дизельных генераторов соответственно, могут быть использованы как напрямую так и частично через батарею. Если η_D является непосредственно частью потребляемой мощности напрямую к потребителю без использования батареи, то $1 - \eta_D$ является оставшейся частью мощности от всех энергетических ресурсов, потребляемой из батареи. Эффективность преобразования энергии электронных устройствах и устройств хранения энергии обозначена η с индексом *пр* для преобразования тока из переменного в постоянный (DC/AC), индексом *п* для преобразования постоянного в переменный (AC/DC), индексы *К* и *Б*, соответственно для контроллера заряда и батареи.

В таблице 1, автором предложена совокупность уравнений (математическая модель) для расчёта эффективности потребления энергии от трех источников энергии в зависимости от подключения напрямую или через батарею при смешанном соединении AC/DC (тип 3).

Таблица 1 - Уравнения для расчёта КПД смешанного соединения AC/DC

Ресурс	Напрямую $\eta_{НПР}$	С батареи $\eta_{СБАТ}$	Итого $\eta_{ПОЛН}$
Ветрогенератор $\{B\}$	η_D	$1 - \eta_D \eta_{пр} \eta_B \eta_P$	$\eta_D 1 - \eta_D \eta_{пр} \eta_B \eta_P$
Солнечная б. $\{C\}$	$\eta_D \eta_K \eta_P$	$1 - \eta_D \eta_K \eta_B \eta_P$	$\eta_D \eta_K \eta_P 1 - \eta_D \eta_K \eta_B \eta_P$
Дизель-ген. $\{DC\}$	η_D	$1 - \eta_D \eta_{пр} \eta_B \eta_P$	$\eta_D 1 - \eta_D \eta_{пр} \eta_B \eta_P$

Анализ расчёта КПД показывает, что когда вся энергия ветра используется напрямую то достигается равный КПД, таким образом в ветреных районах могут быть использованы соединения 1 и 3. Если вся мощность от ветровых турбин используется после того, как она была аккумулирована, то все соединения за исключением 1 будут эффективны. При потреблении энергии как напрямую, так и от батареи соединение 3 является наилучшим

выбором при условии, что используется только энергия ветра.

Когда энергия от солнечных батарей идет напрямую, КПД соединения 1 на 3% выше по сравнению с другими соединениями. В солнечных местах с основным потреблением энергии в дневное время (более 85%) предпочтительнее будет соединение 1. При использовании солнечной энергии накопленной в аккумуляторных батареях, соединения 2 и 3 дают такие же показатели эффективности использования энергии как и соединение 1, при условии что не более 85 процентов солнечной энергии будет использоваться напрямую. Как правило, солнечная энергия доступна в дневное время и зависит от погоды и времени. Большая часть солнечного ресурса будет недоступна в ночное время и аккумулялирование энергии будет необходимо. Следовательно соединение 1 будет является неэффективно.

Мощность дизельного генератора используется в качестве резервной, она может быть использована как напрямую так и за счёт её аккумулялирования в батареях. Если мощность потребляется непосредственно от дизельного генератора, подключенного напрямую к шине переменного тока, то все типы соединений дают одинокого высокий КПД, за исключением соединения 2, в котором используется выпрямитель и инвертор. Для генератора при потреблении мощности через аккумуляторную батарею нужны AC/DC, DC/AC преобразователи, что несёт за собой потерю мощности. Когда вся мощность генератора идёт через батарею, то соединения 2 и 3 имеют более высокие показатели эффективности по сравнению с централизованным соединением переменного тока 1. При любом способе потребления мощности генератора (прямой или через батарею) соединение 3 обладает более высокими показателями эффективности по сравнению с другими типами соединений. Расчёты соединений показывают зависимость эффективности потребления энергии от процессов преобразования, а так же от циклов зарядки-разрядки.

Анализ результатов выбора вариантов показал, что наиболее оптимальными вариантами при работе солнечных батарей являются соединения 2 и 3. Соединение 3 является оптимальным при использовании ветровых турбин. Соединение 3 эффективно при рассмотрении мощности дизельного генератора. Во всех рассмотренных случаях, соединение со смешанным соединением 3 является предпочтительным вариантом с точки зрения энергоэффективности при использовании любого из источников энергии.

Таким образом, проведенные исследования позволяют произвести выбор оптимальной схемы соединения для дальнейшего использования и показывают, что для эффективного комплексного электроснабжения потребителя необходимо применять предложенные методы расчета комбинированного соединения. При этом рассматривать разные источники энергии независимо друг от друга.

Разработка математической модели совокупной стоимости комбинированной установки на основе возобновляемых источников энергии для условий Российской Федерации

Высокая стоимость оборудования является основным препятствием использования ВИЭ, что обуславливает необходимость поиска оптимальной конфигурации системы при минимальных затратах. В работе решается задача разработки нового подхода, позволяющего обеспечить высокое качество решения задач, нахождения общей стоимости комбинированных установок малой и средней мощности на основе ВИЭ.

По данным [10], общая годовая стоимость компонентов комбинированной установки на основе ВИЭ рассчитывается следующим образом:

$$C_{ann,tot,c} = \sum_{c=1}^{N_c} (C_{acap,c} + C_{arep,c} + C_{aop,c} + C_{emissions}) \quad (1)$$

где: $C_{acap,c}$ - годовая стоимость капитальных вложений, $C_{arep,c}$ - годовая стоимость замены компонентов, $C_{aop,c}$ - годовая стоимость эксплуатации.

Из уравнения 1, используя аддитивный закон суммирования затрат, автором выведена математическая модель расчёта общей годовой стоимости комбинированной установки на основе ВИЭ, состоящей из ветротурбины, солнечной батареи, дизельного генератора, аккумуляторной батареи, централизованной электрической сети, следующим образом:

$$C_{com} = \sum_{w=1}^{N_w} (C_{1,w} + C_{2,w} + C_{3,w}) + \sum_{s=1}^{N_s} (C_{1,s} + C_{2,s} + C_{3,s}) + \sum_{g=1}^{N_g} (C_{1,g} + C_{2,g} + C_{3,g} + C_{4,g}) + \sum_{b=1}^{N_b} (C_{1,b} + C_{2,b} + C_{3,b}) + (C_f + C_{st}) + C_d + C_n + (C_{1,gr} + C_{2,gr} + C_{3,gr} + C_{4,gr}) + C_{5,gr} \quad (2)$$

где: N_w - количество ветротурбин (шт); $C_{1,w}$ - вложения в покупку ветротурбин (\$/год); $C_{2,w}$ - стоимость замены ветротурбин (\$/год); $C_{3,w}$ - стоимость эксплуатации ветротурбин (\$/год); N_s - количество солнечных батарей (шт); $C_{1,s}$ - вложения в покупку солнечных батарей (\$/год); $C_{2,s}$ - стоимость замены солнечных батарей (\$/год); $C_{3,s}$ - стоимость эксплуатации солнечных батарей (\$/год); N_g - количество дизельных генераторов (шт); $C_{1,g}$ - вложения в покупку дизельного генератора (\$/год); $C_{2,g}$ - стоимость замены дизельного генератора (\$/год); $C_{3,g}$ - стоимость эксплуатации дизельного генератора (\$/год); $C_{4,g}$ - стоимость топлива для дизельного генератора (\$/год); N_b - количество аккумуляторных батарей (шт); $C_{1,b}$ - вложения в покупку аккумуляторных батарей (\$/год); $C_{2,b}$ - стоимость замены аккумуляторных батарей (\$/год); $C_{3,b}$ - стоимость эксплуатации аккумуляторных батарей (\$/год); C_f - стоимость доставки (завоза) топлива (\$/год); C_{st} - стоимость хранения топлива (\$/год); C_d - стоимость доставки оборудования (\$/год); C_n - суммарный налог на выбросы вредных веществ (плата за негативное воздействие на окружающую среду, для Российской Федерации) (\$/год); $C_{1,gr}$ - капитальные вложения в

строительство линии электропередач (ЛЭП) за 1 км. (\$/км/год); $C_{2,gr}$ - стоимость эксплуатации ЛЭП (\$/км/год); $C_{3,gr}$ - стоимость подключения к сети, в случае наличия ЛЭП (\$/год); $C_{4,gr}$ - стоимость потребляемой энергии от ЛЭП (\$/кВт·ч/год); $C_{5,gr}$ - стоимость продажи электроэнергии, выработанной от ВИЭ, в централизованную электрическую сеть (в случае принятия в Российской Федерации соответствующих законов), (\$/кВт·ч/год).

При отсутствии любого из компонентов математической модели коэффициент, связанный с ним, обнуляется.

Учёт коэффициента C_f особенно актуален при завозе топлива в отдаленные районы Российской Федерации, например Севера, что значительно влияет на общую стоимость комбинированных установок, рассчитывается в виде:

$$C_f [C_p [V \tag{3}$$

где: C_p - цена перевозки одной единицы объема от поставщика к потребителю (\$);
 V - объем перевозки (куб.ед.).

Коэффициент C_d применяется при доставке оборудования в отдаленные районы, либо при доставке отсутствующего оборудования из других стран или регионов, например из Китая. Коэффициент C_d рассчитывается следующим образом:

$$C_d [(D_c [D_r) [M \tag{4}$$

где: D_c - цена доставки одной единицы массы по Китаю (\$); D_r - цена доставки одной единицы массы по России (\$); M - масса перевозки (ед.).

Таким образом, разработана математическая модель общей стоимости комбинированной установки на основе ВИЭ. Математическая модель отличается близостью к реальным условиям (адекватностью) и простотой, что обеспечивает возможность и удобство использования модели по её прямому назначению. Модель в отличие от уравнения 1, является более точной за счёт учёта ряда новых коэффициентов суммарной стоимости и адаптации, существующих для условий Российской Федерации. Данная математическая модель может быть взята за основу написания ПО для расчёта стоимости комбинированных электроустановок.

Анализ солнечных и ветровых ресурсов места изыскания

В данной работе производится моделирование комбинированной системы электроснабжения части жилого комплекса «Экодолье», расположенного в районе села Ивановка Оренбургского района. Концепция создания поселка, базировавшаяся на принципах экономичности, экологичности и энергоэффективности, делает его идеально подходящим для дальнейшего исследования.

Характер ВИЭ воздействует на режим и экономику энергосистем, так как ресурсы определяют объёмы и синхронизацию выработки энергии, экономическая эффективность

очень сильно зависит от местных условий. Поэтому детальное и точное моделирование возобновляемых ресурсов является важным элементом проектирования устройства.

Солнечный ресурс: ПО генерирует синтезированные почасовые глобальные данные солнечного излучения из данных о ежемесячных солнечных ресурсах, используя алгоритм Грэхема [11]. Входные данные к этому алгоритму - это ежемесячные средние величины солнечного излучения и широт, интересующей нас местности. Данные занесены в форме ежемесячной суммы солнечной радиации на горизонтальную поверхность ($\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2/\text{сут}$). Индекс яркости определен ПО на основе указанного излучения часового пояса (+5 GMT), координат широты и долготы (51.76 с.ш., 55,1 в.д.), результаты приведены в таблице 2, график среднегодового излучения представлен на рисунке 3. Выходные данные - при вводе значений ПО строят 8760 часовую базу данных солнечных излучений для каждого часа со статистическими характеристиками, подобными набору результатов реальных измерений, с учетом изменчивости и автокорреляции.

Таблица 2 - Среднегодовое солнечное излучение

Месяц	янв	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек	Ср.го д
Индекс яркости	0,44 8	0,51 4	0,56 9	0,54 5	0,56 5	0,55 9	0,56 3	0,55 9	0,55 5	0,49 4	0,46 7	0,44 3	0,545
Излучение, $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2/\text{сут}$	0,99 0	1,88 0	3,39 0	4,66 0	5,99 0	6,44 0	6,22 0	5,20 0	3,79 0	2,14 0	1,18 0	0,80 0	3,565

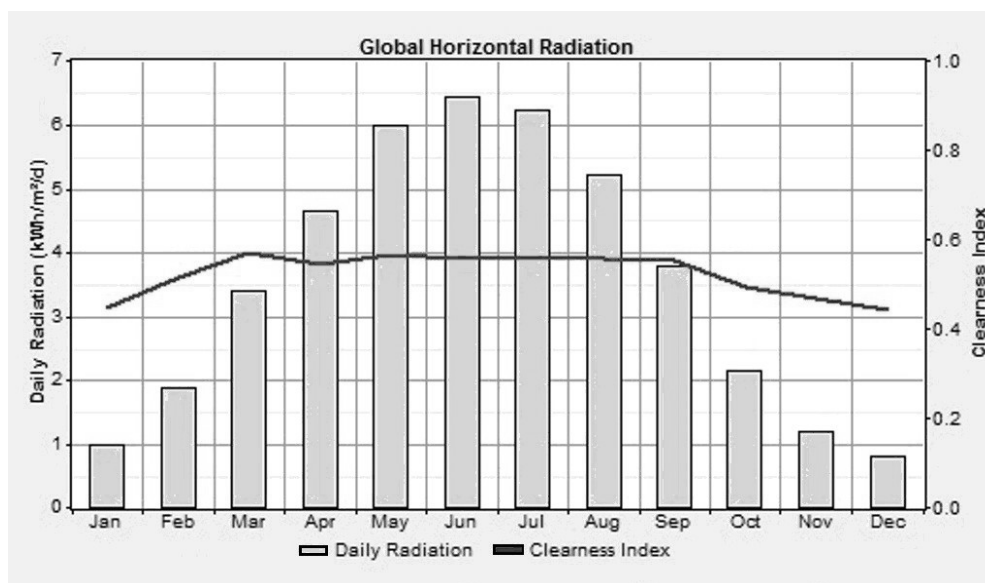


Рисунок 3 – График среднегодового солнечного излучения на горизонтальную поверхность сгенерированный программным обеспечением «HOMER 2»

Ветровой ресурс: среднемесячная скорость ветра на высоте 10 метров была взята из характеристики природных условий района изысканий [12]. Если измерение скорости ветра не было произведено на высоте втулки воздушной турбины (в нашем случае 25 м), необходимо установить зависимость скорости ветра от высоты втулки. Это может быть

сделано, используя логарифмический (Eurocode 1, EN 1991-1-4, ДБН В.1.2-2 2006 Нагрузки и воздействия) или степенной закон (СНиП 2.01.07-85, СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия):

$$v(z) = v_{анем} \left[\frac{z}{z_{анем}} \right]^{\alpha} \quad (5)$$

где: $v_{анем}$ - скорость ветра на уровне расположения анемометра ($z_{анем}$), α - показатель степени зависит от шероховатости подстилающей поверхности и от самой скорости ветра.

В СНиП 2.01.07-85 используется классификация поверхностей: А - открытые побережья морей, озер и водохранилищ, пустыни, степи, лесостепи, тундра; В - городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой до 10 м; С - городские районы с застройкой зданиями высотой свыше 25 метров. С показателем степени для указанных выше типов местности равным: $\alpha_A = 0,16$; $\alpha_B = 0,22$ и $\alpha_C = 0,33$. Используя уравнение 5, определена скорость ветра на высоте 25 м., представлена в таб. 3.

Таблица 3- Среднемесячная скорость ветра (м/сек)

Месяц	янв	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек	Ср. годов ая
10 м	4,5	4,6	4,2	4,3	4,3	3,7	3,4	3,4	3,7	4,0	4,0	4,1	4,0
25 м	5,2	5,3	4,9	5,0	5,0	4,2	4,0	4,0	4,2	4,6	4,6	4,7	4,6

Таким образом, поскольку ресурсы ВИЭ не слишком высоки, то применение ветроустановок с другими источниками энергии, такими как солнечные батареи и дизельный генератор будет целесообразно. В работе исследуются условия использования ВИЭ в системе энергоснабжения сельскохозяйственных потребителей, являющейся на сегодняшний день наиболее перспективным местом для внедрения технологий возобновляемой энергетики.

Электрическая нагрузка

Для определения нагрузок необходимо знать потребление электроэнергии в доме в течение года. Электрическая нагрузка части жилого комплекса состоит из 10 домов с 4 членами семьи в каждом, предполагаемое среднесуточное потребление электроэнергии приведено в таб. 4.

Таблица 4 - Предполагаемое среднесуточное потребление электроэнергии

Наименование	Мощность, Вт	Время работы (усредненное), ч.	Энергия (из расчета на 10 домов), Вт·ч/сут
Энергосберегающая лампа 10 Вт	100	5	5000
Телевизор	100	1	1000
Компьютер	400	1	4000

Глубинный электронасос	1500	2	30000
Холодильник	150	24	36000
Итого	2250	-	76000

На основе определенных почасовых значений энергопотребления за 24 часа, программное обеспечение «HOMER 2» версия 2.81 [13] сгенерировало суточный профиль нагрузки, представленный на рис. 4. Симулируя изменчивость нагрузки, чтобы график для каждого дня был уникален, добавлена хаотичность, в виде 10% ежедневной и почасовой изменчивости нагрузки.

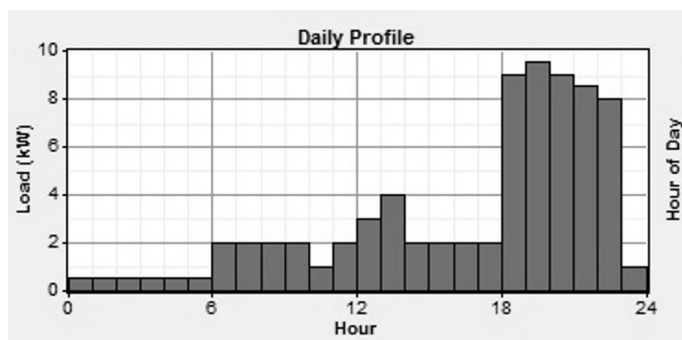


Рисунок 4 - Среднесуточный профиль нагрузки сгенерированный «HOMER 2»

Определена средняя допускающая задержку нагрузка (требование, которое может быть удовлетворено в определенный период времени, при этом точная синхронизация не важна и существует гибкий график, типичный пример водяной насос (при наполненном резервуаре воды) и заряженные аккумуляторные батареи). Как показано на рис.5, предполагается, что объем энергопотребления возрастет с июня по август из-за полива в летний период.

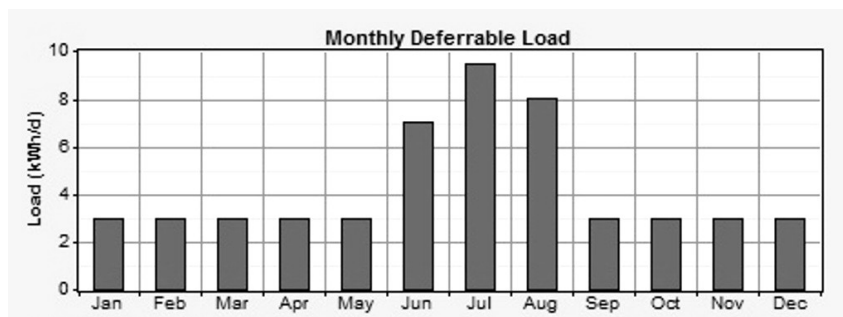


Рисунок 5 - Профиль среднегодовой допускающей задержку нагрузки сгенерированный программным обеспечением «HOMER 2»

Таким образом, поскольку электрическая нагрузка оказывает самое большое влияние на стоимость и размер узлов установки, ее детальное и точное моделирование является важным элементом проектирования системы.

Моделирование энергогенерирующих устройств

Для обеспечения электроснабжения согласно расчетным нагрузкам, охарактеризованным выше, предлагается использовать комбинированную электростанцию, которая состоит из компонентов охарактеризованных ниже.

Воздушная турбина: критерии отбора основывались на стоимости, выходном

напряжении, номинальной мощности генератора и стартовой скорости ветра, поскольку ресурс ветра в исследуемой местности не очень высок. Основываясь на критериях упомянутых ранее, отобрана ветротурбина компании Windelectric-Europe 5000, стоимостью 4765 долларов США, генерирующая переменный ток, имеющая номинальную мощность генератора 5 кВт, горизонт-тальную ось вращения, стартовую скорость ветра 2,0 м/сек. и высоту мачты 25 метров.

Солнечная фотоэлектрическая батарея: стоимость солнечных модулей на основе аморфного кремния составляет 4600 долларов за 1 кВт установленной мощности. С учетом тенденции снижения цены, стоимость замены берется в количестве 80 % от начальных капитальных затрат. Отдаваемая мощность устройства вычисляется, используя следующее уравнение [11]:

$$P_{PV} = Y_{PV} f_{PV} \left[\frac{\bar{G}_T}{\bar{G}_{T,STC}} \left[1 + \alpha_p (T_c - T_{c,STC}) \right] \right] \quad (6)$$

где Y_{PV} - номинальная мощность солнечной батареи (кВт), f_{PV} - коэффициент снижения мощности PV (%), \bar{G}_T - количество солнечного излучения, падающего на солнечную батарею (кВт/м²), $\bar{G}_{T,STC}$ - количество излучения в стандартных условиях испытаний (1 кВт/м²), α_p - температурный коэффициент мощности (%/°C), T_c - температура солнечной батареи в текущее время (°C), $T_{c,STC}$ - температура солнечной батареи в стандартных условиях испытаний (25 °C).

Если влияние температуры на солнечную батарею не учитывается, приведенное выше уравнение упрощается:

$$P_{PV} = Y_{PV} f_{PV} \left[\frac{\bar{G}_T}{\bar{G}_{T,STC}} \right] \quad (7)$$

Проектная мощность солнечной батареи является количеством мощности, произведённой в стандартных условиях испытаний на 1 кВт/м² освещенности при температуре панели 25°C. Коэффициент снижения мощности – существенный фактор, предназначенный для учёта влияния пыли, оседающей на панель, потери при передаче электроэнергии, повышенную температуру, либо других факторов, влияющих на выходную мощность солнечной батареи и вызывающих отклонения от ожидаемых испытательных значений.

Группа аккумуляторных батарей: аккумуляторная батарея была выбрана из библиотеки ПО «HOMER 2», модель SURRETTE 6CS25P (6V, 1156 Ah, 6,94 kWh), стоимость была уточнена на веб-сайте производителя и составила 950 \$. Срок службы группы батарей рассчитывается следующим образом [11]:

$$R_{batt} = \text{MIN} \left[\frac{N_{batt} Q_{lifetime}}{Q_{thrpt}}, R_{batt,f} \right] \quad (8)$$

где: N_{batt} - количество батарей в группе, $Q_{lifetime}$ - пропускная способность одной аккумуляторной батареи (кВт), Q_{thrpt} - ежегодная пропускная способность аккумуляторной батареи (сумма количества энергии, проходящей через группу батарей за один год) (кВт·ч/год), и $R_{batt.f}$ - буферный срок службы батареи (максимальный срок службы независимо от пропускной способности), (лет).

Стоимость износа батареи вычисляется следующим образом [11]:

$$c_{bw} \left[\frac{C_{rep,batt}}{N_{batt} \left[Q_{lifetime} \left[\sqrt{\frac{Q_{thrpt}}{R_{batt.f}}} \right] \right]} \right] \quad (9)$$

где: $C_{rep,batt}$ - стоимость замены группы батареи (\$) и $\sqrt{\frac{Q_{thrpt}}{R_{batt.f}}}$ - эффективность заряда-разряда батареи (%).

Инвертор: выбраны модели HYUNDAI, стоимостью 1600\$ -15 кВт и 1800\$ - 22 кВт. Эффективность инвертора принимается как 90 %.

Дизельный генератор: выбрана модель «Азимут» АД 15-Т400, мощностью 15 кВт, стоимостью 5250 \$. Основным критерием при выборе генератора являлась стоимость, без учета его эффективности. Главные материальные свойства генератора – вырабатываемая мощность, ожидаемый срок службы, тип топлива и соотношение количества потребляемого топлива к выработке электроэнергии. В дополнение к этим свойствам существует коэффициент выбросов генератора, по которому могут быть определены шесть типов выбросов шести различных веществ исходя из типа и количества расходуемого топлива. Стоимость затрат дизельного генератора рассчитывается по следующей формуле [11]:

$$c_{gen, fixed} \left[c_{om.gen} \left[\frac{C_{rep.gen}}{R_{gen}} \left[F_0 Y_{gen} c_{fuel, eff} \right] \right] \right] \quad (10)$$

где: $c_{om.gen}$ - техническое обслуживание (\$ / час), $C_{rep.gen}$ - стоимость замены (\$), R_{gen} - срок службы генератора (часов), F_0 - коэффициент кривой топлива генератора (л/час/кВт), Y_{gen} - мощность генератора (кВт), и $C_{fuel, eff}$ - цена топлива (\$/л). Цена топлива может включать плату за негативное воздействие, связанное с выбросом загрязняющих веществ от дизельного генератора.

Для исследования рассматривалось дизельное топливо с ценами: 0.8, 0.9, и 1 доллар США за литр. Текущая цена, составляет 0.9 долларов за литр.

Выбор оптимального сочетания энергогенерирующих устройств

Используя ПО «HOMER 2» произведен последовательный поиск возможных вариантов и комбинаций установок, наиболее оптимальные результаты моделирования приведены в таб. 5.

Таблица 5 - Результаты моделирования

Тип установки	Начальные вложения, (\$)	Эксплуатационные затраты (\$/Год)	Вложения за 25 лет, (\$)	Цена выработанной энергии, (\$/кВт•ч)	Расход диз. топлива (Литров/Год)	Работа диз. генератора (Часов /Год)
Ветро-солнечно-дизельная	41,265	8,053	144,207	0.408	6779	2142
Ветро-дизельная	18,265	10,151	148,034	0.419	8824	2873
Солнечно-дизельная	36,500	12,931	201,799	0.571	11292	3679
Дизельная	13,500	15,235	208,248	0.589	13414	4499

Процентное соотношение выработанной электроэнергии от различных источников энергии представлено в таблице 6.

Таблица 6 – Количество выработанной энергии

Источник Энергии	Количество выработанной электроэнергии (кВт/Год)			
	Ветро-солнечно-дизельная установка	Ветро-дизельная	Солнечно-дизельная	Дизельная
Ветер	12484 (35%)	12,484 (37%)	-	-
Солнце	6172 (17%)	-	6,172 (18%)	-
Дизель	16833 (47%)	21,506 (63%)	27,509 (82%)	32,058 (100%)
Суммарное количество	35489 (100%)	33,990 (100%)	33,681 (100%)	32,058 (100%)

Следует отметить существующую возможность интеграции ВИЭ с централизованной электрической сетью. Использование электрической сети в качестве резервного источника питания вместо дизельного генератора позволит сократить общие вложения, которые составят за 25 лет эксплуатации ветро-солнечно-сетевой установки 67811 \$, при условии, что выработанная энергия от исключенного из системы генератора (16833 кВт·ч/год) заменена электроэнергией от сети по тарифу 1,55 руб. за 1 кВт·ч [14], возможный рост тарифа и стоимость подключения не учитывались. Электроснабжение жилого массива «Экодолье» осуществляется от подстанции «Пугачевская» 110 кВ, относящейся к Центральному (Оренбургский энергоузел) энергорайону Оренбургской энергосистемы.

Собственная генерация Центрального энергорайона покрывает 80% зимнего потребления и 40 % летнего. Район является дефицитным по активной мощности, с высокой вероятностью нарушения устойчивости при аварийных отключениях ВЛ 500-220 кВ и не позволяет обеспечивать достаточную надежность электроснабжения потребителей [15,16].

Исходя из выше сказанного, ветро-солнечно-сетевая установка является наиболее экономически выгодной из всех рассмотренных установок, но принимая во внимание выше обозначенные проблемы текущего состояния энергосистемы на территории Оренбургской области в дальнейшем будут рассмотрены только установки для децентрализованного электроснабжения.

Количество выбросов вредных веществ для всех типов установок приведено в таблице 7. Плату за негативное воздействие на окружающую среду (НВОС), рассчитывают по следующей формуле [17]:

$$P_{н\text{атм}} = \sum_{i=1}^n C_{ni\text{атм}} \cdot M_{i\text{атм}} \cdot K_{э\text{атм}} \cdot K_{ин} \quad (11)$$

$$\text{При } M_{i\text{атм}} = M_{ni\text{атм}}$$

где: i - вид загрязняющего вещества ($i = 1, 2, 3...n$), $P_{н\text{атм}}$ - плата за выбросы загрязняющих веществ в пределах установленных нормативов выбросов (руб.), $C_{ni\text{атм}}$ - норматив платы за выброс одной тонны i -го загрязняющего вещества в пределах

установленных нормативов выбросов (руб.), $Mi_{амм}$ - фактическая масса выброса i -го загрязняющего вещества (т), $Mni_{амм}$ - допустимый выброс i -го загрязняющего вещества в пределах установленного норматива (т), $Kэ_{амм}$ - коэффициент, учитывающий экологический фактор состояния атмосферного воздуха в данном регионе, $K_{ин}$ - коэффициент индексации платы за негативное воздействие на окружающую среду.

Таблица 7 – Количество выбросов вредных веществ

Тип установки	Выбросы вредных веществ (Кг/Год)						НВОС (\$/Год)
	Двуокись углерода	Окись углерода	Несгоревшие углеводороды	Дисперсные частицы	Диоксид серы	Оксид азота	
Ветро-солнечно-дизельная	17,851	44.1	4.88	3.32	35.8	393	1098
Ветро-дизельная	23,237	57.4	6.35	4.32	46.7	512	1429
Солнечно-дизельная	29,736	73.4	8.13	5.53	59.7	655	1829
Дизельная	35,322	87.2	9.66	6.57	70.9	778	2173

Установка, основанная на выработке электроэнергии дизельным генератором, имеет наименьшие начальные капитальные затраты, но обладает высокой совокупной стоимостью для проекта в целом, как показано в таблице 5. Кроме того, использование этой системы сопровождается большим количеством выбросов вредных веществ CO_2 - 35,322 кг/год, SO_2 - 70.9 кг/год и NO_2 - 778 кг/год, как показано в таблице 7.

Использование солнечно-дизельной установки позволяет сократить выработку энергии от дизельного генератора до 82%, как показано в таблице 6, уменьшить долю вредных выбросов по сравнению с выбросами от дизельного генератора CO_2 на 5,586 кг/год, SO_2 на 11,2 кг/год и NO_2 на 123 кг/год (таб. 7).

Ветро-дизельная установка сокращает долю выработки энергии от дизельного генератора до 63% (таб. 6) и уменьшает долю вредных выбросов по сравнению с выбросами от дизельного генератора CO_2 на 12,085 кг/год, SO_2 на 24,2 кг/год и NO_2 на 266 кг/год (таб. 7).

Ветро-солнечно-дизельная установка снижает долю выработки энергии от дизельного генератора до 47% (таб. 6), таким образом, сокращая количество вредных выбросов по сравнению с выбросами от дизельного генератора CO_2 на 17,471 кг/год, SO_2 на 35,1 кг/год и NO_2 на 385 кг/год (таб. 7).

Таким образом, исследования сочетания компонентов комбинированных устройств, генерирующих энергию и проведенные технико-экономические расчеты позволяют выбрать оптимальную комбинацию оборудования. Все рассмотренные типы установок комбинированные с ВИЭ являются более эффективными по сравнению с использованием в качестве источника энергии только дизельный генератор. Как видно из таблицы 5, наиболее эффективной при децентрализованном электроснабжении является ветро-солнечно-дизельная

установка, несмотря на большие первоначальные затраты имеет наименьшие общие вложения за 25 лет, и самую минимальную цену выработанной электроэнергии. Из таблицы 7 можно заметить, что ветро-солнечно-дизельная установка имеет более низкую плату за НВОС за счет меньшего количества выбросов загрязняющих веществ по сравнению с остальными установками, что так же дает значительные преимущества с экологической точки зрения. В настоящее время энергогенерирующее оборудование на основе ВИЭ продолжает оставаться невостребованным, предложенный подход позволяет формировать комбинированные установки из уже выпускаемого серийного оборудования, повышая его эффективность.

Оптимизация комбинированной ветро-солнечно-дизельной установки

Наиболее эффективная ветро-солнечно-дизельная установка отображена для дальнейшей оптимизации. Схема моделируемого комбинированного устройства сгенерированная при помощи программного обеспечения «HOMER 2» (v2.81), показана на рисунке 6.

