

УДК 620.9

Северянин В.С.

РАЗРАБОТКИ ЛАБОРАТОРИИ «ПУЛЬСАР» ПО НЕТРАДИЦИОННОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

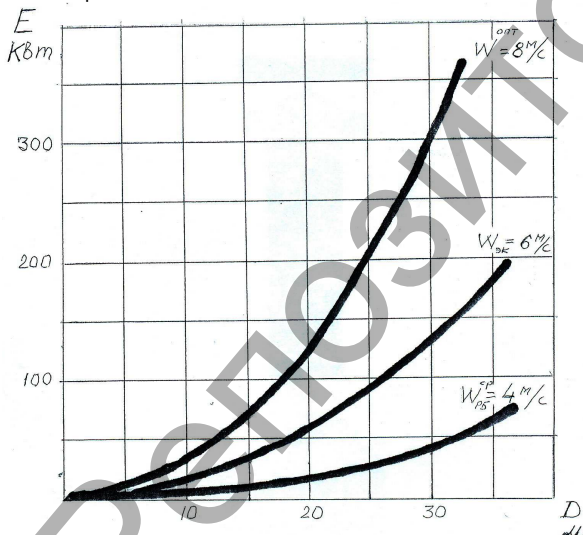
Введение. Энергетические проблемы постоянно инициируют проведение научно-исследовательских работ по созданию новых энергоустановок.

Ниже описываются некоторые предложения на основе теоретических и лабораторных исследований, реализация которых позволит расширить ресурс нетрадиционной энергетики в качестве инновационных объектов.

Анализ многочисленных действующих и проектируемых энергоустановок малой и средней энергетики показывает, что основным фактором, сдерживающим их широкое использование, являются большие удельные капитальные и текущие затраты на получение полезного продукта (электроэнергии, тепла, веществ). Особенно это заметно, когда первичный энергисточник дешев и практически необъятен (Солнце, ветер, геотермия, биомасса, гравитация и т.п.). Поэтому важнейшей задачей энергетической прикладной науки должно быть создание высокоэффективных технических систем, причем эффективность не столько в виде термодинамического коэффициента полезного действия (отношение полученного эффекта к затратам энергоресурса), важнейшим для топливных энергосистем, а надежности, экологичности, управляемости, универсальности, простоте изготовления, монтажа, эксплуатации (конструкционные и инфраструктурные затраты).

Настоящая статья продолжает информацию о разработках научно-исследовательской лаборатории ПУЛЬСАР БрГТУ по нетрадиционной энергетике [1–5], представляя результаты, полученные за 2011–2012 гг.

Ветроэнергоустановки. Графики рисунка 1 дают представление о кинетической энергии ветрового потока, которая является основой ветроэнергетики. Мощность, которую можно отобрать от потока воздуха, оценивается коэффициентом использования ветра $\xi < 1$ т.к. ветер не может покидать ветроэнергоустановку (ВЭУ) с нулевой скоростью.



Мощность ВЭУ: $N = \xi \cdot k \cdot E$, $N = \xi \cdot k \cdot \frac{f}{2} \cdot F \cdot W^3$, где $\xi = 0,3 \dots 0,6$ – коэффициент использования ветра; $k = 0,7 \dots 0,9$ – аэродинамика, механика $F = \pi \frac{D^2}{4}$; ρ – плотность воздуха

Рис. 1. Энергия E ветрового потока диаметром D при скорости W

Северянин Виталий Степанович, д.т.н., профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология

На это ограничение накладываются и другие (качество аэродинамики, ее схемы, механические потери и т.д.). Обычно на это мало обращают внимания, т.к. ресурс воздушных течений громадный, и даже малая доля его использования удовлетворительна, несмотря на непостоянство исходной величины.

ВЭУ в общем случае состоит из следующих частей:

1) Ветроприемник – это устройство, воспринимающее поток, т.е. относительную скорость или динамическое давление ветра.

2) Трансмиссии – это передатчики движения или энергии в другой форме органу, производящему основной продукт ВЭУ (электроэнергия, теплота, разлом и т.д.).

3) Потребитель – производитель продукта ВЭУ – электрогенератор, мельница, насос, теплогенератор и т.п. Потребитель в свою очередь является источником электроснабжения и т.п., сфер рыночного потребления.

4) Концентратор – конфузоры для увеличения захвата массы воздуха и увеличения его скорости перед ветроприемником. Из-за сложности конструкции и эксплуатации используются редко.

5) Управление – различные схемы регулирования скорости движения ветроприемника, его блокировки и защиты.

6) Строительные конструкции, – особенно важны для улавливания высокоскоростных верхних воздушных потоков.

Очевидно, основной элемент ВЭУ – ветроприемник, и всё разнообразие ВЭУ объясняется как многочисленными принципами действия, так и конструкциями многовекового развития ветроэнергетики.

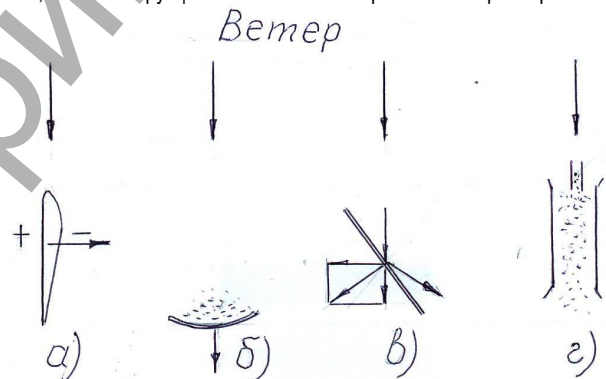


Рисунок 2

Можно выделить следующие типы ветроприемников (рис. 2):

а) крыльчатые – обычно это лопасти быстроходных ВЭУ с малым количеством лопастей. Профиль такой лопасти соответствует профилю самолетного КРЫЛА. Подъемная (вращающая) сила возникает за счет разности скоростей потока под и над крылом. Поэтому такой элемент эффективно работает при большой скорости набегающего потока, когда упомянутая разность сильнее проявляется;

б) парусные – в них действует на нормальную или близкую к ней поверхность динамический напор, т.е. создается «подпор» перед ветроприемником и «разрежение» после него. Пример – корабельные паруса, карусельные и барабанные ВЭУ;

в) отклоняющие – дают отклонение потока воздуха от первоначального направления, это создает реактивное усилие на ветроприемник, движущего его. Так вращаются роторы ветряных мельниц, многолопастные тихоходные ветроагрегаты, так действуют рули поворота, высоты, элероны самолетов;

г) специальные – ветроприемники, использующие физические принципы неординарного порядка: магнитогидродинамические (введение

в поток заряженных частиц, движущихся в магнитном поле), испарительные (укорочение при сушке ветром влажных тел), акустические (генерация волн и их резонанс на рабочем теле) и т.д.

Первые три типа конструктивно близки друг другу, и только особое их исполнение и работа обуславливают функции, отраженные в названии.

