

7 Применение микромодульных ветродвигателей

7.1 Теплообеспечение отдельного здания

Применение существующих методов теплофикации в проекте здания, расположенного в отдаленных от энергоснабжения объектах, где требуется поддержание различных температур экономически не оправдано, поскольку полученное от сжигания минерального топлива высокопотенциальное тепло следовало бы направлять в помещения различного назначения. При этом не будет обеспечиваться стабильность необходимой температуры, поток тепла будет неадекватен колебаниям наружной температуры воздуха.

К проблеме обеспечения жилых и производственных помещений теплом за счет энергии возобновляемых источников проявляется интерес во всем мире. Однако, опубликованные в литературе проекты отличаются сложностью и неэкономичны [15]-[25].

Предлагаемый проект строительства зданий в отдаленных от энергообеспечения объектах целесообразно осуществить прежде всего в районах с холодным климатом. Вблизи здания сооружается скважина из которой предполагается поднимать воду. Источником механической работы будет парк микроветро двигателей, расположенный вблизи здания. Низкая стоимость создания микроветро двигателей, его монтажа и эксплуатации объясняется конструктивными особенностями, существенно уменьшающими материалоемкость, отнесенную к единице площади ветротурбины. Небольшие размеры позволяют сократить время и средства на экспериментальную отработку и корректировку конструкции.

Ветропарк состоит из нескольких тетраэдральных микроветро модулей. Съём и суммирование мощности микроветро модулей осуществляется пневматически с малой степенью сжатия воздуха, нагнетаемого в общую магистраль.

Накопитель энергии в виде трубчатого ресивера в отсутствие ветра обеспечит энергией жилые и производственные помещения: освещение, питание радиоаппаратуры и др., улучшая экологические и комфортные условия жизни на изолированных от энергоснабжения объектах. Механической энергией, снимаемой с вала ветротурбины, будут приводиться в действие насосы, компрессоры и пневмодвигатели. При длительном отсутствии ветра компрессоры работают, используя резервную дизельную установку, и закачивают сжатый воздух в ресиверы (рис. 7).

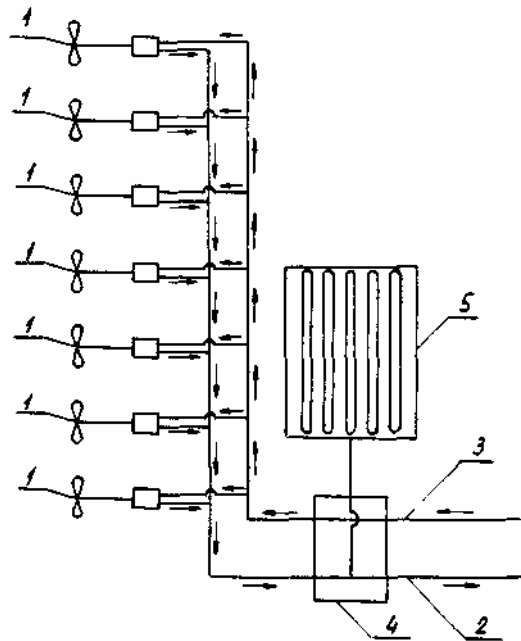


Рис. 7. Схема использования энергии ветра.

- 1 - парк микроветро двигателей с компрессорами;
- 2 - напорная магистраль (сжатый воздух);
- 3 - обратная магистраль;
- 4 - узел автоматики и всего ветропарка;
- 5 - ресивер — накопитель энергии.

Весь парк микроветро модулей управляется одним узлом автоматики. Энергией, снимаемой с парка ветродвигателей, можно выполнять различные работы, расходуя при этом, к примеру, следующие мощности:

- перекачивать воду из скважины — 100 Вт;
- приводить в действие тепловые насосы — 200 Вт;
- обеспечивать освещение и слаботочные приборы — 200 Вт;
- приводить в действие плиту на ТВЭЛе для приготовления пищи — 1 кВт;
- вращать станки мастерских — 500 Вт;

Тепловая мощность грунтовой воды в 100-200 раз превышает механическую мощность, необходимую для ее перекачки из скважины, что делает экономически оправданным использование тепла грунтовых вод для стабилизации температуры в здании с жилыми и производственными помещениями. Их обогрев осуществляется тепловыми насосами, которые приводятся в действие ветропарком и работают в благоприятных условиях малого перепада температуры.