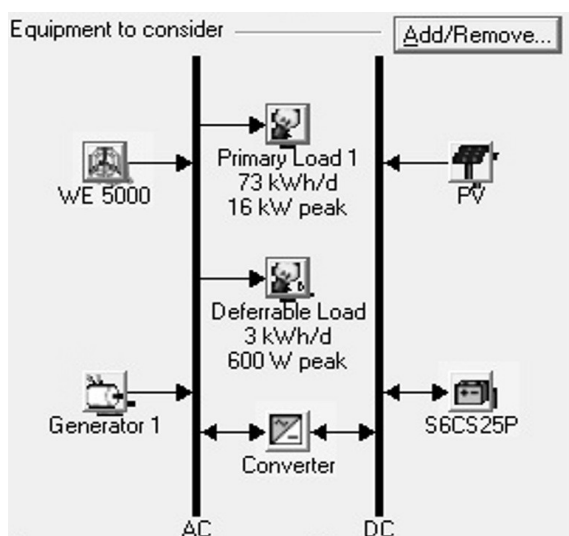


Рисунок 6 - Схема моделируемого устройства

Результаты моделирования комбинаций узлов устройства представлены в таб. 8. Количество вредных выбросов и стоимость НВОС рассчитанная от объема вредных выбросов, приведены в таблице 9.

Таблица 8 – Возможные комбинации узлов устройства

Выработка от ВИЭ, (%)	Ветроустановка, (кВт)	Солнечная батарея, (кВт)	Дизельный генератор, (кВт)	Аккумуляторная батарея, (шт.)	Инвертор, (кВт)	Начальные вложения, (\$)	Вложения за 25 лет, (включая замену обслуживающие, стоимость топлива), (\$)	Стоимость доставки оборудования, (\$)	Стоимость топлива, (\$)	Итоговые вложения с учетом НВОС (Возможный рост стоимости НВОС не учитывался), (\$)	Цена выработанной энергии, (\$/кВтч)	Расход дизельного топлива (Литров/Год)	Время работы дизельного генератора (Час/Год)

52	5	5	15	7	15	41,265	144,207	515,1	63,5	172,235	0.408	6779	2142
90	2×5	10	15	30	15	90,880	146,142	1030,2	14,5	153,436	0.413	1547	451
100	2×5	22	15	43	22	158,630	212,038	1030,2	0,6	213,343	0.599	69,5	16

Количество вредных выбросов и стоимость НВОС рассчитанная от объема вредных выбросов, приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Количество вредных выбросов и стоимость НВОС

Выработка от ВИЭ (%)	Выбросы вредных веществ (Кг/Год)						НВОС (\$/Год)
	Двуокись углерода	Окись углерода	Несгоревшие углеводороды	Дисперсные частицы	Диоксид серы	Оксид азота	
52%	17,851	44.1	4.88	3.32	35.8	393	1098
90%	4,073	10.1	1.11	0.758	8.18	89.7	250
100%	183	0.452	0.05	0.034	0.367	4.03	11

Таким образом, на основе разработанной математической модели (уравнение 2) представлен расчёт общей стоимости комбинированной установки. Что позволяет, анализируя предъявляемые требования, выбрать оптимальный набор оборудования, достоверность данного метода подтверждается совпадением результатов расчёта с программным обеспечением «НOMER 2», решающим аналогичные задачи. Модель в отличии от аппарата программного обеспечения «НOMER 2» является более точной за счёт учёта коэффициентов стоимости доставки оборудования C_d и топлива C_f , что особенно актуально для обширной территории России, например, при транспортировке в отдаленные районы крайнего Севера, что значительно влияет на общую стоимость комбинированных установок. Оценка исследуемой области показала значительный потенциал ВИЭ. Что даёт возможность выбора вариантов комбинированных систем с разными процентными соотношениями выработки энергии от ВИЭ. Поскольку для третьей категории надежности допустимое число часов отключения в год составляет 72 часа [18], а в системе с 100% выработкой от ВИЭ резервный дизельный генератор используется 16 часов в год (менее 1%), возможно его полное исключение из системы, что удешевит стоимость установки.

Заключение

Проведенные технико-экономические расчеты 7 разработанных комбинированных установок по предложенной автором методике позволяют сделать выводы, что при децентрализованном электроснабжении, явно видны существенные экономические преимущества, так например 1 кВт выработанной электроэнергии от ветро-солнечно-дизельной установки, при условии выработки от ВИЭ 90%, будет дешевле на 0,165\$ по сравнению с выработкой от дизельного генератора. Использование комбинированных установок на основе ВИЭ способствует значительному локальному улучшению экологической обстановки (таб. 7, 9), при гарантированном электроснабжении, что в свою очередь так же способствует повышению экономических показателей на фоне улучшения качества жизни людей. На себестоимость электроэнергии большую роль оказывают первоначальные

вложения в компоненты установки. При моделировании были использованы компоненты средней ценовой категории, при выборе более дешевого оборудования, стоимость произведенной электроэнергии заметно снизится.

Для массового использования альтернативных источников энергии в России необходим комплексный подход, связанный с рядом факторов: научно-технических, организационно-экономических и правовых. Подобные меры при сочетании с подходящими природно-климатическими условиями, на фоне постоянного удорожания ископаемого топлива, растущей плате за негативное воздействие на окружающую среду и удешевление компонентов, генерирующих энергию от ВИЭ, приведет к необходимости перехода на альтернативные источники энергии.

Благодарю за внимание к представленной конкурсной работе, искренне надеюсь, что работа покажется интересной как узким специалистам, так и широкой публике, а ее результаты найдут практическое применение.

Список используемой литературы

1. Кадыков Ю.М. Малая и нетрадиционная энергетика. Направления развития // Новости ЭлектроТехники. 2006. № 2(38).
2. Энергетическая безопасность [Электронный ресурс]: Монография / Д. В. Зеркалов. – Электрон. дан. – К. : Основа, 2012.
3. Солнечная энергетика в России и мире – Режим доступа: <http://www.ecology.md/section.php?section=news&id=5740>, свободный. – Загл. с экрана. (дата обращения 01.10.2013)
4. Шкрадюк И.Э. Тенденции развития возобновляемых источников энергии в России и мире. 2010, М., WWF России. 88 с.
5. Внедрение возобновляемых источников энергии // International Energy Agency ОЭСР/МЭА, 2010 URL: www.iea.org (дата обращения: 15.05.2013).
6. Юрген Шенк Формирование тарифной политики в области альтернативной энергетике в Европе/Рабочий семинар экспертов Восточной Европы по политике и тарифам для энергии из альтернативных источников// Минск, Беларусь 22 – 23 октября 2009 г.
7. ARE-Alliance for Rural Electrification // Hybrid power systems based on renewable energies-A suitable and cost-competitive solution for rural electrification 2008.URL:http://rural-elec.org/fileadmin/DATA/Documents/06_Publications/Position_papers/ARE-WG_Technological_Solutions_-_Brochure_Hybrid_Systems.pdf. (дата обращения 03.05.2013).
8. Martinot, E. (1999) “Renewable Energy in Russia: Markets, Development and Technology Transfer”, Renewable and Sustainable Energy Reviews 3: 49-75, http://www.martinot.info/re_publications.htm.
9. Д.С. Стребков, А.К. Сокольский, Ахмед Т.А. Джайлани. Комбинированные электростанции для автономных сельскохозяйственных потребителей в Египте // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ, 2009. – № 3. – С. 42-44.
10. M. Bailey, M. Eastwood, T Grieser, L. Borovick, V. Turner, and R.C. Gray, “Special Study: Data Center of the Future”, New York, NY: IDC 06C4799, April 2007.
11. HOMER, the micropower optimization model. – Режим доступа: <http://www.nrel.gov/homer>, свободный. – Загл. с экрана. (дата обращения 03.06.2013)

12. Климатическая характеристика. – Режим доступа: <http://www.ecoindustry.ru/phorum/viewtopic.html?geo=56&f=14&t=2402>, свободный. – Загл. с экрана. (дата обращения 01.10.2013)
13. HOMER 2. – Режим доступа: <http://homerenergy.com/software.html>, свободный. – Загл. с экрана. (дата обращения 03.06.2013)
14. Приказ Департамента Оренбургской области, по ценам и регулированию тарифов от 06.12.2012, №151-э/э «Об утверждении тарифов, на электрическую энергию, поставляемую населению и приравненным к нему категориям потребителей, на 2013 год»
15. Схема и программа развития электроэнергетики утверждённые Губернатором – председателем Правительства Оренбургской области Ю.А. Бергом на период 2014-2018 г.г. – Режим доступа: http://nota.potext.ru/tw_files2/urls_2/2/d-1348/7z-docs/3.pdf, свободный. – Загл. с экрана. (дата обращения 20.09.2013)
16. Программа развития электроэнергетики Оренбургской области утверждённые Губернатором – председателем Правительства Оренбургской области Ю.А. Бергом на 2013-2017 годы, от 28.04.2012
17. А.Ю. Ильина, редактор-эксперт журнала «Бюджетный учет». Плата за негативное воздействие на окружающую среду. – Режим доступа: <http://b-uchet.ru/article/35538.php>, свободный. – Загл. с экрана. (дата обращения 03.10.2013)
18. Постановление Правительства РФ от 31 августа 2006 г. №530 «Об утверждении Правил функционирования розничных рынков электрической энергии в переходный период реформирования электроэнергетики». Пункт 113 // СЗ РФ. 2006. - № 37. - Ст. 3876.

Экономическая эффективность получения и использования биогаза на сельскохозяйственном предприятии

Актуальность

Истощение невозобновляемых природных ресурсов, а также постоянно растущие цены на энергоносители способствуют поиску новых альтернативных источников энергии.

Получение биогаза из разнообразных отходов птицеводства, животноводства и растениеводства является одним из эффективных способов их утилизации и экономически выгодным источником дополнительной энергии.

Биогазовые установки уже давно получили широкое признание в большинстве стран Азии, Европы, Америки, главным образом, по причине дефицита традиционных источников энергии.

В России вопрос о внедрении технологии получения биогаза из отходов сельхозпроизводства, предприятий пищевого, ЖКХ в настоящее время также становится все более актуальным в силу постоянного роста затрат на энергоносители и скопления огромной массы отходов.

Решение ряда проблем возможно только с применением биотехнологии.

Так, наличие биогазовой установки у предприятия с постоянным источником биологических отходов позволяет:

- утилизировать их без ущерба окружающей среде и избавиться от экологических последствий, возникающих в результате их длительного хранения;
- вырабатываемый установкой биогаз можно использовать для получения собственной тепловой или электрической энергии, а также в качестве топлива для заправки автотранспорта;
- переработанные отходы на выходе из установки превращаются в высококачественные органические удобрения, пользующиеся высоким спросом у аграрных хозяйств.

Внедрение биогазовой установки не представляет значительных трудностей как при монтаже, так и при эксплуатации, поскольку принцип ее действия достаточно прост, а затраты на приобретение или изготовление собственными силами (что вполне реально для предприятия практически любого масштаба) относительно не высоки.

Цель: оценить экономический эффект от внедрения технологии получения биогаза на сельскохозяйственном предприятии.

Задачи:

- оценить значимость и степень развития биотехнологии и биоэнергетики, как одного из направлений биотехнологии, на современном этапе; рассмотреть перспективные направления развития биотехнологий в ближайшем будущем;
- рассмотреть технологию получения биогаза на основе отходов с/х производства;

- провести расчет экономической эффективности внедрения биогазовой установки на с/х предприятии и на его основе провести сравнительный анализ результатов хозяйственной деятельности предприятия до и после внедрения биогазовой установки.

Объект исследования: сельскохозяйственное предприятие с постоянным источником биологических отходов.

Предмет исследования: процесс получения биогаза и биоудобрений на основе отходов с/х производства (биогазовая технология).

Роль биоэнергетики в энергетическом потенциале хозяйствующих систем

Одним из приоритетных направлений промышленной биотехнологии является биоэнергетика.

Растительный покров Земли составляет более 1800 млрд. т сухого вещества, что энергетически эквивалентно известным запасам энергии полезных ископаемых. Леса составляют около 68% биомассы суши, травяные экосистемы - примерно 16%, а возделываемые земли - только 8%.

Для сухого вещества простейший способ превращения биомассы в энергию заключается в сгорании - оно обеспечивает тепло, которое в свою очередь превращается в механическую или электрическую энергию. Что же касается сырого вещества, то в этом случае древнейшим и наиболее эффективным методом превращения биомассы в энергию является получение биогаза (метана).

Метановое «брожение», или биометаногенез, - давно известный процесс превращения биомассы в энергию. Он был открыт в 1776 г. Вольтой, который установил наличие метана в болотном газе. Биогаз, получающийся в ходе этого процесса, представляет собой смесь из 65% метана, 30% углекислого газа, 1% сероводорода (H₂S) и незначительных количеств азота, кислорода, водорода и закиси углерода. Болотный газ дает пламя синего цвета и не имеет запаха. Его бездымное горение причиняет гораздо меньше неудобств людям по сравнению со сгоранием дров, навоза жвачных животных или кухонных отходов. Энергия, заключенная в 28 м³ биогаза, эквивалентна энергии 16,8 м³ природного газа, 20,8 л нефти или 18,4 л дизельного топлива.

Биометаногенез осуществляется в три этапа: растворение и гидролиз органических соединений, ацидогенез и метаногенез. В энергоконверсию вовлекается только половина органического материала—1800 ккал/кг сухого вещества по сравнению с 4000 ккал при термохимических процессах, но остатки, или шлаки, метанового «брожения» используются в сельском хозяйстве как удобрения. В процессе биометаногенеза участвуют три группы бактерий. Первые превращают сложные органические субстраты в масляную, пропионовую и молочную кислоты; вторые превращают эти органические кислоты в уксусную кислоту, водород и углекислый газ, а затем метанообразующие бактерии восстанавливают углекислый газ в метан с поглощением водорода, который в противном случае может ингибировать уксуснокислые бактерии. В 1967 г. Брайант и др. установили, что уксуснокислые и метанообразующие микроорганизмы образуют симбиоз, который ранее считался одним микробом и назывался *Methanobacillus omelianskii*. [15]

Отходы пищевой промышленности и сельскохозяйственного производства характеризуются высоким содержанием углерода (в случае перегонки свеклы на 1 литр отходов приходится до 50 граммов углерода), поэтому они лучше всего подходят для метанового «брожения», тем более, что некоторые из них получаются при температуре,

наиболее благоприятной для этого процесса. Желательно перемешивать суспензию сбрасываемых веществ, чтобы воспрепятствовать расслаиванию, которое подавляет брожение. Твердый материал необходимо раздробить, так как наличие крупных комков препятствует образованию метана. Обычно длительность переработки навоза крупного рогатого скота составляет две—четыре недели. Двухнедельной переработки при температуре 35° С достаточно, чтобы убить все патогенные энтеробактерии и энтеровирусы, а также 90% популяции *Ascaris lumbricoides* и *Ancylostoma*.

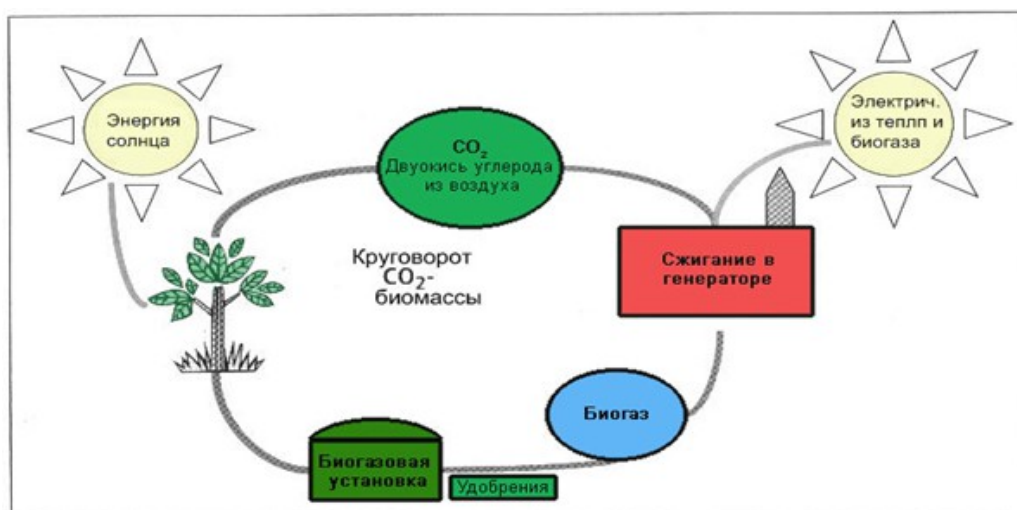
Основы технологии получения биогаза из отходов сельскохозяйственного производства

Биогаз возникает вследствие разложения органической субстанции бактериями. Разные группы бактерий разлагают органические субстраты, состоящие преимущественно из воды, белка, жира, углеводов и минеральных веществ на их первичные составляющие - углекислый газ, минералы и воду. Как продукт обмена веществ при этом образовывается смесь газов, получившая название биогаз. Горючий метан (СН₄) составляет от 5 до 85% и является основным компонентом биогаза, а значит и основным энергосодержащим компонентом.

Энергия, освобождающаяся вследствие анаэробного процесса не теряется как тепло при компостировании, вследствие жизнедеятельности метановых бактерий она превращается в молекулы метана.

Газ метан, содержащийся в биогазовой смеси, имеет энергетическую ценность от 10 кВт на м³ (применительно к чистому метану) и является таким же газом, как и природный газ. Если смесь газов переводить в электрический ток с помощью генератора, то при его эффективности напр. 35% с 10 кВт брутто образуется 3,5 кВт электрического тока, который можно непосредственно подавать в сеть электрического питания. По количеству энергии 1 куб.м биогаза эквивалентен 0,7 м³ природного газа, 1,5 кг каменного угля, 0,6 кг керосина, 2 кВт/ч электроэнергии, 3,5 кг дров, 12 кг навозных брикетов.[1]

Энергия, полученная из биогаза, принадлежит к возобновляемой, поскольку происходит из органического возобновляемого субстрата. Фактом является то, что ископаемые энергоносители на Земле заканчиваются и существует насущная потребность в альтернативных источниках, что придает еще большего значения производству биогаза на биогазовых установках. Кроме того, энергетическое использование биогаза по сравнению со сжиганием природного газа, сжиженного газа, нефти и угля является нейтральным по отношению к СО₂, поскольку выделяемый СО₂ пребывает в пределах естественного круговорота углерода и потребляется растениями на протяжении вегетационного периода. Таким образом, концентрация СО₂ в атмосфере по сравнению с использованием твердого топлива не увеличивается (Рисунок 1).



CO₂ - Двуокись углерода

Рисунок 1 - Круговорот двуокиси углерода органики

Однако метан тоже имеет свои недостатки: при попадании в воздух он очень медленно окисляется на двуокись углерода и воду под воздействием солнечных лучей, озона и так называемых радикалов (молекулы HO-, быстро вступающие в реакцию). Метан после двуокиси углерода (на 50% вызывает парниковый эффект) является наиболее распространенным загрязнителем воздуха и на 20% вызывает явление парникового эффекта. Кроме того, при окислении он потребляет озон и этим самым делает свой вклад в увеличение озоновой дыры в стратосфере. Газовый факел, при помощи которого в аварийных случаях сжигают газ до неопасной двуокиси углерода, имеет большое значение также по этой причине.

До периода индустриализации производство метана и его расщепление пребывали в равновесии. Сегодня этот баланс в значительной мере нарушен: при добыче угля, нефти и природного газа выделяется огромное количество несожженного метана в атмосферу. К этому добавляется еще большое количество газа, которое возникает во всем мире от выращивания риса и животноводства. За последние десятилетия это привело к постоянному возрастанию метана в атмосфере Земли. По этой же причине также потребление биогаза в технических целях имеет особое значение, поскольку, таким образом, уменьшается эмиссия метана. [2]

Процесс получения биогаза

Процесс получения биогаза: четыре этапа процесса анаэробного брожения с получением продуктов брожения.

	Процесс	Бактерии	Выход
I	Гидролиз	Аэробные гидролизные бактерии	Моносахариды, аминокислоты и жирные кислоты
II	Повышение кислотности	Кислотообразующие бактерии	Органические кислоты, двуокись углерода
III	Образование уксусной кислоты	Бактерии образующие уксусную кислоту	Уксусная кислота, двуокись углерода, водород
IV	Образование метана	Метановые бактерии	Метан, двуокись углерода, вода

Рисунок 2 – Этапы получения биогаза

В анаэробных условиях бактерии разлагают органический субстрат, а биогаз является промежуточным продуктом их обмена веществ. Процесс разложения можно разделить на 4 этапа, в каждом из которых участие принимают разные группы бактерий:

На первом этапе аэробные бактерии перестраивают высокомолекулярные органические субстанции (белок, углеводы, жиры, целлюлозу) с помощью энзимов на низкомолекулярные соединения, такие как моносахариды, аминокислоты, жирные кислоты и воду. Энзимы, выделяемые гидролизными бактериями, расщепляют органические составляющие субстрата на малые водорастворимые молекулы. Полимеры превращаются в мономеры (отдельные молекулы). Этот процесс называется гидролизом.

Далее расщеплением занимаются кислотообразующие бактерии. Отдельные молекулы проникают в клетки бактерий, где происходит их дальнейшее преобразование. В этом процессе частично принимают участие анаэробные бактерии, употребляющие остатки кислорода и образующие тем самым необходимые для метановых бактерий анаэробные условия.

На этом этапе вырабатываются:

- кислоты (уксусная, муравьиная, масляная, пропионовая, капроновая и молочная),
- спирты и кетоны (метанол, этанол, пропанол, бутанол, глицерин и ацетон),
- газы (двуокись углерода, углерод, сероводород и аммиак).

Этот этап называют этапом окисления

После этого кислотообразующие бактерии создают из органических кислот исходные продукты для образования метана, а именно: уксусную кислоту, двуокись углерода и водород. Для жизнедеятельности этих бактерий, поглощающих водород, очень важно соблюдение стабильного температурного режима.

На последнем этапе образуется метан, двуокись углерода и вода. 90% всего метана вырабатывается на этом этапе, 70% происходит из уксусной кислоты. Таким образом, образование уксусной кислоты (то есть 3 этап расщепления) является фактором, определяющим скорость образования метана.

Одностадийный и двустадийный процесс

В большинстве случаев такие процессы протекают параллельно, то есть отсутствует раздел по месту протекания или продолжительности разложения. Такие технологии называют одностадийными. Для сбраживания быстроразлагаемых видов сырья в чистом виде

требуется особая двухстадийная технология. Например, птичий помет, спиртовая барда не перерабатываются в биогаз в обычном реакторе (ферментаторе). Для переработки такого сырья необходимо установить дополнительный реактор гидролиза. Такой реактор позволяет контролировать уровень кислотности, чтобы бактерии не погибли из-за повышенного содержания кислот или щелочей, а так же повысить выход метана. (Рисунок 3)



Рисунок 3 - Одно- и двухстадийная технология добычи метана.

Для успешной жизнедеятельности и хорошей работы всех микроорганизмов внутри реактора необходимо обеспечить специальные условия. Обязательными факторами в этом случае являются анаэробные условия, влажность, температура, период брожения, уровень pH, равномерная подача субстрата, подача питательных веществ, размер частичек, перемешивание, стабильность брожения.

Экономическая оценка результатов хозяйственной деятельности предприятия с применением традиционного способа утилизации отходов

Краткое описание технологического процесса

При традиционном способе утилизации отходов очистка производственных помещений от навоза производится с применением скреперов. После чего навозная масса вывозится трактором в отвал, где в соответствии с нормами технологического проектирования систем удаления и подготовки к использованию навоза НТП-17- 99[11] она выстаивается в течение 8-12 мес. Полученный перегной затем вносится на поля.

Формирование дополнительного отвала позволит решить проблему с хранением и отстаиванием навозной массы до приемлемых кондиций. В данном случае при обустройстве отвала предписываемыми нормами можно пренебречь, поскольку производственные мощности позволяют обходиться без гидросмыва. Однако, при более значительных масштабах деятельности и в перспективе к конструкции навозохранилищ следует подходить максимально ответственно, поскольку экологические нормы постоянно ужесточаются, а емкость содержащая тысячи кубометров активной биомассы, всегда представляет опасность для окружающей среды и никакие плёночные системы изоляции лагуны не способны обеспечить надлежащую защиту. Безусловно, строительство таких объектов достаточно затратный процесс.

В таблице 1 представлена информация об имущественном комплексе предприятия на момент реализации рассмотренных сценариев. Для повышения точности и удобства расчетов вся первичная информация охватывает только одно структурное подразделение

(животноводческое), в котором и возникла проблема.

Таблица 1 - Сведения о составе имущества предприятия (активная часть баланса)

Актив	Стоимость (с учетом накопленной амортизации), тыс. руб
Внеоборотные активы	
Нематериальные активы	73
Основные средства	10800
Итого по разделу 1	10873
Оборотные активы	
Запасы	
в том числе:	
запасы кормов	1570
животные на выращивании и откорме	1280
прочие запасы и затраты	260
Денежные средства	850
Итого по разделу 2	3960
Баланс	14833

В соответствии с первым сценарием необходимо сформировать дополнительный отвал, вместимостью 1200 т. (Таблица 2).

Таблица 2 - Смета затрат на формирование дополнительного отвала

Наименование расходов	Стоимость, руб
Проведение землеустроительных работ	4500
Проведение вскрышных работ	400000
Посадка лесополосы (противоветровая защита, препятствующая распространению запаха)	5000
Документальное оформление (регистрация права собственности)	7500
Прочие	3000
Итого	420000

Для проведения сравнительного анализа и выявления насколько эффективно применение традиционного способа утилизации отходов целесообразно рассмотреть затраты, связанные с текущим обслуживанием производственных помещений (в части их очистки) и содержанием системы оборотного использования отвалов (Таблица 3).

Таблица 3 - Перечень затрат по утилизации отходов при традиционном способе

Наименование затрат	Сумма, руб./мес.	Сумма, руб./год
Оплата труда	12000	144000
Затраты на транспортировку до отвала (ГСМ)	3000	36000

Дезинфекция помещения	500	6000
Амортизация скреперного оборудования	75	900
Техобслуживание	60	720
Затраты на эл.энергию	100	1200
Итого	15735	188820

Видно, что львиную долю затрат составляет оплата труда (около 1/3 продолжительности смены уходит на очистку помещений).

Очистка заполненного отвала производится по договоренности с находящимся по соседству зерноводческим хозяйством на безвозмездной основе, т.е. хозяйство вывозит на свои поля перегнившую навозную массу, а предприятие не несет затрат по очистке отвала. Но при этом предприятие не получает и никаких выгод от реализации навоза, поскольку он не является альтернативой высококачественным удобрениям.

Кроме того, существует проблема неэффективного использования персонала. После погрузки навозной массы в тракторную телегу ее необходимо сразу же отвести в отвал (во избежание замерзания в зимнее время), что создает значительные неудобства с организацией последующего кормления свиней (этот процесс должен протекать максимально быстро и ритмично), поскольку один из работников занят транспортировкой и разгрузкой. Кормлением же одновременно должны заниматься все работники фермы.

Согласно данному сценарию затраты предприятия составят:

420000 руб. единовременно при формировании дополнительного отвала;

188820 руб. ежегодно на утилизацию навозной массы.

Амортизация стоимости поставленного на баланс дополнительного отвала должна быть возмещена в стоимости произведенной продукции в течение пяти лет, т.е. ко времени, когда планируется ввод дополнительных производственных мощностей. Так, ежегодная норма составит 84000 руб.

Информацию о движении денежных средств предприятия при использовании традиционного способа утилизации отходов можно представить с помощью консолидированного денежного потока в течение пяти лет (срока, в течение которого стоимость сформированного отвала будет перенесена на себестоимость продукции) (Таблица 4).

Таблица 4 -Консолидированный денежный поток при 1-ом сценарии, тыс. руб.

Показатели	Годы					
	2010	2011	2012	2013	2014	Итого
Капитальные вложения	420					420
Затраты на восполнение кормовой базы	3000	3300	3630	3993	4392	18315
Затраты на оплату труда	450	504	564,5	632,218	708,1	2859
ГСМ,	180	203,4	229,8	259,721	293,5	1166
Электроэнергия на технологические нужды	120	134,4	150,5	168,591	188,8	762,3

Затраты на отопление	100	112	125,4	140,493	157,4	635,3
Затраты на утилизацию отходов	188,82	211,4784	236,9	265,279	297,1	1200
Себестоимость продукции	4038,82	4465,278	4937	5459,3	6037	24938
Выручка от реализации (без налогов)	6300	7056	7903	8851,05	9913	40023
Налог (6% с дохода по упрощенной системе)	378	423,36	474,2	531,063	594,8	2401
Чистая прибыль предприятия	1693,18	1954,562	2253	2593,75	2982	11477
Амортизационные отчисления	190	212,8	238,3	266,936	299	1207
Чистый доход	1883,18	2167,362	2491	2860,68	3281	12684
Норма дисконта, доли ед*.	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	
Чистый дисконтированный доход						
Годовой	1776,585	1928,944	2092	2265,93	2452	
Накопленный	1876,585	3705,529	5797	8063,29	10515	

*Ставка дисконта, равная в приведенных расчетах 0,06, установлена для определения стоимости денег в аграрном секторе (Забайкальского края) с учетом государственного субсидирования банковского процента в размере ставки рефинансирования ЦБ РФ.

Таблица 5 - Показатели эффективности производства при 1-ом сценарии

Показатели	Значение
ЧДД (за 5 лет), тыс.руб	10515,22
Рентабельность производства, %	27
Доля затрат на утилизацию отходов в себестоимости продукции, %	4,7
Доля затрат на отопление в себестоимости продукции, %	2,5
Доля затрат на оплату труда при утилизации отходов в ФОТ, %	32
Доля ГСМ при транспортировке навоза в общем объеме затрат на ГСМ, %	20
ROI, показатель эффективности инвестиций, %	0
Рентабельность основного капитала (после осуществления капитальных мероприятий), %	15

На основе полученных расчетов результативность хозяйственной деятельности предприятия при традиционном способе утилизации отходов можно представить с помощью таблицы, содержащей различные показатели эффективности.

Экономическая оценка результатов хозяйственной деятельности предприятия после внедрения БГУ

Определение величины капитальных затрат при строительстве БГУ

Реализация 2-го сценария предполагает строительство (монтаж) биогазовой установки в непосредственной близости с местом выгрузки сырья – навоза из помещения фермы. Смета затрат представлена в таблице 6.

Ожидаемые результаты от внедрения БГУ:

1. Повышение рентабельности производства вследствие повышения показателя безотходности;
2. Обеспечение самостоятельного энергоснабжения за счет вырабатываемого биогаза (полностью или частично);
3. Улучшение «экологического настроения» местных жителей;
4. Ликвидация неудобств, связанных с процессом кормления (высвобождение дополнительных чел.-часов);
5. Ликвидация затрат на транспортировку навозной массы;
6. Повышение рентабельности основного капитала.

Решение поставленных задач предполагает проведение следующих инженерно-технических мероприятий:

- сооружение пристройки для биореактора (необходима в условиях резко континентального климата);
- монтаж биогазовой установки, устройства для сепарации и сушки отработанного шлама, газовых горелок;
- обучение/инструктаж работников.

Реализация всех технических мероприятий планируется посредством собственных сил с обращением за консультативной помощью к поставщику БГУ.

Таблица 6 - Смета затрат на монтаж БГУ

Наименование расходов	Стоимость, тыс. руб
Сооружение пристройки	25
Заказ и доставка БГУ	1050
Заказ и доставка дополнительного оборудования (горелки, сепаратор, сушилка)	270
Проведение монтажных работ	15
Прочие	5
Итого	1365

В качестве поставщика БГУ и дополнительного оборудования выбран российский производитель с/х оборудования ООО «АГРОСФЕРА» (г. Вологда), предлагающий наиболее приемлемое качество по наиболее доступной цене. Кроме того, предприятие предоставляет бесплатную консультативную помощь при установке и запуске оборудования.

Технические характеристики приобретаемой БГУ и производимой ею продукции

Комплекс БУГ-3

Комплекс БУГ-3 предназначен для переработки всех видов органических отходов и производства органического удобрения. Комплекс БУГ-3 имеет рабочий объем 12 куб.м. и предназначен для ферм КРС на 60-80 голов, свиноферм на 600-700 голов, птицеферм на 6000-7000 голов.

Комплекс БУГ-3 состоит из биореактора на 12 куб.м. и газгольдера объемом 2 куб.м.

Комплекс БУГ-3 обладает повышенной производительностью за счет усовершенствованного процесса сбраживания. Это достигается благодаря горизонтальной конструкции оборудования.

Принцип работы

Первоначально в биореактор фекальным насосом загружается субстрат, состоящий из навоза, благополучного в ветеринарном отношении влажностью 85%, и воды, смешанных в пропорции 1:1. В биореакторе автоматически поддерживается постоянная температура +52°C. Четыре раза в сутки на 15 минут автоматически включается перемешивающее устройство, которое сбивает корку на поверхности для более активного брожения и выделения биогаза. Через 7-10 дней начинается процесс активного брожения с выделением биогаза, который собирается в газгольдере. Далее идет непрерывный технологический процесс. После начала процесса активного брожения ежедневно загружается и одновременно сливается 20% от рабочего объема. Ежедневный выход биогаза может составлять 12-25 куб.м. Выход органических удобрений 2400л/сут (670 кг сухого вещества).