При одинаковом ветре и размере ветроколеса и других прочих условиях мощности ВЭУ с этим ветроприемниками примерно одинаковы, но вращающий момент у первого типа меньше, чем у третьего, а скорость вращения больше. Поэтому, что важно подчеркнуть, для первого типа требуется большая скорость ветра, чтобы крыльевая схема сработала, а у третьего типа «скорость трогания» меньше.

Именно поэтому лабораторией ПУЛЬСАР было принято, в первую очередь, обратить внимание на разработки третьего типа: Республика Беларусь характеризуется слабыми ветрами (среднестатистическая скорость 4 м/с).

Мощность ветроэнергоустановки (ВЭУ) определяется, в основном, площадью восприятия ветрового напора и скоростью ветра. Следовательно, увеличить мощность необходимо увеличением размеров поперечного сечения воздушного потока, действующего на ветровоспринимающие органы ВЭУ, при прочих равных условиях (скорость и повторяемость ветра, механические и аэродинамические характеристики ВЭУ, место расположения и т.д.). Размеры общепринятых лопастных ВЭУ ограничены рядом обстоятельств: прочность длинных лопастей при действии центробежных и изгибных ветровых сил, недопустимые скорости концов лопастей, ведущих к вибрациям и генерации инфразвука, сложность изготовления, монтажа, эксплуатации, ремонта как подвижных частей, так и башен, электрогенераторов, систем управления. Особенно усложняется работа редукторов, передающих вращение оси ВЭУ на электрогенераторы, а так же установка «на ветер» при перемене его направления.

Нами предложена идея, разработана конструкция, с коллегами и студентами изготовлен макетный аналог принципиально новой архитектуры ВЭУ, основанной на использовании колеса-обруча с радиально встроенными лопастями-парусами, катящегося на двух опорах-роликах. Эта ВЭУ сможет принимать ветровой поток больших поперечных размеров (диаметром предположительно до 100 метров и более), что недостижимо для обычных ВЭУ. Это достигается тем, что многолопастной обруч вращается медленно, имеет надежное опирание (два катка по окружности, одна тяга по оси), отсутствует повышающий редуктор, т.к. отношение диаметра обруча и роликов, к которым подсоединены электрогенераторы, очень большое. Капитальные затраты, что является важнейшим фактором создания ВЭУ, должны быть существенно меньше, чем для обычных ВЭУ, благодаря отказу от башни, редуктора, упрощению конструкции, лопастей, уменьшению требований к точности изготовления.

По имеющимся сведениям, аналогичных разработок в мире нет, и реализация этого белорусского проекта позволяет внести значимый вклад в развитии ветроэнергетики.

На рис. 3 представлена принципиальная схема реализованной идеи: «а» – вид ВЭУ спереди (со стороны действия ветра), «б» – вид сбоку, «в» – вид сверху. Схема «г» – вариант ВЭУ с опорой на колонну-башню.

При наличии ветра (широкая стрелка) парус 4 воспринимает динамическое давление воздушного потока, так как он имеет определенный угол атаки (под углом к направлению ветра), возникает вращающий момент, который через штырь 2 передается реей 3 на обод 1, и он вращается (сплошные стрелки), опираясь на ролики 8 (катится по ним). Жесткость системы обеспечивается спицами 7, фиксируемыми на растягивающих усилиях ось обода 5 и паруса 4 (через пружины паруса 6).

Вдоль направления ветра конструкция удерживается штоком 14, который сферическим подшипниковым упором 15 позволяет свободно вращаться ободу 1 по роликам 8.

При смене направления ветра конструкция на платформе 10 может поворачиваться вокруг колонны 16 на кольцевом захвате 20 благодаря колесному шасси платформы 10. Возможны другие спо-

собы поворота (виндрозы, сервоприводы и т.д.), это зависит от конкретных условий.

Ролики 8 своей осью ролика 11 вращают электрогенераторы 12. Так как соотношение диаметров обода 1 и роликов 8 очень большое (обод – до 100 м, ролик 0,2 м), то надобность в редукторе отпадает: электрогенератор 12 сразу получает большое количество оборотов. Электроэнергия (пунктирные стрелки) электропроводкой через колонну 16 подается потребителю подземным кабелем.

При необходимости срочной остановки (ураган, авария) срабатывает (дистанционное радиовключение) стопор 13. Его сердечник поднимается, и одна из рей 3 упирается в него, парус устанавливается параллельно ветру, обод 1 останавливается.

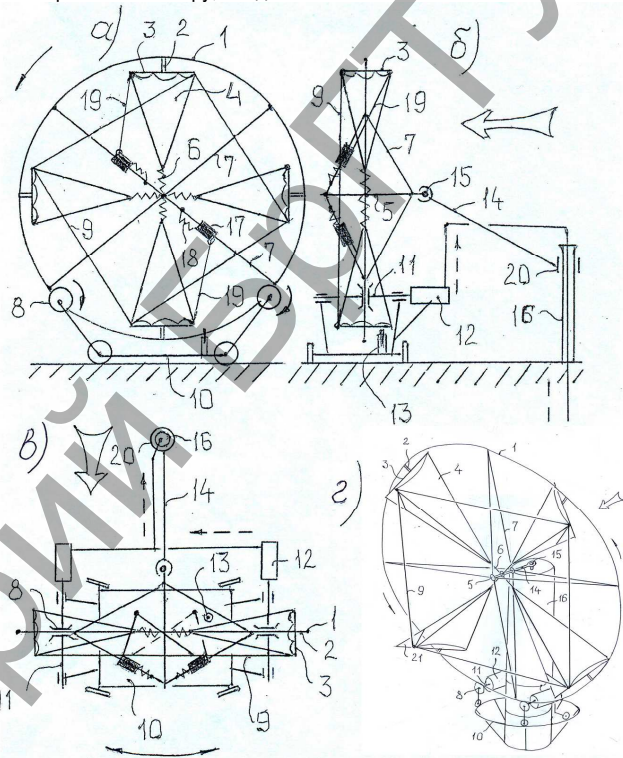


Рис. 3. Ветроэнергоустановка

Саморегулирование происходит следующим образом. Если скорость вращения обода 1 растет выше заданной величины, то грузы 17 за счет центробежной силы удаляются по спицам 7 от оси вращения (ось обода 5) от своего заданного пружиной груза 18 положения. Это движение тягами 19 поворачивает рею 3, уменьшая угол атаки паруса 4 (и значит, всех парусов, связанных тросом 9). Скорость вращения при увеличившемся ветре остается прежней. Описанная схема напоминает регулятор Д. Уатта. При уменьшении скорости ветра угол атаки увеличивается, вращение остается тем же. Заданная скорость вращения определяется местом закрепления пружины груза 18. Грузы 17 передают на рей 3 усилия только от центробежной силы и пружины груза 18, а вес грузов, находящихся при движении в верхней и нижней части ветроколеса, компенсируется жесткой связью между грузами через трос 9: верхний груз весом действует в сторону оси обода 5, а нижний – в сторону обода 1. При сложении сил остаются центробежная сила от оси 5 и натяжение пружины груза 18 – в сторону ее. В варианте «г» используются добавочные аэродинамические поверхности 21.

