

УДК 621.548

Ю. Б. Соколовский, Л. Г. Лимонов, кандидаты техн. наук
А. Ю. Соколовский

О ПРИМЕНЕНИИ ВЕТРОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Аннотация. Рассматриваются вопросы усовершенствования ветровых энергетических установок с горизонтальной и вертикальной осями вращения, которые могут быть использованы промышленными и бытовыми потребителями, как альтернативные источники энергии. Предлагаемые варианты усовершенствования конструкции направлены на повышение эффективности работы ветровых энергетических установок и улучшение экологической обстановки в зоне их применения.

Ключевые слова: ветровая энергетическая установка, ось вращения, генератор, ветротурбина, крыло, ветронасос

Y. B. Sokolovsky, PhD., L. G. Limonov, PhD.,
A. Y. Sokolovsky

ON THE APPLICATION OF WIND POWER PLANTS

Abstract. The article deals with the improvement issues of wind-driven electric power installations with center of rotation and horizontal axis of rotation that can be widely used by industrial and domestic consumers as alternative energy sources. Proposed measures for design improvement are focused on the efficiency upgrading for wind-driven electric power installations and on the improvement of environmental situation in the area of their application.

Keywords: wind power plant, the rotational axis, generator, wind turbine, wing, wind pump

Ю. Б. Соколовський, Л. Г. Лімонов, кандидати техн. наук
А. Ю. Соколовський

ПРО ВИКОРИСТАННЯ ВІТРОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК

Анотація. Присвячено питанням удосконалення вітрових енергетичних установок з горизонтальною та вертикальною осями обертання, які можуть бути широко застосовані промисловими та побутовими споживачами як альтернативні джерела енергії. Запропоновані варіанти удосконалення конструкції спрямовані на підвищення ефективності роботи вітрових енергетичних установок та покращення екологічної обстановки в зоні їх застосування.

Ключові слова: вітрова енергетична установка, вісь обертання, генератор, вітротурбіна, крило, вітронасос

Введение. Энергия ветра в течение длительного времени рассматривается в качестве экологически чистого и неисчерпаемого источника энергии. Эта энергия, которая поступает от Солнца и преобразуется в кинетическую энергию ветровых потоков (ВП) на Земле, соответствует, по оценкам специалистов, суммарной мощности свыше 10^{11} ГВт.

Для использования этой энергии разработано большое количество типов ветровых энергетических установок (ВЭУ) [1 – 4]. При этом для преобразования ВП в механическую энергию вращения могут применяться два физических принципа:

– принцип лобового сопротивления (*Grag Principle*)

– принцип подъемной силы (*Lift Principle*).

В зависимости от ориентации оси вращения по отношению к направлению ВП они

могут быть классифицированы следующим образом:

– с горизонтальной осью вращения, параллельной направлению ВП;

– с горизонтальной осью вращения, перпендикулярной направлению ВП (аналог водяного колеса, в данной работе не рассматриваются);

– с вертикальной осью вращения, перпендикулярной направлению ВП.

Ветроэнергетические установки с горизонтальной осью вращения. Согласно теории [5] для идеального ветроколеса коэффициент использования энергии ВП равен 0,593. Реально, на практике у лучших быстрходных колес максимальное значение этого коэффициента доходит до 0,46, а у тихоходных – не более 0,36 – 0,38.

Эффективно и целесообразно применять ветроэнергетические установки с горизонтальной осью вращения (ВЭУГО) в тех случаях, когда ВП имеет стабильные режимы –

© Соколовский Ю.Б., Лимонов Л.Г.,
Соколовский А.Ю., 2014

горизонтальный и постоянный как по направлению, так и по величине, а это, в среднем, от 9 до 18 м в сек. Недостатком данной конструкции является малая поверхность лопасти, поэтому – начальный крутящий момент близок к нулю и пуск таких ветродвигателей затруднен. Крупные установки вообще приходится запускать от постороннего источника. Скорость концов лопастей при сильном ВП может приближаться к скорости звука, создавая шум, как у винтомоторного самолета, помехи для электронных устройств и нарушения экологии (сбивают птиц и пр.). При повороте ВЭУГО с изменением направления ВП на лопасти действует гироскопический момент, стремящийся дважды на каждом обороте изогнуть лопасть (вперед и назад), а это может вызывать большие напряжения, приводящие иной раз и к отрыву лопастей. Наибольшая эффективность пропеллерных ВЭУГО достижима только при условии обеспечения постоянной коллинеарности оси ветроколеса и направления ВП. Необходимость ориентации на направление ВП требует наличия в конструкции ВЭУГО механизмов и систем ориентации для непрерывного слежения за ветровой обстановкой. Наличие в конструкции системы ориентации на ветер само по себе усложняет ВЭУГО и снижает его надежность (по данным опыта эксплуатации зарубежных ВЭУГО этого типа до 13 % общего количества отказов приходится на системы ориентации). Из-за этого снижаются выработка электроэнергии и экономическая эффективность. Установлено, что сложная система устройств ориентации турбин ВЭУГО на направление ВП должна иметь к тому же еще и высокую точность поворота, чтобы не снижалась эффективность работы в условиях переменчивости силы и направления ВП, что характерно для большинства регионов эксплуатации. Кроме того, установлено, что в быстроходных ВЭУГО с размещением генератора и мультипликатора в гондоле башни, уровни вибраций в трансмиссиях и в установке в целом при рабочих режимах и, особенно, при пуске и торможении могут приближаться к аварийным. Это требует либо значительного повышения требований к точности изготовления и монтажа