Биогаз

В состав биогаза входит 55 – 60% метана и 40 – 45% углекислого газа. На этом газу могут работать бытовые газовые приборы, включая газовые водонагреватели, обогреватели воздуха и газогенераторы.

Удобрение «КОУД».

Путем безотходной переработки органических отходов в комплексе БУГ-1 и БУГ-3 образуется высокоэффективное жидкое органическое удобрение «КОУД».

Органическое удобрение «КОУД» прошло лабораторные испытания в Вологодской молочно-хозяйственной академии им.Верещагина. В результате проведенных исследований было установлено, что удобрение «КОУД» по своему составу в 100 раз эффективнее навоза.

Удобрение «КОУД» содержит все необходимые компоненты удобрений (азот, фосфор, калий, макро- и микроэлементы) в растворенном виде в соотношениях, нужных для растений. Удобрение также содержит активные биологические стимуляторы класса ауксинов, повышающие выход урожая в 2 и более раз, в зависимости от вида культур, состояния почвы и климатических условий.

Удобрение используется во всех климатических зонах, для всех видов почв, повышая их плодородие и улучшая экологическое состояние.

1 литр концентрированных жидких экологически чистых органических удобрений «КОУД» по своему эффекту и воздействию на рост растений и получение урожая эквивалентен 100 кг коровьего навоза.

Воздействие на сельскохозяйственные культуры:

- действует на растение сразу после внесения в почву

- увеличивает урожайность растений в 2-3 раза
- повышает устойчивость растений к неблагоприятным воздействиям среды
- снижает кислотность почвы.

Удобрение не содержит патогенной (болезнетворной) микрофлоры, яиц гельминтов, семян сорняков, нитратов и нитритов, специфических фекальных запахов.

Удобрение нетоксично, пожаро- и взрывобезопасно, не образует вредных и токсичных соединений при внесении в почву. По воздействию на организм в соответствии с ГОСТ 12.2.007 компоненты продукта относятся к 4 классу опасности.

Температурные условия хранения удобрения от -40 до +15°C.

Гарантийный срок хранения – 1 год.

В целях снижения затрат на хранение получаемых удобрений предполагается их последующая сепарация и сушка.

Определение показателей эффективности эксплуатации БГУ

При утилизации отходов с применением БГУ ежегодные затраты распределяются следующим образом (Таблица 7).

Таблица 7 - Перечень затрат на утилизацию отходов при 2-ом сценарии в течение года

Наименование затрат	Сумма, руб/мес.	Сумма, руб/год.
Оплата труда	12000	144000
Затраты на транспортировку до отвала (ГСМ)	0	0
Дезинфекция помещения	500	6000
Амортизация скреперного оборудования	75	900
Амортизация БГУ и дополнительного оборудования	5625	67500
Техобслуживание	60	720
Затраты на эл.энергию	1712,8	20553,6
Итого	19972,8	239673,6

При данном способе происходит высвобождение 2-3 чел.-часов в результате ликвидации затрат времени на немедленную транспортировку навозной массы, что благоприятствует организации ритмичного кормления. Это же время требуется на обслуживание реактора, и оно может быть без ущерба технологическому процессу затрачено в течение рабочей смены.

В рассматриваемом сценарии заметно изменится и структура денежного потока (Таблица 8). Для целей сравнения денежный поток также представлен за пять лет.

В данном случае предполагается реализация полученных удобрений различным хозяйствам и населению по цене 3руб/кг с самовывозом.

Показатели результативности хозяйственной деятельности предприятия при использовании БГУ представлены в таблице 9.

Кроме приведенных показателей существенной характеристикой БГУ является срок ее

окупаемости. В данном случае окупаемость достигается за счет дополнительной выручки, получаемой от реализации перерабатываемых отходов, и компенсации части затрат на отопление (вырабатываемый установкой газ поступает в отопительную систему вместе с традиционным топливом (уголь, дрова)). Ниже представлен расчет периода окупаемости БГУ (Таблица 10).

Таблица 9 - Консолидированный денежный поток при 2-ом сценарии, тыс. руб.

Показатели	Годы					
	2010	2011	2012	2013	2014	Итого
Капитальные вложения	1365					1365
Затраты на восполнение кормовой базы	3000	3300	3630	3993	4392,3	18315,3
Затраты на оплату труда	450	504	564,48	632,2176	708,0837	2858,781
ГСМ	144	162,72	183,8736	207,7772	234,7882	933,159
Электроэнергия на технологические нужды	120	134,4	150,528	168,5914	188,8223	762,3417
Затраты на отопление (объем вырабатываемого газа позволит компенсировать 60% затрат)	40	44,8	50,176	56,19712	62,94077	254,1139
Затраты на утилизацию отходов	239,6736	268,434432	300,6466	336,7242	377,131	1522,61
Себестоимость продукции	3993,6736	4414,354432	4879,704	5394,507	5964,066	24646,31
Выручка от реализации (без налогов), в т.ч. Продукция основного производства	6300	7056	7902,72	8851,046	9913,172	40022,94
Продукция БГУ (удобрения)	720	806,4	903,168	1011,548	1132,934	4574,05
Налог (6% с дохода по упрощенной системе)	421,2	471,744	528,3533	591,7557	662,7664	2675,819
Чистая прибыль предприятия	2431,6264	2781,981568	3180,192	3632,576	4146,268	16172,64
Амортизационные отчисления	173,5	194,32	217,6384	243,755	273,0056	1102,219
Чистый доход	2605,1264	2976,301568	3397,831	3876,331	4419,273	17274,86

Норма дисконта, доли ед.	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	
Чистый дисконтированный доход						
Годовой	2457,666415	2648,8978	2852,884	3070,418	3302,338	
Накопленный	1876,585	5106,564215	7959,448	11029,87	14332,2	

Таблица 9 - Показатели эффективности производства при 2-ом сценарии

Показатели	Значение
ЧДД, тыс.руб	14332,2
Рентабельность производства, %	38,5
Доля затрат на утилизацию отходов в себестоимости продукции, %	6,0
Доля затрат на оплату труда при утилизации отходов в ФОТ, %	32
Доля затрат на отопление в себестоимости продукции, %	1,0
Доля ГСМ при транспортировке навоза в общем объеме затрат на ГСМ,%	0
Рентабельность основного капитала (после осуществления капитальных мероприятий), %	19,98
ROI, показатель эффективности инвестиций, %	57,1

Таблица 10 - Определение срока окупаемости БГУ БУГ-3

Денежный поток (Cash flow)	2010	2011	2012
Денежный приток от использования БГУ (Cash-In-flow), тыс. руб.			
реализация удобрений	720	806,4	903,168
компенсация затрат на отопление	60	67,2	75,2
Итого	780	873	978,344
Накопленный поток	780	1653,2	2632,0324
Денежный отток (расходы на содержание БГУ) (Cash-Out-flow), тыс. руб.			
Единовременные вложения	1365		
Ежегодные затраты по обслуживанию БГУ	21,7	24,304	27,22048
Итого	1386,7	24,304	27,22048
Накопленный поток	1386,7	1411,004	1438,224
Срок окупаемости, лет	1,366896468		

Как видно из таблицы, срок окупаемости составил 1,4 года.

Сравнительный анализ результатов обоих сценариев

Полученные по каждому сценарию результаты целесообразно сопоставить по следующим направлениям сравнения:

- единовременные капитальные вложения (таблица 11);

- ежегодные затраты на утилизацию отходов (таблица 12);
- показатели эффективности производства предприятия (таблица 13).

Таблица 11 - Капитальные вложения по обоим сценариям

Величина вложений, тыс. руб	
Строительство дополнительного отвала	Установка завода биогаза
420	1365

Так, нововведение обойдется предприятию практически в 3 раза дороже.

Таблица 12 - Годовые затраты на утилизацию отходов по обоим сценариям, руб

Наименование затрат	Установка завода биогаза	Строительство дополнительного отвала
Оплата труда	144000	144000
Затраты на транспортировку до отвала (ГСМ)	0	36000
Дезинфекция помещения	6000	6000
Амортизация скреперного оборудования	900	900
Амортизация БГУ и дополнительного оборудования	67500	0
Техобслуживание скреперного оборудования	720	720
Затраты на электрическую энергию	20553,6	1200
Итого	239673,6	188820

Представленные данные свидетельствуют, что ежегодные затраты по утилизации отходов при внедрении БГУ возрастут на 27% по сравнению с затратами при традиционном способе.

Таблица 13 - Показатели эффективности производства при обоих сценариях

Показатели	При использовании БГУ	При традиционном способе	Изменение, %
ЧДД (за 5 лет), тыс.руб	14332,2	10515,22	36,3
Рентабельность производства, %	38,5	27	11,5
Доля затрат на утилизацию отходов в себестоимости продукции, %	6	4,7	1,3
Доля затрат на оплату труда при утилизации отходов в ФОТ, %	32	32	0
Доля затрат на отопление в себестоимости продукции, %	1	2,5	1,5

Себестоимость продукции основного производства, тыс.руб/год	3993,67	4038,82	1,13
Доля ГСМ при транспортировке навоза в общем объеме затрат на ГСМ, %	0	20	100
Рентабельность основного капитала (после осуществления капитальных мероприятий), %	19,98	15	4,98
ROI, показатель эффективности инвестиций, %	57,1	0	57,1

В результате проделанных расчетов о целесообразности применения двух различных способов утилизации отходов на сельхоз предприятии – традиционного, с применением оборотной системы отвалов, и инновационного, с внедрением биогазовой установки – можно заключить следующее:

- экономический эффект от внедрения БГУ за пятилетний срок ее эксплуатации выражается в увеличении чистого дохода (дисконтированного) предприятия на 36,3% по сравнению с доходом, полученным предприятием за тот же временной период, но с применением традиционного способа утилизации отходов, кроме того,
- рентабельность производства возрастает на 11,5 %;
- снижение доли затрат на отопление в себестоимости продукции составляет 1,5%;
- снижение себестоимости продукции основного производства на 1,13%;
- ликвидация затрат на транспортировку навозной массы на 100%;
- рентабельность основного капитала возрастает почти на 5%;
- показатель эффективности капвложений в основной капитал возрастает с 0 до 57%;
- срок окупаемости БГУ при ценах на получаемые удобрения не менее 3 руб./кг не превышает 1,5-2 лет.

Высвобожденные 2-3 чел.-часа/смену в случае отказа от традиционной системы полностью покрывают потребность в дополнительных трудовых ресурсах, необходимых для обслуживания БГУ, т.е. у предприятия не возникнет необходимости в увеличении затрат на оплату труда. Кроме того, исчезнут сложности, связанные с аритмичностью технологического процесса.

При всем этом происходит лишь незначительное увеличение доли затрат на утилизацию отходов в себестоимости (1,3%).

В перспективе появляется возможность приобрести и когенерационную установку, которая позволит улучшить не только производственный микроклимат помещения, но и снизить затраты на электроэнергию.

Заключение

Использование альтернативных источников энергии - уже дело не далекого будущего, а сегодняшнего дня.

Достижения современной биотехнологии позволяют достаточно эффективно решать целый ряд актуальных проблем, в том числе энергетических и экологических. Обзорный анализ состояния и развития биотехнологии в мире свидетельствует о постоянном росте интересов в данном направлении как со стороны государства, так и бизнеса, и общества в целом. Ярким тому доказательством служит пример США и стран ЕС, где на финансирование биотехнологий расходуется до 100 млрд. долл. ежегодно. Кроме того, биотехнологическая промышленность этих стран встречает весомую поддержку и стимулы на законодательном уровне, широко распространяется энергосбережение и использование альтернативных источников энергии.

В нашей стране интерес государства к биотехнологиям усилился с разработкой и уже начавшейся реализацией национальной программы «Развитие биотехнологии в России в 2006-2015 гг.», основной целью которой является ликвидация отставания России в данной отрасли и повышение народно-хозяйственного эффекта от внедрения биотехнологий.

В качестве одного из перспективных направлений развития биотехнологии в ближайшем будущем является биогазовая технология. Особенно актуальным данное направление становится в сельском хозяйстве, поскольку позволяет решать следующие задачи:

1. утилизировать огромные скопления навозной массы, хранение которой требует огромных капитальных вложений в создание и обустройство специальных лагун;
2. ликвидировать экологические последствия и технические сложности, связанные с хранением навоза;
3. получать при переработке навоза два полезных продукта: биогаз и высокоэффективные органические удобрения, использование которых значительно повышает конечные результаты деятельности предприятия.

В основе биогазовой технологии лежит процесс метанового сбраживания растительной и животной биомассы, протекающий в специально оборудованном устройстве – биогазовой установке.

Данный способ извлечения энергии из возобновляемой биомассы получил широкое распространение за рубежом и обретает все большее признание в нашей стране.

Существенным фактором в поддержку технологии получения биогаза из отходов с/х производства является простота в изготовлении и обслуживании установки. Кроме того, ее сооружение под силу хозяйству любой мощности и масштаба, широко распространен также семейный вариант.

Учитывая тот факт, что потенциальные запасы биогаза, сосредоточенные только в отходах мирового сельскохозяйственного производства составляют 1-1,3 млрд. тонн условного топлива в год, можно свести к минимуму вероятность предрекаемой учеными энергетической катастрофы.

Проведенный в настоящей работе расчет экономической эффективности внедрения биогазовой установки на с/х предприятии позволяет сделать вывод о неоспоримом превосходстве результатов хозяйственной деятельности предприятия при использовании биогазовой технологии, чем при хозяйствовании с применением традиционной технологии. Заметное повышение рентабельности производства и других показателей эффективности указывают на целесообразность осуществления инновационных мероприятий.

Список использованных источников

1. Абдурахманов С.Т., Кунбазаров А.К., Танжарыков П.А. Производство биогаза и биоудобрений на базе многотоннажных возобновляемых отходов сельского хозяйства. Экономика природопользования. Москва. 2006, - №9;
2. Аммих М. Сбалансированное использование отходов// Новое мясное дело. 2007, - № 1;
3. Баадер В., Доне Е., Бренндерфер М. Биогаз. Теория и практика. Москва. 2005;
4. Белоусова Н. И., Егорова О. В. Биогаз — универсальное топливо. Мясная индустрия, ноябрь 2008 г;
5. Биогаз: и греет, и варит. Журнал «Моделист-конструктор», 1987, - №1;
6. Буровский А.И. Производство удобрений на дому. – М.: 2003;
7. Выбирая будущее. Новые методики экологического образования. Изд. ЭкоОбраз. Караганда, 2001 г;
8. Гелетуха Г.Г., Марценюк З.А. Обзор технологий добычи и использования биогаза на свалках и полигонах твердых бытовых отходов и перспективы их развития в Украине. Экотехнологии и ресурсосбережение. – 1999;
9. Гонопольский А.М. К вопросу о рыночном использовании биогаза. Научные записки МГУИЭ, 2007;
10. Игнатова Е.В., Шереметьев Ф.У. Экономика и природа. Алматы: Промышленность, 2005, - №9;
11. Нормы технологического проектирования систем удаления и подготовки к использованию навоза НТП-17- 99;
12. Обоснование комплексных энергетических технологий на полигонах твердых бытовых отходов / Елистратов В.В, Кубышкин Л.И., Масликов В.И., Покровская Е.Р. // Энергетическая политика. Вып.3, 2001;
13. Официальный сайт ОАО «Научно-производственный центр «БИОТЕХНОЛОГИЯ» [Электронный ресурс] URL:[www. biotechnologiya.ru](http://www.biotechnologiya.ru);
14. Патлах В.В. Энциклопедия Технологий и Методик. - Москва. -2007;
15. Пузанов А.Г. и др. Анаэробные процессы переработки навоза и помета в экологии и ресурсосбережения. Химия в сельском хозяйстве. 1993. №7.
16. Сакенов М. Биоэнергетика. Алматы: Промышленность, 2004, - №6;
17. World Energy Assessment Overview: 2004 Update. UNDP // New York. 2004.

II место - Дарья Маслова, студентка Новосибирского государственного университета экономики и управления «НИНХ»

Эколого-экономическая эффективность использования низкопотенциальных геотермальных вод на территории Новосибирской области

Западно-Сибирская эпигерцинская платформа (площадью около 1,9 млн. км²) приурочена к одной из величайших равнин земного шара и относится к крупнейшим седиментационным бассейнам мира. Естественными границами Западно-Сибирского седиментационного бассейна являются: на западе горные сооружения Урала и Пай-Хоя, на юге Казахская и Алтае-Саянская складчатые системы, на востоке – Сибирская платформа. Платформа и приуроченная к ней одноименная нефтегазоносная провинция охватывает полностью или частично следующие края и области: Тюменскую область с Ямало-Ненецким и Ханты-Мансийским автономными округами, Омскую, Новосибирскую и Томскую области и Красноярский край.

При оценке геотерм территории Западной Сибири основой послужили фактические данные, полученные в результате бурения и изучения скважин на исследуемой территории: температура, тепловой поток, глубина скважин, мощность пород. Оценка приповерхностных геотермальных ресурсов осуществлялась для северной и южной части Западной Сибири на глубину до 300 м (таблица 1).

Таблица 1 - Предварительная оценка приповерхностных геотермальных ресурсов Западной Сибири, млн.т у.т.

Область распространения	Глубина распространения, м					
	0-100		0-200		0-300	
	без замораж. массива	с замораж. массива	без замораж. массива	с замораж. массива	без замораж. массива	с замораж. массива
Северная часть	20,253	131,645	60,759	283,542	121,518	455,693
Южная часть	43,000	161,250	193,500	430,000	516,000	870,750
Всего	63,253	292,895	254,259	713,542	637,518	1326,443

При сопоставительной оценке наиболее благоприятными условиями освоения геотермальной энергии характеризуется южная часть Западной Сибири, где температура нейтрального слоя является максимальной и существенно выше температуры пород на глубине до 300 м.

Месторождения термальных вод Западной Сибири представляют большой научный и практический интерес. Этот крупнейший в мире артезианский бассейн занимает около 3 млн. км². Термальные воды, приуроченные к мощным мезо-кайнозойским отложениям, залегают здесь на глубинах 1100 – 3000 м и имеют высокую температуру, местами значительные дебиты и слабую минерализацию.

При поисках нефти пробурены тысячи глубоких скважин, значительная часть которых

дала горячую воду (50 – 100 °С). Дебит некоторых скважин около 5 тыс. м³/сутки с напором до 6 атм. Многие термальные воды в своем составе содержат преимущественно углеводородные растворенные газы. В отдельных месторождениях из 1 м³ горячей воды выделяется до 2 м³ метана. Его присутствие может быть использовано особенно в зимнее время года, для обогрева термальных вод.

Термальные воды Западной Сибири открывают возможность разведения зеркального карпа. В Нововаршавском районе Омской области провели интересный опыт по выращиванию зеркального карпа. Скважина глубиной 1000 м дала горячую воду, около которой вырыли котлован, и за четыре зимних месяца из сеголеток вырастили зеркальных карпов по 400 г.

В связи с развитием нефте-газодобывающей и других отраслей промышленности Западной Сибири, встает вопрос о комплексном использовании тепла Земли в народном хозяйстве. Однако термальные воды, которых здесь так много, используются очень слабо.

Геотермальные месторождения сильно отличаются одно от другого по химическому составу, глубине залегания, температуре, дебиту и т.д. Прежде чем приступить к их эксплуатации, надо провести тщательные исследования. В отличие от других источников энергии, применение термальных вод связано и с некоторыми трудностями.

Природные глубинные воды в большей или меньшей степени минерализованы и газонасыщены. Находясь в контакте с горными породами, они растворяют некоторые минеральные вещества. Из солей, растворенных в воде, часто можно встретить хлористый натрий (поваренная соль), хлористый калий, углекислый кальций (известняк), сульфат кальция (гипс), нитраты и т.д.

В газовый состав термальных вод входят азот, углекислый газ, сероводород, аммиак, водород, метан и другие углеводороды. Они неодинаково влияют на интенсивность коррозии. Самыми агрессивными термальными водами являются такие, в которых присутствуют сероводород и углекислый газ.

Для того чтобы использовать тепло Земли, каждое отдельное месторождение должно тщательно исследоваться. Успех бурения скважин и получение необходимого количества геотермального тепла зависят от многих геологических факторов. Весьма трудно заранее установить, какое количество скважин необходимо пробурить на том или ином месторождении. При наличии трещинно-жильных вод бурение скважин на небольшом расстоянии друг от друга может обеспечить хорошую производительность и дать положительный экономический эффект. Наиболее рациональным расстоянием между скважинами надо считать такое, которое обеспечивает наименьшую себестоимость получения термальных вод. Так, например, в Исландии взаимодействуют три скважины, расположенные на одной прямой с интервалами 220 и 38 м. В Новой Зеландии взаимодействия между скважинами почти не наблюдалось даже в том случае, когда они находились на расстоянии около 30 м одна от другой. Две скважины, пробуренные с интервалом 18 м, также не влияли друг на друга – давали высокий и постоянный дебит. Все зависит от геологической обстановки месторождения термальных вод. Наблюдался и такой случай, когда буровой раствор одной скважины при бурении появлялся в соседней скважине, расположенной на расстоянии 61 м от первой, но при одновременной эксплуатации их дебит не уменьшался.

В России на Паужетском месторождении термальных вод опробование было произведено одновременно в 12 опытно-эксплуатационных скважинах. После года пробных откачек дебит уменьшился на 15,8 % по сравнению с тем, который был замерен при одиночных испытаниях. Наибольшее снижение дебита пароводяной смеси наблюдалось в

северной части месторождения, где скважины расположены друг от друга на расстоянии 100 – 125 м. На южном участке месторождения изменение дебита в северной части не отразилось. При одновременной работе только шести скважин южной части месторождения коэффициент снижения дебита был минимальным.

С уменьшением дебита, естественно, происходило и уменьшение давления и теплосодержание. Так, например, при одиночном опробовании скважин северной части месторождения выход пароводяной смеси составлял 161 ккал/кг, вынос тепла – 14170 ккал/сек, а в конце опытно-эксплуатационных испытаний в этой же части месторождения – соответственно 160 ккал/кг и 10159 ккал/сек.

Перспективным направлением является использование энергии, накапливаемой в геотермальных источниках, однако температура этих источников довольно низкая ($0-25^{\circ}\text{C}$) и для эффективного их использования необходимо осуществить перенос этой энергии на более высокий температурный уровень ($50-100^{\circ}\text{C}$). Реализуется такое преобразование тепловыми насосами, которые, по сути, являются парокомпрессионными холодильными машинами.

Низкотемпературный источник нагревает испаритель, в котором хладагент кипит при температуре $-10^{\circ}\text{C} \dots +5^{\circ}\text{C}$. Далее тепло, переданное хладагенту, переносится классическим парокомпрессионным циклом к конденсатору, откуда поступает к потребителю на более высоком уровне.

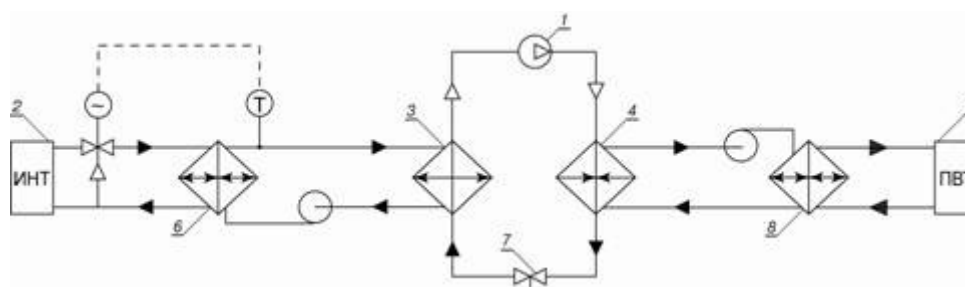


Рисунок 1 - Схема теплового насоса: 1 – компрессор; 2 – источник теплоты низкого уровня (ИНТ); 3 – испаритель теплового насоса; 4 – конденсатор теплового насоса; 5 – потребитель теплоты высокого уровня (ПВТ); 6 – низкотемпературный теплообменник; 7 – регулятор потока хладагента; 8 – высокотемпературный теплообменник

Тепловые насосы являются эффективным источником тепла для горячего водоснабжения, альтернативным традиционным способам теплоснабжения, основанным на сжигании твёрдого или жидкого топлива. «Сырьём» для работы теплового насоса могут быть как естественные возобновляемые (т.е. подземные воды, незамерзающие водоёмы), так и сбросные (нагретые промышленные сбросы, стоки).

В тепловых насосах низкотемпературное тепло «перекачивается» в тепло высоких температур за счёт кипения (испарения) жидкости при низком давлении, при этом тепло отдаётся пару, который при повышении давления конденсируется и снова становится жидкостью.

Тепловые насосы подразделяют по принципу действия на компрессорные и абсорбционные. Наиболее широко применяются компрессорные тепловые насосы, в которых в качестве рабочего тела (агента) используются фторхлорсодержащие фреоны, охлаждающие низкопотенциальную воду из источника и нагревающие обратную воду из систем отопления и горячего теплоснабжения. Таким образом, для нагрева воды отопительной системы с помощью теплонасосной установки не нужно сжигать органическое топливо, требуются

лишь постоянный источник низкопотенциальной воды и электроэнергия для привода теплового насоса.

В последние годы разрабатываются и начали применяться абсорбционные бромистолитиевые тепловые насосы, где в качестве рабочего хладагента наибольшее применение по тепловым характеристикам получил водный раствор бромистого лития. Он абсорбирует (поглощает) водяной пар, образующийся при кипении (испарении) воды низкопотенциального источника в вакууме. Регенерация раствора бромистого лития до первоначальной концентрации осуществляется за счёт теплоты сжигания природного газа или мазута.

Тепловые насосы используют в различных отраслях промышленности, жилым и общественном секторе. В настоящее время в мире эксплуатируется более 10 млн. тепловых насосов различной мощности: от десятков киловатт до мегаватт. Ежегодно парк тепловых насосов пополняется примерно на 1 млн. штук. К 2020 г. по прогнозам Мирового энергетического комитета доля геотермальных тепловых насосов составит 75% [37, 41].

Возможность использования глубоких скважин с помощью тепловых насосов

Глубокие скважины, выведенные из эксплуатации и не нашедшие постоянного применения, могут быть использованы для извлечения геотермального тепла. За рубежом (Германия, Швейцария и др.) одиночные скважины в последнее время стали использовать для извлечения тепла по методу глубинного скважинного теплообменника (СТО), встраиваемого в различные схемы теплоснабжения. Технико-экономическая значимость таких систем оценивается достаточно высоко, поскольку при извлекаемой мощности 500 кВт и выше они обеспечивают теплоснабжение крупного объекта или небольшого поселка. При этом капиталовложения в систему теплосбора ограничены реконструкцией скважины путем установки вдоль ее центральной оси колонны для подъема теплоносителя (воды) и оборудования скважины насосом для его циркуляции через межтрубное пространство, колонну и отопительный контур потребителя (или наземный теплообменник). В отдельных случаях реконструкция включает добуривание исходной скважины до рациональной глубины.

В результате почти столетнего опыта геологоразведочного бурения в России накоплен огромный фонд скважин, выведенных из эксплуатации и не нашедших постоянного применения (главным образом, на нефтегазопромысловых площадках). Часть из них характеризуется повышенными значениями геотермального градиента (Кавказ, Предуралье, Западная Сибирь и др.). Поэтому, актуальность односкважинной концепции теплоснабжения, которая могла бы быть оценена применительно к различным регионам России, не вызывает сомнений. Однако ее развитие сдерживается отсутствием адекватного методологического обеспечения для научно-обоснованного выбора вариантов эффективного извлечения тепла, отражающего нестационарное тепловое поведение окружающих горных пород при движении теплоносителя через глубокую скважину со ступенчато меняющимся поперечным сечением многослойной конструкции, с учетом распределения пород по глубине и теплового влияния встречающихся водоносных горизонтов.

Существующие методики расчета, например, разработанные для мелких СТО, не применимы для выбора технологии и проектирования глубинных СТО из-за существенной разницы возможных механизмов теплопереноса. Кроме того, для строительства конкурентоспособных односкважинных систем теплоснабжения особое значение приобретают экономические критерии, связанные с оценкой стоимости рациональной глубины добуривания скважин, предельных значений расстояния до потребителя с учетом теплопотерь на участках между скважиной и потребителем, а также целесообразности теплонасосной схемы эксплуатации скважин для конкретных регионов, в условиях

сохраняющихся цен на тепловые насосы.

В тексте приводятся результаты оценки тепловых характеристик применения технологии теплоотбора с помощью глубинного СТО в России на примере двух типовых скважин, одна из которых (Тюменская) расположена в условиях повышенного геотермального градиента (Западная Сибирь), где температура на глубине 3,0 - 3,5 км составляет 100 – 120 °С. Другая (Медягинская) находится в европейской части России, в условиях умеренного градиента температур (температура на глубине 2,0 - 2,5 км около 50 – 55 °С).

Результаты расчетов, на примере Тюменской скважины (с установкой внутренней колонны до глубины 3,0 - 3,5 км, при общей глубине скважины 7502 м), показали, что для условий Западной Сибири полезный перепад температур между входом и выходом СТО и величина извлекаемой тепловой мощности, при входной температуре воды 5°С и расходе 10 куб.м/ч, могут составить, соответственно, 35 - 45°С и 420 - 500 кВт. Для условий Центральной России, на примере Медягинской скважины в Ярославской области, возможности извлечения тепла, при имеющейся глубине скважины 2250 м и тех же входных параметрах жидкости, существенно меньше: по температурному перепаду 12 - 14°С, а по извлекаемой мощности 140 - 150 кВт. Однако, при теплонасосной термотрансформации извлеченной при этом тепловой энергии, могут быть получены достаточные мощности теплоснабжения.

С учетом полного срабатывания полученного теплового потенциала (полезного перепада температур) с помощью тепловых насосов (ТН), при возможных и подтвержденных практикой зарубежных исследований величинах среднесезонных рабочих коэффициентов преобразования 3,5 - 4,0, тепловая мощность ТН с использованием глубинных СТО, на примере рассмотренных скважин, составит от 200 до 700 кВт. Поскольку эта геотермальная составляющая, как правило, выгодно используется в схемах теплоснабжения для обеспечения базовой тепловой нагрузки, то общая мощность теплогенерирующей установки при геотермальном вкладе 0,2 - 0,7 МВт с пиковым догревом может составить от 0,5 до 2,5 МВт. При этом цена отпускаемой тепловой энергии, по данным немецкого рынка, при сравнении с геотермальными установками другого типа, в указанном диапазоне мощностей, будет ниже (на 30% - по сравнению с технологией, использующей мелкие СТО, и на 20% - по сравнению с технологией на основе геотермальной циркуляционной системы).

Таким образом, законченные бурением скважины в Западной Сибири могут быть достаточно эффективно применены для извлечения тепла. Так использование одной скважины (средняя мощность установки 1 МВт) обеспечит теплом примерно 1000 жителей или горячей водой около 3000 человек, и, как вариант промышленного применения, сможет обслужить теплицы площадью 1600 м².

В качестве основного показателя эффективности теплового насоса применяется коэффициент преобразования (1) или отопительный коэффициент COP (coefficient of performance), равный отношению теплопроизводительности теплового насоса к мощности, потребляемой компрессором.

$$COP \left[\frac{Q_R}{N} \right] \quad (1);$$

где

Q_R - теплопроизводительность теплового насоса, т.е. энергия, отдаваемая потребителю;

N - мощность или затраченная электроэнергия;

Q_C - тепловая энергия, отбираемая у источника;

T_0 - температура источника;

T_K - температура конденсации в тепловом насосе (определяется давлением конденсации хладагента в теплонасосе);

Если принять $T_0=8\text{ }^{\circ}\text{C}=281,16\text{ К}$ и $T_K=50\text{ }^{\circ}\text{C}=323,16\text{ К}$, то получим:

$$COP \left[\frac{Q_R}{N} \right] \left[\frac{Q_C}{N} \right] \left[\frac{N}{N} \right] \left[1 \right] \left[\frac{T_0}{T_K} \right] \left[1 \right] \left[\frac{281,16}{323,16} \right] \left[1 \right] \left[7,7 \right];$$

Это характеризует высокую энергетическую эффективность теплового насоса. Реальные же COP несколько ниже и составляют порядка 3–5.

В абсорбционных тепловых насосах коэффициент преобразования ниже, чем в компрессионных из-за больших потерь в элементах абсорбционного контура. Так, при использовании грунтовых вод с $T_0 = 281,16\text{ К}$ ($8\text{ }^{\circ}\text{C}$) и температурой полезного тепла $T_K = 323,16\text{ К}$ ($50\text{ }^{\circ}\text{C}$), коэффициент преобразования абсорбционного теплового насоса составит всего 1,45. Это объясняется тем, что температура полезного тепла в абсорбционных тепловых насосах зависит также от температуры нагрева генератора. При указанных выше температурах нагрев генератора должен быть не меньше $150\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Успешное внедрение и эффективная эксплуатация тепловых насосов в значительной мере определяются экономическими факторами. К ним относятся, прежде всего, тарифы на электрическую и тепловую энергию, а также плата за использование и сброс воды.