При катастрофическом ветре упор 15 расцепляется, и ветроколесо ложится на землю, чем защищается вся ветроэнергоустановка от полного разрушения. Имеется, таким образом, три степени защиты: автомат угла атаки (позиции 17, 18, 19), стопор 13 и разъединяющийся упор 15.

Изготовленный и опробованный макет (колесо диаметром 1 м, количество лопастей – парусов 16) подтвердил правильность конструктивного решения: высокая механическая устойчивость по всем

направлениям, удобная сочетаемость элементов, простота изготовления и действия. Это позволяет прогнозировать масштабный переход на крупные ВЭУ данного типа.

Лопастные ветроэнергостановки требуют регулирования угла атаки (угол между направлением ветра и хордой лопасти) при меняющейся скорости ветра.

В описанной выше конструкции рей (внешние концы лопастей) связаны последовательно с одной стороны относительно оси вращения тросом, позволяющим синхронно поворачивать лопасти вокруг своих осей под действием центробежного регулятора.

Анализ показал, что при повороте рей от положения, параллельного оси вращения, до положения, касательного круговой траектории их перемещения, расстояние их концов от оси вращения изменяется на величину

$$\Delta = R \left(\sqrt{1 + (A/R)^2} - 1 \right),$$

здесь R – радиус вращения внешних концов лопастей, A – половина длины рей, шарнирно закрепленной изнутри к ободу ветроколеса), а общая длина троса, связывающего все рей, тогда изменяется на:

$$\delta L = 2\pi(R'' - R') = 2\pi \cdot \Delta,$$

R'' – радиус вращения концов рей в касательном положении, $R' = R$ в параллельном.

Попытка компенсировать удлинение δL пружинами оказались не совсем удачной: нужное перемещение рей воспринимали на себя пружины. Поэтому потребовалась замена тросовой системы регулятора на комплекс тяг постоянной длины, но с учетом изменения расстояния между концами рей. (Для ветроколеса диаметром 100 м и длиной рей 10 м имеем $\Delta \approx 0,25$ м, $\delta L \approx 1,6$ м, что весьма ощутимо и отрицательно сказывается на работе регулятора и всего энергоагрегата)

Задача решена путем установки на концах рей особого приспособления – штыря, направленного в сторону оси вращения ветроколеса, по штырю скользит зацеп, к которому прикреплены тяги (аналоги упомянутого троса).

На рис. 4 показана аксонометрическая схема разработанного автомата поворота лопастей.

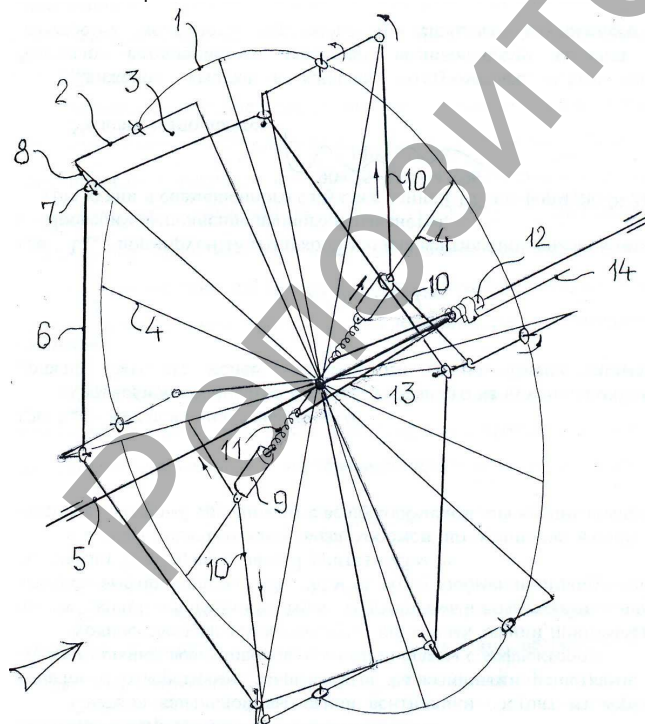


Рис. 4. Автомат поворота лопастей

Автомат поворота лопастей состоит из металлического кругового обода 1, к которому шарнирно прикреплены рей 2 (для обода диаметром 100 м их длина, в зависимости от количества лопастей 3, составляет 5...10 м), которые удерживают лопасти 3 в виде треугольных парусов (легкий пластик, парусина, парашютный шелк и т.п.). Лопасти 3 смонтированы между спицами 4 (стальной трос) и закреплены на оси 5. Концы рей 2, направленных в одну сторону относительно оси 5, соединены последовательно тягами 6 (легкие алюминиевые трубки длиной 3...5 м), при этом тяги имеют круговой зацеп 7 (шарнир), способный перемещаться по штырю 8, закрепленному на конце рей 2 и направленному на ось 5. Чтобы зацеп 7 не выпадал со штыря 8, последний на конце имеет утолщение. На двух противоположных спицах 4 монтируется груз 9, это металлический цилиндр с осевым отверстием, способный перемещаться вдоль по спице. С одной стороны груз соединен шарнирно с рычагами 10, с другой – с осью 5 пружиной. Рычаги 10 соединяют шарнирно противоположные концы расположенных рядом рей 2. На оси 5 установлен способный перемещаться по ней датчик 12, соединенный шарнирно со стержнями 13 и штоком 14. Последний выводится на орган управления (не показанный на чертеже), задающий положение датчика 12 и, следовательно, груза 9 и 2.

Действует автомат поворота лопастей следующим образом. Штоком 14 через датчики 12, стержни 13, рычаги 10 задается положение рей 2. Благодаря тягам 6 движение рей 2 синхронизировано, они поворачиваются на одинаковый угол (угол атаки), определяемый заранее при доводке устройства. Так задается скорость вращения обода 1, т.е. данный параметр ветроэнергостановки.

При увеличении (уменьшении) скорости ветра под действием центробежной силы грузы 9 расходятся (сходятся) по спице 4 относительно оси 5, растягивая (сжимая) пружины 11. Рычаги 10 разводят (сводят) противоположные концы рей 2, уменьшая (увеличивая) угол атаки лопастей 3, возвращая скорость вращения обода 1 к прежнему значению.

Изменение расстояния между концами рей 2 при их поворотах компенсируется скольжением зацепов 7 по штырям 8, что исключает необходимость применения вспомогательных пружин на тягах 6.

Технико-экономический эффект заключается в повышении надежности управления ветроэнергетической установкой и упрощением конструкции устройства. Изготовлен и опробован экспериментальный образец, подтвердивший работоспособность устройства.