трансмиссий и увеличения жесткости башни, либо поиска новых, более тихоходных решений с той же эффективностью. Основная часть разработчиков, стремясь поднять мощность ВЭУГО, пошла по пути увеличения размеров традиционных пропеллерных установок (их последние модели, оснащенные многотонным трехлопастным ротором диаметром 66 м, дают мощность до 2 МВт). Одним из возможных направлений развития ветроэнергетики может стать создание многомодульных ветроэнергетических установок, состоящих из одного-двух десятков небольших ветроколес диаметром до 2 м, как показано на рис. 1 [6]. Такая конструкция ВЭУГО с применением кольцевого обтекателя и профилированных лопаток существенно повышают ее надежность и эффективность.

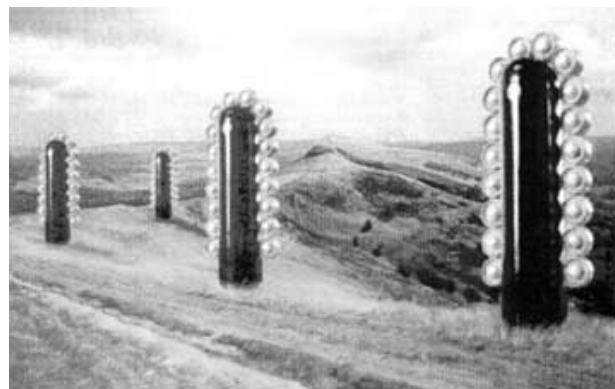


Рис. 1. Многомодульные ВЭУ

Далее будет рассмотрена ВЭУГО [7], при разработке, которой удалось ликвидировать ряд недостатков классических ВЭУГО и существенно улучшить экологию в зоне применения. Основным узлом рассматриваемой ВЭУГО, определяющим ее технические характеристики, является цилиндрическая ветротурбина (ЦВ), установленная на ее горизонтальном валу. Поверхность цилиндра крепится к переднему и заднему колесам, состоящим из ободьев, ступиц, закрепленных на горизонтальном валу, и радиальных штанг, соединяющих ободья колес со своими ступицами. Отметим, что колеса имеют по $N > 2$ расположенных симметрично штанг, а положение штанг заднего колеса сдвинуто относительно штанг переднего на угол β , который задает угол атаки α для всех лопастей и фиксируется ступицей

заднего колеса. Рассмотрим конструкцию (ЦВ) на конкретном примере, когда колеса имеют по 6 штанг, присоединенных к ободьям в точках a, b, c, d, e, h, рис. 2 и рис. 3. Между одноименными точками крепления штанг на ободах (a-a; b-b; c-c; d-d; e-e; h-h) переднего и заднего колеса крепятся лопасти – 23 и ребра – 22 цилиндра, к ним крепятся внешние боковины крыльев. Таким образом, ЦВ представляет собой единый механизм с осью, колесами, крыльями и ребрами внутри цилиндра. Особенностью конструкции ЦВ является постоянное оптимальное положение лопасти (крыла) относительно вектора входного ВП – то есть его угла атаки.

Особенности описываемой ВЭУГО.

1. В разработанной ВЭУГО обеспечена автоматическая ориентация горизонтальной оси цилиндра параллельно ВП. Для этого ось вращения механизма ориентировки на ВП помещают перед входным колесом цилиндра. При любом отклонении цилиндра от направления ВП на внешнюю боковую поверхность цилиндра с соответствующей стороны будет автоматически действовать сила, пропорциональная ее площади, возвращающая цилиндр в положение параллельное ВП.

2. В связи с жестким закреплением лопастей – крыльев к радиальным штангам переднего и заднего колес цилиндра, а внешних их боковин – к ребрам цилиндра ЦВ представляет собой единый механизм с жестко закрепленными деталями. Это позволяет на порядок снизить вибрации и, соответственно, отрицательные эффекты, связанные с ними.

3. Снижаются требования к прочности материалов, используемых в конструкции, это существенно повышает надежность в работе ВЭУГО при всех ее режимах.