Тариф на электроэнергию и себестоимость производства тепла на местных котельных являются главными факторами, определяющими экономическую целесообразность создания систем теплонасосного теплоснабжения на базе парокомпрессионных тепловых насосов с электрическими приводами.

Удельная составляющая затрат на электроэнергию при коэффициенте преобразования энергии $\varphi_{\text{тн}} = 3,2$ равна тарифу на отпуск тепла для потребителей ОАО «Новосибирскэнерго». С учетом того, что полная себестоимость тепла, производимого теплонасосной установкой, в среднем в 1,3- 1,5 раза выше удельной составляющей затрат на электроэнергию для привода парокомпрессионных теплонасосов, для тарифа 1,12 руб./кВт*ч следует ожидать, что себестоимость тепла, вырабатываемого теплонасосной установкой, будет на уровне 650 – 750 руб./Гкал для $\varphi_{\text{тн}}=2,5$ и 300 – 350 руб./Гкал для $\varphi_{\text{тн}}= 5,5$. Таким образом, экономический эффект от использования теплового насоса в зоне отпуска тепла от ОАО «Новосибирскэнергосбыт» может иметь место при условии $\varphi_{\text{тн}} > 4,5$, что требует наличия высокодебитных низкопотенциальных источников тепла с температурой 30 – 40 $^{\circ}\text{C}$.

В сельской местности при использовании тепловых насосов оплата электроэнергии наряду с одноставочным тарифом для промышленных потребителей может быть произведена по тарифам, установленным для производственных сельхозпотребителей и сельских населенных пунктов с оплатой электропотребления по общему счетчику. В селах, где централизованное теплоснабжение производится в основном от угольных котельных, а автономное отопление отдельно стоящих зданий - за счет прямого электрообогрева, использование теплонасосных установок становится эффективным, т.к. реальная себестоимость тепловой энергии, производимой на малых угольных котельных, составляет

не менее 520 руб./ Гкал, а при использовании прямого электрообогрева находится на уровне 1300 руб./Гкал. Выработка тепла теплонасосными установками в этом случае становится экономически оправданной уже при $\varphi_{\text{тпу}} > 3$.

К важным преимуществам систем теплоснабжения с использованием тепловых насосов следует отнести экологическую чистоту, возможность эффективного поддержания заданных тепловых режимов микроклимата помещений и экономичность расхода топлива и энергии. Поэтому внедрение тепловых насосов одновременно с экономией топлива снижает загрязнение окружающей среды, повышает уровень комфорта в помещениях. Тепловые насосы экономичны в работе, надежность используемого технологического оборудования сокращает издержки на обслуживание и ремонт, имеют безопасность значительно выше, чем при использовании газового отопления. Тепловые насосы много лет применяются в развитых странах и доказали свою надёжность и долговечность на практике. Срок их службы до капитального ремонта составляет более 20 лет.

Экономическая эффективность применения тепловых насосов оценивается на примере парокompрессионных насосов, которые наиболее освоены, и используются в Новосибирской области.

Технологическая схема

Источником низкопотенциального тепла для работы парокompрессионных тепловых насосов является подземная вода, которая после охлаждения в тепловом насосе поступает на водоразбор. Реализуется схема работы, при которой на испарители тепловых насосов непрерывно подается вода с расходом, зависящим от теплофикационных возможностей водозаборов. В период водоразбора (условно с 8-00 до 22-00 час) часть подземной воды расходом 20 м³/час поступает в испарители теплонасосной установки, а затем охлажденная подается на водоразбор; другая часть подземной воды из скважин подается в накопительную теплоизолированную емкость условным объёмом 50 м³/час, например, железнодорожную цистерну, до полного ее заполнения. В часы отсутствия водоразбора ёмкость является источником низкопотенциального тепла для испарителей теплонасосной установки, в период водоразбора, особенно, пиковые часы, - источником охлажденной воды [5].

Энергетическая эффективность

Основные расчетные параметры для термодинамического расчета:

T_0 – температура кипения хладона в испарителе ($T_0=7^{\circ}\text{C}$);

$T_{\text{вх.1}}$ - температура подземной воды на входе в испаритель ($T_{\text{вх.1}}=25^{\circ}\text{C}$);

$T_{\text{вых.1}}$ - температура подземной воды на выходе из испарителя ($T_{\text{вых.1}}=10^{\circ}\text{C}$);

Реализуемый теплофикационный потенциал (разность температур воды на входе и выходе из испарителя):

$$\Delta t_{\text{и}} = T_{\text{вх.1}} - T_{\text{вых.1}} \quad (2);$$

$$\Delta t_{\text{и}} = 25 - 10 = 15^{\circ}\text{C}$$

Температурный напор на выходе из испарителя (разность между температурой воды на выходе из испарителя и температурой кипения хладона):

$$\delta t_0 = T_{\text{вых.1}} - T_0 \quad (3);$$

$$\delta t_0 = 10 - 7 = 3^{\circ}\text{C}.$$

$$T_k = T_{\text{вых.2}} + \delta t_k = 62 + 5 = 67^{\circ}\text{C} (340^{\circ}\text{K});$$

где, T_k – температура прямой сетевой воды на выходе из конденсатора;

$T_{\text{вых.2}}$ – температура конденсации прямой сетевой воды в системе отопления на выходе из конденсатора;

Температурный напор на выходе из конденсатора (разность между температурой конденсации хладагента и прямой сетевой водой на выходе из конденсатора):

$$\delta t_k = T_{\text{вых.2}} - T_k \quad (4);$$

$T_{\text{ПО}} = 45^{\circ}\text{C}$ – температура жидкого хладагента после теплообменника-переохладителя.

Для системы отопления разность температур между температурами прямой и обратной воды(5) определяется нагрузками системы отопления.

$$\Delta t_k = T_{\text{вых.2}} - T_{\text{вх.2}} \quad (5);$$

Из опыта эксплуатации теплонасосных систем теплоснабжения $\Delta t_k = 5^{\circ}\text{C}$.

Среднегодовой коэффициент преобразования теплонасосной установки

В таблице 2 представлены расчетные значения коэффициента преобразования теплонасосной установки в зависимости от температуры наружного воздуха.

Таблица 2 - Коэффициент преобразования теплонасосной установки

Расчетные показатели	Температура наружного воздуха $t_{\text{н.в.}},^{\circ}\text{C}$					
	+8 – 0	0 - 5	-5 -10	-10 -15	-15 -20	\geq -25
Температура прямой сетевой воды $t_{\text{пр.в.}},^{\circ}\text{C}$	42	48	54	60	62	65
Продолжительность отопительного периода $h_{\text{от}}, \text{ час}$	1180	980	860	880	606	910
Коэффициент преобразования энергии, $\phi_{\text{тн}}$	4,6	4,3	4,0	3,7	3,6	3,5

Среднегодовой коэффициент преобразования:

$$\phi_{\text{ср.г.}} = \sum \phi_i * h_i^{\text{от}} / h^{\text{от}} \quad (6);$$

$$\phi_{\text{ср.г.}} = (4,6 * 1180 + 4,3 * 980 + 4,0 * 860 + 3,7 * 880 + 3,6 * 640 + 3,5 * 910) / 5450 = 4,0$$

где $h^{\text{от}} = 5450 \text{ час/год}$ – продолжительность отопительного периода в году.

В расчетах учтены энергетические затраты на водяные насосы системы отопления.

Технологические параметры

Расход подземной воды(7) на испарители двух тепловых насосов определяется возможностями теплофикационного потенциала подземных вод:

$$G_0^{\text{тнв}} = Q_0 / C_{pв} / \Delta t_i \quad (7);$$

где $C_{pв} = 4,186 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{°К})$ – изобарная теплоемкость воды;

Q_0 – объемный расход воды через испарители тепловых насосов.

Расчетное значение тепловой нагрузки испарителей для $\varphi_{\text{ср.г.}} = 4,0$ составляет 75% от расчетной нагрузки системы отопления.

Ниже в таблице представлены значения расходов воды через испарители теплонасосной установки в зависимости от теплофикационного потенциала.

Таблица 3 - Объемный расход воды через испарители тепловых насосов

$\Delta t_i, \text{°C}$	5	10	15	20	25	30
$Q_0, \text{м}^3/\text{час}$	15,0	7,5	5,0	3,75	3,0	2,5

Отметим, что расход воды через испаритель составляет $10 \text{ м}^3/\text{час}$, т.е. для работы теплонасосной установки в составе двух тепловых насосов требуется $20 \text{ м}^3/\text{час}$ подземной воды.

Расход сетевой воды в контуре системы отопления:

$$G_{\text{от1}} = Q_{\text{ср.г.}}^{\text{тнв}} / C_{pв} / \Delta t_i \quad (8);$$

$$G_{\text{от1}} = 116,3 / 4,186 / 5 = 5,56 \text{ кг/с} = 20 \text{ т/час}$$

Потребляемая мощность электродвигателя циркуляционного насоса в системе теплоснабжения составляет 1,1 кВт. Принимаем также, что этот насос работает непрерывно в течение отопительного сезона. Средняя электрическая мощность теплонасосной установки – 29,1 кВт. Тогда потребление электроэнергии теплонасосной установкой (9) в отопительном периоде составит:

$$\mathcal{E}_{\text{тнв}} = N_{\text{тнв}} \cdot h_{\text{от}} \quad (9);$$

$$\mathcal{E}_{\text{тнв}} = 29,1 \text{ кВт} \cdot 5450 \text{ час} = 158\,595 \text{ кВт}\cdot\text{час}$$

Выработка тепловой энергии теплонасосной установкой в отопительном периоде. Здесь учитывается отпуск тепловой энергии системы отопления и горячего водоснабжения:

$$Q_{\text{тнс}} = 0,1 \text{ Гкал/час} \cdot 5450 \text{ час} = 545 \text{ Гкал}$$

Экономические показатели

Капиталовложения в теплонасосную станцию (Ктнс):

$$K_{\text{тнс}} = 2 * K_{\text{тну}} + K_{\text{нц}} \quad (10);$$

$$K_{\text{тнс}} = 2 * 400 + 100 = 900 \text{ тыс. руб, где}$$

$K_{\text{тн}} = 400$ тыс. руб – стоимость теплового насоса,

$K_{\text{нц}} = 100$ тыс. руб – стоимость циркуляционных насосов системы отопления, затраты на обвязку трубопроводами и подключение к сетям.

Амортизационные отчисления (11):

$$A = a * K_{\text{тнс}} \quad (11);$$

$$A = 0,05 * 900 = 45,0 \text{ тыс. руб/год,}$$

где $a = 5\%$ - ежегодные отчисления на амортизацию.

Фонд оплаты труда (12) эксплуатационного персонала:

$$\text{ФОТ} = n_{\text{шт}} * k * z_1 * h_{\text{от}} / 720 * n_{\text{стр}} * n_{\text{р.к.}} * n_{\text{дор.н}} \quad (12);$$

$$\text{ФОТ} = 1 * 3,0 * 0,25 * 12 * 1,36 * 1,25 = 15,3 \text{ тыс. руб /год, где}$$

$n_{\text{шт}} = 1$ – штатное количество эксплуатационного персонала;

$k = 0,25$ – рабочая ставка;

$z_1 = 3,0$ тыс. руб. / месяц- зарплата;

$n_{\text{стр}} = 1,36$ – налоговые отчисления с фонда оплаты труда.

$n_{\text{р.к.}} = 1,25$ – районный коэффициент.

Затраты на покупку электроэнергии:

$$Z_3 = Ц_3 * Э_{\text{тнс}} \quad (13);$$

$$Z_3 = 1,12 * 158 595 = 177,6 \text{ тыс. руб./год}$$

Полные годовые издержки производства тепловой энергии по теплонасосной станции:

$$И_{\text{тнс}} = \Sigma И_j = A + \text{ФОТ} + Z_3 \quad (14);$$

$$И_{\text{тнс}} = 45,0 + 15,3 + 177,6 = 237,9 \text{ тыс. руб./год}$$

Затраты на оплату электроэнергии составляют около 70% всех расходов по теплонасосной станции.

Себестоимость производства тепловой энергии с помощью тепловых насосов:

$$C_{\text{тну}} = I_{\text{тнс}} / Q_{\text{тнс}} \quad (15);$$

$$C_{\text{тну}} = 237\,900 / 545 = 436,5 \text{ руб./Гкал}$$

Себестоимость тепла, вырабатываемого тепловыми насосами с использованием низкопотенциального тепла сточных вод, в значительной степени определяется затратами на оплату электроэнергии, расходуемую на привод компрессоров тепловых насосов. Она составляет в себестоимости 324 руб./Гкал (70 % от полной себестоимости).

Сроки окупаемости затрат

Выработка тепла на базе подземных вод с применением тепловых насосов позволяет получить тепло, себестоимость выработки которого $C_{\text{тну}} = 436,5$ руб./Гкал меньше стоимости покупного тепла производимого на устаревших угольных котельных ($C_{\text{кот}} = 740$ руб./Гкал).

Годовая экономия (16), получаемая при использовании тепловых насосов составит:

$$\Delta_{\text{год}} = (C_{\text{к}} - C_{\text{тну}}) * Q_{\text{тнс}} \quad (16);$$

$$\Delta_{\text{год}} = (740 - 436,5) * 545 = 165,4 \text{ тыс. руб.}$$

Срок окупаемости затрат (17) составит:

$$T_{\text{ок}} = K_{\text{тнс}} / \Delta_{\text{год}} \quad (17);$$

$T_{\text{ок}} = 900 / 165,4 = 5,4$ года с учетом амортизационных отчислений и оплаты труда персонала при сроке службы теплонасосной установки более 20 лет.

С изобретением тепловых насосов стало возможным строительство геотермальных электростанций на территориях с низкопотенциальными источниками тепла, к которым относится Новосибирская область. Принцип работы ГеоТЭС с применением тепловых насосов представляет собой двухконтурный цикл, в котором геотермальная среда передает теплоту в промежуточном теплообменнике другому рабочему телу (схема ГеоТЭС на рисунке 2). Преимущества двухконтурного цикла:

- более полное использование теплоты рассола и закачка его в пласт с меньшей температурой;
- возможность использования геотермальных сред с пониженной температурой;
- агрессивные компоненты геотермальной среды не попадают в турбину, конденсатор и другое оборудование, что обеспечивает более длительный срок их эксплуатации;
- сопутствующие вредные газы не попадают в окружающую среду.

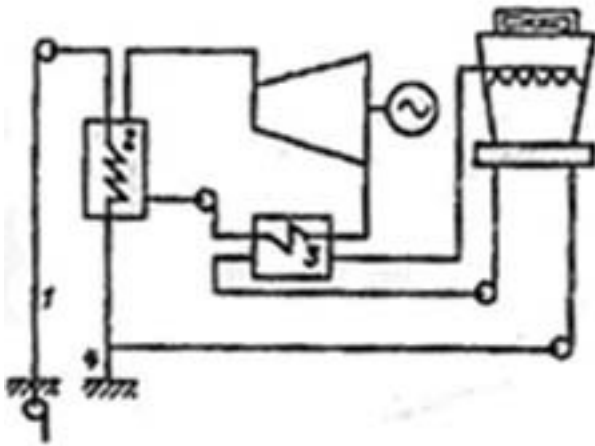


Рисунок 2 - Схема ГеоТЭС: 1 – пароводяная смесь поступает из скважины; 2 – первая ступень расширителя; 3 – вторая ступень расширителя; 4 – закачка в пласт.

Взяв за основу научно-исследовательские материалы о принципах энергопреобразования в низкопотенциальных геотермальных теплоэлектростанциях Института теплофизики СО РАН г. Новосибирска, а также российский и мировой опыт разработки и эксплуатации геотермальных теплоэлектростанций подобного типа, рассмотрим проект.

В результате предварительных исследований определены наиболее перспективные районы и мощности энергоустановок. Предполагается разместить в зоне децентрализованного электроснабжения 12 ГеоТЭС (каждая может иметь в своем составе от 1 до 3 энергоблоков) общей установленной мощностью 12 МВт.

Проведенные исследования энергетического потенциала геотермальных месторождений и его распределение по территории области показали, что суммарный потенциал производства геотермальной энергии на территории области оценивается в 500-1000 МВт, а годовые затраты на 1 кВт установленной мощности установок, использующих низкопотенциальное тепло по предварительным оценкам не превышают 1000 долларов США.

Строительство ГеоТЭС на территории Новосибирской области соответствует международным программам развития малой энергетики, закону Российской Федерации "Об энергосбережении" и Федеральной программе "Энергообеспечения районов Крайнего Севера и приравненных к ним территорий, а также мест проживания малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока за счет использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии и местных видов топлива на 1996-2000 гг.", а также Федеральной целевой программе «Энергоэффективная экономика».

Экономический аспект

Многие территории Новосибирской области не имеют централизованного электроснабжения. Очевидно, при низкой плотности населения и слабой производственной освоенности, включение этих территорий в централизованную систему энергообеспечения нецелесообразно. Электрификация отдаленных районов осуществляется с помощью локальных дизельных электростанций. На сегодняшний день на территории области находятся в эксплуатации 42 дизельных электростанции (количество агрегатов 123) суммарной установленной мощности 44075 кВт. Необходимый годовой расход дизельного топлива составляет 15930 тонн.

Удельная стоимость 1 кВт установленной мощности ДЭС импортного производства составляет около 1000 долларов США, отечественные аналоги немного дешевле 600-700 долл. США. Эксплуатационные расходы на ДЭС складываются из стоимости топлива и затрат на его доставку, затрат на обслуживание станции и текущий ремонт.

Экологические аспекты

Положительное воздействие проекта на экологическую обстановку в регионе обусловлено уменьшением завозимого и сжигаемого органического топлива.

С одной скважины возможна экономия до 1000 т.у.т. Выбросы парниковых газов при экономии 1 т топлива сокращаются для:

1. газа $1 \text{ т} * 0,78 \text{ CO}_2 = 780 \text{ кг}$;
2. нефти $1 \text{ т} * 0,78 * 0,75 \text{ CO}_2 = 750 \text{ кг}$;
 $* 0,02 \text{ NO}_2 = 20 \text{ кг}$;
 $* 0,01 \text{ SO}_2 = 10 \text{ кг}$;
3. угля $1 \text{ т} * (0,9-0,7) * 0,5 \text{ CO}_2 = 500 \text{ кг}$;
 $* 0,24 \text{ NO}_2 = 24 \text{ кг}$;
 $* 0,16 \text{ SO}_2 = 16 \text{ кг}$;

К тому же сокращаются вредные выбросы токсичных газов транспортных устройств, осуществляющих доставку топлива к дизельным электростанциям.

Освоение геотермальных ресурсов является перспективным направлением развития энергетики Западной Сибири. Запасы геотермальной энергии включают объем коммерчески эффективной тепловой и электрической энергии, который технически возможно выработать с учетом плотности теплового потока, поступающего из недр Земли.

Можно сделать вывод, что Западная Сибирь располагает примерно половиной запасов геотермальных ресурсов России (см. Приложение), в ее недрах на доступной глубине (1–4 км) сосредоточено колоссальное (превосходящее все остальные регионы) количество возобновляемых, наиболее безопасных, дешёвых, стабильных по мощности и перспективных к комплексному использованию геотермальных энергоресурсов. Наиболее высокотемпературная зона (100 °С и выше) находится в центральной части Западно-Сибирской плиты.

Основным потребителем геотермальных ресурсов на территории Западной Сибири следует считать жилищно-коммунальное, сельскохозяйственное и промышленное тепло и энергоснабжение.

Внедрение в регионе новых технологий, основанных на использовании энергии геотерм, значительно снизит стоимость производства энергии, позволит снизить расходы бюджета на завоз топлива для электростанций, работающих на традиционном топливе, а также повысит надежность обеспечения населения электричеством и теплом.

Однако, современные уровни производства и потребления геотермальной энергии незначительны, как по отношению к их технически и экономически возможным ресурсам, так и по доле в топливно-энергетическом балансе. Основным сдерживающим фактором использования этого вида энергии выступают коммерческие и технологические преимущества традиционных энергоисточников.

Экономическая оценка геотермальных ресурсов показывает, что этот источник энергии конкурентоспособен на значительной территории Западной Сибири, и представляет

собой практически неограниченную сырьевую базу для теплоэнергетики и с учетом повсеместности его распространения, экологической чистоты, высокой автоматизации и малочисленности обслуживающего персонала. Таким образом, геотермальные ресурсы Западной Сибири могут широко использоваться для нужд тепло и энергоснабжения.

Список использованных источников

1. «Геотермальные и минеральные ресурсы областей современного вулканизма» – материалы Международного полевого Курило-Камчатского семинара, 16 июля – 6 августа 2005 г. Петропавловск-Камчатский: «ОТТИСК», 2005.
2. «Геотермия. Геотермальная энергетика» – сборник научных трудов. – Махачкала: 1994.
3. «Геотермия» – отчеты по геотермическим исследованиям в СССР, выпуск 1 – 2, Москва: 1974.
4. Алиев Э.Д., Бурцева Н.Н. и др. Экономические механизмы природопользования: Зарубежный опыт //Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. Обзорная информация. РГСНТИ. 1991 №10.
5. Бейром С.Г., Михайлова Е.В. Перспективы использования подземных вод юго-восточной части Западной Сибири//В кн.: Комплексное освоение водных ресурсов Обского бассейна. Н.: Наука, 1970.
6. Бизнес-план инвестиционного проекта /Под ред. Иванниковой И.А. – М.: «Экспертное бюро – М», 1997.
7. Богуславский Э.И. Экономическая оценка геотермальных ресурсов //Проблемы геотермальной энергии. Междунар. симпозиум, Т.1 – С.-П.: 1995.
8. Богуславский Э.И., Вайнблат А.Б., Смыслов А.А., Табаченко Г.С. Техно-экономическая целесообразность освоения геотермальных ресурсов низкопотенциальных коллекторов //Проблемы геотермальной энергии. Междунар. симпозиум, Т.3. С.-П.: 1995.
9. Богуславский Э.И., Смыслов А.А., Вайнблат А.Б. Приповерхностные геотермальные ресурсы Западно-Сибирской платформы. – С.-П.: СГГИ, 2004.
10. Геотермальные станции [Электронный документ] URL: <http://www.elec.ru/news/1031896144.html>
11. Гужулев Э.П., Горюнов В.Н., Лаптий А.П. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии: Монография. Омск: ОмГТУ, 2004.
12. Дворов И.М. Глубинное тепло земли. – Москва: «Наука», 1972.
13. Дворов И.М., Дворов В.И. Освоение внутриземного тепла. – Москва: «Наука», 1984.
14. Дзюбо В. В., Алферова Л. И. Малогабаритное водоочистное оборудование для индивидуального жилья в сельской местности Западной Сибири// Проблемы питьевого водоснабжения и пути их решения: Сборник материалов научно-технического семинара. М.: ВИМИ, 1997.
15. Жарков С.В. Как оценить эффективность НВИЭ//Энергия. 2006 №5.
16. Жуков Н.Н. Водоснабжение населения в РФ: проблемы и пути решения//Мелиорация и водное хозяйство. 1998. № 3.

17. Интернет-магазин оборудования и и материалов для электромонтажа [Электронный ресурс] URL: <http://www.kaska.ru/arhgost/gost/04/47.htm>

18. Информационное агентство «ВолгаИнформ» [Электронный ресурс] URL: <http://www.volgainform.ru/news/>

III место - Валерия Шестакова, студентка Южно-Уральского государственного университета

Искусственная дорожная неровность как альтернативный источник энергии

Аннотация

Данная работа представляет собой научное исследование в области актуальной проблемы общества – энергосбережения и поиска альтернативных источников энергии.

В работе была поставлена и достигнута цель: разработка и создание устройства преобразования колебаний, возникающих при движении автомобиля, в электрическую энергию. Цель была достигнута посредством конкретных задач, отражающих каждый этап работы. Для первого этапа работы была поставлена задача изучения механизма движения автомобиля по искусственной дорожной неровности, установления времени и периодичности посещаемости подземной парковки для определения вариантов использования данного процесса. На втором - практическом этапе были поставлены задачи разработки устройства, преобразующего энергию механических (колебательных) движений в электрическую и накопления энергии, произведенной от колебательных движений для использования ее в практических целях. На заключительном этапе исследования была поставлена задача рассчитать выработку электроэнергии разработанным устройством и определить экономическую и экологическую целесообразность использования данного устройства.

Методы и приемы, выбранные для работы, наилучшим образом позволили реализовать выдвинутые задачи. В работе был использован метод теоретического анализа специальной и научной литературы по проблеме исследования, фотосъемка и математическая обработка полученных результатов, создание физической модели устройства, преобразующего энергию движения в электрические сигналы.

Данные, полученные в ходе исследования, позволяют сделать выводы о возможности преобразования колебаний, возникающих при движении автомобиля, в электрические сигналы. К тому же было предложено практическое использование результатов, полученных в ходе исследования.

Введение

На сегодняшний день очень актуальна проблема энергосбережения. На февральском докладе ООН «Изменение климата 2007» было заявлено о необходимости уменьшить вредные выбросы в атмосферу. В 1997 году в японском городе Киото было подписано международное соглашение, предусматривающее сокращение выбросов в атмосферу промышленных отходов. [1] Ученые всего мира пришли к выводу, что этого можно достигнуть за счет повышения эффективности производства и энергоснабжения, перехода на другие виды топлива и, конечно, внедрения возобновляемых и альтернативных источников энергии.

7 февраля 2011 года в Брюсселе состоялся саммит ЕС – первый в истории ЕС с повесткой дня, посвященной только энергетическим вопросам: обсуждались планы по сокращению зависимости экономики от нефти и природного газа. Саммит подтвердил

приверженность ЕС целям энергетической «Стратегии 2020»: к 2020 году сокращение выбросов углекислого газа на 20 %, увеличение доли альтернативных источников энергии до 20 % от всего энергопотребления и повышении на 20 % энергоэффективности. Таким образом, саммит подчеркнул, что приоритетным направлением в развитии новых технологий станет разработка альтернативных источников энергии, энергосберегающих технологий.

Энергия в природе не возникает из ничего и не исчезает в никуда; она переходит из одной формы в другую. Это универсальное правило. [2] С восьмого класса я занимаюсь изучением вопроса разработки альтернативных источников энергии, энергосберегающих технологий. Однажды, прогуливаясь по школе на перемене, я невольно задумалась о том, какое огромное количество энергии вырабатывают ученики, бегая, прыгая или просто гуляя по коридорам школы. С научным руководителем мы изучили возможность преобразования колебаний, возникающих при движении человека, в электрические сигналы, разработали схему преобразования таких сигналов и накопления произведенной энергии в аккумуляторах. Накопленную электрическую энергию было предложено использовать для дежурного освещения лица в ночное время, что позволило получить значительную экономию электрической энергии. Но это лишь небольшой локальный участок.

В этом году мы с научным руководителем решили проверить, насколько возможно и целесообразно применение нашего устройства на других площадках бóльшей посещаемости и изучить возможность получения энергетического, экологического и экономического эффекта в рамках мегаполиса.

При посещении одного из торгово-развлекательных центров нашего города, я обратила внимание, как обустроена территория для парковки автомобилей. Практически постоянный поток машин движется к парковочным местам, и, соответственно, такой же поток движется в обратном направлении. В вечернее и ночное время вся территория парковки освещается огромным количеством ламп. Красивая картина! Но это, наверняка, требует больших энергозатрат. А государственная политика сегодня направлена на повышение энергетической эффективности экономики муниципальных образований путём, в том числе, увеличения количества объектов, использующих в качестве источников энергии разные виды источников (вторичные, возобновляемые). [3] Мы подумали, что такой большой поток движущихся машин обладает значительным энергетическим потенциалом. Из посещения центра таким огромным количеством машин можно извлечь выгоду – использовать автомобиль в качестве альтернативного источника энергии, как мы это делали с человеком.

На основании всего вышесказанного мы определили цель нашего исследования.

Цель исследования: разработка и создание устройства преобразования колебаний, возникающих при движении автомобиля, в электрическую энергию.

Объект исследования: система «автомобиль-устройство» на парковке торгово-развлекательного комплекса.

Предмет исследования: процесс выработки энергии при взаимодействии автомобиля и искусственной дорожной неровности.

Задачи исследования:

1. Изучить движущийся автомобиль как источник энергии, установить время и периодичность посещаемости подземной парковки торгово-развлекательного комплекса «Родник» города Челябинска;
2. Исследовать параметры колебаний, передающихся поверхности пола от автомобиля;
3. Разработать схему преобразования механической энергии в электрическую,

рассчитать выработку электроэнергии разработанным устройством в течение суток и возможность её использования для дежурного освещения парковки;

4. Создать устройство, преобразующее энергию периодических (колебательных) движений в другой вид энергии;
5. Определить экономическую и экологическую целесообразность использования данного устройства.

Гипотеза исследования: колебания, возникающие при движении автомобиля, могут быть преобразованы в электрические сигналы, аккумулированная мощность которых может быть достаточной для обеспечения освещения парковки в ночное время.

Научная новизна: в качестве альтернативного источника энергии рассматривается автомобиль, при его движении на поверхность искусственной дорожной неровности передаются колебания, которые можно преобразовывать в электрические сигналы.

Практическая значимость: полученные электрические сигналы, накопленные в виде энергии в аккумуляторах, можно использовать для питания приемников энергии (например, дежурное освещение подземной парковки торгово-развлекательного комплекса в ночное время с помощью светодиодных ламп).

В исследовании были использованы методы: анализ специальной и научной литературы по проблеме исследования, фотосъемка и математическая обработка полученных результатов, создание физической модели устройства, преобразующего энергию движения в электрические сигналы.

4. Методики и организация исследования

При изучении прилегающей территории торгово-развлекательного комплекса «Родник» города Челябинска (в дальнейшем ТРК «Родник») мы обнаружили, что огромное количество посетителей комплекса приезжают на автомобилях, оставляя их либо на открытой парковке, либо занимают места на подземной парковке. При этом на подземную парковку предусмотрены въезды и выезды. Так, автомобили, проезжающие на подземную парковку, неизбежно въезжают и выезжают через ворота этой парковки. Как же извлечь выгоду из посещения комплекса таким огромным количеством автомобилей?

В нашем исследовании мы использовали видеосъемку наблюдения за передвижением автомобилей по прилегающей территории ТРК «Родник», которую проводит охранная организация, обслуживающая данный объект. Исследование проводилось с 12 по 18 ноября (с понедельника по воскресенье) 2012 года. (стр. 13, рис. 1) Проанализировав посещаемость комплекса и передвижения автомобилей по территории, мы сделали вывод, что наибольшая активность наблюдалась в вечернее время с 17 ч до 22 ч и в выходные дни с 12 до 22 ч. (стр. 14, диаграмма № 1, № 2). Также мы посчитали количество машин, въезжающих на подземную парковку и выезжающих с неё. (стр. 14, таблица № 1, диаграмма № 1). Наибольшее количество автомобилей въезжает и выезжает через центральный проезд подземной парковки, так как он расположен ближе всех остальных к главному въезду на прилегающую территорию ТРК «Родник». (стр. 15, таблица № 1, диаграмма № 1, № 2)

Именно это место мы предлагаем как наиболее удобное для установки специально подготовленной конструкции (платформы) – «имитации» искусственной дорожной неровности («лежачего полицейского»). Длина искусственной неровности должна быть не менее ширины проезжей части. [4] Средняя ширина автомобиля 1,7-2,3 м, поэтому для равномерного давления верхней части платформы на рычаги длина нашего устройства должна быть не более 3 метров.

Конструкции «лежачего полицейского» подразделяются на монолитные и сборно-

разборные.[4] Наша платформа состоит из шести идентичных блоков прямоугольной формы. Каждый блок монтируется в нишу платформы. Это позволяет, в случае необходимости, производить изъятие блока для ремонта (замены), не демонтируя всю платформу. Достаточно поднять крышку платформы, отсоединить провода неисправного блока, извлечь его из ниши и устранить неполадки, либо заменить его на исправный. Провода, соединяющие блоки и аккумуляторы, пропущены внутри платформы, каждый блок подключается отдельно. По такому же принципу производится монтаж-демонтаж каждого отдельного прибора из блока. (Приложение IV, рис. 1).