В проекте, обеспечивающем экологически чистую систему теплообеспечения, стены I здания ограждают его от наружного воздуха и выполняют функции теплоизолятора зоны I (рис. 8).

На внутренней поверхности стен закреплены трубы диаметром ~ 4 мм (рис. 8, поз.2). Зимой радиаторы нагревают помещение зоны I, а потом ее охлаждают. Зона I может быть использована как обширный холодильник, овощехранилище и для содержания сельскохозяйственных животных. При хранении овощей в зоне I температуру следует поддерживать вблизи 0°C. Экспериментально нами проверено, что выполнение этого условия, с учетом конвекционного переноса влаги, гарантирует сохранность картофеля до следующего урожая. При сильных морозах температура в зоне I за счет тепла грунтовых вод стабилизируется вблизи 0°C.

Если за время прохождения воды из скважины через радиатор 2 ее температура понизится на 5° С, то при поступлении воды с расходом 1 л/с выделится тепловая мощность 20 кВт. При этом для подъема воды из скважины необходимо затратить менее 0,2 кВт механической мощности.

Вода из скважины при температуре $t = 8-10^{\circ} \text{C}$ заполняет радиаторы отопления зоны I (рис. 8, поз.2) и мощным тепловым потоком $\frac{dq_1}{dt}$ помещение зоны I нагревается от температуры наружного воздуха, колеблющейся в пределах -50°C до 0°C , до температуры $1-2^{\circ}\text{C}$.

В радиаторах 2 зоны I температура воды не должна опускаться ниже $0-1^{\circ}\text{C}$. Если из скважины вода в зону I поступает при $t = +10^{\circ}\text{C}$, то, при перепаде температур $\Delta t = 9^{\circ}\text{C}$, для передачи радиаторам зоны

I мощности $N = 10 \text{ кВт}$ необходимый расход воды $\frac{dm}{dt}$ определится

условиями $N = \frac{dm}{dt} c \Delta t$, где c - удельная теплоемкость воды,

откуда $\frac{dm}{dt} = 0,2 \text{ л/с}$.

При расходе воды 1 л/с, затратах на ее подъем из скважины мощности 200 Вт и перепаде температуры на входе и выходе из радиатора

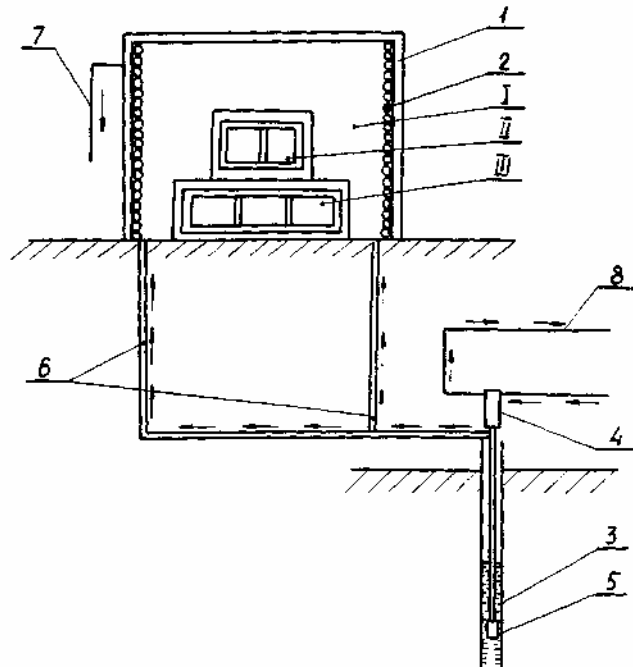


Рис. 8. Схема теплохолодообеспечения отдельного здания,
 1 - стены здания;
 2 - водяной радиатор;
 3 - водяная скважина для отбора тепла грунта;
 4 - пневмопривод гидронасоса;
 5 - гидронасос;
 6 - водяная магистраль (температура воды 8-10°C);
 7 - сбросовая магистраль охлажденной воды;
 8 - напорная пневмомагистраль от ветропарка.