4. Установка на переднем колесе дополнительной ячеистой сетки защищает крылья от мусора и летающей живности.

5. Фактором, повышающим КПД, является эффект разницы скоростей между ВП, движущимся по внешней поверхности цилиндра и выходным ВП цилиндра.

6. Достоинством является эффективная работа в зоне небольших скоростей ВП за

счет значительной площади ее крыльев (ориентировочная площадь одного крыла $\equiv R^2$, а общая – $\equiv NR^2$), что на порядок увеличивает подъемную силу крыльев по сравнению с классическими ВЭУГО

7. В данной ВЭУГО используется механизм настройки (наладки) на оптимальный угол атаки крыльев α относительно ВП, этот угол выбирается при испытании в номинальном режиме (номинальная скорость ВП, номинальные обороты цилиндра и номинальная нагрузка).

Таким образом, разработанная ВЭУГО благодаря экологическим достоинствам, высокому КПД и надежности может быть использована в жилой зоне на местности с невысокими средними скоростями ВП.

Ветрофермы (ВФ) – большие ветрогенераторные станции являются сегодня весьма актуальными проектами масштабного электроснабжения, поскольку решения, направленные на развитие возобновляемых источников энергии, являются сегодня приоритетными для большинства развитых стран. По некоторым оценкам, в странах, где ветроэнергетика активно развивается, она уже сейчас может конкурировать с тепловыми энергоисточниками по себестоимости энергии за киловатт/час. Ветрофермы – это комплексы ветроэлектрических установок, часто установленных рядами, которые перпендикулярны господствующему направлению ВП. Они насчитывают от пяти до нескольких сотен ветрогенераторов, расположенных рядом. Ветрофермы определяют определенную свободу и независимость от ценообразования на ресурс ввиду своей автономности и бесплатности ветра. Мощные ВФ способны решать проблемы энергоснабжения как крупных населенных пунктов, так и небольших поселений. Если ВЭУГО работают в одном направлении ВП, вторая турбина будет получать уменьшенную скорость ВП и работать не оптимально из-за поступающей турбулентности ВП, вызванной первой турбиной. Вызванное распространение кильватерного потока называется wake-эффектом и оказывает наиболее значительное воздействие на соседние ВЭУГО, что влияет на производство электрической энергии.

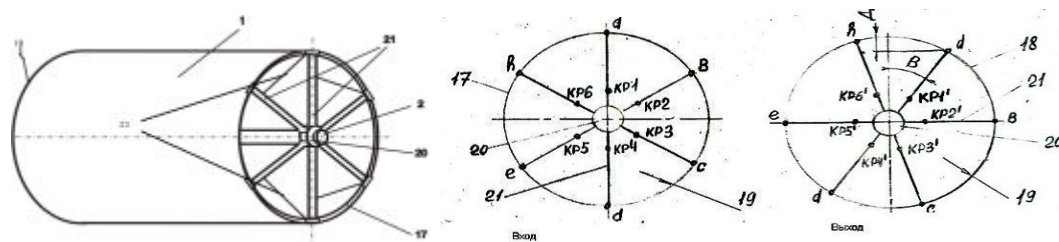


Рис. 2. Цилиндрическая ветротурбина:

1 – цилиндр; 2 – горизонтальный вал; 17 – входное колесо; 18 – выходное колесо; 19 – ободья колес; 20 – ступица; 21 – штанги (спицы) – a, b, c, d, e, h; 23 – лопасти

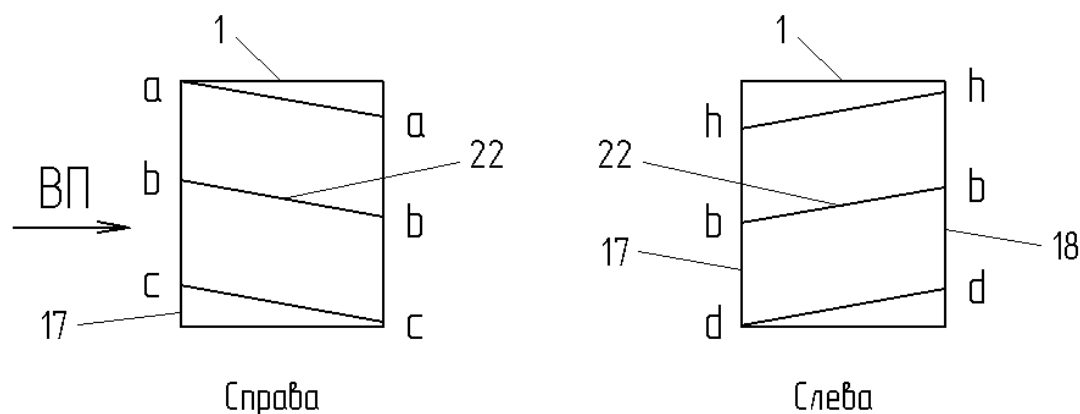


Рис. 3. Ребра ветротурбины:

1 – цилиндр; 17 – переднее колесо; 18 – заднее колесо; 22 – ребра цилиндра

Для ВФ разработан способ централизованной ориентации нескольких ВЭУГО [8] на палубе плавающей платформы (ПП). На палубе ПП устанавливают симметрично относительно ее средней геометрической линии (СГЛ), рядами с разной высотой башни, на верхних площадках последних размещают пропеллеры ВЭУГО и генераторы (обычно на общем валу или через вариатор) с ориентацией общего вала всех ВЭУГО параллельно СГЛ платформы. При большом ВП плавающая платформа под воздействием натяжения цепи носового якоря и кормового паруса, расположенного в плоскости СГЛ, автоматически ориентируется по направлению ВП, как показано на рис. 4. Отметим ряд достоинств данного способа.

1. Вместо вертикальной оси, вокруг которой вращается в классическом случае гондола ВЭУГО при ориентации на направление ВП, в предложенном способе используется виртуальная вертикальная

ось, проходящая через точку шарнирного крепления якоря. Это позволяет централизованно сориентировать все ВЭУГО ПП без механизмов ориентации классической конструкции (следящая система, гондола с кольцом поворота).

2. Ликвидируется вращающийся трансформатор (или кольцевой токосъемник) для передачи, получаемой электрической энергии.

3. В предлагаемом способе ориентации нескольких ВЭУГО функцию флюгера выполняет корпус ПП с кормовым парусом

4. Размещение ВФ может использовать участки местности с минимальным ветровым сопротивлением, не требуя земельных участков с неприемлемой экологией.

5. При скорости ВП, превышающей номинальное значение, можно с помощью кормового паруса повернуть ПП относительно плоскости СГЛ на некоторый угол β , снижая энергию ВП, попадающего на все ВЭУГО.

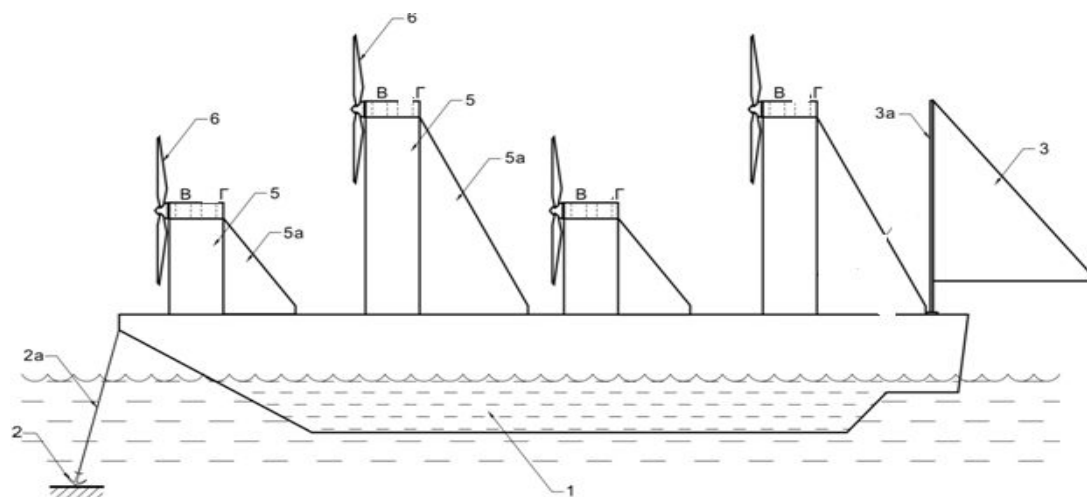


Рис. 4. Плавающая платформа с ветроэнергетической установкой с горизонтальной осью вращения:

- 1 – плавающая платформа; 2 и 2а – якорь и якорная цепь; 3 и 3а – мачта и кормовой парус; 5 и 5а – башня и ее упор; 6 – пропеллеры ВЭУГО; В и Г – вариатор и генератор

Ветровая энергетическая установка с вертикальной осью вращения (ВЭУВО). Мощность ВЭУВО может достигать, по оценкам экспертов, 10 – 30 МВт.

Можно отметить ряд преимуществ таких ВЭУ: независимость функционирования от направления ВП; возможность замены консольного крепления оси двухопорным; возможность размещения потребителя энергии в основании ВЭУВО; упрощение конструкции лопастей и снижение их материалоемкости; уменьшение шумности и площади земельного участка для размещения и др.

Проведена работа по усовершенствованию ротора Дарье в институте гидромеханики НАН Украины [9], патент Украины [10].