Материал нашего устройства должен быть прочным, так как во время эксперимента на него будет оказываться большое давление, и, что очень важно, он должен являться диэлектриком. Но какой материал достаточно прочен и не проводит электрический ток? Металл не является диэлектриком, пластмасса или дерево недостаточно прочные материалы для нашего исследования. Нашим требованиям отвечает текстолит. Корпус каждого блока мы также изготавливаем из текстолитовых пластин. В практическом применении корпус прибора может быть выполнен из высокопрочного композитного полимера в водо- и пыленепроницаемом исполнении, что позволит увеличить срок службы устройства.

Зазоры между стенками блока мы заполнили герметиком для того, чтобы во время эксплуатации они не были испорчены под влиянием внешней среды (вода, пыль, грязь). (стр. 16, рис. 2).

2. Разработка и практическое применение изобретения

В нашем исследовании мы используем устройство, преобразующее механическое воздействие (колебания) в электрическую энергию. При давлении на зубчатый рычаг устройства раскручивается шестерёнка – в одном направлении. Она в свою очередь раскручивает магнит, после чего механическое воздействие передаётся на генератор, преобразующий энергию в электрический сигнал по принципу электромагнитной индукции. После этого зубчатый рычаг под воздействием пружины возвращается в исходное положение «в холостую». [5]

Мы решили, что будет более продуктивно, если при возвращении в исходное положение зубчатый рычаг будет раскручивать второй генератор. Это должно повысить эффективность нашего устройства. Мы сконструировали корпус из текстолитовых пластин. Между ними на металлических шпильках смонтировали зубчатый рычаг, шестерёнку и два генератора. (Приложение V, рис. 1). Усовершенствовав устройство, таким образом, мы добились желаемого результата: зубчатый рычаг при нажатии раскручивает один генератор, а при возвращении в исходное положение раскручивает второй генератор. Исключив движение зубчатого рычага «в холостую», мы значительно повысили эффективность нашего устройства. (стр. 17, рис. 1; стр. 16, рис. 1).

Машина заезжает на искусственную неровность. Под действием силы тяжести гребень конструкции воздействует (давит) на рычаги генераторов. В этот момент пружины, находящиеся внутри прибора, сжимаются, и рычаг крутит шестерёнку, которая, в свою очередь, раскручивает магнит, после чего механическое воздействие передаётся на генератор. Машина проезжает, верхняя часть платформы поднимается за счет гидравлических стоек. Вместе с ней под действием пружины зубчатый рычаг возвращается в исходное положение, и в этот момент он при помощи шестерёнки раскручивает второй генератор.

Внутри генератора расположена неподвижная магнитная система с постоянным магнитом, которая образует два воздушных зазора с противоположными направлениями вектора магнитной индукции. Между полюсами постоянного магнита расположен ротор, обычно это открытая проволочная катушка. Ротор вращается в магнитном поле, благодаря

чему в обмотке возникает электрический ток (стр. 18, рис. 1).

За счёт инерционных свойств массы искусственно создается неподвижная в пространстве точка. Относительно этой неподвижной точки, с которой связана рабочая катушка, происходит перемещение постоянного магнита и в рабочей катушке наводится ЭДС (электродвижущая сила). ЭДС, возникающая в замкнутом проводящем контуре, пропорциональна скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную этим контуром.

Зная, что и движение контура в магнитном поле, и изменение самого магнитного поля может являться причиной изменения магнитного потока, в нашем приборе неподвижной частью сделали проволочную катушку, а магнит вращается вокруг нее.

От проволочной катушки генераторов работающих на сжатие выходят два провода: один провод подключен к клемме аккумуляторной батареи №1 с отрицательной полярностью (-), второй - к клемме с положительной полярностью (+). От генераторов, работающих на разжатие так же выходят два провода: один провод подключен к клемме аккумуляторной батареи №2 с отрицательной полярностью (-), второй - к клемме с положительной полярностью (+) и далее на схеме пунктиром указан источники потребления электроэнергии светодиоды, диоды DV, резистор R. (стр. 19, рис. 1).

При одном обороте вращения магнита вырабатывается ток в 1,5 mA и напряжение до 1,6 В. Для увеличения вырабатываемой электроэнергии нужно использовать генераторы большей мощности.

3. Расчет выработки электроэнергии

Зная, какое количество автомобилей (стр. 15, таблица № 1) въехало на подземную автопарковку и выехало с нее, мы производим расчет электроэнергии, которую вырабатывает шестьдесят генераторов в течение рабочего дня ТРК «Родник». $(1581+2070)/2 = 1825$ автомобилей (среднее количество автомобилей, въехавших на подземную парковку за день – в ночное время подземная парковка не работает) умножаем на два - каждый автомобиль дважды проезжает по платформе (передними и задними колесами), получаем 3650 раз в день оказывается давление на платформу в среднем.

Посчитаем, какое количество времени работает генератор в течение дня. В нашем случае вырабатывание тока генератором неравномерное, так как въезд и выезд машин через проезд на подземную парковку происходит с разным интервалом. Поэтому при расчете мы суммируем количество срабатываний генератора за время работы парковки. Расчет проведен в такой последовательности:

- время работы подземной парковки с 10-00 до 22-00 часов, что составляет 720 минут, но в нашем исследовании генераторы работают лишь 25 секунд в течение одной минуты

$(3650 \text{ раз} : 720 \text{ минут} = 5,06 \approx 5 \text{ раза в минуту срабатывает генератор, по } 2,5 \text{ секунды – заезд и съезд передней парой колес и } 2,5 \text{ секунды – заезд и съезд задней парой колес машины на искусственную неровность);$

- $5 \text{ раз} \times 5 \text{ сек.} = 25 \text{ сек.}$ работает генератор в течение каждой минуты;

- $720 \times 25 \text{ сек.} = 18000 \text{ сек.} = 300 \text{ мин.} = 5 \text{ ч}$ работает генератор в течение дня.

Теперь необходимо рассчитать потери мощности в электрической цепи в процессе работы нашего устройства. При параллельном подключении генераторов (стр. 19, рис.1) сопротивление в электрической цепи рассчитывается следующим образом: $1/R=1/R_1+1/R_2+ \dots +1/R_n$.

Значение тока, который вырабатывает генератор, уменьшается из-за сопротивления

катушки генератора и проводов. Сопротивление медного провода $R_{\text{пр}} = \rho$ (где удельное сопротивление меди $\rho = 1,7 \text{ г/см}^3$, длина провода 10 см, площадь поперечного сечения 0,1 см) равно 170 Ом. От каждого генератора отходит 2 провода, поэтому умножаем R на два. Таким образом, $R=340 \text{ Ом}$. ($R_{\text{пр}}=2 \times 1,7 \text{ Ом} \cdot \text{см} \times 10 \text{ см} / 0,1 \text{ см} = 340 \text{ Ом}$).

Сопротивление катушки генератора находим по формуле $R_r = U_r / I_r$ (где U_r – дежурное напряжение, I_r – дежурный ток). $R_r = 1,6 \text{ В} / 1,5 \times 10^{-3} \text{ А} = 1067 \text{ Ом}$.

Далее находим суммарное сопротивление катушки генератора и проводов:

$$R = 1067 \text{ Ом} + 340 \text{ Ом} = 1407 \text{ Ом}.$$

Рассчитываем ток на выходе на одну аккумуляторную батарею в одном блоке по формуле: $I_i = U / R$. R- суммарное сопротивление катушки генератора и проводов. Делим сопротивление R на десять приборов, подключенных параллельно в блоке.

$$I_i = 1,6 \text{ В} / (1407 \text{ Ом} / 10) = 11,4 \text{ мА}.$$

Затем рассчитаем ток, который вырабатывает один блок за один рабочий день:

$$I_i = 11,4 \text{ мА} \times 300 = 3420 \text{ мА} = 3,4 \text{ А}.$$

Платформа, состоящая из шести блоков, вырабатывает ток $I_i = 3,4 \text{ А} \times 6 \text{ шт.} = 20,4 \text{ А}$. Но так как в нашем блоке находится две параллельные цепи подключения генераторов и, следовательно два аккумулятора, то на выходе вся платформа будет вырабатывать 40,8 А (20,4 А x 2).

Применив калькулятор для расчета времени зарядки аккумуляторов [6], мы посчитали, что для полной зарядки аккумулятора емкостью 70Ah и зарядном токе 20,4А достаточно 4 часа 8 минут. А мы знаем, что генератор работает 5 ч в день. Это значит, что в течение рабочего дня тока, вырабатываемого шестьюдесятью генераторами, достаточно для зарядки аккумулятора в 70 Ah.

Посчитав потери на сопротивлении, рассчитываем мощность по формуле:

$$P = I^2 \times R = U^2 / R$$

$$P = (1,6 \text{ В})^2 / (1407 \text{ Ом} / 10) = (1,6 \text{ В})^2 / 141 \text{ Ом} = 2,56 \text{ В}^2 / 141 \text{ Ом} = 18,2 \text{ мВт}.$$

Рассчитываем энергию, произведенную одной цепью блока:

$$W = P \cdot t.$$

$$W = 18,2 \text{ мВт} \times 5 \text{ ч} = 0,091 \text{ Вт} \cdot \text{ч}.$$

Тогда один блок вырабатывает 0,182 Вт·ч (0,091 Вт·ч x 2 электроцепи).

Вся платформа, состоящая из шести блоков, вырабатывает **1,09 Вт·ч** (0,182 Вт·ч x 6).

Зная, что один светодиод потребляет около 20 mA [7], а триста светодиодов потребляют (300 шт. x 20 mA) 6000 mA или 6 А, можно сделать простые арифметические расчеты:

- триста светодиодов, потребляющие 6 А, смогут работать от аккумулятора в 70 Ah в течение 11 часов. Но необходимо учесть, что полную разрядку аккумулятора допускать нельзя и как минимум 5 % мощности должно оставаться.

Таким образом, аккумулятора 70 Ah будет достаточно для работы трехсот светодиодов в течение 11 часов без полной разрядки аккумулятора, следовательно, этого достаточно для дежурного освещения паркинга в ночное время. Так как наша платформа питает два аккумулятора 70 Ah, шестьсот светодиодов смогут освещать площадь парковки в два раза больше, либо использовать второй аккумулятор как резервный.

4. Расчет рентабельности изобретения

Альтернативный источник энергии должен быть не только экологически безопасным, но и экономически эффективным. Изобретенный прибор не должен быть очень дорогим и обязательно должен экономить электроэнергию, что неизбежно приведет к экономии природных ресурсов. Также немаловажно качество освещения, низкий уровень которого может привести к повышению аварийности и снижению безопасности на объекте.

Освещение паркинга в соответствии с вышеуказанными требованиями возможно при использовании светильников AtomSvet®, которые имеют ряд преимуществ, по сравнению с традиционными источниками света. Рассмотрим экономический эффект от перехода на светодиодные светильники при освещении закрытой парковки.

Общее освещение закрытой парковки автомобилей размером 100 x 15 м должно составлять не менее 50 лк (на полу) и используется 36 светильников с люминесцентными лампами ЛЛ 36. (стр. 21, рис. 1). Для дежурного освещения закрытой парковки автомобилей достаточно 10 светильников ЛПП 2*36. Мы используем десять светильников с трестами светодиодами.

Мы произвели расчет затрат, необходимых при изготовлении данного устройства, для того, чтобы узнать, рентабельно ли данное устройство и целесообразно ли его использование.

Расчет производимых затрат:

- стоимость ста двадцати генераторов - 5760 рублей (120 шт. x 48 руб.);
- стоимость проводов, используемых при монтаже - 1026 рублей (18 м x 57 руб.);
- стоимость триста светодиодов 1200 рублей (300 шт. x 4 руб.);
- стоимость аккумуляторов 7400 рублей (2 шт. x 3700 руб.);
- изготовление корпусов приборов, блоков, платформы ориентировочно 32000 рублей.

Итого: 5760р.+1026р.+1200р.+7400р.+32000р.= 47386 рублей.

Согласно нашим расчетам устройство окупается через 3,8 лет (стр. 20, рис. 1).

При использовании большего количества платформ на территории ТРК «Родник» срок окупаемости их заметно сокращается.

5. Изучение экологической целесообразности использования устройства

В нашем исследовании мы рассматриваем как альтернативу энергосберегающим лампам применение светодиодных ламп. Преимущества светодиодных ламп освещения настолько очевидны, что вопрос перехода на них ведется в России уже на государственном уровне. Планируется, что с 1 января 2014 года будут запрещены все лампы накаливания. И если ранее предполагалось, что вместо них будут использоваться обычные энергосберегающие, то весной 2010 года стала обсуждаться идея перехода на светодиодные лампы. Они не нуждаются в особой утилизации, срок службы составляет 50 тысяч часов (около 12 лет при непрерывной работе по 12 часов в сутки). Экологичность и колоссальная экономия (до 90 % электроэнергии) при светодиодном освещении делает такой переход перспективным и выгодным. Осветительная нагрузка, по статистике, составляет около 50% от общего энергопотребления в школе. Снижение уровня потребления электроэнергии при использовании светодиодных ламп в системах освещения позволит существенно экономить энергию и наши деньги.

Светодиодные лампы идентичны по световому потоку лампе накаливания, а низкое энергопотребление и долгий срок эксплуатации делают светодиодные лампы выгодной заменой как галогеновых ламп, так и люминесцентных. [8]

В светодиодном освещении отсутствует мерцание (видимое и незаметное глазом), и свет практически идентичен дневному, поэтому светодиодное освещение можно считать максимально приближенным к естественному. Светодиодам характерно диммирование – возможность регулировать степень интенсивности излучения. Для светодиодов характерна безынерционность (при включении сразу горят ярко). К тому же светодиодные лампы работают бесшумно, а ведь шум – еще один вид загрязнения окружающей среды.

Светодиодные лампы пока еще остаются довольно дорогостоящими. Однако цены на светодиоды постепенно снижаются, поэтому использование светодиодов в долгосрочной перспективе экономически оправдано.

Экология страдает от неэффективного использования электроэнергии за счёт теплового загрязнения окружающей среды, а также из-за выбросов вредных веществ при производстве электроэнергии. А значит, важен срок службы электроприборов, у светодиодных ламп он достигает 50-60 тыс. часов. По истечении этого времени светодиод не выходит из строя полностью как обычные лампы, а снижает свою яркость (как правило, до 50-70%), а это снижает затраты на производство и как следствие снижает вредные выбросы в атмосферу.

Наиболее известные источники возобновляемой энергии – солнце и ветер непостоянны во времени и не всегда могут обеспечить потребность в электроэнергии при пиках нагрузки. Несколько часов сильного ветра могли бы обеспечить электричеством целое здание на сутки – но запастись эту энергию пока что негде. Солнечными панелями электричество вырабатывается только днем, а энергия нужна, прежде всего, в темное время суток. Следовательно, возникает необходимость постоянно запасать огромные количества энергии и высвобождать ее с большей скоростью. Для этого больше всего подходят специальные аккумуляторные батареи, спроектированные для использования в системах автономного электроснабжения. На сегодняшний день достижения науки позволяют увеличить емкость и уменьшить габариты аккумуляторов.

В данном устройстве мы используем необслуживаемую аккумуляторную батарею (нет эффекта памяти). Технология герметизации обеспечивает безопасную и эффективную эксплуатацию батареи в любом помещении. Но каждая батарея имеет свой срок службы. Соответственно, возникает вопрос утилизации батарей. [9] На сегодняшний день, с учетом финансового кризиса утилизация аккумуляторных батарей – еще один стимул. Зачем выбрасывать старые аккумуляторы на улицу, если их можно сдавать на утилизацию в организации, имеющие лицензию на право заниматься этим видом деятельности. Заводы по утилизации располагаются в разных областях нашей страны и предлагают разные условия для сотрудничества. Утилизация – это трудоемкий, но оправданный процесс, благодаря которому снижается стоимость аккумуляторов, выходящих на базу сырья после вторичной переработки. При этом предупреждается загрязнение окружающей среды от выброшенных на свалку старых аккумуляторов, что повышает уровень экологической безопасности для населения и окружающего пространства.

Заключение

Оращение человечества к нетрадиционным источникам энергии не только своевременно, но и имеет под собой очень серьезное основание. XXI век – век поиска путей решения энергетической проблемы, в том числе за счет энергосбережения и использования альтернативных источников энергии.

Проанализировав данные, полученные в ходе исследования, мы сформулировали следующие **выводы**:

На примере подземной парковки торгово-развлекательно комплекса «Родник» города

Челябинска установлено, что в течение суток происходит порядка 2900 нажатий-разжатий гребня искусственной неровности основного въезда, что потенциально является источником энергии;

При передвижении автомобиля по искусственной неровности совершаются периодические движения, которые можно преобразовать в электрические сигналы;

Преобразование механической энергии движения в электроэнергию производится с помощью электрического генератора, встроенного на платформу искусственной дорожной неровности;

Расчет выработки электроэнергии разработанным устройством показал целесообразность его использования в практических целях;

Использование светодиодных ламп для дежурного освещения подземной парковки дает значительную экономию электроэнергии;

Разработанное устройство характеризуется экологичностью, т. к. снижение потребления электроэнергии снижает выбросы парниковых газов.

На основании этих выводов мы разработали следующие **практические рекомендации**:

1. Разработанное устройство исследовано на одном объекте (платформа искусственной дорожной неровности при въезде на подземную автопарковку ТРК «Родник»). Учитывая общее количество въездов и выездов на территории комплекса, можно оценить перспективу использования подобных устройств как самим ТРК, так и другими торгово-развлекательными учреждениями нашего города с точки зрения внедрения энергосберегающих технологий в рамках мегаполиса;
2. Подобный энергетический, экологический и экономический эффект можно получить и на других площадках повышенной проходимости (супермаркеты, кинотеатры);
3. Также целесообразно использовать данное устройство на автозаправках, автостанциях, в т.ч. находящиеся вдали от электрических сетей. Это позволит получить значительную экономию в рамках города, области и страны в целом.

Литература

1. Грабб М. Киотский протокол: анализ и интерпретация / М. Грабб, К. Вролик, Д.
2. Брэк [пер. с англ.]. М.: Наука, 2001. - 303 с.
3. Бут Д. А. Накопители энергии/ Д. А. Бут. - М.: Энергоатомиздат, 1991. - 400 с.
4. Федеральный закон Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. № 261–ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»
5. ГОСТ Р 52605-2006. Национальный стандарт РФ. Технические средства организации дорожного движения. Искусственные неровности. – М.: Стандартинформ, 2007. – 13 с.
6. Фролов К. В. Вибрации в технике: справочник / К. В. Фролов. - М.: Просвещение, 1995. - 456 с.
7. http://horisty.narod.ru/zaryad_akkumulyatorov.htm
8. Лаврус В. С. Батарейки и аккумуляторы / В. С. Лаврус. - К.: Наука и техника, 1995. - 48 с.

9. Девисилов В.А. Освещение и здоровье человека. Безопасность жизнедеятельности /
10. Девисилов В.А. – М.: ООО «Издательство «Новые технологии», 2003. – №7. Приложение, с.12–13.
11. Иванов Б.С. Человек и среда обитания: Учебное пособие, М.: МГИУ, - 1999.

Приложение



Рис. 1. Фрагменты видеонаблюдения за передвижением автомобилей при въезде и выезде на подземную парковку ТРК «Родник» г. Челябинска

Таблица № 1

Заполняемость автомобилями всей территории подземной парковки ТРК «Родник»

	Утро 10-12ч	День 12-17 ч	Вечер 17-22 ч	Всего
Будний день				
Въезд	171	600	1600	2371
Выезд	70	726	1575	2371
Выходной день				
Въезд	220	787	2097	3104
Выезд	120	709	2275	3104

Посещение автомобилями подземной парковки ТРК «Родник» через главный въезд

	Утро 10-12ч	День 12-17 ч	Вечер 17-22 ч	Всего
Будний день				
Въезд	114	400	1067	1581
Выезд	47	484	1050	1581
Выходной день				
Въезд	147	525	1398	2070
Выезд	80	473	1517	2070

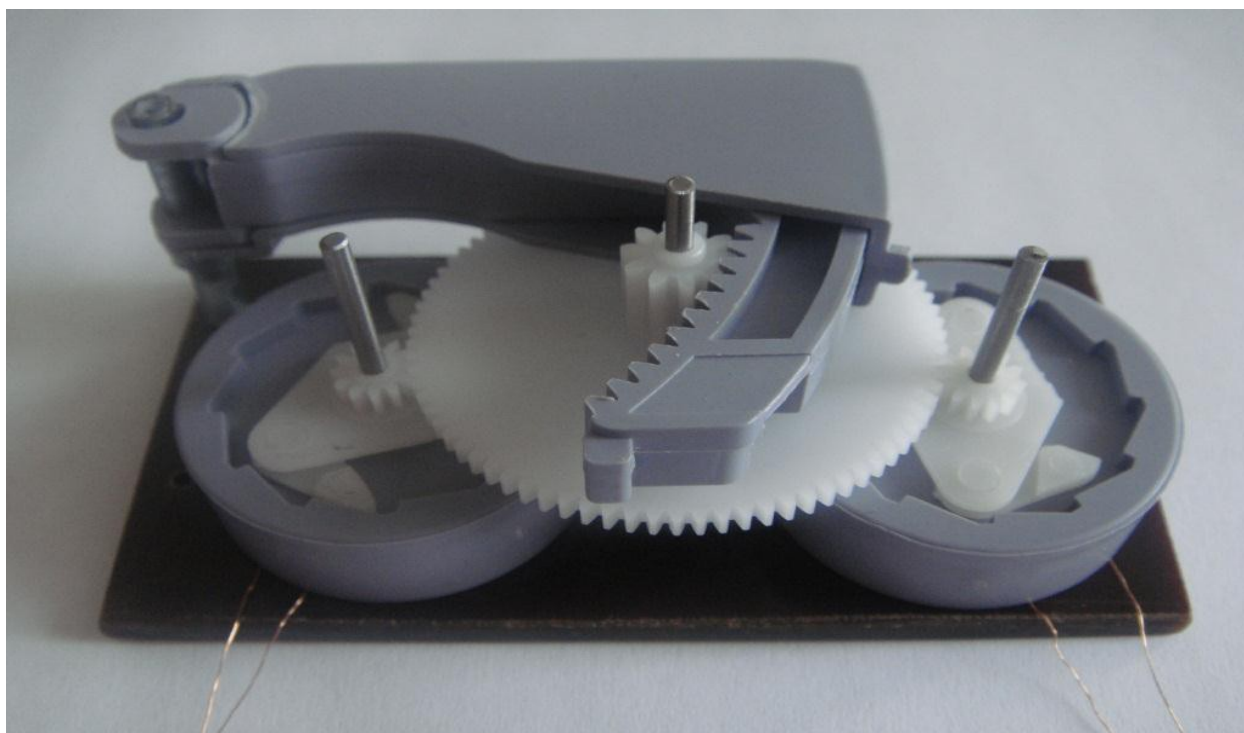


Рис. 2. Механизм, соединяющий зубчатый рычаг с генератором

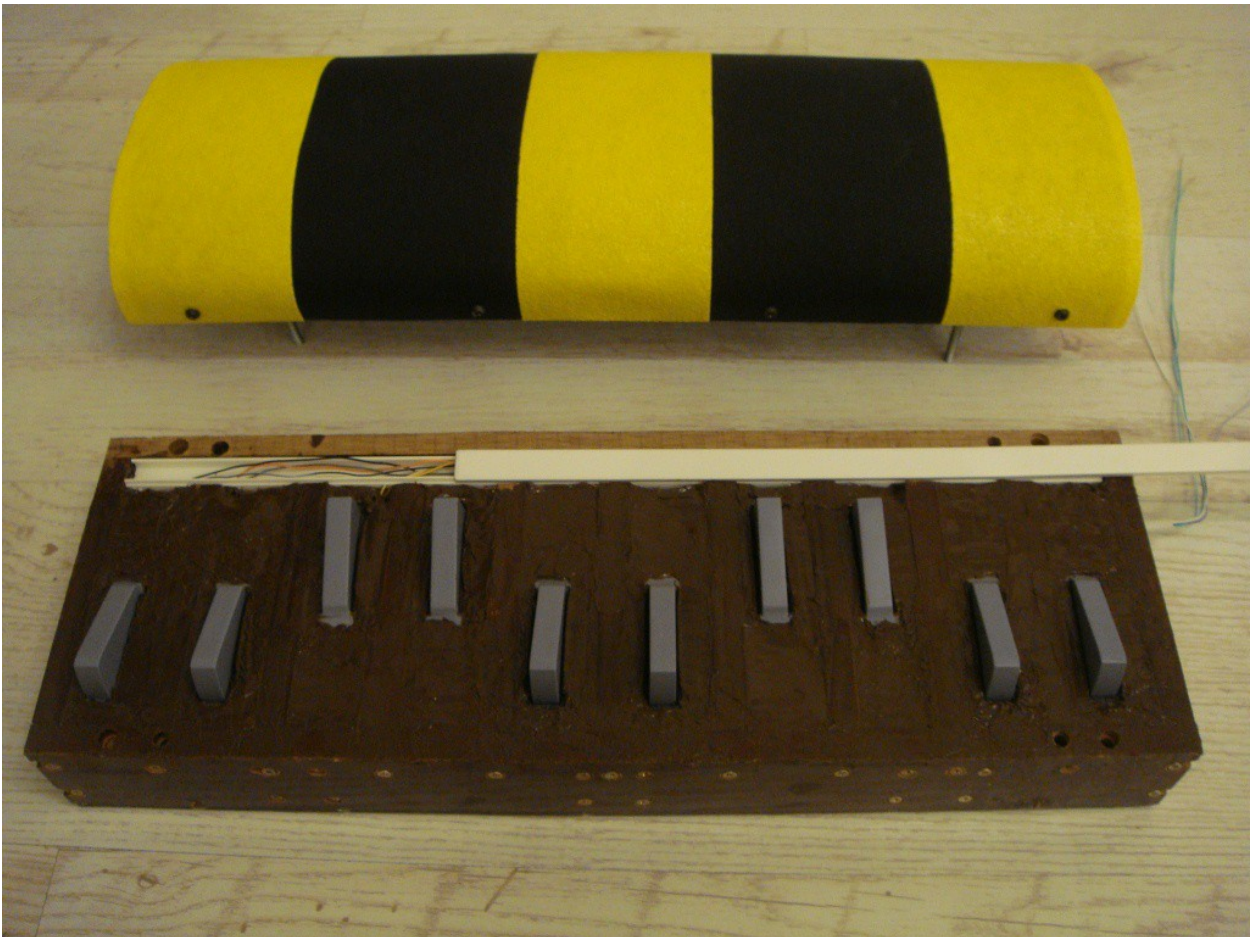


Рис. 3. Блок платформы, преобразующий механическое воздействие в электрическую энергию

Таблица № 3

Расчет окупаемости искусственной дорожной неровность в практическом применении

Источник света	ЛЛ 36 20 шт.	светодиоды 300 шт.
Потребляемая мощность десяти ламп, (с учетом потерь на ПРА) Вт.	780	
Стоимость кВт*ч электроэнергии, руб.	3,7	
Среднегодовой рост тарифов	15%	
Среднесуточное время работы, ч	12	
Потребление электроэнергии в год, кВт*ч	3370	0
Расходы за год эксплуатации (с учетом затрат на установку платформы), руб.	12467	47386
Период окупаемости, лет		3,8

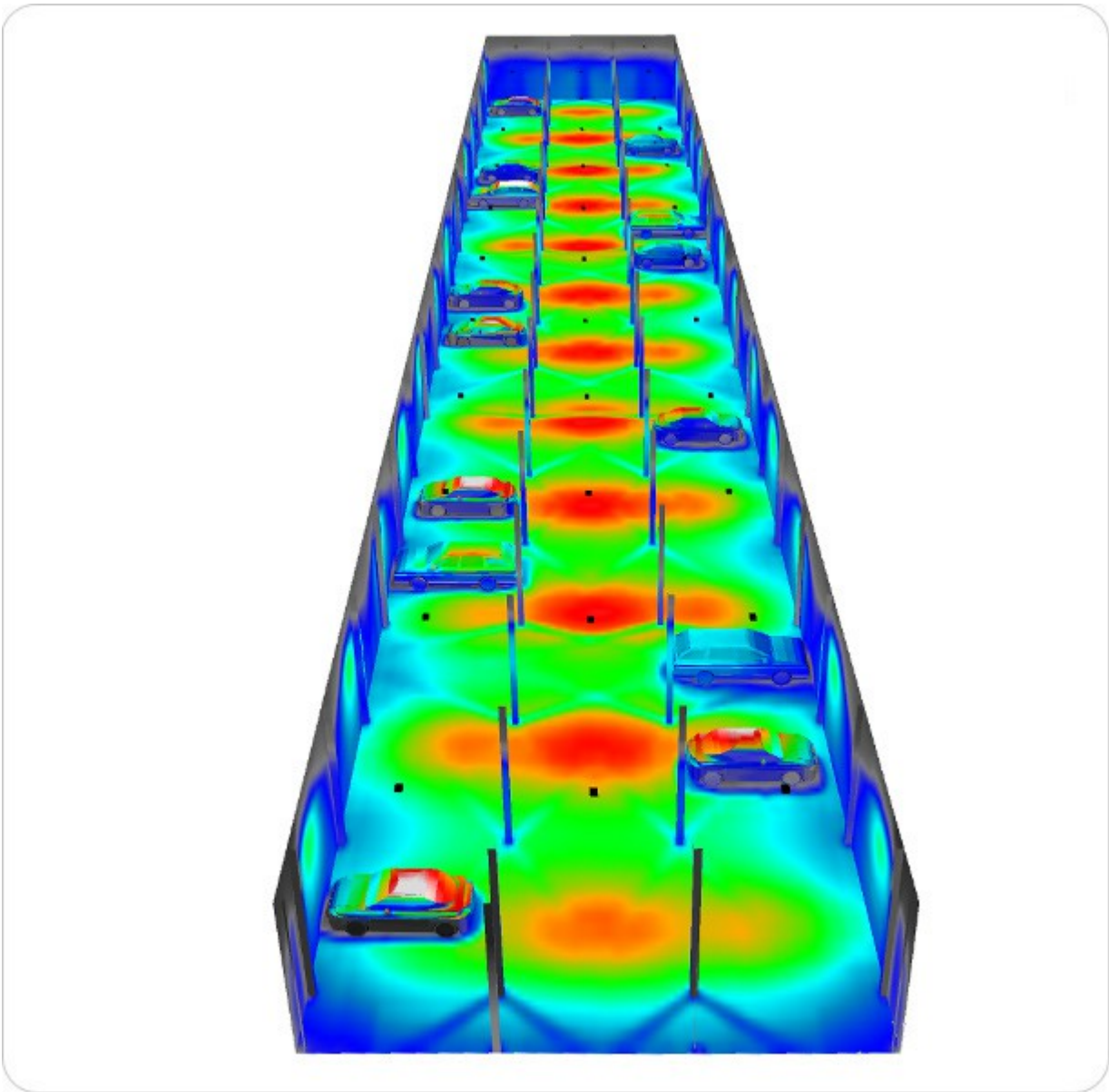


Рис. 4. Общее освещение закрытой парковки автомобилей

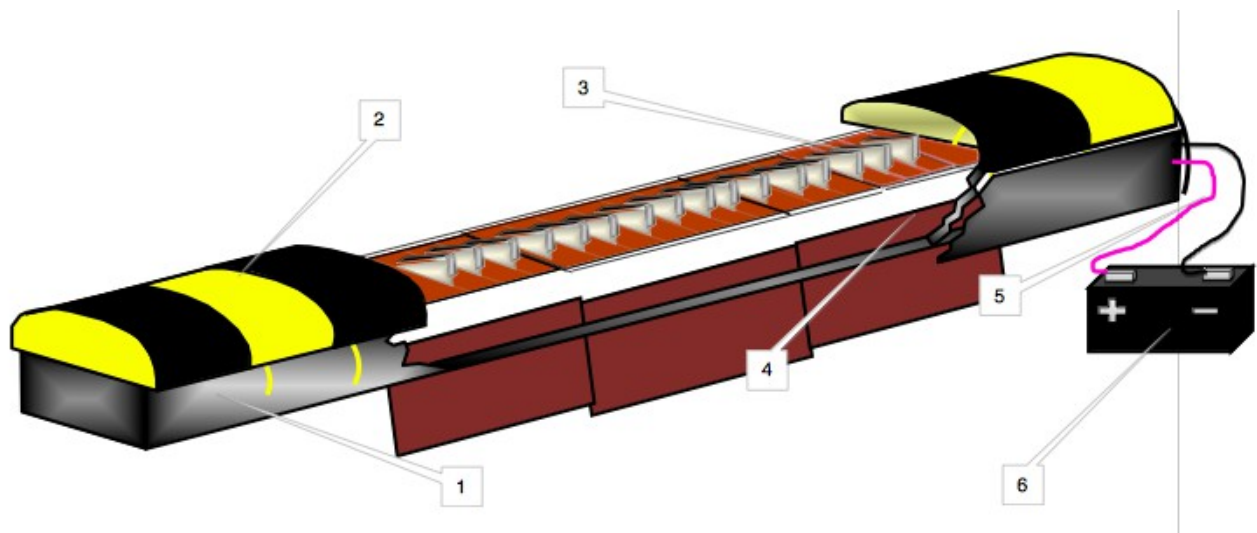


Рис. 5. Элемент искусственной дорожной неровности (платформа) в разрезе

1. Корпус платформы
2. Гребень искусственной неровности
3. Рычаг генератора
4. Блок приборов
5. Провода
6. Аккумулятор

НОМИНАЦИЯ: ЮРИДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В РОССИИ

I место – Не присуждалось

II место - Илья Усов, юристконсульт ОАО Белгородский институт альтернативной энергетики

Развитие законодательства об альтернативной энергетике как направление государственной политики в сфере охраны окружающей среды

Введение

В статье 42 Конституции Российской Федерации провозглашено право каждого на благоприятную окружающую среду. По данным ежегодных государственных докладов «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации», добыча полезных ископаемых, производство и распределение электроэнергии, газа и воды вносит наиболее значительный вклад в общий объем загрязнения окружающей среды. Высокое отрицательное влияние топливно-энергетического комплекса (далее – ТЭК) на окружающую среду признаётся в Энергетической стратегии России на период до 2030 года¹.