Известные мощные ветроустановки (ВЭУ) требуют наличия высоких колонн (мачт, башен), чтобы поднять ветроприемную лопастьную часть (обычно с редуктором и электрогенератором) на уровень высокоскоростных потоков ветра. Очевидны большие капитальные и текущие затраты, чтобы реализовать «бесплатный» ветроэнергоресурс. Современные крупные ВЭУ – это буквально электроцех электростанции с электрическим, механическим разделами, автоматикой, органами управления и обслуживания, поднятый на высоту до 30...50 м и выше.

Наземное расположение ВЭУ обычных схем не позволяет использовать высотный ветер. Однако это противоречие можно преодолеть применением ветроприемника, основная механика которого установлена на земле, но ветровоспринимающий элемент входит в процессе работы в высокоскоростной поток наверху, это, например, удлиненное тело, шарнирно одним концом закрепленное на земле, а другим, поднимаясь вверх, достигает достаточных высот. Оно должно после максимального отклонения возвращаться в исходное положение, совершая махообразное движение, которое передается соответствующим объектам (механические электрогенераторы, насосы, мельницы и т.п.). Для прохождения точек возврата желательно иметь несколько таких тел, фаза движения которых согласуется так, чтобы эти тела помогали друг другу проходить мертвые точки и зоны малоскоростных потоков.

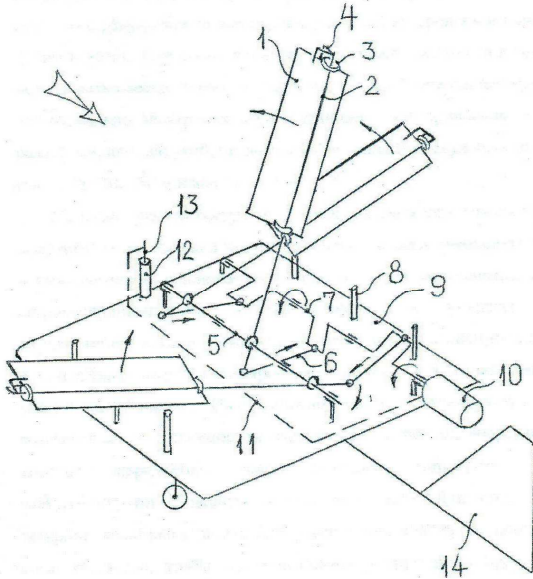


Рис. 5. Ветроэнергостановка

Ветроэнергостановка состоит из нескольких лопастей 1 (см. рис. 5) в виде плоскости, способной поворачиваться вокруг оси лопасти 2 на подшипниках 3, угол поворота задан ограничителем 4, закрепленным на оси лопасти 2. Развилки (угол, длина, наклон) ограничителя 4 уточняются при доводке. Ограничитель 4 может иметь фиксаторы, например, магнитного типа или подвижного с защелками. Вилки ограничителя 4 могут быть выполнены сходящимися, и лопасть 1, способная смещаться с пружиной вдоль оси лопасти 2 при изменении скорости качания (изменении скорости ветра), входит в ограничитель 4 с разными диапазонами поворота α , чем уменьшается (увеличивается) давление ветра на лопасть 1 при увеличении (уменьшении) скорости ветра (на чертеже сходимость ограничителя 4 и пружина на оси лопасти 1 условно не показаны). Часть лопасти 1 относительно оси лопасти 2, направленная в сторону ветра, шире противоположной. Ось лопасти 2 шарнирно насажена на опорную ось 5 и связана с шатуном 6, который, в свою очередь, охватывает шатунную шейку коленвала 7.

Под широкой частью лопасти 1, в ее горизонтальном положении, по обе стороны опорной оси, смонтирован упор 8, имеющий сверху амортизационную пружинящую прокладку. Упоры 8 (по два на каждую лопасть по обе стороны оси 5) закреплены на платформе 9, которая также является основанием для опорной оси 5, коленвала 7 со своими подшипниками, а также электрогенератора 10 со встроенным редуктором для повышения скорости вращения. На платформе 9 уложен электрокабель 11 от электрогенератора 10 до поворотного подшипника 12, надетого на неподвижную ось 13, во внутреннюю полость которой входит электрокабель 11, связанный с потребителем электроэнергии. Противоположно относительно неподвижной оси 13 на платформе 9 установлен руль 14, это плоскость для восприятия боковых потоков воздуха при смене направления ветра. Благодаря этому платформа 9 может поворачиваться на плоском основании на своих колесах-шасси.

Количество лопастей 1 выбирается по общей мощности ветроэнергостановки, а угол между осями лопастей 2 обусловлен углами между коленами коленвала 7 (например, при трех лопастях – 120°). Конструкция аналогична многоцилиндровому двигателю внутреннего сгорания, а движение лопастей – движению поршней.

Действует ветроэнергостановка следующим образом. Рулем 14 платформа 9 на поворотном подшипнике 12 поворачивается вокруг неподвижной оси 13 так, что опорная ось 5 направляется по направлению ветра (широкая стрелка). Лопасть 1 под действием ветра движется вокруг опорной оси 5, ее положение на оси лопасти 2 задано ограничителем 4 и тем, что давление ветра больше на широкой части лопасти. Движение оси лопасти 2 шатуном 6 передается на коленвал 7, который вращает электрогенератор 10. Направление вращения, т.е. порядок колебания лопастей 1 задается при пуске автоматически: например, при трех лопастях две задают порядок, подчиняя движение третьей.

При достижении лопастью 1 горизонтального положения (или близкого к нему) широкая часть ее опирается на упор 8, лопасть 1 на

подшипниках 3 поворачивается на оси лопасти 2 до другого конца ограничителя 4, угол атаки ветра меняется, лопасть начинает движение в другую сторону. Так лопасти 1 (если их несколько), взаимно усиливая воздействие на коленвал 7, вращают ротор электрогенератора 10. Электроэнергия электрокабелем подается потребителю. Движение лопастей 1, как поршней в двигателе внутреннего сгорания, синхронизировано коленвалом 7, а крайние положения лопастей 1 сопоставимы с верхней и нижней мертвой точкой перемещения поршней. Действие последовательно вдоль ветра работающих лопастей напоминает вращение пропеллеров двухвалных турбовинтовых авиадвигателей, когда в момент пересечения аэродинамической тени лопасти усиливают действие друг друга, из-за противоположных углов атаки ветра. Изготовленная и опробованная модель установки подтвердила ее работоспособность.

Известно, что скорость ветра с высотой интенсивно возрастает. Так как мощность ветроэнергостановки пропорциональна скорости ветра в третьей степени, конструкторские идеи сводятся к максимальному подъему ветроприемного устройства.

На рис. 6 представлена конструкция энергоаэростата. Энергоаэростат состоит из оболочки 1 (гибкая пленочная конструкция) с открытой нижней частью. Оболочка 1 окружена свисающими вниз подвесными тросами 2, к которым прикреплена ось с ветроколесом 3 и электрогенераторами 4 механического типа. От оси отходит вниз рама 5, состоящая из двух вертикальных стоек, между которыми расположено ветроколесо 3, и горизонтальной частью.