Применение в конструкции ВЭУВО механизма управления положением лопастей позволяет поворачивать лопасти относительно траверс так, что величина и направление действия результирующей аэродинамической силы на лопастях позволяют осуществить самозапуск ВЭУВО даже при скоростях ВП 3 – 4 м/с. Кроме того, управление положением лопастей дает возможность значительно улучшить рабочие характеристики такой ВЭУВО. Различают два основных вида управления лопастями – пассивный и активный. При активном управлении лопастями углы их поворота относительно траверс в каждой точке круговой траектории опреде-

ляются специальным механизмом, управляемым программируемыми устройствами.

В настоящее время ведутся работы по модернизации турбин типа Дарье (вариант турбины Дарье с реверсивным крылом).

Технические преимущества разработки заключаются в максимальном повышении эффективности преобразования энергии ВП в другие виды энергии. Достигается это тем, что в данном способе (устройстве) в результате действия ВП на крыло при движении его по круговой орбите формируется постоянная максимальная подъемная сила, вплоть до номинального значения, практически по всей круговой орбите (выпадают из работы зоны переключения формы крыла). Ось каждого крыла жестко соединена с главным валом ВЭУ сверху и снизу через опорные диски, причем ВЭУ может состоять из одного такого комплекта-яруса и более (используется модульный принцип формирования конструкции ВЭУ требуемой мощности при известной мощности одноярусной ВЭУ). Ось каждого крыла проходит через его кольцевой овал. Крыло трехслойное. Основу его составляет базовая плоскость, к которой по краям на шарнирах крепится двусторонняя подвижная фигурная аэродинамическая обшивка, причем аэродинамическая форма крыла изменяется автоматически скачком, симметрично относительно базовой плоскости, при движении каждого крыла по кругу,

в зоне изменения знака крутящего момента, формируемого крылом (рис. 5).

На рис. 6 показан упрощенный режим движения крыла при запуске ВЭУ, когда скорость ВП ($V_{ВП}$) намного превосходит скорость вращения ω (результатирующий вектор ВП, действующий на крыло, примерно равен $V_{ВП}$).

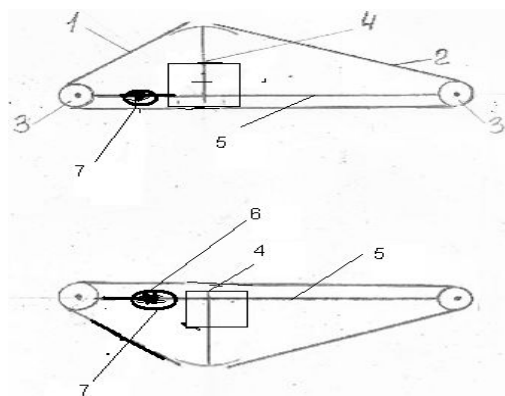


Рис. 5. Конструкция измененной формы крыла:

- 1 – передняя часть крыла на шарнире;
- 2 – задняя часть крыла на шарнире;
- 3 – шарниры; 4 – механизм переключения – электромеханический триггер; 5 – базовая плоскость крыла; 6 – ось крыла, закрепленная жестко на траверсах; 7 – овал

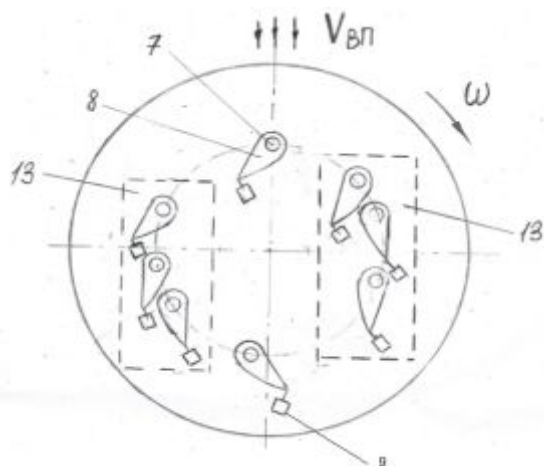


Рис. 6. Движение крыла по круговой траектории: 7 – ось крыла; 8 – крыло; 9 – закрылок; 13 – зоны переключения формы крыла

При вращении крыла его ось 6 смещается в пределах овала в одно из крайних положений в зависимости от знака действующего момента, развиваемого крылом. Информация о знаке момента, развиваемого крылом, и его

значении используется при изменении формы крыла и его ориентации управляемыми закрылками относительно результирующего вектора ВП, действующего на каждое крыло в данный момент.

Другая популярная разновидность ВЭУ [11]. Это вертикально-осевые ВЭУ которые используют принцип лобового сопротивления.