По общему признанию, снижению вклада ТЭК в загрязнение окружающей среды и сбережению невозобновляемых энергетических природных ресурсов (нефти, газа, угля) способствовало бы развитие альтернативной энергетики. Энергетическая стратегия стратегическими целями использования возобновляемых источников энергии (далее - ВИЭ) называет: сокращение потребления невозобновляемых топливно-энергетических ресурсов; снижение экологической нагрузки от деятельности топливно-энергетического комплекса. Необходимость использования указанных видов энергии определяется их существенной ролью при решении проблем снижения вредных выбросов от энергетических установок в городах и населенных пунктах со сложной экологической обстановкой, а также в местах массового отдыха населения. Концепция долгосрочного социально-экономического развития предполагает расширение использования возобновляемых источников энергии². К альтернативным (возобновляемым, нетрадиционным) относятся возобновляемые источники – энергия солнца, ветра, тепла, земли, естественного движения водных потоков, энергия биомассы, включающей в себя специально выращенные для получения энергии растения, а также отходы производства и потребления, биогаз, газ, выделяемый отходами производства и потребления на свалках, газ, образующийся на угольных разработках, и другая свободная энергия окружающей среды³. Неистощаемость и экологическая чистота этих ресурсов

¹ Режим доступа: <http://minenergo.gov.ru/activity/energostrategy/>

² Распоряжение Правительства Российской Федерации от 17.11.2008 г. № 1662-р «О концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации до 2020 года» // Собрание законодательства Российской Федерации от 24.11.2008 г. – № 47. – ст. 5489.

³ Федеральный закон Российской Федерации от 26.03.2003 г. № 35-ФЗ «Об электроэнергетике» // Собрание законодательства Российской Федерации от 31.03.2003 г. – № 13. – ст. 1177.

обуславливают необходимость их интенсивного использования.

Низкие темпы развития электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии объясняются рядом факторов:

- неконкурентоспособностью проектов использования возобновляемых источников энергии в существующей рыночной среде;
- отсутствием требуемой инфраструктуры, программ поддержки, надлежащей информационной среды, нормативно-технической и методической документации;
- отсутствием необходимых нормативных правовых актов, стимулирующих использование возобновляемых источников энергии в сфере электроэнергетики.

Основными направлениями государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2030 года определен комплекс мероприятий, направленных на создание условий, стимулирующих развитие использования возобновляемых источников энергии для производства электрической энергии. К 2020 году доля производства электроэнергии на генерирующих объектах, функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии, и ее потребления в совокупном объеме производства и потребления электроэнергии должна составить 4,5% (в настоящее время — менее 1%). Для достижения установленных целевых показателей предусматривается реализовывать политику стимулирования использования возобновляемых источников энергии в сфере электроэнергетики. С этой целью намечено применение мер государственной поддержки в соответствии с бюджетным законодательством до достижения реальной конкурентоспособности технологий использования возобновляемых источников энергии по отношению к технологиям получения энергии на основе ископаемых видов органического топлива. Кроме того, планируется привлечение инвестиционных средств, стимулирование потребителей к увеличению объемов приобретения электрической энергии, производимой объектами, функционирующими на основе использования возобновляемых источников энергии, а также решение ряда других задач.

С точки зрения перспектив развития экологического законодательства, важными являются намерения (выражены в основных направлениях государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии) реализовать меры по совершенствованию правового режима использования природных ресурсов для сооружения и эксплуатации электрогенерирующих объектов на основе использования возобновляемых источников энергии, организовать мониторинг достижения целевых показателей, включая их периодическое уточнение исходя из приоритетов не только экономической, энергетической, но и экологической политики.

Основная часть

В целях изучения актуальности и необходимости внесения соответствующих изменений в действующее законодательство в качестве примера были использованы официальные данные компании «АльтЭнерго», реализующей проекты в сфере возобновляемой энергетики на территории Белгородской области. Данной компанией построены и успешно эксплуатируются три вида электростанций, функционирующих на основе возобновляемых источников энергии – солнца, ветра и биогаза, суммарной установленной мощностью 2,6 МВт. Согласно данным компании «АльтЭнерго», за период с 2011 по 2013 год за счет выработки электрической энергии на указанных электростанциях

удалось сократить парниковые выбросы (CO₂) в объеме 13 245 433 кг⁴. При этом потенциал строительства объектов альтернативной энергетики позволяет многократно увеличить объем «зеленой» генерации. По оценке экспертов Международной финансовой корпорации, в случае утилизации 100% имеющихся в Белгородской области биоорганических отходов (включая твёрдые бытовые отходы), можно реализовать проекты по строительству генерирующих объектов суммарной мощностью около 400 МВт⁵, что в свою очередь позволит ежегодно сокращать парниковые выбросы (CO₂) более чем на 2 003 551 371 килограмм, что эквивалентно 143-м десятитонным цистернам мазута.

Препятствует реализации указанных экологических проектов наличие законодательной неопределенности.

04 ноября 2007 года в Федеральный закон Российской Федерации «Об электроэнергетике» были внесены изменения, направленные на создание конкурентоспособных условий функционирования объектов возобновляемой энергетики⁶. В развитие внесённых поправок приняты подзаконные акты о квалификации генерирующего объекта, о порядке ведения реестра выдачи и погашения сертификатов, подтверждающих объём производства электрической энергии на возобновляемых источниках, о порядке предоставления бюджетных субсидий на технологическое присоединение. Существующие в настоящее время законопроекты в сфере энергосбережения и повышения энергоэффективности предусматривают субсидирование процентных ставок по коммерческим кредитам, привлекаемым на вовлечение в хозяйственный оборот и расширение объёмов использования возобновляемых источников энергии. При этом существенного развития и расширения сектора возобновляемой энергетики в России в настоящее время не наблюдается. Причиной этому является ряд факторов:

Длительность технологического присоединения объектов энергетики

В пункте 16 Правил технологического присоединения энергопринимающих устройств потребителей электрической энергии, объектов по производству электрической энергии, а также объектов электросетевого хозяйства, принадлежащих сетевым организациям и иным лицам, к электрическим сетям», утвержденных Постановлением Правительства РФ от 27 декабря 2004 г. № 861 определены порядок и сроки мероприятий по технологическому присоединению. Указанной нормой установлен срок длительностью 2 года - для заявителей, максимальная мощность энергопринимающих устройств которых составляет не менее 670 кВт, если иные сроки (но не более 4 лет) не предусмотрены инвестиционной программой соответствующей сетевой организации или соглашением сторон. Учитывая закрепленные в распоряжении Правительства РФ от 08.01.2009 № 1-р «Об основных направлениях государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 года»⁷ целевые показатели величин объемов ввода установленной мощности генерирующих объектов по видам возобновляемых источников энергии действующие сроки мероприятий по технологическому присоединению ставят под вопрос реальность реализации

⁴ Режим доступа: <http://altenergo.su/docs/1610vKoreu.pdf>

⁵ Режим доступа: http://www.belregion.ru/press/news.php?ID=3280&sphrase_id=2203

⁶ Федеральный закон Российской Федерации от 4.11.2007 г. № 250-ФЗ «Об электроэнергетике» // Собрание законодательства Российской Федерации от 5.11.2007 г. – № 45. – ст. 5427.

⁷ Распоряжение Правительства РФ от 08.01.2009 № 1-р «Об основных направлениях государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 года» // «Собрание законодательства РФ», 26.01.2009, N 4, ст. 515.

проектов по строительству объектов возобновляемой энергетики. Выходом из сложившейся ситуации должно стать сокращение сроков мероприятий по технологическому присоединению при вводе в эксплуатацию генераторов, функционирующих на основе возобновляемых источников энергии.

Сложность и длительность процедуры квалификации генерирующих объектов

Пункт 128 Постановления Правительства Российской Федерации от 04 мая 2012 года №442 «О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии» устанавливает, что на розничном рынке электрической энергии продажа электрической энергии, произведенной на объекте, функционирующем на основе использования возобновляемых источников энергии возможна только при условии прохождения процедуры квалификации⁸. В соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации №426 от 03.06.2008 функции по осуществлению процедуры квалификации генерирующих объектов, функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии также исполняет НП «Совет рынка»⁹. Регламентом №24 НП «Совет рынка» о квалификации генерирующих объектов, функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии и ведения реестра квалифицированных генерирующих объектов закреплены требования, которые делают данную процедуру сложной и длительной, что отпугивает потенциально заинтересованные в строительстве объектов ВИЭ компании. Одним из наиболее проблемных требований является избыточность документов представляемых для квалификации генерирующих объектов. Регламентом №24 НП «Совет рынка» о квалификации генерирующих объектов, функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии и ведения реестра квалифицированных генерирующих объектов закреплено требование о перечне документов, которые необходимо приложить к заявлению о квалификации. Одним из приложений должна быть проектная документация представленная в составе разделов, установленных ст.49 Градостроительного кодекса РФ и утвержденных постановлением Правительства Российской Федерации¹⁰. Состав проектной документации содержит 12 разделов: 1.Пояснительная записка; 2. Проект полосы отвода; 3.Технологические и конструктивные решения линейного объекта. Искусственные сооружения; 4. Конструктивные и объемно-планировочные решения; 5. Сведения об инженерном оборудовании, о сетях инженерно-технического обеспечения, перечень инженерно-технических мероприятий, содержание технологических решений; 6.Проект организации строительства; 7.Проект организации работ по сносу (демонтажу) линейного объекта; 8.Мероприятия по охране окружающей среды; 9.Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности; 10.Мероприятия по обеспечению доступа инвалидов; 10.1.Мероприятия по обеспечению соблюдения требований энергетической эффективности и требований оснащенности зданий, строений и сооружений приборами учета используемых энергетических ресурсов; 11.Смета на строительство объектов капитального строительства; 12.Иная документация в случаях, предусмотренных федеральными законами. Как правило, каждый из разделов представляет собой многостраничный том с приложением графических схем и чертежей на бумаге формата А3 и А2. Представление проектной документации

⁸ Постановление Правительства РФ от 4 мая 2012 г. N 442 "О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии" // «Собрание законодательства РФ», 04.06.2012, № 23, ст. 3008

⁹ Постановление Правительства РФ от 03.06.2008 №426 «О квалификации генерирующего объекта, функционирующего на основе использования возобновляемых источников энергии» // «Собрание законодательства РФ», 09.06.2008, № 23, ст. 2716.

¹⁰ Постановление Правительства РФ от 16.02.2008 № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» // «Собрание законодательства РФ», 25.02.2008, N 8, ст. 744.

является, безусловно, избыточным, а требование вышеуказанного Регламента о предоставлении копий всех документов на электронном носителе делает практически невозможным перевод документов большого формата в графический вид в надлежащем читаемом качестве.

При этом целями квалификации в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 03.06.2008 №426 «О квалификации генерирующего объекта, функционирующего на основе использования возобновляемых источников энергии» является определение соответствия целевым показателям объема производства и потребления электрической энергии с использованием возобновляемых источников энергии в совокупном балансе производства и потребления электрической энергии, установленным в соответствии с основными направлениями государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии¹¹. Для достижения указанных целей, по нашему мнению, достаточно предоставление в качестве приложения к заявлению о квалификации проектной документации в составе разделов №1 и №5 которые подтвердят факт производства электрической энергии на объекте, функционирующем на основе возобновляемых источников энергии и что, значительно упростит процедуру квалификации генерирующего объекта ВИЭ.

Чрезвычайная затратность процедуры допуска к торговле электрической энергией на оптовом рынке электроэнергии

Постановлением Правительства Российской Федерации от 28.05.2013 № 449 «О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности» (далее - Постановление Правительства РФ от 28.05.2013 N 449) определен порядок проведения отборов инвестиционных проектов по строительству генерирующих объектов, функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии, по итогам которых предусмотрен механизм полного возврата инвестиций, затраченных на реализацию указанных проектов¹². Функции по организации и проведению указанного отбора переданы Некоммерческому партнерству «Совет рынка по организации эффективной системы оптовой и розничной торговли электрической энергией и мощностью» (далее – НП «Совет рынка»). Регламентом НП «Совет рынка» №27 о проведении отборов инвестиционных проектов по строительству генерирующих объектов, функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии от 16.07.2013 года закреплены условия участия в конкурсном отборе проектов ВИЭ, среди которых – требование о членстве в НП «Совет рынка», предполагающее внесение единовременного вступительного членского взноса в размере 1 000 000,00 рублей и уплату ежеквартальных членских взносов. Для генерирующих компаний в 2014 году эта сумма составляет 1 091 000,00 рублей¹³, что эквивалентно выручке от реализации электрической энергии на оптовом рынке, произведенной на солнечной электростанции установленной мощностью 100 кВт при пиковой выработке в климатических условиях Белгородской области более чем за 5 лет. При этом, указанная сумма является равнозначной и для крупных атомных и гидро- электростанций, объем суммарной мощности которых кратно превышает мощность объектов альтернативной энергетики. Таким образом,

¹¹ Постановление Правительства РФ от 03.06.2008 №426 «О квалификации генерирующего объекта, функционирующего на основе использования возобновляемых источников энергии» // «Собрание законодательства РФ», 09.06.2008, № 23, ст. 2716.

¹² Постановление Правительства РФ от 28.05.2013 № 449 «О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности» // «Собрание законодательства РФ», 10.06.2013, № 23, ст. 2909.

¹³ Режим доступа: <http://www.np-sr.ru/contract/joining/marketnorem/>

генерирующие компании на стадии ввода электростанции в эксплуатацию, до начала получения прибыли вынуждены нести указанные расходы. Данное обстоятельство делает инвестиции в строительство генерирующих объектов, функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии крайне непривлекательными и рискованными.

Фактическая невозможность принятия участия в мероприятиях по государственной поддержке генерирующих объектов ВИЭ

Помимо требования о членстве в некоммерческом партнерстве, Постановление Правительства Российской Федерации от 28.05.2013 № 449, в качестве обязательного условия допуска к конкурсному отбору проектов ВИЭ в рамках механизма стимулирования использования возобновляемых источников энергии, закрепляет предоставление способа и величины обеспечения (гарантии) исполнения обязательств участника отбора, возникающих по их результатам. Необходимо обратить особое внимание, что законодатель не ограничил участников конкурса в выборе конкретного вида гарантии. Несмотря на это, Регламентом №27 НП «Совет рынка» закреплён единственный способ обеспечения исполнения обязательств – поручительство субъекта оптового рынка электроэнергии, владеющего генерирующими объектами суммарной мощностью более 2,5 ГВт.

Очевидно, что установленные для участия в конкурсе по отбору проектов ВИЭ требования, нарушают принцип равенства равных условий для всех участников оптового рынка, определенный Федеральным законом от 26.03.2003 «Об электроэнергетике», не соответствуют требованиям постановления Правительства Российской Федерации от 29.12.2010 №1172 «Об утверждении Правил оптового рынка электрической энергии и мощности и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам организации функционирования оптового рынка электрической энергии и мощности» (далее – Правила оптового рынка), создают дискриминационные условия, сужают круг лиц потенциальных участников конкурса и существенно ограничивают конкуренцию. Причиной этому является то, что численность субъектов оптового рынка, способных предоставить поручительство ограничена и по состоянию на январь 2014 года насчитывает 19 компаний¹⁴. При этом договориться с такими компаниями представляется крайне затруднительным поскольку, с одной стороны, для них отсутствует какая-либо заинтересованность в предоставлении таких поручительств, с другой стороны, в случае аффилированности данных компаний с участниками отбора, другие участники автоматически оказываются в неравных условиях, что само по себе противоречит принципу состязательности.

Завышенные целевые показатели локализации генерирующего оборудования ВИЭ

Постановлением Правительства РФ от 28.05.2013 № 449 установлено требование локализации генерирующего оборудования, то есть соответствия коэффициента производства основного и (или) вспомогательного генерирующего оборудования, применяемого при производстве электрической энергии с использованием возобновляемых источников энергии на территории Российской Федерации целевым показателям, закрепленным в распоряжении Правительства РФ от 08.01.2009 № 1-р «Об основных направлениях государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе

¹⁴ Режим доступа: <http://www.np-sr.ru/partnership/members/sellers/>

использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 года»¹⁵.

Например, для генерирующих объектов, функционирующих на основе фотоэлектрического преобразования энергии солнца, в 2014-2015 году установлено требование о 50%-й степени локализации производства генерирующего оборудования. По состоянию на февраль 2014 года на территории России существует два реально функционирующих предприятия с суммарной производительностью солнечных панелей не более 50 МВт в год. При этом, объем ввода солнечных электростанций в 2014 году должен составить 120 МВт. Принимая во внимание существующее состояние соответствующей инфраструктуры, закрепленное требование о степени локализации является практически невыполнимым, ввиду недостаточности объемов существующих и планируемых к вводу производственных мощностей по изготовлению оборудования для объектов возобновляемой энергетики. Невыполнение требований по локализации, в свою очередь, станет препятствием для участия заинтересованных компаний в конкурсных отборах проектов ВИЭ, в результате чего меры государственной поддержки сектора возобновляемой энергетики реализованы не будут. Исходя из вышесказанного становится очевидной противоречивость Распоряжения №1-р в части плановой степени локализации и объемов ввода генерирующего оборудования.

Отсутствие методики расчета тарифа на электрическую энергию, производимую на основе ВИЭ

Необходимость разработки рекомендаций по формированию цен на электрическую энергию, произведенную на розничном рынке электроэнергии на основе ВИЭ, обусловлена несоизмеримо высоким уровнем цен на оборудование и эксплуатацию объектов возобновляемой энергетики по отношению к объектам традиционной генерации, что в свою очередь, связано с неразвитостью сектора альтернативной энергетики.

Исходя из этого, пунктом 3 ст. 23.1. ФЗ «Об электроэнергетике» установлено, что на розничных рынках государственному регулированию подлежат цены (тарифы) или предельные (минимальный и (или) максимальный) уровни цен (тарифов) на электрическую энергию (мощность), произведенную на функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии квалифицированных генерирующих объектах и приобретаемую в целях компенсации потерь в электрических сетях¹⁶. В соответствии с п. 63 Постановления Правительства Российской Федерации от 29 декабря 2011 года № 1178 «О ценообразовании в области регулируемых цен (тарифов) в электроэнергетике» органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации в области государственного регулирования тарифов в соответствии с методическими указаниями, утверждаемыми Федеральной службой по тарифам, устанавливают на очередной финансовый год на розничном рынке цены (тарифы) или предельные (минимальный и (или) максимальный) уровни цен (тарифов) на электрическую энергию (мощность), произведенную на функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии квалифицированных генерирующих объектах и приобретаемую в целях компенсации потерь в электрических сетях¹⁷.

¹⁵ Распоряжение Правительства РФ от 08.01.2009 № 1-р «Об основных направлениях государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 года» // «Собрание законодательства РФ», 26.01.2009, N 4, ст. 515.

¹⁶ Федеральный закон Российской Федерации от 4.11.2007 г. № 250-ФЗ «Об электроэнергетике» // Собрание законодательства Российской Федерации от 5.11.2007 г. – № 45. – ст. 5427.

¹⁷ Постановление Правительства РФ от 29.12.2011 № 1178 «О ценообразовании в области регулируемых цен (тарифов) в электроэнергетике» // «Собрание законодательства РФ», 23.01.2012, № 4, ст. 504.

Однако, в настоящее время соответствующая методика установления цен (тарифов) на электрическую энергию на розничных рынках, произведенную квалифицированными генерирующими объектами, функционирующими на основе использования ВИЭ отсутствует.

Отсутствие гарантированности приобретения электрической энергии, произведенной на основе возобновляемых источников энергии

Пунктом 128 Постановления Правительства Российской Федерации от 04 мая 2012 года №442 «О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии» предусмотрена возможность реализации электрической энергии на розничном рынке электроэнергии, произведенной на объектах, функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии сетевым компаниям в целях компенсации потерь в электрических сетях. При этом, нормы, содержащиеся в указанном постановлении не регламентируют порядок заключения договора, его существенные условия, порядок определения объемов производства и продажи электрической энергии.

В условиях жесткой конкуренции и высокого уровня тарифов на электрическую энергию, произведенную генерирующими объектами на основе использования возобновляемых источников энергии отсутствие четкого правового закрепления обязательности и условий заключения договоров, обеспечивающих продажу «зеленой» энергии, может стать поводом для уклонения сетевых компаний от заключения соответствующих договоров. Указанные обстоятельства несомненно тормозят развитие отрасли и привлечение инвестиций для строительства объектов возобновляемой энергетики.

Предложения по совершенствованию действующего законодательства

Федеральным законом «Об электроэнергетике»¹⁸ полномочия по установлению правил, критериев и порядка квалификации генерирующего объекта, функционирующего на основе использования возобновляемых источников энергии, как соответствующего целевым показателям, установленным в соответствии с основными направлениями государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики, осуществление поддержки использования возобновляемых источников энергии возложены на Правительство Российской Федерации. Данное делегирование полномочий обусловило необходимость внесения изменений именно в подзаконные акты Правительства Российской Федерации.

Из анализа действующих нормативно-правовых актов, направленных на развитие и стимулирование использования возобновляемых источников энергии следует, что, в силу отсутствия опыта строительства и эксплуатации объектов, функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии, принятые ранее законодательные акты существенно тормозят развитие альтернативной энергетики на территории Российской Федерации и требуют существенной доработки.

Изменение законодательства о технологическом присоединении объектов энергетики

Предлагается внести изменение в Постановление Правительства РФ от 27.12.2004 № 861 «Об утверждении Правил технологического присоединения энергопринимающих

¹⁸ Федеральный закон от 26 марта 2003 г. N 35-ФЗ «Об электроэнергетике» // Собрание законодательства Российской Федерации от 31 марта 2003 г. N 13 ст. 1177

устройств потребителей электрической энергии, объектов по производству электрической энергии, а также объектов электросетевого хозяйства, принадлежащих сетевым организациям и иным лицам, к электрическим сетям», дополнив пп. б. пункта 16 абзацем следующего содержания:

«Для заявителей - владельцев генерирующих объектов, функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии установить срок технологического присоединения на срок не более шести месяцев.»

Изменение законодательства о квалификации генерирующих объектов, функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии

Предлагается абзац 5 пункта 5 Постановления Правительства РФ от 03.06.2008 №426 «О квалификации генерирующего объекта, функционирующего на основе использования возобновляемых источников энергии» изложить в следующей редакции:

«- Разделы 1 и 5 проектной документации на генерирующий объект;»

Изменение законодательства в части, регламентирующей процедуру допуска к торговле электрической энергией на оптовом рынке электроэнергии

Предлагается внести изменения в пункт 197 Постановления Правительства Российской Федерации от 28.05.2013 № 449 «О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности», изложив его в следующей редакции:

«К участию в отборе проектов допускаются только участники оптового рынка, зарегистрировавшие условную группу (группы) точек поставки на оптовом рынке в отношении генерирующего объекта, строительство которого предполагается по итогам отбора проектов, а также выполнившие требования, необходимые для допуска к участию в отборе проектов, установленные настоящими Правилами и договором о присоединении к торговой системе оптового рынка. Осуществление расходов на членство в партнерстве совета рынка производится с момента начала поставки мощности по договору в рамках конкурсного отбора инвестиционных проектов исходя из объема генерации. Расчет и порядок внесения членских взносов регламентируется локальными актами совета рынка.»

Изменения законодательства, регламентирующего порядок проведения конкурсных отборов инвестиционных проектов по строительству объектов, функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии

Предлагается изменить пп.1 пункта 204 Постановления Правительства Российской Федерации от 28.05.2013 № 449 «О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности», изложив его в следующей редакции:

«1) предлагаемый способ и величину обеспечения исполнения обязательств участника, возникающих по результатам отбора проектов, включая, но, не ограничиваясь, предоставление поручительства третьих лиц - поставщиков оптового рынка, совокупная установленная мощность генерирующих объектов которых превышает 2 500 МВт, банковскую гарантию.»

Изменение законодательства о степени локализации оборудования, входящего в состав генерирующих объектов, функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии

Предлагается изменить распоряжение Правительства Российской Федерации от 08.01.2009 № 1-р «Об основных направлениях государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 года», отсрочив уровень требований по локализации производства оборудования до следующих величин по годам до 2020 г., и изложив Приложение №3 к указанному Распоряжению в следующей редакции:

Виды генерирующих объектов, функционирующие на основе ВИЭ	Год ввода в эксплуатацию	Целевой показатель степени локализации, %
Генерирующие объекты, функционирующие на основе ветра	2014	20
	2015	20
	2016-2017	35
	2018-2019	45
	2020	65
Генерирующие объекты, функционирующие на основе фотоэлектрического преобразования солнца	2014-2015	35
	2016-2017	50
	2018-2019	60
	2020	65
Генерирующие объекты установленной мощностью менее 25 МВт, функционирующие на основе энергии вод	2014-2015	20
	2016-2017	35
	2018-2019	45
	2020	65

Изменения законодательства, касающиеся разработки методики расчета «зеленого» тарифа.

Предлагается Основы ценообразования в области регулируемых цен (тарифов) в электроэнергетике, утвержденные постановлением Правительства Российской Федерации от 29 декабря 2011 г. №1178, дополнить пунктом 32 (1) следующего содержания:

«Органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации в области государственного регулирования тарифов в соответствии с методическими указаниями, утвержденными федеральной службой по тарифам, устанавливают цены (тарифы) или предельные (минимальный и (или) максимальный) уровни цен (тарифов) на электрическую

энергию (мощность), указанные в абзацах шестом и седьмом подпункта 2 пункта 3 настоящего постановления, на период не менее срока окупаемости проектов, определенного в соответствии с настоящим пунктом, в отношении квалифицированных генерирующих объектов, осуществляющих производство электрической энергии с использованием возобновляемых источников энергии, на основании перечисленных ниже ценовых параметров, а именно:

-размера инвестированного капитала, но не более предельных значений капитальных затрат, дифференцированных по величине установленной мощности объектов и видам возобновляемых источников энергии, в том числе расходы на проектно-изыскательские работы и технологическое присоединение к электрическим сетям;

-размера эксплуатационных затрат, но не более предельных значений эксплуатационных затрат;

-размера затрат на обслуживание заемных денежных средств;

-размера накопленных процентов в период осуществления проектных и строительно-монтажных работ по заемным средствам инвестированного капитала;

-уровня доходности инвестированного капитала в размере четырнадцати процентов годовых.

7. Изменение законодательства в целях обеспечения гарантированной продажи электрической энергии, произведенной генерирующими объектами, функционирующими на основе использования возобновляемых источников энергии на розничном рынке электроэнергии.

Предлагается изменить Постановление Правительства Российской Федерации от 04 мая 2012 года №442 «О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии», дополнив его пунктом 65(1), изложив его в следующей редакции:

«Производители электрической энергии (мощности), функционирующие в ценовых зонах оптового рынка, и реализующие электрическую энергию (мощность) на розничных рынках, осуществляющие производство электрической энергии на квалифицированных генерирующих объектах с использованием возобновляемых источников энергии, продают электрическую энергию сетевым организациям в целях компенсации потерь с учетом особенностей, предусмотренных пунктом 128 настоящего документа исключительно в объемах, в отношении которых советом рынка выпущены сертификаты, подтверждающие производство электрической энергии на основе возобновляемых источников энергии за соответствующий расчетный период. Отказ сетевых организаций от заключения указанных договоров не допускается.»

Подводя итог необходимо отметить, что скорейшее принятие нормативно-правовых актов, направленных на поддержку объектов энергетики, функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии, является необходимой мерой на пути укрепления благоприятной экологической обстановки в Российской Федерации.

Список использованных источников и литературы

Нормативно-правовые акты:

1. Федеральный закон Российской Федерации от 26.03.2003 г. № 35-ФЗ «Об электроэнергетике» // Собрание законодательства Российской Федерации от

- 31.03.2003 г. – № 13. – ст. 1177.
2. Федеральный закон Российской Федерации от 4.11.2007 г. № 250-ФЗ «Об электроэнергетике» // Собрание законодательства Российской Федерации от 5.11.2007 г. – № 45. – ст. 5427.
 3. Постановление Правительства Российской Федерации от 16.02.2008 № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию»// «Собрание законодательства РФ». – 25.02.2008. – № 8. – ст. 744.
 4. Постановление Правительства Российской Федерации от 03.06.2008 № 426 «О квалификации генерирующего объекта, функционирующего на основе использования возобновляемых источников энергии» // «Собрание законодательства РФ». – 09.06.2008. – № 23. – ст. 2716.
 5. Постановление Правительства Российской Федерации от 29.12.2011 № 1178 «О ценообразовании в области регулируемых цен (тарифов) в электроэнергетике» // «Собрание законодательства РФ». – 23.01.2012. – № 4. – ст. 504.
 6. Постановление Правительства Российской Федерации от 4 мая 2012 г. № 442 «О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии» // «Собрание законодательства РФ». – 04.06.2012. – № 23. – ст. 3008.
 7. Постановление Правительства Российской Федерации от 28.05.2013 № 449 «О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности» // «Собрание законодательства РФ». – 10.06.2013. – № 23. – ст. 2909.
 8. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 17.11.2008 г. № 1662-р «О концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации до 2020 года» // Собрание законодательства Российской Федерации от 24.11.2008 г. – № 47. – ст. 5489.
 9. Распоряжение Правительства РФ от 08.01.2009 № 1-р «Об основных направлениях государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 года» // «Собрание законодательства РФ». – 26.01.2009. – № 4. – ст. 515.

Интернет ресурсы:

1. Режим доступа: <http://minenergo.gov.ru/activity/energostrategy/>
2. Режим доступа: <http://altenergo.su/docs/1610vKoreu.pdf>
3. Режим доступа: http://www.belregion.ru/press/news.phpID=3280&sphrase_id=2203
4. Режим доступа: <http://www.np-sr.ru/contract/joining/marketnorem/>
5. Режим доступа: <http://www.np-sr.ru/partnership/members/sellers/>

III место - Анна Безукладникова, старший преподаватель Удмуртского государственного университета

Правовые аспекты использования возобновляемых источников энергии в Российской Федерации: актуальные проблемы и практические рекомендации

Понятие, историческое становление и значение правового регулирования использования возобновляемых источников энергии в Российской Федерации

Современная энергетика базируется преимущественно на невозобновляемых источниках, однако сокращение добычи и повышение стоимости нефти, газа и угля заставляют человечество искать новые источники энергии. «Неизбежность глобального энергетического кризиса сейчас полностью осознана, и поэтому энергетическая проблема для техники и науки стала проблемой № 1», – говорил академик П.Л. Капица, лауреат Нобелевской премии по физике 1978 г [8]. Тем не менее, ископаемое и атомное топливо по-прежнему доминируют в мире. Чтобы оценить масштаб проблемы, достаточно сопоставить между собой следующие факты:

- Истощение мировых запасов ископаемых энергоресурсов растет с каждым днем: угля человечеству хватит примерно на 600 лет, нефти – на 90 лет, газа – на 50 лет, а урана (который почему-то принято считать чуть ли не энергетической панацеей) – всего на 27-80 лет;
- Международное энергетическое агентство (МЭА) прогнозирует: в период с 2005 по 2030 гг. спрос на энергию вырастет в полтора раза, а к 2050 г. – почти вдвое;
- Численность населения нашей планеты неуклонно увеличивается;
- Ускорение научно-технического прогресса способствует постоянному росту потребности в энергии [11].