По раме 5 и подвесным тросам 2 проходит электропроводка 6 (двухфазный или трехфазный кабель облегченного типа). К раме 5 с одной стороны шарнирно, с возможностью поворота, ригелями 7 с пружинами 8, примыкает рулевой шар 9 (это вспомогательная пленочная замкнутая оболочка, заполненная легким газом). На этой же стороне рамы 5 закреплен рычаг 10 с поворотным шаром 11 (его конструкция аналогична рулевому шару 9). На раме 5 имеется так же электрорегулятор 12 и привязной трос 13, который связан с потребителем 14. Внутри оболочки 1 монтируется электронагреватель, к которому подведена электропроводка 6. В качестве нагревателя может быть использована электроприводящая пленка или внутри оболочки 1, или на внутренней ее поверхности, или сама оболочка. Нагреватель 15 защищен от соприкосновения с оболочкой, например, соответствующими распорками.

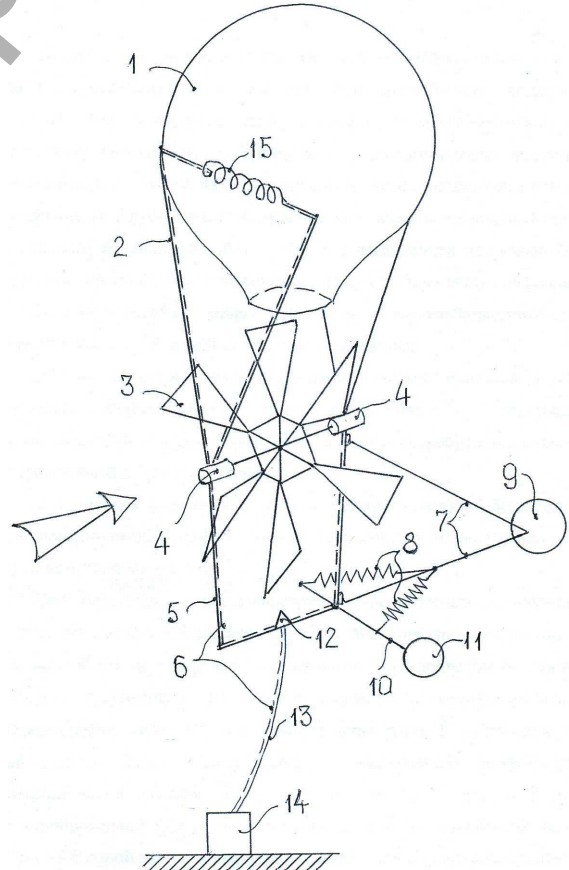


Рис. 6. Энергоаэростат

Предварительно на земле оболочка 1 заполняется горячим воздухом или продуктами сгорания, как для обычного воздушного шара, широко применяемого для полетов. Возможен также нагрев электронагревателем 15, питающийся от наземного потребителя 14 (с потреблением внешней электроэнергии). Элементы 9, 11 не требуют предварительного заполнения, в них постоянно находится легкий газ (гелий, водород) – для компенсации своего веса. Оболочка поднимается вверх, увлекая подвесными тросами 2 ветроколесо 3 с электрогенераторами 4.

Высота подъема задается приводным тросом 13 (может составлять 100–500 м), с учетом коридора ветрового потока. Вращение ветроколеса 3 приводит к выработке электроэнергии в электрогенераторах 4, которая электропроводкой 6 по раме 5 и привязанному тросу 13 подается потребителю 14.

Часть электроэнергии, обусловленная действием электрогенератора 12 по температурным датчикам в оболочке 1 и внешним, подается на электронагреватель 15 по электропроводке 6 на подвесных тросах 2. Действие электрорегулятора 12 задается потребителем 14 по кабелю или по радиосхемам.

При изменении скорости ветра используется метод «вывод ветроколеса из-под ветра». При умеренных скоростях ветра (10–20 м/с) рулевой шар 9 удерживает плоскость ветроколеса нормально вектору скорости ветра. При больших ветрах рычаг 10, жестко закрепленный на раме 5 с одной ее стороны, поворачивает раму 5 и ветроколесо 3 на угол, обусловленный пружинами 8. Действие ветра ослабляется, скорость вращения сохраняется. Рулевой шар 9 на шарнирных ригелях 7 (не опускаясь) поворачивается, сохраняя свое положение относительно ветра; пружины 8 воспринимают соответствующее усилие, т.к. ветроколесо отклонено. При снижении скорости ветра пружины 8 возвращают раму 5 и ветроколесо 3 в прежнее положение. Устойчивость системы обеспечивается креплением у потребителя, тягой вверх оболочки, действием рулевого шара. Наклон системы незначителен. Реакция вращения может создать боковой наклон, который также не мешает действию ветроколеса.

Таким образом, действие данного энергоаэростата поддерживается подпиткой теплоты в оболочку за счет энергии, вырабатываемой собственными электрогенераторами, в чем состоит принципиальное отличие от известных аналогичных устройств.

Технико-экономическое достоинство данного изобретения заключается в реализации возможности использования высокоскоростных постоянных ветровых потоков на большой высоте для выработки электроэнергии с умеренными капитальными затратами.

ВЭУ с концентратором представлен на рис. 7.

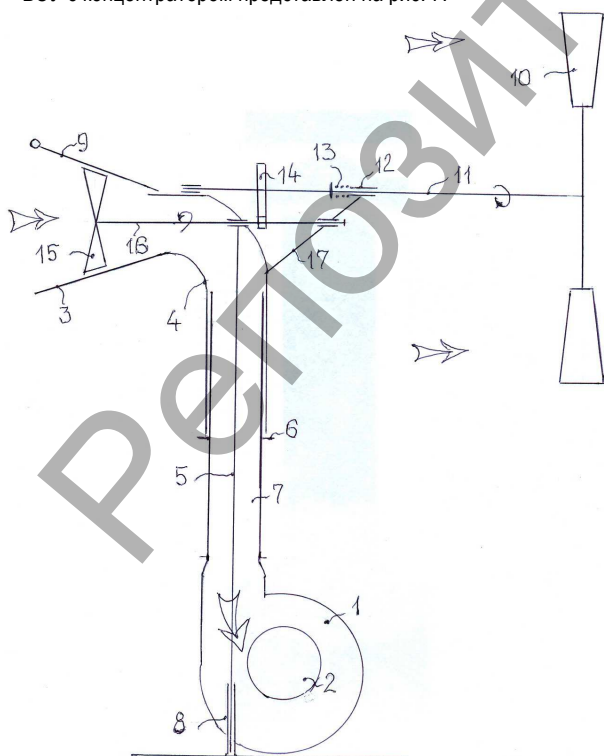


Рис. 7. Ветроэлектрогенератор

Этот ветроэлектрогенератор состоит из обращенного центробежного вентилятора 1 (вращающееся колесо с лопатками в улиточном корпусе) и соосного с ним электрогенератора 2 (асинхронный или коллекторный электродвигатель). Сверху расположен раструб 3 (пирамида или конус), соединенный с воздухопроводом 4 круглого сечения, в котором закреплена ось 5, воздухопровод 4 опирается на упор 6 цилиндра 7 (это – продолжение диффузора вентилятора). В корпусе обращенного центробежного вентилятора 1 имеется стойка 8 (в виде отрезка трубы), в которую вставлена ось 5. Воздуховод 4 способен поворачиваться на цилиндре 7, причем он зафиксирован осью 5 в стойке 8 и упором 6 на цилиндре 7. Раструб 3 имеет верхнюю крышку 9, она может поворачиваться при превышении определенной скорости ветра.