С использованием этого принципа разработан ветронасос (рис. 7). На верхнюю часть вала в качестве устройства закреплено ветроколесо (например, по [12]), а ниже, на вал симметрично насажена прямоугольная $2(2+k)$ – сторонняя призма, к каждой боковой плоскости, которой прикреплен силовой узел, выполненный в виде подвижной мембраны и насоса. Ветронасос может использоваться в сельском хозяйстве для перекачки жидкостей и газов, подъема жидкости на высоту (например, для заполнения водонапорной башни), закачки воздуха под давлением в ресиверы и дальнейшего использования в пневматических инструментах и механизмах. Даже при небольшой скорости ВП может быть получено большое давление в напорной магистрали за счет соотношения площадей мембраны и площади поршня насоса. В случае необходимости получения электроэнергии потенциальная энергия жидкости из напорной башни преобразуется в электрическую энергию путем направления этой жидкости по напорному трубопроводу 15 на вращающиеся лопасти гидрогенератора 12, вырабатывающего электроэнергию, и далее сброс жидкости в источник 13.

Такой ветронасос полезен с точки зрения экологии: низкий уровень шума, вибраций и электрических помех для электроники. Перспективно его использование, например, на прогулочной яхте, при установке на консоли за кормой (может использоваться гораздо выгоднее паруса, так как работает независимо от направления ВП) для закачки морской воды с последующим выбросом ее под давлением через рулящее реактивное сопло (принцип водометного движителя) при поднятом винте. Возможна также работа электродвигателя винта от аккумулятора, заряженного ранее, например, ночью во время стоянки.

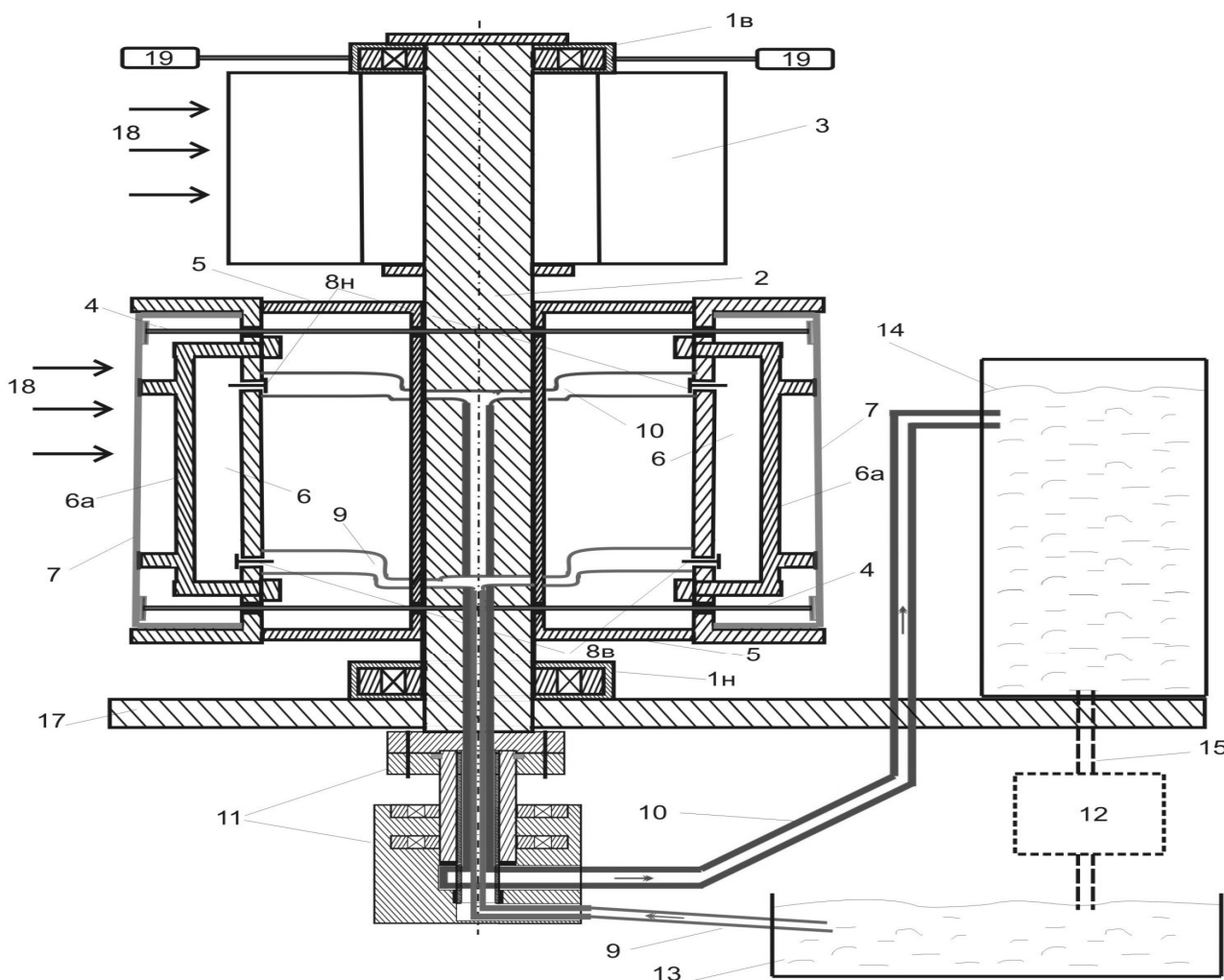


Рис.7. Ветровая энергетическая установка:

1н и 1в – нижний и верхний опорные стаканы; 2 – основной вал; 3 – вспомогательное ветроколесо; 4 – стержни; 6 – камера насоса; 6а – поршень; 7 – мембрана; 9 – питающая магистраль; 10 – напорная магистраль; 11 – ротационные соединители; 12 – турбогенератор; 13 – источник жидкости; 14 – башня; 15 – напорный трубопровод; 17 – опора всей ВЭУ; 18 – направление ВП; 19 – узел для поддержания вертикального положения вала 2

Заключение. Учитывая возрастающий интерес и экономическую целесообразность применения ВЭУ, следует считать, что предлагаемые к использованию разработки могут найти широкое применение в народном хозяйстве и энергосистемах различного назначения (промышленных, бытовых и др), что и нашло свое обоснование в [13, 14].

Список использованной литературы

1. Стычинский З. А. Возобновляемые источники энергии. Теоретические основы, технологии, технические характеристики, экономика / З. А. Стычинский, Н. И. Воро-

пай // Otto-von-Guericke-University. – Магдебург, – 2010. – 223 с.

2. Соколовский Ю. Б. Использование ветра – экологически чистого источника энергии / Ю. Б. Соколовский // Вестник дома ученых. – Хайфа : – 2011. –Т. XXIV. – С.16 – 21.

3. Sokolovsky Y.B. Sokolovsky A.Y., (2013), Technical Proposals for Wind Turbine Structures, *Journal SCIENTIFIC ISRAEL. Technological Advantages*, Vol 15, No. 3.

4. Соколовский Ю. Б. Ветровые энергетические установки / Ю. Б. Соколовский // Вестник дома ученых. – Хайфа : – 2014. – Т. XXX11. – С. 80 – 87.

5. Жуковский Н. Е. Ветряная мельница типа НЕЖ / Н. Е. Жуковский – 1920. – (Сайт «Малая энергетика» Розин М.Н.).

6. Хаскин Л. Башня из ветроэнергетических модулей / Л. Хаскин – М. : – 2003. – Наука и жизнь. – № 9.

7. Гуревич В. А. Цилиндрическая ветротурбина / В. А. Гуревич, Ю. Б. Соколовский, А. Ю. Соколовский, Е. А. Фролов // Заявка на Патент РФ 2014103914 (дата поступления 04.02.2014).

8. Гуревич В. А. Способ ориентации установок с горизонтально-осевыми пропеллерными турбинами / В. А. Гуревич, Ю. Б. Соколовский, А. Ю. Соколовский, А. Б. Хейфец // Заявка на Патент РФ 2014117781 (дата поступления 30.04. 2014).

9. Каян В. П. Оптимизация рабочих характеристик полномасштабного макета ветроротора Дарье с прямыми управляемыми лопастями / В. П. Каян, А. Г. Лебедь // Прикладна гідромеханіка. – 2010. – К. : – Т. 12. – № 4. – С. 26 – 35.

10. Каян В. П. Вітросилова установка / В. П. Каян, С. О. Довгий, П. М. Бойко, О. Г. Лебідь // Патент України №16097А на корисну модель, МПК F03D 3/00, F03D, от 07.06.2006. – № 7. – 174 с.

11. Соколовский Ю. Б. Ветровая энергетическая установка / Ю. Б. Соколовский, В. А. Гуревич // Патент RU 2484296 C2 F03D 3/00 от.03.08.2011.

12. Соколовский Ю. Б. Карусельное ветроколесо / Ю. Б. Соколовский, В. А. Гуревич // Патент RU 2498109 C2 от 15.07.2011.

13. Sokolovsky J., Heifetz A., Sosenushkina V., (2013), Wind Power in Israel with the Use of Sea Coasters, Technical and Economic Calculation in the Project Business Plan, *Journal SCIENTIFIC ISRAEL. Technological Advantages*, Vol 15, No. 2.

14. Sokolovsky J., Heifetz A., Sokolovsky A., (2014), Railway Electrification of Israel with Self-Contained Power Electric Locomotives, *Journal SCIENTIFIC ISRAEL. Technological Advantages*, Vol. 16, No. 1 – 2.