зоны I $\Delta t = +5^{\circ}C$, радиаторами в зону I выделяется мощность 20 кВт. Этого вполне достаточно для поддержания в зоне I стабильной температуры при любой минусовой температуре наружного воздуха.

Жилые и производственные помещения расположены в зонах II и III.

Зоны II и III обогреваются за счет тепловых потоков сжатого воздуха

$\frac{dq_2}{dt}$ и $\frac{dq_3}{dt}$, направляемых тепловым насосом. Однако величина

теплого потока $\frac{dq_1}{dt}$ значительно превосходит сумму тепловых

потоков $\frac{dq_2}{dt} + \frac{dq_3}{dt}$.

Нагрев зоны II и зоны III осуществляется по следующей схеме (рис. 9). От компрессоров, агрегатированных с микроветродвигателями, по магистрали 2 (рис.9) сжатый воздух поступает к поршневому детандеру 1, установленному вне здания, с выходом вала детандера через стену 4 в зону III. Детандер приводит в действие детандер-рекуператор 5 и компрессор 6, подающий сжатый воздух при температуре $t = +50^{\circ}C$ в радиатор 7 зоны III. Проходя через радиатор 7, воздух охлаждается до температуры $25^{\circ}C$, что приводит к установлению в зоне III температуры $25^{\circ}C$. При температуре $25^{\circ}C$ воздух направляется в радиатор 8 зоны II, где охлаждается до температуры $+15^{\circ}C$, и в зоне II устанавливается температура $15^{\circ}C$.

Сжатый воздух, охладившись до температуры $+15^{\circ}C$, из радиатора 8 поступает в детандер-рекуператор 5. После адиабатического расширения и охлаждения в детандере-рекуператоре 5 воздух при температуре $-30^{\circ}C$ направляется в теплообменник 9, где за счет тепла грунтовой воды нагревается, и далее поступает в компрессор 6. Существенно, что при выполнении функций теплового насоса поршневые детандеры 1 и 5 в качестве теплоносителя используют только воздух, исключая потребление фреона, аммиака и других экологически вредных теплоносителей.

Для охлаждения помещений в зону I, при ее использовании в качестве холодильника или стоянки сельскохозяйственных животных, может направляться воздух, охлажденный в турбодетандере 5.

Нагрев помещений в зонах II и III тепловым насосом рационален только в тех случаях, когда здание строится на территории, где скорость ветра не превышает 2-4 м/с. Для теплового насоса верхний уровень температуры $+200-300^{\circ}C$ трудно достигим. При этом коэффициент преобразования КОП опустится до величины менее единицы, что абсолютно нерационально.

В ветреных районах применение теплового насоса для хозяйственных целей неоправдано. В таких условиях проще и дешевле всю работу

от поршневого детандера направлять для прямого нагрева тепловыделяющего элемента (ТВЭЛа), превращать эту работу в тепло (нагревать ТВЭЛ до температуры +200-300°C) и использовать в быту, например, для приготовления пищи.

В таблице 6 приводятся экспериментальные данные, полученные при применении поршневого ТВЭЛа (рис. 10), нагревающего воду в лабораторных условиях с использованием токарного станка, имитирующего вращение вала ветродвигателя.