Приведенные факты объясняют значимость источников энергии, которые сегодня принято называть «альтернативными» либо «возобновляемыми». По прогнозам, к середине нашего века их доля в мировом энергобалансе должна вырасти до 25%. Основными преимуществами возобновляемых источников являются их неисчерпаемость, возобновляемость, экологичность и доступность для использования практически в любой точке земного шара. И сегодня многие технологии, основанные на различных возобновляемых источниках энергии, не просто активно развиваются в мире, но уже способны составить успешную конкуренцию традиционным технологиям, доминирующим на рынке энергетических услуг.

Долгое время существовало мнение, что альтернативная энергия относится к разряду «малой энергетики». В 1994 году была разработана «Концепция развития и использования возможностей малой и нетрадиционной энергетики в энергетическом балансе России», в которой было сформулировано определение «малой энергетики» [8]. В частности, для отнесения к разряду «малых» электростанций установлен критерий мощности электростанции до 30 МВт и агрегата до 10 МВт. К малым атомным электростанциям относятся установки единичной мощностью от 10 до 40 МВт. Тем не менее, в мире уже существуют ветровые электростанции мощностью 750МВт, солнечные фотоэлектрические

станции мощностью 60 МВт, геотермальные электростанции мощностью 750 МВт, электростанции, использующие биомассу, мощностью 250 МВт.

Как указывает Безруких П.П., **возобновляемые источники энергии** – это источники энергии на основе постоянно существующих или периодически возникающих процессов в природе, а также жизненном цикле растительного и животного мира и жизнедеятельности человеческого общества [8].

Понятие возобновляемых источников энергии впервые было введено Федеральным законом от 4 ноября 2007 г. N 250-ФЗ "О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с осуществлением мер по реформированию Единой энергетической системы России". На основании ст. 3 Федерального закона от 26 марта 2003 г. N 35-ФЗ "Об электроэнергетике" к ним относятся:

- энергия ветра;
- энергия солнца;
- энергия вод (в том числе энергия сточных вод), за исключением случаев использования такой энергии на гидроаккумулирующих электроэнергетических станциях;
- энергия приливов;
- энергия волн водных объектов, в том числе водоемов, рек, морей, океанов;
- геотермальная энергия с использованием природных подземных теплоносителей;
- низкопотенциальная тепловая энергия земли, воздуха, воды с использованием специальных теплоносителей;
- биомасса, включающая в себя специально выращенные для получения энергии растения, в том числе деревья;
- отходы производства и потребления, за исключением отходов, полученных в процессе использования углеводородного сырья и топлива;
- биогаз, газ, выделяемый отходами производства и потребления на свалках таких отходов;
- газ, образующийся на угольных разработках [1].

Из содержания указанной нормы следует, что определение возобновляемых источников энергии включает закрытое перечисление видов энергии, относимых к таковым, не подлежащее расширению за счет включения иных видов.

В литературе этот перечень воспринимается как исчерпывающий, дающий основание полагать, что не вошедшие в него источники энергии являются невозобновляемыми источниками энергии, например, такого мнения придерживается Павлов В.А. [9]

Однако, по существу, считать такой перечень исчерпывающим некорректно. К примеру, возобновляемыми источниками энергии считаются специально выращенные для получения энергии растения. Но тогда подлесок, оставшийся после вырубki деревьев и выросший за 40 - 50 лет до состояния потенциального потребления, т.е. вновь ставший биомассой, способной служить источником энергии, возобновляемым источником энергии уже не считается. Молнии и грозовые разряды в перечне также отсутствуют.

Хотелось бы отметить, что, например, в Законе Республики Беларусь «О возобновляемых источниках энергии» от 27 декабря 2010 г. № 204-З перечень источников альтернативной энергии открыт. В ст. 1 указанного Закона сказано, что «возобновляемые источники энергии – энергия солнца, ветра, тепла земли, естественного движения водных

потоков, древесного топлива, иных видов биомассы, биогаза, а также иные источники энергии, не относящиеся к невозобновляемым» [4].

Правовое регулирование использования возобновляемых источников энергии в Российской Федерации развивается медленно, несмотря на значимость и актуальность указанной сферы. В 1998 году на рассмотрение Государственной Думы был внесен проект Федерального закона N 98033104-2 «О государственной политике в сфере использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии». Одно из положений проекта устанавливало, что не менее трех процентов государственных инвестиций в топливно-энергетический комплекс России направляется на финансирование возобновляемых источников энергии. К 2003 г. проект прошел все три чтения в Государственной Думе, но после отклонения его Президентом был снят с рассмотрения. Думается, что этот законопроект был отклонен скорее из-за его технико-юридических недостатков, и это не свидетельствует о незначительности проблемы использования в электроэнергетике возобновляемых источников энергии.

Несмотря на десятилетие действия Федерального закона № 35-ФЗ, в котором были определены основные направления развития и меры поддержки возобновляемых источников энергии, дальнейшего развития в нормативных документах Правительства РФ и отдельных министерств они не получили. Указанный закон ввел перечень возобновляемых источников энергии и вовлечения их в хозяйственный оборот, но механизмы их использования на законодательном уровне до сих пор не урегулированы.

И только в последнее время наблюдается положительная динамика реальной подготовки документов по линии Минэнерго России. Можно отметить, что на сегодня у руководства страны и руководства Минэнерго России появляется понимание необходимости развития возобновляемой энергетики. В Федеральном законе "Об исключительной экономической зоне Российской Федерации" имеется статья 17 "Производство энергии путем использования приливов, течений и ветра", которая закрепляет лицензирование производства энергии этими нетрадиционными путями.

В настоящее время Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. N 261-ФЗ "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации", ставя цели увеличения использования возобновляемых источников энергии, в статье 3 к законодательству об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности относит не только нормативные правовые акты федерального уровня, но и законы и иные нормативные правовые акты субъектов Российской Федерации, муниципальные правовые акты.

Одним из последних документов можно назвать постановление Правительства РФ № 1839-р "Об основных направлениях государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 года".

К сожалению, несмотря на относительно созданную законодательную базу, развитие возобновляемой энергетики в нашей стране идет не такими темпами, как этого бы хотелось. Особенно заметно наше отставание при сравнении с развитием этой отрасли в ряде западных стран. Во многих государствах, где активно используются альтернативные источники энергии, приняты государственные программы поддержки возобновляемой энергетики. В 2009 г. была утверждена российская программа развития альтернативной энергетики, в рамках которой ее доля в общей массе потребления до 2020 г. должна увеличиться до 4,5%.

Но, для сравнения, в том же 2009 году немецкое правительство решило, что до 2020 г. в Германии 30% электричества может производиться с помощью возобновляемых источников энергии.

Таким образом, развитие альтернативной энергетики в России сдерживается рядом проблем, в частности:

- Отсутствие полноценной нормативно-правовой базы. Под полноценной правовой базой понимается специальный закон о возобновляемых источниках энергии. Например, как и во многих европейских странах, в Республике Беларусь принят отдельный закон о возобновляемых источниках энергии.
- В существующих законодательных актах не предусматривается поощрение бизнеса и развитие государственно-частного партнерства в деле освоения альтернативных источников энергии (приливов, течений, ветра). Думается, законодательство должно содержать определенные экономические стимулы развития этой альтернативной деятельности.
- Неурегулированные законом практические механизмы регулирования использования возобновляемых источников энергии. Это касается как неразработанного порядка квалификации генерирующего на основе возобновляемых источников энергии объекта, (Постановления Правительства РФ от 4 июня 2008 года №426 “О квалификации генерирующего объекта, функционирующего на основе использования возобновляемых источников энергии” явно не достаточно), так и отсутствия механизма ценообразования на оптовом и розничном рынках электроэнергии.
- Действующие правила оптового и розничного рынков электроэнергии препятствуют инвестициям в проекты малой распределительной энергетики. Прежде всего, это связано с тем, что зафиксированная в законодательстве об электроэнергетике процедура присоединения объектов малой генерации к электрическим сетям возлагает на инвестора все расходы по созданию сетевой инфраструктуры.

Итак, на основании изложенного, следует сделать вывод о необходимости разработки соответствующего федерального закона прямого действия по развитию возобновляемой энергетики, который стимулировал бы развитие экономически эффективного и экологически чистого производства энергии. Нерешенность проблемы на законодательном уровне оборачивается практическим отсутствием мер финансирования использования альтернативных источников энергии и стимулирования их применения.

Правовой опыт Германии в законодательном регулировании использования альтернативной энергии

Для определения приоритетных начал и выявления тенденций правового регулирования использования возобновляемых источников энергии, целесообразно обратиться к примерам государств, которые активно развиваются в данном направлении. В данном случае можно привести опыт зарубежных стран в развитии альтернативной энергетики. В частности, Германия, один из крупнейших импортеров российских энергоресурсов, летом 2011 г. начала масштабную реформу в энергетике, решив отказаться не только от АЭС, но в перспективе и от ископаемых источников энергии, т.е. угля, нефти и газа. Правительство уже утвердило план перехода на возобновляемые источники энергии до 2050 года.

Хотелось бы обратить внимание на то, что особенностью энергетики Германии является преимущественное отсутствие запасов нефти и газа, из-за чего страна является

одним из крупнейших мировых импортеров данных видов энергоресурсов (большая доля импорта которых приходится на Россию). Активнейшим образом происходит внедрение возобновляемых источников энергии как в промышленных масштабах, так и в сфере частного пользования. Процесс перехода к альтернативной энергетике получил название *energiewende*, что в переводе означает "энергетический поворот". Немаловажной мотивацией для развития альтернативной энергетике в Германии является еще и хорошо осознаваемая правительством ответственность за экологическую безопасность государства. Именно поэтому энергетическое право Германии тесно связано с экологическим правом (правом охраны окружающей среды - *umweltschutzrecht*) [10].

С 2000 года в Германии действует федеральный закон о преимущественном развитии возобновляемой энергетике, который призван содействовать дальнейшему развитию технологий по производству электроэнергии на базе возобновляемых источников энергии.

Уровень экспертной проработки данного закона оказался настолько высок, что до настоящего времени около 50 государств мира, среди них 16 стран-членов Европейского Союза, а также Китай и Бразилия использовали его в качестве основы при создании собственных законодательных механизмов, обеспечивающих приоритетное развитие экологически чистой электроэнергетики.

Вот некоторые принципиальные положения указанного закона.

Закон предоставляет право владельцу установки по выработке электроэнергии на базе возобновляемых источников право первоочередного подключения к электросети ближайшей распределительной сетевой компании. При этом распределительная компания должна не только подключить установку, но и незамедлительно, в первоочередном порядке и независимо от собственных потребностей обеспечить принятие и последующую передачу распределительной компании более высокого уровня всего объема альтернативной электроэнергии, предложенной производителем.

Закон предоставляет производителю альтернативной электроэнергии право на ее безусловную оплату сетевой компанией по, как минимум, законодательно установленным льготным, то есть более высоким ценам, которые собственно и делают производство альтернативной энергии экономически оправданным. Речь идет о фиксированной ценовой надбавке на каждый киловатт поставленной в распределительную сеть альтернативной электроэнергии. Ее величина зависит от того, какой источник возобновляемой энергии используется при выработке тока, и определяется на базе реальных затрат производителя.

- от ветростанции – 5,5 центов/кВтч
 - от фотоэлектрических станций – 45,07 центов/кВтч
 - от малых ГЭС – от 6,65 до 9,65 центов/кВтч в зависимости от мощности
 - от станций на биомассе – от 8,04 до 11,5 центов/кВт*ч в зависимости от мощности
- [10].

Кроме того, закон предусматривает право на оплату альтернативной электроэнергии производителю по льготной повышенной цене. Право возникает с момента введения установки по ее производству в эксплуатацию и действует в течение 20-летнего периода (применительно к крупным гидроэлектростанциям мощностью свыше 5 мегаватт - в течение 15 лет). При этом размер льготной наценки ежегодно пересматривается в сторону ее уменьшения по принципу дегрессии - в настоящее время, как правило, от 1 до 1,5 процента наценки. По мнению законодателей, такая норма должна создать для производителя альтернативной электроэнергии стимул для снижения ее себестоимости.

Законодательно оформленная гарантия на льготную продажную цену в течение двадцатилетнего периода рассматривается как мера, призванная обеспечить производителю возобновляемой энергии уверенность в возврате инвестированных средств.

Как видно, законодательством Германии достаточно серьезно урегулированы правоотношения между производителем и потребителями электроэнергии, полученной с помощью возобновляемых источников энергии.

Кроме того, хотелось бы отметить поддержку немецкими властями общественных инициатив. Германия изменила «традиционно одностороннее движение энергии от производителя к потребителям. В качестве примера хотелось бы привести немецкую деревню Юнде. Девять лет назад жители этой деревни совместными усилиями построили завод по производству энергии из биологического топлива — органических удобрений и растений. Сегодня этот завод не только полностью обеспечивает энергетические потребности деревни, но и позволяет ее жителям продавать излишки электроэнергии. Завод в Юнде является ярким примером того, как домохозяйства и мелкие инвесторы, производя энергию из возобновляемых ресурсов, меняют энергетическую отрасль крупнейшей европейской экономики, в которой долгое время доминировали крупные компании. В 2012 г. на возобновляемые источники приходилось 22% всей производимой в Германии электроэнергии против 8% 10 лет назад. При этом движущей силой развития биоэнергетики в стране являются мелкие производители. Однако крупные компании активно наращивают капиталовложения в развитие альтернативной, особенно ветровой, энергетики.

Жители Юнде, население которой составляет всего 750 человек, говорят, что их вложения полностью окупились. В 2004 г. три четверти домохозяйств Юнде создали кооператив и при помощи правительственных грантов и льготных кредитов от банка KfW построили завод по производству электроэнергии из биотоплива. Сырье для него поставляют местные фермеры. Успех проекта в Юнде и меры правительства по поддержке биоэнергетики позволили реализовать подобные инициативы по всей стране. Сейчас в Германии 92 деревни полностью обеспечивают собственные потребности в электроэнергии за счет заводов, работающих на биотопливе. Еще 350 небольших городов и сельских поселений находятся на разных этапах изучения или реализации подобных проектов.

Таким образом, план развития энергетического сектора Германии предусматривает, что к 2020 г. из возобновляемых ресурсов будет производиться не менее 35% всей электроэнергии в стране, а к 2050 г. — не менее 80%. Общее энергопотребление к середине века планируется сократить в половину. Кроме того, власти Германии приняли на себя обязательство полностью отказаться от эксплуатации атомных реакторов к 2022 г.

Итак, на основании данного исследования можно сделать следующие выводы:

- По сравнению с немецким, российское законодательство о возобновляемой энергии находится в зачаточном состоянии, хотя становится очевидна необходимость принятия законодателем срочных радикальных мер по развитию и использованию возобновляемых источников энергии.
- Одним из видов государственной поддержки является установление в специальных законах или в постановлениях правительств тарифов на электрическую энергию, вырабатываемую электростанциями с использованием различных видов возобновляемых источников энергии (тарифное стимулирование). Причем устанавливается не только величина повышенных тарифов, но и срок их действия. В результате чего инвестор точно знает, за сколько лет окупятся его капитальные вложения. Как правило, предусматривается постепенное уменьшение тарифа, что стимулирует собственника электростанции обеспечить максимальную выработку с

первых лет эксплуатации и минимизировать срок окупаемости капитальных вложений.

Рекомендации по совершенствованию законодательства в сфере использования возобновляемых источников энергии в Российской Федерации

На основании изученной нормативно-правовой базы и учебной литературы, а также практики применения специальных законов и постановлений, предлагаются рекомендации, направленные на совершенствование законодательства в сфере использования возобновляемых источников энергии в Российской Федерации.

Эти рекомендации направлены, прежде всего, на реализацию предусмотренных Федеральным законом от 26 марта 2003 г. № 35-ФЗ «Об электроэнергетике» механизмов стимулирования использования возобновляемых источников энергии для производства электрической энергии. В данной работе анализируются механизмы реализации мер государственной поддержки использования возобновляемых источников энергии и механизмы реализации порядка квалификации генерирующего объекта.

3.1. Механизмы реализации мер государственной поддержки использования возобновляемых источников энергии

Правительство РФ в силу абз. 34 п. 1 ст. 21 Закона об электроэнергетике должно осуществлять поддержку использования возобновляемых источников энергии и стимулирование использования энергетических эффективных технологий в соответствии с бюджетным законодательством Российской Федерации [1]. Меры такого рода пока не определены.

Пока же в рамках ч. 2 ст. 27 Федерального закона N 261-ФЗ "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" так же закреплено положение о том, что государственная поддержка инвестиционной деятельности в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности может осуществляться, в частности, с применением мер стимулирующего характера, предусмотренных законодательством о налогах и сборах [2].

В силу подп. 5 п. 1 ст. 67 Налогового кодекса Российской Федерации от 31 июля 1998 г. N 146-ФЗ возможно предоставление инвестиционного налогового кредита организации, инвестирующей в создание объектов, относящихся к возобновляемым источникам энергии [3].

В настоящее время перечень указанных объектов, а также товаров и технологий, относимых к энергоэффективным, закрепляется в рамках Постановления Правительства РФ от 31 декабря 2009 г. N 1222 "О видах и характеристиках товаров, информация о классе энергетической эффективности которых должна содержаться в технической документации, прилагаемой к этим товарам, в их маркировке, на их этикетках, и принципах правил определения производителями, импортерами класса энергетической эффективности товара" [5].

Вместе с тем получателями налоговых кредитов в России не могут выступать физические лица, что снижает эффективность налогового стимулирования, так как у последних отсутствует заинтересованность в использовании энергосберегающих технологий.

В отличие от России ряд зарубежных стран устанавливают и иные условия

предоставления налогового кредита для целей повышения экологической безопасности. Так, согласно Кодексу внутренних доходов США допускается получение налоговых кредитов по следующим основаниям: повышение энергоэффективности сооружений физическими лицами, использование альтернативных источников энергии (солнце, геотермальные установки, использование энергии ветра), использование гибридных автомобилей и транспортных средств, работающих на альтернативных источниках топлива и пр.

Таким образом, необходимо привлекать инвесторов в энергетические проекты правовыми гарантиями государственной помощи и разработанными нормативными механизмами.

Предлагается:

- Законодательно закрепить меры бюджетного - правового стимулирования использования возобновляемых источников энергии.
- Внести изменения в налоговое законодательство в части возможности предоставления налоговых кредитов физическим лицам, инвестирующим в создание объектов, относящихся к возобновляемым источникам энергии
- Помимо инвестиционного налогового кредитования одной из действенных мер по повышению энергоэффективности и усилению экологической безопасности является освобождение от уплаты отдельных видов налогов или снижение сумм уплачиваемого налога в данной сфере. Например, учитывая возможности использования на сегодняшний день биоэтанола, необходимо внести изменения к Федеральному закону об обороте спиртосодержащей продукции, предусматривающие освобождение от акцизного налога производителей биоэтанола.
- Законодательно закрепить механизмы страхования рисков инвесторов.
- На примере немецкого законодательства, в качестве преференции закрепить тарифы на электрическую энергию, вырабатываемую электростанциями с использованием различных видов возобновляемых источников энергии.

3.2. Механизмы реализации порядка квалификации генерирующего объекта

Определенные Федеральным законом «Об электроэнергетике» меры стимулирования использования возобновляемых источников энергии предусмотрены только лишь для квалифицированных генерирующих объектов, а уровень и существенные условия мер поставлены в зависимость от необходимости достижения установленных распоряжением Правительства Российской Федерации от 8 января 2009 г. № 1-р целевых показателей объема производства и потребления электрической энергии с использованием возобновляемых источников энергии [1].

На сегодняшний день принято Постановление Правительства Российской Федерации от 4 июня 2008 г. № 426 «О квалификации генерирующего объекта, функционирующего на основе использования возобновляемых источников энергии». Данный акт устанавливает критерии и порядок квалификации генерирующих объектов с целью определения соответствия целевым показателям:

- генерирующий объект функционирует на основе использования исключительно возобновляемых источников энергии или в режиме комбинированного использования возобновляемых и иных источников энергии;
- генерирующий объект находится в эксплуатации (введен в эксплуатацию и не выведен в ремонт или из эксплуатации);

- генерирующий объект в установленном порядке присоединен к электрическим сетям сетевой организации и оснащен средствами измерений, соответствующими требованиям законодательства Российской Федерации об электроэнергетике;
- генерирующий объект включен в схему размещения генерирующих объектов электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на территории Российской Федерации, утверждаемую Министерством энергетики Российской Федерации [5].

Думается, что такое соответствие невозможно определить исходя из указанных для признания генерирующего объекта квалифицированным критериев. Дело в том, что, действующие правила квалификации не регулируют процедуру подтверждения соответствия уровня действующей и планируемой генерации на основе использования возобновляемых источников энергии целевым показателям.

Эти критерии направлены скорее на «подтверждение гарантии происхождения» электрической энергии от возобновляемых источников энергии, что не соответствует нормам Федерального закона «Об электроэнергетике».

Таким образом, после завершения строительства и ввода генерирующего объекта в эксплуатацию, подключения его к электрическим сетям и оснащения средствами измерения, присоединения к коммерческой системе оптового рынка, генерирующий объект обременен дополнительными, не отвечающими целям квалификации процедурами, что практически исключает привлечение инвестиций в сферу возобновляемой энергетики на стадии формирования проекта.

Кроме того, Федеральным законом «Об электроэнергетике» целевой показатель развития использования возобновляемых источников энергии определен как объем производства и потребления электрической энергии с использованием возобновляемых источников энергии в совокупном балансе производства и потребления электрической энергии [1].

Проблема заключается в том, что данный показатель, как и доля производства электрической энергии каждым генерирующим объектом на основе использования возобновляемых источников энергии в совокупном балансе производства и потребления электрической энергии, являются прогнозными величинами, имеющими неопределенный характер и зависящими от многих случайных факторов.

Также следует учитывать, что значения объемов производства и потребления электрической энергии существенно различаются между собой, особенно в ряде регионов нашей страны, а сам показатель зависит от нерегулируемых факторов, включая темпы развития иных видов генерации. Это обстоятельство исключает возможность предусмотренной Федеральным законом «Об электроэнергетике» квалификации генерирующего объекта, функционирующего на основе использования возобновляемых источников энергии, как соответствующего целевым показателям, и, как следствие, распространение на генерирующий объект мер государственной поддержки.

Предлагается:

1. Предусмотреть возможность квалификации на любой стадии реализации инвестиционного проекта сооружения генерирующего объекта на основе использования возобновляемых источников энергии.
2. дополнить перечень критериев для признания генерирующего объекта квалифицированным критериями, содержащими требования экологической эффективности и производства на территории Российской Федерации части

используемого для сооружения таких генерирующих объектов оборудования.

3. Законодательно закрепить целевые показатели суммарной установленной мощности квалифицированных генерирующих объектов, функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии, а также прогнозные показатели доли производства электрической энергии с использованием возобновляемых источников энергии в объеме производства электрической энергии в Российской Федерации.

Заключение

В заключении, хотелось бы отметить следующее. Использование возобновляемых источников энергии в мире, несмотря на экономический кризис, продолжает расти.

Актуальным стал вопрос о создании специализированной международной межправительственной организации по вопросам возобновляемой энергетики. Международное агентство по возобновляемым источникам энергии (далее - ИРЕНА) было официально учреждено в Бонне (Германия) 26 января 2009 г. путем принятия Устава. ИРЕНА представляет собой международную межправительственную организацию и согласно ст. XIII Устава обладает международной правосубъектностью. Российская аббревиатура ИРЕНА используется по аналогии с английским эквивалентом: IRENA

Видение перспектив развития возобновляемой энергетики с точки зрения ИРЕНА основывается на том, что мировые возобновляемые энергетические ресурсы в настоящее время остаются во многом нетронутыми. Поскольку население Земли к 2050 г., по некоторым оценкам, составит около 10 млрд. человек, находящаяся в эмбриональном состоянии возобновляемая энергетика может внести существенный вклад в удовлетворение растущей потребности мирового сообщества в энергии. Признавая огромный потенциал возобновляемых источников энергии, государства - члены ИРЕНА объединились для учреждения международной организации, деятельность которой посвящена поощрению быстрого развития и распространения технологий возобновляемой энергетики по всему миру.

Видение перспектив развития возобновляемой энергетики с точки зрения ИРЕНА основывается на том, что мировые возобновляемые энергетические ресурсы в настоящее время остаются во многом нетронутыми. Поскольку население Земли к 2050 г., по некоторым оценкам, составит около 10 млрд. человек, находящаяся в эмбриональном состоянии возобновляемая энергетика может внести существенный вклад в удовлетворение растущей потребности мирового сообщества в энергии. Признавая огромный потенциал возобновляемых источников энергии, государства - члены ИРЕНА объединились для учреждения международной организации, деятельность которой посвящена поощрению быстрого развития и распространения технологий возобновляемой энергетики по всему миру.

Представляется, если Россия хочет следовать декларируемым принципам развития возобновляемой энергетики и диверсификации источников получения энергии, как это указывается в Энергетической стратегии России на период до 2030 г. и Основных направлениях государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 г., то необходимым условием для этого является скорейшее вступление России в эту международную организацию.

Также, хотелось бы привести пример из судебной практики Швеции. По делу обжалуется шумовое воздействие ветряной турбины, построенной рядом с домом. Жалоба

признана неприемлемой. В 1998 году примерно в 400 м от дома заявителей была построена ветряная турбина. Заявители жалуются на беспокойство, причиняемое ее шумом, несмотря на реализацию мер, снижающих его уровень. Они также жалуются на незаконность строительства и на значительное снижение стоимости их имущества в результате шумового воздействия. Обращения заявителей в административные и судебные органы были отклонены. Жалоба признана неприемлемой. Хотя имущество заявителей использовалось для рекреационных целей и располагалось в пригородной зоне, уровень шума не мог серьезно влиять на заявителей или препятствовать им в использовании дома и реализации права на частную и семейную жизнь. Ветряная турбина в настоящем деле могла производить достаточно энергии для отопления 40 - 50 частных домовладений в течение года. С целью снижения уровня шума от турбины Комитет по окружающей среде установил определенные временные ограничения ее работы, которые впоследствии были усилены. Заявители могли требовать развития таких мер. Предполагаемое вмешательство в права заявителей, таким образом, было соразмерно преследуемым целям [12].

В отношении интересов общества в целом Европейский Суд напоминает, что ветер является возобновляемым источником энергии, использование которого благоприятно как для окружающей среды, так и для общества.

Таким образом, судебное сообщество признает благоприятность использования возобновляемых источников энергии.

Согласно докладу ЮНЕП число стран, следующих новым тенденциям, возросло за последние несколько лет вдвое. В 2005 г. государств, поддерживающих развитие экологически чистой энергетики, было 55. Сейчас таких стран уже более 100, в том числе и развивающихся [11].

В США ставится цель довести долю электроэнергии, вырабатываемой из возобновляемых источников энергии, к 2020 г. до 20 - 25%, в ЕС и Китае - до 20%. Россия же на этом фоне выглядит явным аутсайдером: в качестве примера - общая мощность российских ветроэнергетических установок на сегодняшний день составляет 17 мВт, что в 2 раза меньше, чем в Люксембурге, в 5 раз меньше, чем в Украине, и в 1600 раз меньше, чем в Германии [11].

В ОАЭ строится Масдар-Сити (в переводе с араб. "источник"). Это проект гигантского экограда, площадью 6 кв. км. Данный проект предполагает возведение первого в мире города, обеспечиваемого солнечной энергией и другими возобновляемыми источниками энергии, с нулевым выбросом углерода, а также системой полной переработки отходов городской деятельности. Масдар вместит 40 - 48 тысяч жителей. Масдар-Сити строится в эмирате Абу-Даби Объединенных Арабских Эмиратов, в 17 километрах к юго-востоку от столицы страны вблизи Международного аэропорта Абу-Даби. Проект был запущен в 2006 г [11].

Долю же альтернативных источников энергии, как указывалось ранее, в энергобалансе России к 2020 г. планируется довести лишь до 4,5%.

Целевым ориентиром на период до 2020 г. для России является увеличение относительного объема производства и потребления электрической энергии с использованием возобновляемых источников энергии (кроме гидроэлектростанций установленной мощностью более 25 МВт) примерно с 0,5 до 4,5 процента.

Для достижения намеченных объемов производства электроэнергии на базе возобновляемых источников энергии необходимо уже в указанный период обеспечить ввод генерирующих объектов (малых гидроэлектростанций, ветроэлектрических станций, приливных электростанций, геотермальных электростанций, тепловых электростанций, использующих биомассу в качестве одного из топлив, прочих видов электроустановок) с

суммарной установленной мощностью до 25 ГВт. Указанные данные взяты из документа: "Основные направления государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 года".

Из всего множества объективных и субъективных причин отставания России в развитии возобновляемой энергетики следует выделить главное - отсутствие **четкой государственной политики** и, как следствие, отсутствие законодательной основы, охватывающей все аспекты развития возобновляемой энергетики.

Выводы, которые могут положить начало дальнейшим правовым исследованиям

Отсутствие полноценной нормативно-правовой базы. Под полноценной правовой базой понимается специальный закон о возобновляемых источниках энергии. Например, как и во многих европейских странах, в Республике Беларусь принят отдельный закон о возобновляемых источниках энергии.

В существующих законодательных актах не предусматривается поощрение бизнеса и развитие государственно-частного партнерства в деле освоения альтернативных источников энергии (приливов, течений, ветра). Думается, законодательство должно содержать определенные экономические стимулы развития этой альтернативной деятельности.

Неурегулированные законом практические механизмы регулирования использования возобновляемых источников энергии. Это касается как неразработанного порядка квалификации генерирующего на основе возобновляемых источников энергии объекта, (Постановления Правительства РФ от 4 июня 2008 года №426 "О квалификации генерирующего объекта, функционирующего на основе использования возобновляемых источников энергии" явно не достаточно), так и отсутствия механизма ценообразования на оптовом и розничном рынках электроэнергии.

Действующие правила оптового и розничного рынков электроэнергии препятствуют инвестициям в проекты малой распределительной энергетики. Прежде всего, это связано с тем, что зафиксированная в законодательстве об электроэнергетике процедура присоединения объектов малой генерации к электрическим сетям возлагает на инвестора все расходы по созданию сетевой инфраструктуры.

По сравнению с немецким, российское законодательство о возобновляемой энергии находится в зачаточном состоянии, хотя становится очевидна необходимость принятия законодателем срочных радикальных мер по развитию и использованию возобновляемых источников энергии.

Одним из видов государственной поддержки является установление в специальных законах или в постановлениях правительств тарифов на электрическую энергию, вырабатываемую электростанциями с использованием различных видов возобновляемых источников энергии (тарифное стимулирование). Причем устанавливается не только величина повышенных тарифов, но и срок их действия. В результате чего инвестор точно знает, за сколько лет окупятся его капитальные вложения. Как правило, предусматривается постепенное уменьшение тарифа, что стимулирует собственника электростанции обеспечить максимальную выработку с первых лет эксплуатации и минимизировать срок окупаемости капитальных вложений.

Законодательно закрепить меры бюджетного - правового стимулирования использования возобновляемых источников энергии.

Внести изменения в налоговое законодательство в части возможности предоставления налоговых кредитов физическим лицам, инвестирующим в создание объектов, относящихся к возобновляемым источникам энергии

Помимо инвестиционного налогового кредитования одной из действенных мер по повышению энергоэффективности и усилению экологической безопасности является освобождение от уплаты отдельных видов налогов или снижение сумм уплачиваемого налога в данной сфере. Например, учитывая возможности использования на сегодняшний день биоэтанола, необходимо внести изменения к Федеральному закону об обороте спиртосодержащей продукции, предусматривающие освобождение от акцизного налога производителей биоэтанола.

Законодательно закрепить механизмы страхования рисков инвесторов.

На примере немецкого законодательства, в качестве преференции закрепить тарифы на электрическую энергию, вырабатываемую электростанциями с использованием различных видов возобновляемых источников энергии.

Если Россия хочет следовать декларируемым принципам развития возобновляемой энергетики и диверсификации источников получения энергии, как это указывается в Энергетической стратегии России на период до 2030 г. и Основных направлениях государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 г., то необходимым условием для этого является скорейшее вступление России в международную организацию IRENA.