Получено 22.10.2014

References

1. Stichinski Z.A. Voropay N.I. Vozobnovlyaemie istochniki energii. Teoreticheskie osnovi, tekhnologii, tekhnicheskie harakteristiki, ekonomika, [Renewable Energy. Theoretical Technology, Performance, Economy], (2010), Magdeburg, *Otto-von-Guericke-University*, 223 p. (In Russian).

2. Sokolovski J.B. Ispolzovanie vetraekologicheskoi chistogo istochnika energii, [The use of Wind – a Clean Energy Source], (2011), *Vestnik Doma Uchenih*, Haifa, Vol XXIV, pp. 16 – 21 (In Russian).

3. Sokolovsky Y.B., Sokolovsky A.Y., (2013), Technical Proposals for Wind Turbine Structures, *Journal SCIENTIFIC ISRAEL, Technological Advantages*, Vol 15, No. 3.

4. Sokolovsky Y.B. Vetrovie energeticheskie ustanovki, [Wind Power Plants], (2014), *Vestnik Doma Uchenih*, Haifa, Vol XXXI, pp. 80 – 87 (In Russian).

5. Gukovski N.E. Vetryanaya melnitsa tipa NEG, [Windmill type Neiges], (1920), (*Site “Malaya Exegetical” Rozin M.N.*) (In Russian).

6. Haskin L. Bashnya iz vetroenergeticheskikh modulei, [Tower of Wind Power Modules], (2003), Moscow, Russian Federation, *Nauka and Life*, No. 9 (In Russian).

7. Gurevich V.A. Sokolovsky Y.B. Sokolovsky A.Y. Frolov E.A. Cilindricheskaya vetroturbina, [Cylindrical wind Turbine], (2014), Zayavka na Patent Russian Federation, 2014103914, Data 04.02.2014 (In Russian).

8. Gurevich V.A. Sokolovsky Y.B. Sokolovsky A.Y. Heifetz A.B. Sposob orientacii ustanovok s gorizontavno-osevimi propellernimi turbinami, [Method Orientation Plants with HAWT Turbines], (2014), Zayavka na Patent Russian Federation 2014117781, Data 30.04. 2014 (In Russian).

9. Kayan V.P. Lebed A.G. Optimizaciya rabochih harakteristik polnomasshtabnogo ma-keta vetrorotora Darie s pryamimi upravlyaemimi lopastyami, [Optimizing the Performance of full-scale Layout Vetrorotora Darya Direct Controlled Blades], (2010), Kiev, Ukraine, *Prikladna Hidromehaniка*, Vol 12, No. 4, pp. 26 – 35 (In Russian).

10. Kayan V.P. Dovgii S.J. Boyko P.M. Lebid A.G. Vitrosilova ustanovka, [Vitrosilova Installation], (2006), Patent Ukraine No. 16097A na korisnu model, МПК F03D 3/00, F03D, (07.06.2006), No. 7, 174 p. (In Ukrainian).

11 Sokolovsky Y.B. Gurevich V.A. Vetrovaya energeticheskaya ustanovka, [Wind Power Plant], (2011), Patent Russian Federation 2484296 C2 F03D 3/00 (03.08.2011) (In Russian).

12. Sokolovsky Y.B., Gurevich V.A. Karuselnoe vetrokoleso, [Carousel Windwheel], (2011), Patent Russian Federation 2498109 C2 (15.07.2011) (In Russian).

13. Sokolovsky J., Heifetz A., Sosenushkina V. Wind Power in Israel with the Use of Sea Coasters, Technical and Economic Calculation in the Project Business Plan, (2013), *Journal SCIENTIFIC ISRAEL, Technological Advantages*, Vol 15, No. 2.

14. Sokolovsky J., Heifetz A., Sokolovsky A., (2014), Railway Electrification of Israel with Self-Contained Power Electric Locomotives, *Journal SCIENTIFIC ISRAEL, Technological Advantages*, Vol. 16, No. 1 – 2.



Соколовский
Юлий Борисович,
канд. техн. наук.
33301, Хайфа, Изра-иль,
ул. Герция 17, кв.12.
Тел.: (972)0775640723
E-mail:
sokol1937y@gmail.com



Лимонов
Леонид Григорьевич,
канд. техн. наук,
ЧАО «Тяжпромавто-
матика», гл. специалист
отдела.
61072, Харьков, про-
спект Ленина, 56.
Тел.: (057)7586488.
E-mail:
lgl@tpa5.com.ua



Соколовский
Александр Юльевич,
зам. начальника отделе-
ния медицинского обо-
рудования медицинско-
го центра "Внейцеон".
36610, Нешер, Изра-иль,
ул. Аракафот, 24,А.
Тел.: (972)052281 21 87.
E-mail:
ssokols@gmail.com