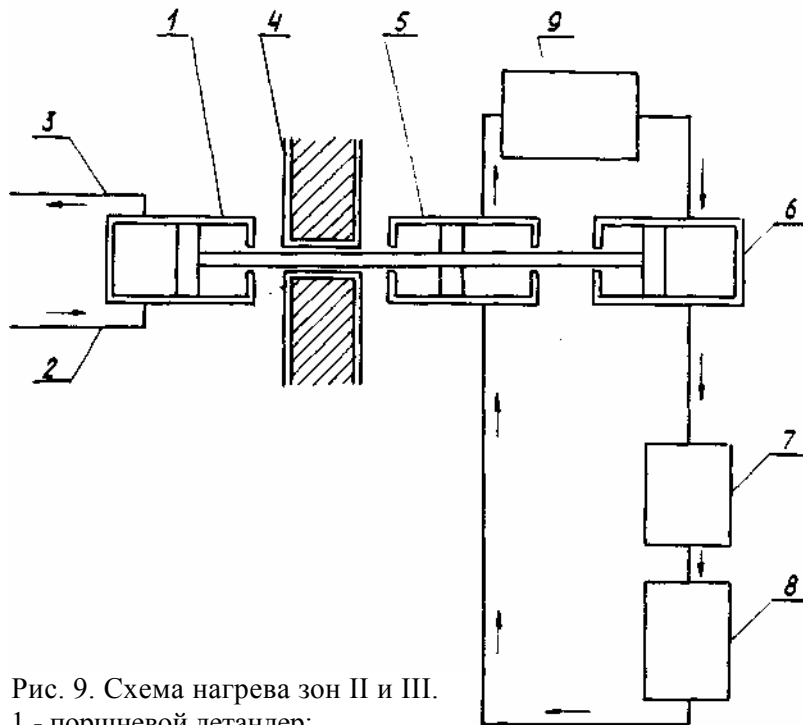


Рис. 9. Схема нагрева зон II и III.

- 1 - поршневой детандер;
- 2 - напорная магистраль;
- 3 - обратная магистраль;
- 4 - стена зоны III;
- 5 - поршневой детандер-рекуператор;
- 6 - компрессор теплового насоса;
- 7 - радиатор;
- 8 - радиатор;
- 9 - теплообменник.

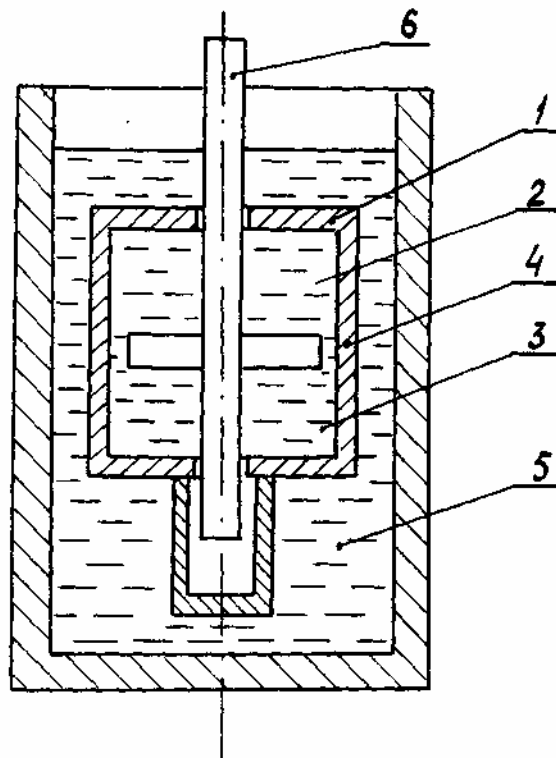


Рис. 10. Схема поршневого ТВЭЛа с приводом от токарного станка.

- 1 - цилиндр;
- 2 - верхняя полость цилиндра;
- 3 - нижняя полость цилиндра;
- 4 - зазор для превращения работы в тепло;
- 5 - термос с нагреваемой водой;
- 6 - шток, присоединенный через крайцкопф к кривошипному механизму с приводом от токарного станка, у которого крутящий момент и угловая скорость вращения вала такие же, как и у ветродвигателя.

Таблица 6. Экспериментальные данные, полученные при применении поршневого ТВЭЛа.

№ Эксперимента	Начальная температура, °С	Давление в верхней полости цилиндра, атм	Давление в нижней полости цилиндра, атм	Время работы, мин	Температура ползуна, °С	Температура воды, °С
1	20	2,2	8	15	50	38
2	38	2,2	8	15	50	52
3	52	2,2	8	15	60	68
4	68	1,5	8	15	70	82

7.2 Гидравлическое аккумулирование энергии ветра. Микроветрогидростанции (микроветроГЭС)

Широкое использование энергии ветра затруднено необходимостью согласования ее переменной мощности с потребителем. Однако, если ветроустановка соединена с аккумулирующим устройством, то проблема может быть решена.

Различные виды аккумулирования только еще предлагаются, в то время как гидроаккумулирование применяется уже достаточно широко. Изменение мощности гидроэлектростанции (ГЭС) может быть компенсировано путем подъема насосами воды в аккумулирующий резервуар, расположенный выше гидроэлектростанции, с последующим использованием потенциальной энергии поднятой воды для получения дополнительной энергии ГЭС в период ее дефицита.