Список литературы

1. Федеральный закон от 26 марта 2003 г. N 35-ФЗ "Об электроэнергетике"
2. Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. N 261-ФЗ "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации"
3. Налоговый кодекс Российской Федерации от 31 июля 1998 г. N 146-ФЗ
4. Закон Республики Беларусь «О возобновляемых источниках энергии» от 27 декабря 2010 г. № 204-З
5. Постановление Правительства РФ от 4 июня 2008 года №426 «О квалификации генерирующего объекта, функционирующего на основе использования возобновляемых источников энергии»
6. Постановление Правительства РФ от 31 декабря 2009 г. N 1222 "О видах и характеристиках товаров, информация о классе энергетической эффективности которых должна содержаться в технической документации, прилагаемой к этим товарам, в их маркировке, на их этикетках, и принципах правил определения производителями, импортерами класса энергетической эффективности товара"
7. Постановление Правительства Российской Федерации от 4 июня 2008 г. № 426 «О квалификации генерирующего объекта, функционирующего на основе использования возобновляемых источников энергии»
8. Безруких П.П. О возобновляемых источниках энергии. М.: 2012
9. Павлов В.А. [Основные термины в электроэнергетике](#): правовые определения // Журнал Российского права. 2008. N 7.

10. Ризнер В., Нагорнов В.Н. План развития энергетики Федерального правительства Германии до 2050 г. - основа устойчивого экологического развития [Электронный ресурс] // Экономика энергетики. 2008. URL: <http://rep.bntu.by/bitstream/data/1508/1/75-84.pdf>
11. Новости ООН от 15 июля 2010 г. "Альтернативная энергетика опережает по темпам роста традиционную". URL: <http://www.un.org/russian/news/fullstorynews.asp?newsID=13898>.
12. Информация о Решении ЕСПЧ от 26.02.2008 по делу "Фегершельд (Fagerskiold) против Швеции" (жалоба N 37664/04).

III место - Константин Мухаметкалиев и Ольга Мухаметкалиева, старший преподаватель Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники и студентка Национального Исследовательского Томского государственного университета

Анализ законодательства Российской Федерации и зарубежных стран в сфере использования возобновляемых источников энергии

Введение

Сегодня во всем мире много говорят о «зеленой» энергетике, многие государства ставят главной стратегической целью выход на «зеленые» энергетические проекты и замыслы. Конечно, это направление не может находиться вне нашего внимания и поля зрения.

До недавнего времени по целому ряду причин, прежде всего из-за огромных запасов традиционного энергетического сырья, вопросам развития использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в энергетической политике России уделялось сравнительно мало внимания. Сегодня Россия ресурсодостаточная страна, у нас достаточно традиционных энергоресурсов, нам их нужно осваивать, и осваивать эффективно, рачительно. В этом мы видим для себя перспективу на среднесрочную и долгосрочную работу, и основные усилия направлены в эту сторону. Развитие этих направлений позволяет России в современном энергомире выступать гарантом стабильных долговременных поставок и обязательств. Эти направления, конечно, нужно развивать в первую очередь, чтобы не поколебать глобальный, мировой энергетический баланс.

Однако, в последние годы ситуация стала заметно меняться. В связи с ограниченностью топливных ресурсов на Земле, а также с нарастанием катастрофических изменений в атмосфере и биосфере планеты появилась необходимость постепенного перехода на альтернативные – возобновляемые – источники энергии.

Многими исследователями в этой области указывается, что развитие возобновляемой энергетики позволяет решать важнейшие на данный момент для страны задачи:

- повышение надежности энергоснабжения и экономия органического топлива;
- решение проблем локального энергоснабжения;
- повышение уровня жизни и занятости местного населения;
- обеспечение устойчивого развития удаленных районов;
- реализация обязательств стран по выполнению международных соглашений по охране окружающей среды.

Как и для любой отрасли национальной экономики, можно выделить четыре основных необходимых условия для повышения использования ВИЭ:

- принятие национальной стратегии в области возобновляемых источников (постановка задачи);
- принятие соответствующей законодательной и нормативной базы (установление структуры и правил работы на рынке);
- повышение прозрачности и добросовестности конкуренции со стороны традиционной энергетики;
- обеспечение роста инвестиций.

Осуществление определенных элементов каждого из последующих названных условий возможно без полной реализации предыдущего. Но необходимо указать и на необходимость учета каждого из названных условий, их тесного взаимодействия. Это позволяет говорить о выработке системного подхода, основы которого должны быть закреплены нормативно.

Следовательно, для реализации всех условий потребуются соответствующие правовые и нормативные документы, раскрывающие их положения и (или) выдвигающие особые территориальные требования согласно общенациональной стратегии.

Таким образом, одним из условий успешного существования энергообъектов на основе ВИЭ является нормативная правовая база — основа правил их развития и применения.

Решение задач, связанных с принятием соответствующей нормативной базы в сфере ВИЭ, должно опираться на более успешный опыт в рассматриваемой области ведущих зарубежных стран. Поэтому крайне интересным представляется анализ законодательства зарубежных стран в данном направлении.

Законодательство Российской Федерации в сфере использования возобновляемых источников энергии

В Российской Федерации правовое регулирование использования возобновляемых источников энергии до сих пор не получило должного развития. Развитие использования возобновляемых источников энергии в настоящее время является подпрограммой государственной программы Российской Федерации «Энергоэффективность и развитие энергетики». При этом технологии новых и возобновляемых источников энергии названы в качестве критических технологий Российской Федерации согласно соответствующему перечню, закреплённому в указе Президента РФ «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации».

Нельзя не сказать и о том, что научных работ, посвященных правовым вопросам ВИЭ также немного. В большинстве своем они касаются экономического анализа или общих норм. По этой причине необходимо сначала рассмотреть вопросы системы нормативно-правовых актов, действующих в данной сфере.

В настоящее время основным правовым актом, закрепляющим правовые основы отношений в сфере электроэнергетики, является ФЗ «Об электроэнергетике». Указанным актом, в частности, закрепляется и понятие возобновляемых источников энергии.

Так, согласно ст.3 указанного закона, возобновляемые источники энергии - энергия солнца, энергия ветра, энергия вод (в том числе энергия сточных вод), за исключением случаев использования такой энергии на гидроаккумулирующих электроэнергетических станциях, энергия приливов, энергия волн водных объектов, в том числе водоемов, рек, морей, океанов, геотермальная энергия с использованием природных подземных теплоносителей, низкопотенциальная тепловая энергия земли, воздуха, воды с использованием специальных теплоносителей, биомасса, включающая в себя специально выращенные для получения энергии растения, в том числе деревья, а также отходы производства и потребления, за исключением отходов, полученных в процессе использования углеводородного сырья и топлива, биогаз, газ, выделяемый отходами производства и потребления на свалках таких отходов, газ, образующийся на угольных разработках.

Таким образом, закон дает максимально широкое определение ВИЭ, относя к ним как природные стихии, так и отходы производства и потребления.

Законодательство субъектов РФ также может содержать нормы, закрепляющие содержание термина «возобновляемые источники энергии». В частности, в ст.1 Закона Томской области «Об использовании локальных нетрадиционных возобновляемых источников энергии в Томской области» закреплено следующее понятие: нетрадиционные возобновляемые источники энергии (энергоресурсы) - энергия солнца, ветра, тепла земли, природного градиента температур, естественного движения водных потоков, биоэнергия. Как видно, данное определение не в полной мере соотносится с тем, которое установлено в федеральном законодательстве. По этой причине правильным видится приведение законов субъектов Российской Федерации в соответствие с законами Российской Федерации.

Одной из причин низких темпов развития электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии является отсутствие необходимых нормативных правовых актов, стимулирующих использование возобновляемых источников энергии в сфере электроэнергетики, отсутствием федеральной и региональных программ поддержки широкомасштабного использования возобновляемых источников энергии, что было указано в Распоряжении Правительства РФ «Об основных направлениях государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 года». Но далее в этом же документе среди способов и мер увеличения объема производства и потребления электрической энергии, вырабатываемой на основе использования возобновляемых источников энергии, развитие нормативной базы не указано. Таким образом, отсутствие системного подхода видно не только при анализе различных актов, но и в пределах одного документа.

В качестве еще одного недостатка можно назвать отсутствие специального государственного органа, занимающегося вопросами совершенствования законодательства данной сферы. Создание отдельного федерального министерства или иного самостоятельного органа власти в ближайшее время вряд ли целесообразно. Но вполне возможно создание специальной Правительственной комиссии по вопросам ВИЭ.

Обращает на себя внимание и один из факторов развития ВИЭ в России – большая территория и, как следствие, большие потери при транспортировке энергии. Следовательно, основной акцент при разработке мер стимулирования и развития ВИЭ необходимо делать, учитывая специфику каждого субъекта РФ. Это видится возможным путем принятия субъектами РФ собственных нормативных актов (на основе федерального законодательства) в сфере использования ВИЭ.

Существуют пробелы в российском законодательстве, касающиеся не только материальных норм, но и процедурных. В первую очередь здесь стоит указать на ФЗ «Об исключительной экономической зоне Российской Федерации». Так, согласно норме, закрепленной в ст.17 данного закона, производство энергии в исключительной экономической зоне РФ путем использования приливов, течений и ветра может осуществляться гражданами и юридическими лицами РФ и иностранных государств, иностранными государствами и компетентными международными организациями на основании лицензии. При этом условия и порядок выдачи такой лицензии согласно Постановлению Правительства РФ от 02.10.2009 № 783 должна определять Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор). Но в Положении о Ростехнадзоре такое полномочие за данной службой не закреплено. Кроме того, в ст. 12 ФЗ «О лицензировании отдельных видов деятельности», устанавливающей перечень видов деятельности, на которые требуются лицензии, данная деятельность - производство

энергии в исключительной экономической зоне РФ путем использования приливов, течений и ветра – не указана. Таким образом, существует административный барьер на использование ВИЭ в исключительной экономической зоне РФ в силу противоречий действующего законодательства.

Поэтому верным видится в этом случае дополнить ст.12 ФЗ «О лицензировании отдельных видов деятельности» пунктом 51 следующего содержания: «Деятельность на производство энергии путем использования приливов, течений и ветра в исключительной экономической зоне Российской Федерации». Аналогично, следует внести изменения и в иные, указанные выше, нормативные.

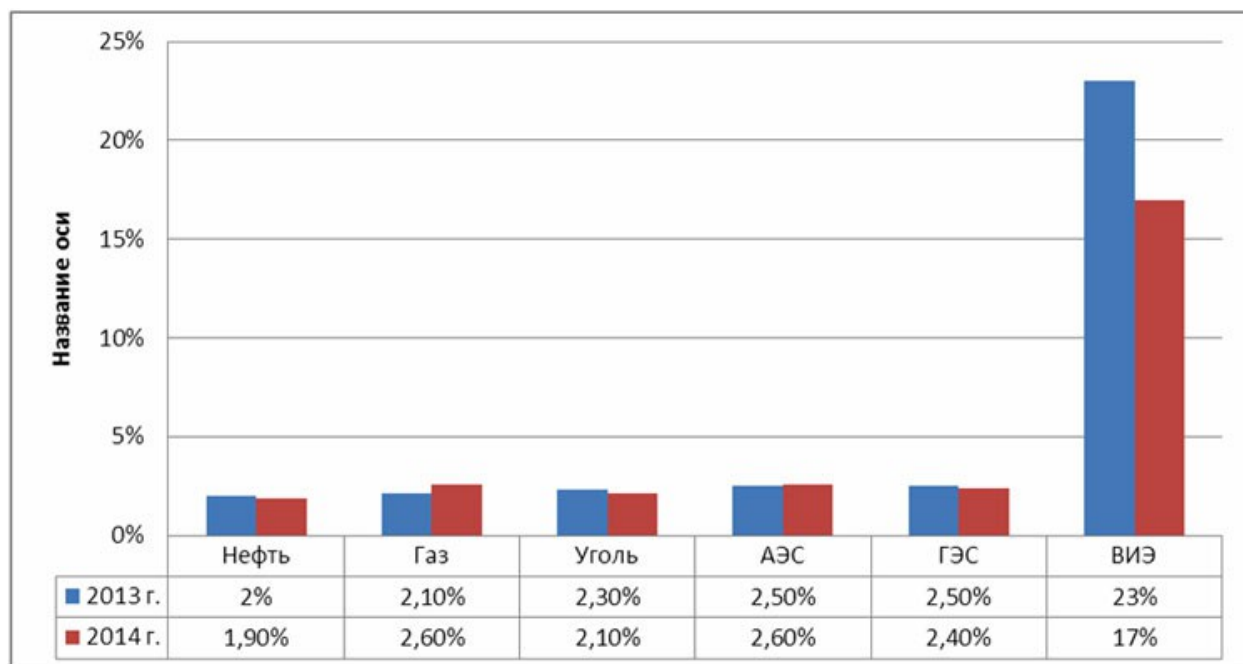
Законодательство субъектов РФ также во многом является непоследовательным и противоречивым. В качестве примера можно рассмотреть нормативно-правовые акты Томской области, касающиеся использования ВИЭ.

Так, правовую основу использования ВИЭ в Томской области в первую очередь составляет закон ТО «Об использовании локальных нетрадиционных возобновляемых источников энергии в Томской области». В тексте акта ВИЭ поделены на две группы: традиционные и нетрадиционные. При этом, как уже было указано, непосредственный перечень в определенной степени противоречит тому, который закреплен на федеральном уровне.

Большинство же норм закона носит общий характер, не устанавливая реальных механизмов создания условий для приоритетного использования локальных нетрадиционных возобновляемых источников энергии.

Законодательство зарубежных государств в сфере использования возобновляемых источников энергии

Увеличение использования энергии, полученной из ВИЭ можно увидеть в таблице, приведенной ниже:



Источник: *The Economist Intelligence Unit*

Очевидно, что такой ситуации необходимо тесное международное сотрудничество. В рамках развития сотрудничества в сфере энергетики Концепцией участия Российской Федерации в объединении БРИКС предусмотрен не только обмен опытом и технологиями в сфере энергоэффективности, энергосбережения и возобновляемых источников энергии, но и проведение совместных исследований в области энергосберегающих технологий, новых и возобновляемых источников энергии. Таким образом, даже на уровне российских доктринальных (де-факто) документов намечены цели по международному сотрудничеству в рассматриваемой сфере. По этой причине стоит проанализировать опыт зарубежных государств (не только стран БРИКС) в области нормативного закрепления использования ВИЭ.

В первую очередь определенный интерес представляет законодательство США в рассматриваемой сфере.

Так, The Energy Independence and Security Act of 2007 (Clean Energy Act of 2007) направлен на уменьшение зависимости США от нефти, он представляет собой важный шаг вперед в расширении производства возобновляемых видов топлива. Согласно данному документу устанавливается увеличение поставок альтернативных видов топлива путем внедрения обязательного стандарта по возобновляемому топливу, обязывающего производителей топлива использовать в 2022 году, по меньшей мере, 36 млрд. галлонов биологического топлива. (SEC. 202. RENEWABLE FUEL STANDARD). В части возобновляемого топлива закон будет опираться на прогресс, достигнутый благодаря Закону 2005 года об энергетической политике, в выработке комплексной энергетической стратегии на 21-й век.

Другой документ США, имеющий непосредственное отношение к ВИЭ - The Green Jobs Act of 2007. (Проект США о зеленых рабочих местах). В соответствии с ним, 125 миллионов долларов ежегодно должно выделяться на обучение специалистов в области возобновляемой энергетики. В том же году проект был подписан, как часть Закона об энергетической независимости и безопасности 2007 года «Зеленые рабочие места. Энергоэффективность и подготовка персонала для обслуживания возобновляемых источников энергии» (Title X of the Energy Independence and Security Act of 2007).

Америка дает обязательства по производству экологически чистой энергии и борьбе с изменением климата. Более того, промышленность развивается быстрыми темпами, что и позволит выполнять эти обязательства. Но индустрия сталкивается с нехваткой квалифицированных людей, которые осуществляют необходимую работу - модернизацию зданий, установку солнечных панелей, эксплуатацию и установку ветрогенераторов, производство составных частей, строительство новых объектов и инфраструктуры, и т.д. GJA помогут определить наиболее необходимые навыки и обучить работников по их специализации. В соответствии с Законом направляются гранты на учебные программы, обеспечивая путь для организованного труда в возникающих секторах экологически чистой энергетики. Очень важно то, что GJA также признает, что в США проживают миллионы людей, которые ищут пути трудоустройства, чтобы хоть как-то выбраться из нищеты. Закон обеспечивает поддержку, обучение и возможность получения доступа к высокооплачиваемой работе и карьере в растущей «зеленой» экономике для людей с низким доходом. В 2010 GJA был профинансирован в рамках плана Барака Обамы по реинвестированию и восстановлению. Такой подход видится вполне применимым и при подготовке специалистов в России.

Еще один акт США - The Food, Conservation, and Energy Act of 2008. (Закон о продовольствии, защите почвы и развитие энергетики" 2007 г.).

Данный закон одним из направлений аграрной политики США сформулировал

развитие новой роли аграрного сектора как источника получения альтернативной энергии в рамках диверсификации энергоснабжения страны.

Закон фиксирует новое приоритетное направление развития американского сельского хозяйства - биоэнергетику. Причем акцент делается на развитие биоэнергетики второго поколения на основе биомассы. Согласно закону, американское правительство осуществляет тендеры на предоставление субсидий по строительству новых биоэнергетических заводов, в рамках которых предпринимателям компенсируется до 30% стоимости строительства экспериментальных заводов по производству биоэнергетических товаров второго поколения. Параллельно правительство может предоставлять гарантии инвестиционных кредитов на строительство коммерческих заводов по производству биоэнергетических товаров. Если согласно предыдущему законодательству Товарная Кредитная Корпорация наделялась обязанностью осуществлять стимулирующие платежи производителям биоэтанола и биодизеля, то согласно новому Закону ТКК будет поддерживать производителей биотоплива второго поколения.

Достаточно детальное регулирование ВИЭ получил в странах ЕС. В таблице ниже приведены национальные общие плановые задания по доле энергии из возобновляемых источников в общем конечном потреблении энергии в 2020 г.:

	Доля энергии из возобновляемых источников в общем конечном потреблении энергии в 2005 г. (S2005)	Плановое задание по доле энергии из возобновляемых источников в общем конечном потреблении энергии в 2020 г. (S2020)
Бельгия	2,2%	13%
Болгария	9,4%	16%
Чешская Республика	6,1%	13%
Дания	17,0%	30%
Германия	5,8%	18%
Эстония	18,0%	25%
Ирландия	3,1%	16%
Греция	6,9%	18%
Испания	8,7%	20%
Франция	10,3%	23%
Италия	5,2%	17%
Кипр	2,9%	13%
Латвия	32,6%	40%
Литва	15,0%	23%
Люксембург	0,9%	11%
Венгрия	4,3%	13%
Мальта	0,0%	10%
Нидерланды	2,4%	14%
Австрия	23,3%	34%
Польша	7,2%	15%
Португалия	20,5%	31%
Румыния	17,8%	24%
Словения	16,0%	25%
Словацкая Республика	6,7%	14%
Финляндия	28,5%	38%
Швеция	39,8%	49%

Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии	1,3%	15%
--	------	-----

Из документов ЕС В первую очередь стоит обратить внимание на Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC (Директива N 2009/28/EC Европейского парламента и Совета от 23 апреля 2009 г. по поддержанию применения энергии от возобновляемых источников и вносящая изменения и отменяющая 2001/77/EC и 2003/30/EC).

Цели принятия данной директивы — создание конкурентного внутреннего энергетического рынка, поддержка возобновляемых источников энергии (устойчивость энергообеспечения), сокращение зависимости от импорта энергоносителей (энергетическая безопасность) и увеличение коэффициента использования (увеличение энергоэффективности). Хотя констатируется, что выполнение этой директивы приведёт к большим экономическим затратам по сравнению с использованием традиционных видов топлива, необходимость её принятия обосновывалось прежде всего экологическими соображениями.

В ней введены т. н. «критерии устойчивости» — специально разработанные параметры, которые бы гарантировали достаточный уровень экологических, социальных и других характеристик в процессе производства и поставки биотоплива. Статья 17 Директивы говорит о том, что вне зависимости от страны происхождения сырья энергия биотоплива учитывается в целевых показателях энергии из возобновляемых источников, а их потребление получает государственную поддержку только в случае, если они удовлетворяют критериям устойчивости. Требования устойчивости, обозначенные в директиве, касаются всех последствий, связанных с использованием биотоплива: выбросы парниковых газов, изменения использования земель, охрана местностей с ценным биоразнообразием, социальное влияние биотоплива – такое, как негативное влияние на цены на продовольствие и занятость населения.

Государства-члены ЕС могут поощрять местные органы и местные органы устанавливать плановые задания выше национальных и привлекать к составлению национальных планов действий в области возобновляемых источников энергии и повышения осведомленности о пользе энергии из возобновляемых источников местные и региональные органы власти.

Отдельно можно рассмотреть и нормы Директивы 2001/77/ЕС о поддержке производства электричества из возобновляемых источников энергии (ВИЭ) (в настоящее время уже не действующей, но являющейся основой для последующих Директив).

Так, в рамках данного документа были выделены следующие цели ЕС на 2010 г.:

-удвоить долю возобновляемой энергии в совокупном национальном объеме энергопотребления с 6 до 12%;

-увеличить долю «зеленой» электроэнергии в суммарном потреблении электричества с 13 до 21%.

Два аспекта являются важными для продвижения использования электроэнергии из ВИЭ. Первый - финансовая помощь, а второй – устранение барьеров административного характера и связанных с подключением к энергосети. Касательно финансовой помощи, в действие были запущены схемы поддержки производства электричества из возобновляемых

источников энергии (ВИЭ-Э), из которых двумя самыми важными компонентами являются льготные тарифы и системы «зеленых» сертификатов.

Льготные тарифы в настоящее время существуют в большинстве стран ЕС. Как правило, применение «зеленого тарифа» подразумевает применение следующих механизмов:

- гарантированное подключения к сети;
- контракт (обычно долгосрочный) на покупку всей электроэнергии, выработанной ВИЭ;
- установление достаточно высоких закупочных цен, включающих в себя стоимость ВИЭ.

Такой тариф может варьироваться для разных источников возобновляемой энергии, а также в зависимости от проектной мощности ВИЭ. Обычно льготный тариф работает в течение достаточно продолжительного периода (10-25 лет), что гарантирует возврат вложенных в проект инвестиций и получение прибыли.

В рамках системы «зеленых сертификатов» электроэнергия из ВИЭ продается по обычным ценам, действующим на энергетическом рынке. Чтобы профинансировать дополнительные затраты, связанные с производством «зеленой» электроэнергии, и обеспечить ее желаемую выработку, все потребители (а в некоторых странах производители) обязаны покупать определенное количество «зеленых сертификатов» у производителей электроэнергии из ВИЭ, покрывая определенный процент или квоту от общего объема потребленного/выработанного ими электричества. Поскольку производители/потребители желают выкупить такие сертификаты как можно дешевле, то стал развиваться вторичный рынок сертификатов, на котором производители электроэнергии из ВИЭ конкурируют между собой, чтобы продать «зеленые сертификаты».

Как видно, нормативное закрепление системы «зеленых сертификатов» учитывает объективные рыночные механизмы. Таким образом, не только увеличивается доля электроэнергии, произведенной из ВИЭ, но и в долгосрочной перспективе уменьшается себестоимость производства такой электроэнергии. Поиск новой технологии, введение новых технологических процессов будет стимулировать развитие экономики в целом. Анализ существующего энергетического рынка России позволил бы поэтапно ввести указанную систему. Необходимо также отметить, что несколько экспериментов, связанных с использованием «зеленых сертификатов», уже были проведены в России, а их результаты были признаны вполне успешными. Оправданным видится подход поэтапного введения «зеленых сертификатов», в частности – сначала только в отдельных субъектах РФ. В любом случае это потребует создание специального координирующего органа.

Доступ к сети по разумным и прозрачным ценам – основная цель, определенная в статье 7 Директивы 2001/77/ЕС и необходимая предпосылка для роста выработки электричества из ВИЭ. Данный документ требовал от стран ЕС осуществления мер, обеспечивающих доступ к энергосетям для электричества из ВИЭ.

Подключение к сети может оказаться для производителей электричества и ВИЭ затратной мерой. Необходимо с должным вниманием отнестись к данному решению и обеспечить условия, чтобы высокая стоимость подключения не затрудняла ни развития ВИЭ-Э, характеризующейся рядом экономических и других преимуществ, например природоохранных, ни функционирования внутреннего рынка, который должен гарантировать равно благоприятные условия для всех производителей.

Для этой цели страны-члены ЕС должны задействовать законодательную базу или требовать от операторов транспортных и распределительных систем:

-гарантировать транспортировку и распределение ВИЭ-Э. Страны ЕС могут договориться о приоритетном доступе ВИЭ-Э к энергосети. Что касается распределения электроэнергии производственными установками, приоритет будет отдаваться установкам, работающим на ВИЭ в объеме, позволяемом национальной электрической системой;

-определить и опубликовать стандартные правила ответственности за средства технической адаптации, необходимые, чтобы предоставить возможность производителю ВИЭ-Э подавать электроэнергию во взаимосвязанную сеть. Страны ЕС могут потребовать от операторов взять на себя затраты частично или полностью;

-определить и опубликовать стандартные правила долевого участия в затратах на установку системы всех производителей, извлекающих из нее выгоду, таких как издержки на укрепление сети;

-предоставить новым производителям, желающим подключиться к сети, полную и детальную смету расходов на подключение.

Страны ЕС могут разрешить производителям объявлять тендеры на предоставление услуг по подключению к сети.

Как видно, закрепление принципа доступа к сети по разумным и прозрачным ценам.

Заключение

Развитие возобновляемых источников энергии в настоящее время является одним из наиболее актуальных направлений энергетического законодательства не только в России, но и в зарубежных странах.

При этом нормативно-правовые акты России в этой сфере не представляют единой системы, что в значительной мере препятствует эффективному развитию энергетики на основе ВИЭ. В первую очередь необходим детальный анализ существующих, уже фактически сложившихся отношений на рынке электроэнергии. Это позволит внести соответствующие изменения в действующее законодательство.

Кроме того, необходимо учитывать опыт государств, в которых доля электроэнергии, произведенной путем использования ВИЭ значительно выше, чем в России.

Список литературы

1. Директива 2001/77/ЕС о поддержке производства электричества из возобновляемых источников энергии (ВИЭ) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2001L0077:20070101:EN:PDF>
2. Директива N 2009/28/ЕС Европейского парламента и Совета от 23 апреля 2009 г. по поддержанию применения энергии от возобновляемых источников и вносящая изменения и отменяющая 2001/77/ЕС и 2003/30/ЕС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=Oj:L:2009:140:0016:0062:en:PDF>
3. Energy Policy Act of 2005 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/PLAW-109publ58/html/PLAW-109publ58.htm>
4. The Energy Independence and Security Act of 2007 (Clean Energy Act of 2007.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/PLAW-110publ140/html/PLAW-110publ140.htm>

5. Закон о зеленых рабочих местах 2007 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/PLAW-110publ140/html/PLAW-110publ140.htm>
6. Frequently Asked Questions (FAQ) about the Green Jobs Act of 2007 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sierraclub.org/greenjobs/downloads/green-jobs-act.pdf>
7. Закон о продовольствии, защите почвы и развитие энергетики 2007 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/PLAW-110publ234/html/PLAW-110publ234.htm>
8. Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы» №3, март 2007. Немецкие законы ускорили развитие ВИЭ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.esco-ecosys.narod.ru/2007_3/art85.htm
9. Energy Transition. The German Energiewende. Инициатива Фонда Генриха Белля. Опубликовано 28 ноября 2012 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://energytransition.de/wp-content/themes/boell/pdf/ru/German-Energy-Transition_ru.pdf
10. Закон о возобновляемых источниках электрической энергии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Gesetz zur Neuregelung des Rechts der Erneuerbaren Energien im Strombereich und zur Änderung damit zusammenhängender Vorschriften vom 25.10.2008. Veröffentlicht im BGBl. Jahrgang 2008, Teil 1 Nr. 49, ausgegeben zu Bonn am 31. Oktober 2008.
11. Закон о поддержке ВИЭ в области тепловой энергии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Gesetz zur Forderung Erneuerbarer Energien im Warmebereich vom 7. August 2008. Veröffentlicht im BGBl. Jahrgang 2008 Teil 1 Nr. 36, ausgegeben zu Bonn am 18. August 2008
12. Налоговый кодекс Российской Федерации (часть первая) от 31.07.1998 N 146-ФЗ (ред. от 28.12.2013) // "Собрание законодательства РФ", N 31, 03.08.1998, ст. 3824
13. Об электроэнергетике: Федеральный закон от 26.03.2003 N 35-ФЗ (ред. от 25.11.2013) // "Собрание законодательства РФ", 31.03.2003, N 13, ст. 1177
14. Об исключительной экономической зоне Российской Федерации: Федеральный закон от 17.12.1998 N 191-ФЗ (ред. от 03.02.2014) // "Собрание законодательства РФ", 21.12.1998, N 51, ст. 6273
15. О некоторых мерах по реализации федеральных законов "О континентальном шельфе Российской Федерации" и "Об исключительной экономической зоне Российской Федерации»: Постановление Правительства РФ от 02.10.2009 N 783 (ред. от 04.02.2011) // "Собрание законодательства РФ", 12.10.2009, N 41, ст. 4769
16. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 23.11.2009 N 261-ФЗ (ред. от 28.12.2013) // "Собрание законодательства РФ", 30.11.2009, N 48, ст. 5711
17. О квалификации генерирующего объекта, функционирующего на основе использования возобновляемых источников энергии: Постановление Правительства РФ от 03.06.2008 N 426 (ред. от 28.05.2013) // "Собрание законодательства РФ", 09.06.2008, N 23, ст. 2716
18. Об основных направлениях государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 года: Распоряжение

- Правительства РФ от 08.01.2009 N 1-р (ред. от 28.05.2013) // "Собрание законодательства РФ", 26.01.2009, N 4, ст. 515
19. О некоторых вопросах, связанных с сертификацией объемов электрической энергии, производимой на функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии квалифицированных генерирующих объектах: Постановление Правительства РФ от 17.02.2014 N 117 // "Собрание законодательства РФ", 24.02.2014, N 8, ст. 813
 20. О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности: Постановление Правительства РФ от 28.05.2013 N 449 // "Собрание законодательства РФ", 10.06.2013, N 23, ст. 2909
 21. Об утверждении государственной программы "Энергоэффективность и развитие энергетики": Распоряжение Правительства РФ от 03.04.2013 N 512-р // "Собрание законодательства РФ", 08.04.2013, N 14, ст. 1739 (распоряжение)
 22. Об Энергетической стратегии России на период до 2030 года: Распоряжение Правительства РФ от 13.11.2009 N 1715-р // "Собрание законодательства РФ", 30.11.2009, N 48, ст. 5836
 23. Концепция участия Российской Федерации в объединении БРИКС (утв. Президентом РФ) [Электронный ресурс]: www.kremlin.ru
 24. Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации: Указ Президента РФ от 07.07.2011 N 899 // "Собрание законодательства РФ", 11.07.2011, N 28, ст. 4168
 25. О Министерстве энергетики Российской Федерации: Постановление Правительства РФ от 28.05.2008 N 400 (ред. от 17.02.2014) // "Собрание законодательства РФ", 02.06.2008, N 22, ст. 2577
 26. Об использовании локальных нетрадиционных возобновляемых источников энергии в Томской области: Закон Томской области от 01.12.2000 N 55-ОЗ (ред. от 06.07.2007) //
 27. "Официальные ведомости Государственной Думы Томской области" (сборник нормативных правовых актов), 09.12.2000, N 29(51)
 28. Об Энергетической стратегии Томской области на период до 2020 года: Постановление Государственной Думы Томской области от 28.02.2008 N 1008 // "Официальные ведомости Государственной Думы Томской области" (сборник нормативных правовых актов), 26.03.2008, N 13(135)-I
 29. О схеме и программе развития электроэнергетики Томской области на период 2014 - 2018 годов: Распоряжение Администрации Томской области от 12.07.2013 N 551-ра // Документ опубликован не был
 30. Об инвестиционном налоговом кредите в Томской области: Закон Томской области от 18.03.2003 N 31-ОЗ (ред. от 12.05.2011) // Официальные ведомости Государственной Думы Томской области" (сборник нормативных правовых актов), 25.03.2003, N 16(77)-II
 31. Копылов А.Е. Новый подход к поддержке ВИЭ в России на основе оплаты мощности генерации // Энергетическое право. 2011. N 1. С. 35 - 42.
 32. Копылов А.Е. Дальнейшее развитие законодательной поддержки возобновляемых источников энергии в России // Энергетическое право. 2010. N 1. С. 39 - 44.

33. Сиваков Д.О. Российское право и "век Арктики" // Законодательство и экономика. 2011. N 10. С. 84 - 87.
34. Солнцев А.М., Симонян А.С. Международное сотрудничество в сфере использования возобновляемых источников энергии // Энергетическое право. 2011. N 1. С. 43 - 46.
35. Попондопуло В.Ф., Городов О.А., Петров Д.А. Возобновляемые источники энергии в электроэнергетике // Энергетическое право. 2011. N 1. С. 23 — 29.



BELLONA

www.bellona.ru