На воздуховоде 4 закреплена ветротурбина 10 – это комплекс лопастей на валу ветротурбины 11, вращающемся в подшипниках 12 и подруженном пружины 13. Вал ветротурбины 11 имеет редуктор 14 в виде двух сопрягающихся колес, меньшее по диаметру колесо редуктора 14 связано с турбонагнетателем 15 (это такой же лопастный механизм, как и ветротурбина). Турбонагнетатель 15 через вал турбонагнетателя 16 связан с редуктором 14, т.е. с ветротурбиной 10. Диаметр ветротурбины 10 существенно больше диаметра турбонагнетателя 15, а редуктор 14 имеет большое передаточное отношение. Вал ветротурбины 10 и вал турбонагнетателя 15 имеют добавочное крепление на подставке 17 с подшипниками 12.

Действует ветроэлектрогенератор следующим образом.

Ветротурбина 10 под действием ветра разворачивает раструб 3 против ветра (т.е. она играет роль руля). Раструб 3 – это первая ступень концентрации воздушного потока. Вторая – это работа турбонагнетателя 15, который вращается с большой скоростью под действием ветротурбины благодаря редуктору 14. Вал ветротурбины 11 и вал турбонагнетателя 16 вращаются в подшипниках 12 в противоположных направлениях. Поток воздуха воздухопроводом 4 направляется на рабочее лопаточное колесо обращенного центробежного вентилятора 1, последний вращает электрогенератор 2 для выработки электроэнергии. Воздух выходит из установки через центральное отверстие вентилятора (в обычном вентиляторе это всасывающее отверстие).

При смене направления ветра ветротурбина 10 через вал ветротурбины 11 и подставку 17, действуя как руль, поворачивает воздухопровод 4 (и раструб 3) по оси 5 в стойке 8 на упоре 6 цилиндра 7.

Защита от излишнего ветра заключается в подъеме крышки 9 и сдвиге вала ветротурбины 11 на пружине 13, при этом колеса редуктора 14 выходят из зацепления, действие раструба 3 и турбонагнетателя 15 ослабевает.

Технико-экономический и социальный эффект заключается в простоте изготовления и обслуживания, что позволяет получить высокие результаты в энергосбережении для мелких и средних автономных потребителей.

Гелиотехника. Известны многочисленные конструкции зеркальных рефлекторных устройств для усиления светового потока, подаваемого на теплоприемник, благодаря сбору лучей в фокусе на теплоприемнике. Можно указать на параболический гелиоконцентратор, который в последнее время начинает использоваться в ряде стран. Он представляет собой зеркальный желоб достаточной длины, в поперечном сечении является параболой, в фокусе которой монтируется теплоприемник в виде трубы различной конструкции. Этот гелиоконцентратор имеет механизм поворота его в вертикальной плоскости для слежения за высотой Солнца, продольная его ось, вдоль которой образуется цилиндрическая поверхность, устанавливается неподвижно в направлении восток-запад.

Задача заключалась в том, чтобы, имея удлиненный трубчатый теплоприемник, разместить наиболее простые плоские зеркальные поверхности так, чтобы сфокусировать широкий световой поток на линии теплоприемника, а при неподвижном фокусе обеспечить поворот (ориентацию) комплекса зеркальных поверхностей.

На рис. 8 изображена схема разработанного линейнополосового гелиоконцентратора: а – общий вид, б – поперечное сечение; обо-

значения: 1 – зеркальная полоса, 2 – нервюра, 3 – колесо, 4 – фокусный теплоприемник, 5 – стойка, 6 – ролик; I – передняя группа зеркальных полос, II – боковая, III – задняя; Ц – центральный солнечный поток, П – передний, Б – боковой; Ф – фокус, α – угол наклона зеркальной полосы;

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{R}{L + \sqrt{R^2 + L^2}},$$

R – удаление полосы от направления фокус-Солнце, L – фокусное расстояние.

Широкие стрелки – направление солнечных лучей, простые – их отражение, круговые – повороты.

В каждой группе расстояние между зеркальными полосами устанавливается таким, чтобы 1) габарит группы по оси гелиоконцентратора был минимальным и 2) соседние полосы не перекрывали падающий и отраженные потоки света. Это условие выполняется тогда, когда отношение расстояния внутреннего края последующей от оси полосы к фокусному расстоянию было равно отношению расстояния внутреннего края ее к среднему расстоянию данной полосы до оси.

Весь агрегат устанавливается на земле или крыше по направлению восток-запад своей главной линейной осью. Поворотом вокруг этой оси зеркальные полосы 1, объединенные нервюрами 2, ориентируются под углом α к Солнцу, обусловленным расстоянием каждой зеркальной полосы до оси гелиоконцентратора R и до фокуса F (заданных при геометрическом проектировании). В этом случае передняя группа зеркальных полос I фокусирует передний солнечный поток «П» на фокусном теплоприемнике 4, боковая II на нем же – боковые потоки «Б», задняя III на нем же – центральный «Ц».