Академик А.В.Винтер считал, что сочетание ветровой и гидравлической станций может увеличить выработку энергии гидростанциями в 3-4 раза. А.В.Винтер этот эффект относил к малым гидростанциям, но он еще в большей степени вырастает на сезонных водохранилищах, где зимой запасы воды резко уменьшаются, а ветер усиливается. При этом поднятие уровня водохранилища над ГЭС существенно повысит выработку электроэнергии.

Микроветрогидростанции — экологически чистые источники энергии — имеют очевидное преимущество перед тепловыми или атомными электростанциями. Учитывая капитальные затраты и продолжительность реализации аккумулированной энергии ветра, может быть целесообразным использование емкости отработанных скважин природного газа и других полых образований, заполняя их сжатым газом.

Таблица 7. Технические данные микроветроГЭС.

1. Расчетная скорость ветра, м/с	6
2. Высота подъема воды, м	200
3. Электроэнергия, вырабатываемая в сутки, кВт-ч	80
4. Установленная мощность электрогенератора, кВт	10
5. Распределение суточного потребления мощности:	
	20 ч - по 2 кВт
	4ч по 10 кВт
6. Средняя суточная потребляемая мощность, кВт	3,5

Гидравлическое аккумулирование энергии ветра экономически оправдано при использовании агрегатированных с ветродвигателем поршневых насосов, подающих воду в магистраль, соединяющую водяные емкости, расположенные выше и ниже микроветродвигателей (рис.11,12). Благодаря постоянной разнице высот размещения водяных емкостей микроветроГЭС легко подстраивается к нагрузке.

На рис.12 показана схема микроветроГЭС. Верхняя и нижняя водяные емкости соединены между собой трубопроводом 6. Верхний конец трубопровода вводится непосредственно в нижнюю точку водяной емкости 7, а нижний конец трубопровода присоединяется к гидротурбине 8, размещенной на одной оси с электрогенератором 9. Силовая жидкость под напором, определяемым расстоянием h от верхней водяной емкости 7 до гидротурбины 8, со скоростью $v = \sqrt{2gh}$ попадает на лопатки гидротурбины, приводит ее во вращение, а затем сливается в нижнюю водяную емкость 1 и под атмосферным давлением самотеком поступает в насосы 2, соединенные с ветродвигателями

Вода содержит антикоррозионные добавки и циркулирует по замкнутому контуру. Пенообразование у лопастей гидротурбины 8 можно сократить, исключая в воде мыльные компоненты. Расположенная выше микроветродвигателей водяная емкость 1 выполняет также функции отстойника от пены, попадающей в гидротурбину 8 вместе с вращающимся потоком воды.

Предлагаемая схема (рис.11, 12) использования ветровой энергии экономична и доступна для широкого использования. По мере развертывания строительства микроветроГЭС открывается перспектива неограниченного тиражирования отдельных микроветро модулей и суммирования их мощности.

В зависимости от необходимой скорости ветра и потребляемой мощ

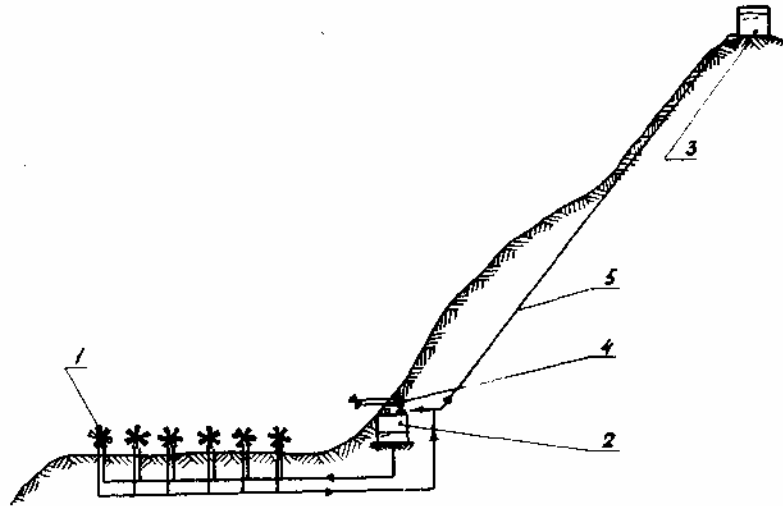


Рис. 11. Схема микроветроГЭС,
 1 - ветродвигатели
 2 - водяная емкость
 3 - водяная емкость
 4 - гидротурбина и электрогенератор
 5 - гидромагистраль