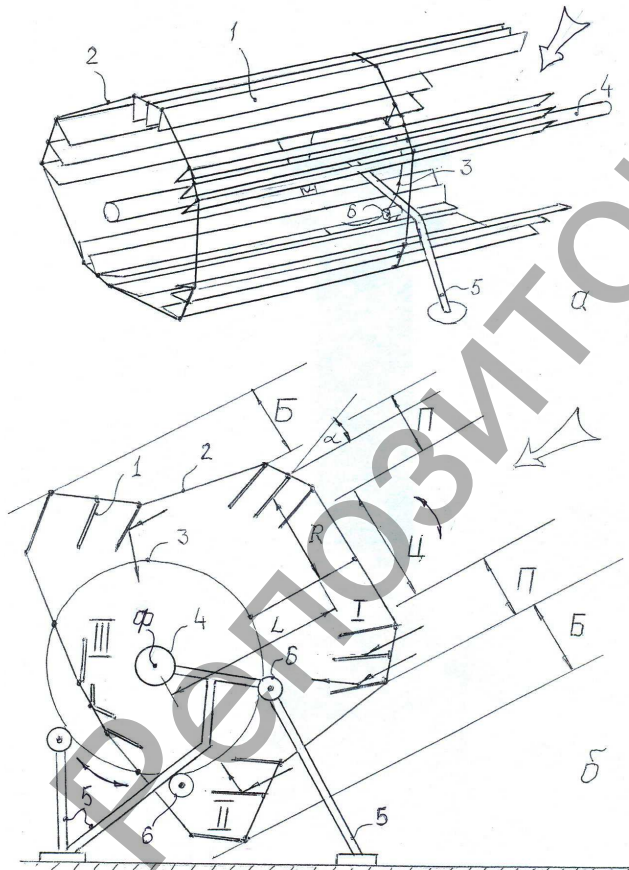


Рис. 8. Линейнополосовой гелиоконцентратор Северянина

При изменении положения Солнца по вертикали гелиоконцентратор поворачивается вверх-вниз при помощи роликов 6 и колеса 3. Это движение реализуется благодаря свободному пространству между группами I, II, III, позволяющему выводить наружу стойки 5. При этом фокусный теплоприемник 4 неподвижен, а комплекс зер-

кальных полос 1 поворачивается вокруг него. Включение, скорость, угол поворота задается автоматикой, не описываемой здесь.

В данной и аналогичных конструкциях гелиоконцентраторов фокус будет не точечным, а линейным и размытым, что зависит от ширины плоской полосы и угла α . В расчетах фокус определяется по углу, падающему и отраженному от середины полосы.

Перемещение Солнца по горизонтали автоматически оставляет фокусировку на фокусном теплоприемнике, как и в обычном параболическом гелиоконцентраторе. Благодаря этому требуется только вертикальная ориентация оптической системы. Линейнополосовой гелиоконцентратор предназначен для работы в комплексе энергетической гелиоустановки, в которой подвод тепловой энергии осуществляется в фокусном теплоприемнике через соответствующий теплоноситель, который можно вводить и выводить в любом месте по длине установки.

Технико-экономический эффект состоит в увеличении тепловой мощности благодаря большому удлинению, в упрощении конструкции с простыми плоскими зеркалами, в удобстве эксплуатации и монтаже, в строительстве, ремонте, очистке зеркал, а также в уменьшении парусности.

Коммунальные теплогенераторы. Ветрогенератор относится к промышленной и коммунальной теплотехнике и может быть использован в системах горячего водоснабжения и отопления различных объектов (сельские дома, коттеджи, производственные помещения и т.п.), см. рис. 9.

Ветрогенератор состоит из вертикальной колонны 1 (это может быть существующий столб, вышка, труба) и ступицы 2, способной вращаться на подшипниках под платформе на колонне 1. Ступица может быть разборной (для возможности установки на любую вертикаль). На стержнях 3 (их количество обусловлено конструкцией всего ветроколеса) шарнирно закреплены лопасти 4. Снизу стержней 3 имеется кольцо 5, его ось совмещена с осью колонны 1. Изнутри кольцо 5 соприкасается с муфтой 6 вала 7, который введен в корпус 8 цилиндрической формы. В корпусе 8 закреплены диафрагмы 9 в виде плоских колец-шайб. На валу 7 установлены диски 10, они расположены между диафрагмами 9. Один из дисков 10 (в данном случае крайний) на периферии имеет расположенные радиально лопасти 11, как в обычных центробежных насосах. Корпус 8 покрыт слоем теплоизоляции 12.

Вал 7 зафиксирован узлом крепления 13, который может перемещать муфту 6 в случае отключения. Вал 7, кроме подшипников, может быть составным при помощи карданного соединения. Узел крепления 13 имеет дистанционно включаемый электромагнит.

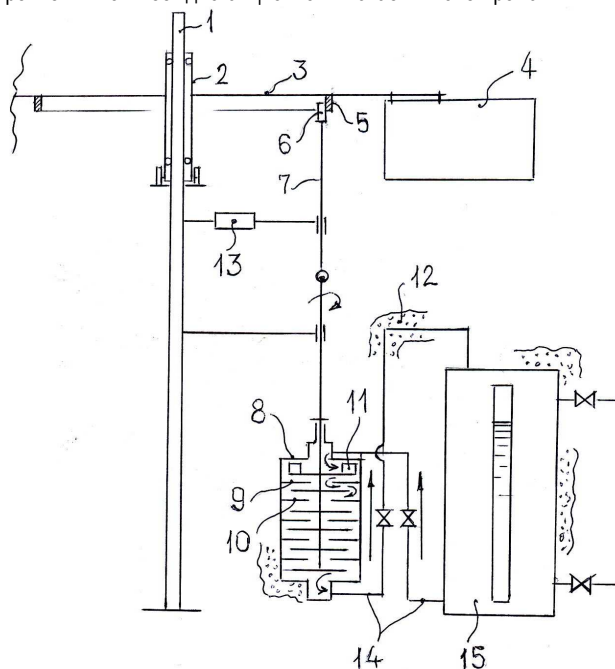


Рис. 9. Ветрогенератор

Трубчатые магистрали 14 связывают корпус 8 с баком-аккумулятором 15.

Действует ветротеплогенератор следующим образом. Под действием ветра колонны 1 вращается все ветроколесо – ступица 2, стержни 3, лопасти 4 (против часовой стрелки в данном случае, если смотреть сверху, а ветер – от зрителя; лопасти слева повернуты по ветру).

Кольцо 5 передает вращение муфте 6, скорость вращения последней больше скорости вращения кольца 5 пропорционально отношению диаметров кольца 5 и муфты 6, поэтому вал 7 с большой скоростью вращения способен эффективно передать энергию теплоносителю.

Вода, находящаяся между диафрагмами 9 и дисками 10, интенсивно нагревается за счет трения между водой и ними, а лопатки 11 создают центробежное ускорение потоку воды, чем создаются условия для преодоления гидравлического сопротивления в каналах между диафрагмами 9, валом 7 и дисками 10 на входе в корпус 8 и на выходе из него, т.е. облегчает движение воды по контуру: корпус 8 – магистрали 14 – бак-аккумулятор 15. Из последнего питается горячей водой потребитель, в него – идет подпитка.

Для уменьшения потерь теплоты служит теплоизоляция 12. Холодная вода в корпус 8 подается со сторон диска с лопатками, т.е. в район разрежения, туда, где давление понижено, как обычно на входе насосов. Этим облегчается работа сальникового уплотнения вала 7 в месте ввода его в корпус 8: уменьшается сопротивление вращению, предотвращается протечка воды.

Степень нагрева воды при данном ветре можно регулировать циркулирующей воды вентилями на магистралях 14, т.е. изменять отбор потребителем и подачей на теплогенератор.

Технико-экономический эффект заключается в создании теплогенерирующей установки прямого действия упрощенной конструкции, удобной в эксплуатации.

Пропарочное устройство, изображенное на рис. 10, относится к строительной технологии и коммунальной теплотехнике и предназначено для тепловлажной высокотемпературной обработки материалов и изделий и может быть использовано при производстве строительных материалов, подготовке сельскохозяйственной продукции, дезинфекции различных отходов, плавлении куч собранного снега без вывоза его за пределы города.

Цель настоящей разработки – подвод самого устройства к объекту воздействия для уменьшения затрат топлива при обслуживании многочисленных объектов.

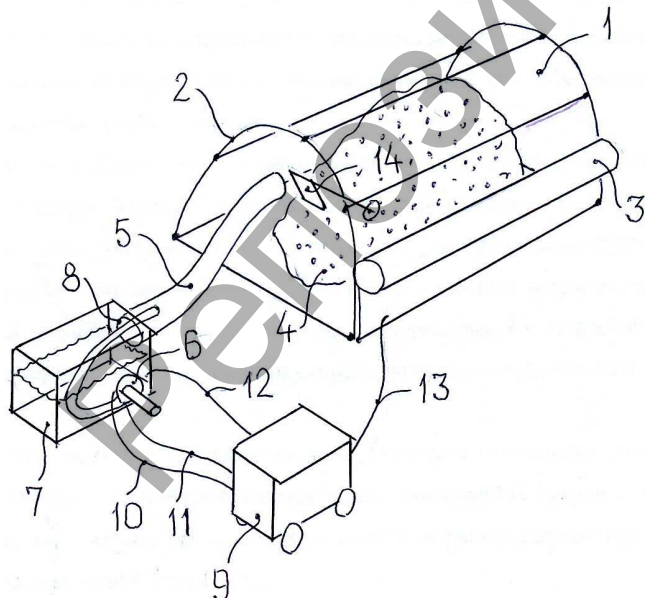


Рис. 10. Пропарное устройство

Пропарочное устройство состоит из камеры тепловлажной обработки 1, представляющей собой конструкцию из разборного

каркаса 2 (комплект труб или уголков, соединяемых между собой винтовыми соединениями) и съемного покрытия 3, здесь – брезентовая ткань с теплоизоляционным слоем, свернутая в виде рулона. Размер в плане камеры тепловлажной обработки зависит от габаритов обрабатываемого материала 4 (порядка 3×7 м). К одной из торцевых стенок, так же покрытых съемным покрытием, примыкает туннель 5, это гибкий теплоизолированный газоход диаметром 200...30 мм.

Напротив него установлен выхлопной конец горелки 6, которая является камерой пульсирующего горения. Горелка 6 расположена в водяной ванне 7, соединенной с туннелем 5 отверстием 8, в которое входит также конец горелки 6. Комплекс 6-7 представляет собой парогазогенератор в виде транспортабельного источника теплоты.

Парогазогенератор связан с энергоблоком 9 (отдельная или вместе с ним конструкция) топливопроводом 10, электропроводом 11, подающим водопроводом 12, всасывающим водопроводом 13. В энергоблоке 9 расположены топливные и водяные насосы, аккумуляторы, топливный бак. На случай автономной работы имеется баллон со сжатым воздухом. Внутри камеры тепловлажной обработки 1, напротив ввода туннеля 5, смонтирован шибер 14 с выведенной наружу ручкой. Водопроводы 12 и 13 могут переключаться кранами или монтируется отдельный параллельный водопровод для периодической или постоянной подачи горячей воды из водяной ванны 7 в камеру тепловлажной обработки 1.

Общий порядок применения настоящей разработки следующий.

1. Малыми бульдозерами собирается снег в отдельные кучи или валы.
2. На прицепе подвозится парогазогенератор с энергоблоком, в разобранном виде камера тепловлажной обработки (разборный каркас, свернутое покрытие).
3. Над кучей снега монтируется каркас, закрывается покрытием.
4. Включается парогазогенератор. Расплаив стекает в канализацию.
5. После удаления кучи снега пропарочное устройство передвигается (разбирается, перевозится, собирается) на другой объект.

Оценить расход топлива (соляр, печное, газ) можно следующими исходными данными: теплота сгорания топлива 10000 ккал/кг, теплота плавления льда, снега 80 ккал/кг, поэтому при полной утилизации теплоты получаем 10000/80≈125 кг воды на 1 кг топлива. КПД устройства можно принять 70–80%. Поэтому на плавление кучи снега массой 5 т нужно израсходовать примерно: 5000 кг снега/(125 кг снега/кг топлива 0,8) ≈ 50 кг топлива. Это существенно меньше, чем при вывозе снега за город автотранспортом.

Заключение. Цель настоящей публикации – ознакомить не только специалистов-энергетиков с новыми предложениями и разработками в БрГТУ по нетрадиционной энергетике, но и обратить внимание руководящих органов республики и области на научно-технический интеллектуальный потенциал, имеющийся на местах, с тем, чтобы привлечь его к решению насущных энергетических проблем и, главное, оказать помощь в широком информировании, организации использования полученных результатов.

Постоянные ссылки на нехватку финансовых и других ресурсов считаю не совсем обоснованными, т.к. мы вовсе не бедны (реализуется много дорогостоящих проектов), а при конкретном внедрении новшества всегда можно прийти к компромиссу по затратам.

Невостребованность отечественных разработок ограничивает импортозамещение и не способствует возможному экспорту наших инноваций международного уровня, подтвержденному патентной новизной и полезностью, высокой оценкой иностранными специалистами.

Предложенные выше и многие другие новшества, полученные в лаборатории ПУЛЬСАР, не требуют больших материальных, финансовых, организационных затрат. Естественно, как и в любом венчурном проекте, имеется риск неполучения желаемого результата, однако этот риск вполне оправдан достоверностью базовых физических явлений, опробованием в малом лабораторном масштабе, правильным направлением научно-технических задач.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Северянин, В.С. Возможности использования солнечной энергии в Республике Беларусь / В.С. Северянин, А.Л. Тимошук // Вестник БрГТУ – 2007. – № 2.
2. Северянин, В.С. Предложения лаборатории ПУЛЬСАР в области солнечной и ветровой энергетики // Вестник БрГТУ. – 2008. – № 2.
3. Северянин, В.С. Об использовании солнечных энергоисточников // Вестник БрГТУ. – 2009. – № 2.
4. Северянин, В.С. Особенности расчета оптической системы гелиоустановки ЛУЧ / В.С. Северянин, П.Ф. Янчилин // Вестник БрГТУ – 2010. – № 2.
5. Северянин, В.С. Некоторые пути развития гелиотехники / В.С. Северянин, П.Ф. Янчилин // Вестник БрГТУ. – 2010. – № 2.

Материал поступил в редакцию 21.01.13

SEVERYANIN V.S. Workings of laboratory PULSAR on nontradition energetic

Some new elaborations are proposed for using of solar and wind energy. Peculiarities of those installations are described in order to apply in practice. This article continues the previons information about laboratory PULSAR.