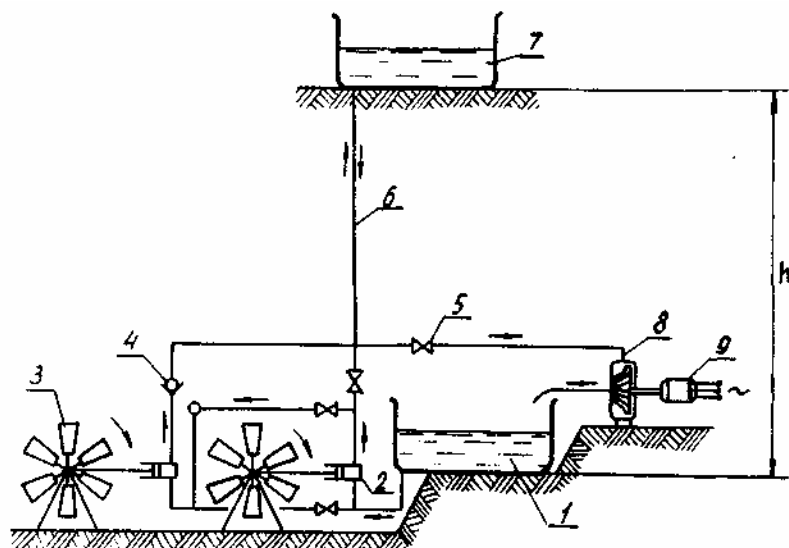


Рис. 12. Схема реализации и аккумуляции энергии ветра,

- 1 водная емкость;
- 2 гидронасос;
- 3 ветротурбина;
- 4 клапан;
- 5 клапан;
- 6 трубопровод;
- 7 водная емкость;
- 8 гидротурбина;
- 9 электрогенератор.

ности могут использоваться одиночные микромодульные ветродвигатели или их группы. При этом, в отличие от одиночных ветродвигателей большой мощности, уменьшаются затраты средств на экспериментальную доводку конструкции.

Энергия ветра реализуется шестилопастной ветротурбиной диаметром 5 м, состоящей из тетраэдрических ферм опоры и каркаса ветротурбины с легкими лопастями-парусами. При этом вал ветротурбины является одним из ребер тетраэдрической опоры ветродвигателя высотой 3 м.

К скалистому грунту крепление опоры микромодульного ветродвигателя осуществляется тремя анкерными болтами. Монтаж производится без использования самоходной грузоподъемной техники.

Суммарная масса микромодульного ветродвигателя и насоса не более 100 кг. Для подъема воды с нижней водяной емкости в верхнюю применяются созданные в ИГиЛ насосы поршневого типа (рис. 12, поз.2) с энергетическим к.п.д. $\sim 85\%$.

При скорости ветра 6 м/с один микроветродвигатель диаметром 5 м и мощностью $N = 0,7$ кВт, агрегатированный с насосом, обеспечивает подачу воды на высоту 200 м под давлением в 20 атм при расходе 0,5 л/с.

Предварительно оцененная стоимость 1 кВт мощности микроветроГЭС при скорости ветра 6 м/с в серийном производстве не превысит 150 руб/кВт (в ценах 1985г).

7.3 Ветроэнергия в нефтяной промышленности

В настоящее время все актуальней становится необходимость повышения отбора нефти из пластов, содержащих вязкую, битумную нефть. Если учесть, что в дальнейшем в разработку будут вводиться месторождения со сложными горно-геологическими условиями, то достичь успеха можно будет только за счет применения новых прогрессивных методов отбора нефти, учитывающих свойства коллектора и нефти [26]-[28].

Широко распространенная разработка нефтяных месторождений с применением методов заводнения увеличивает нефтеотдачу на 10-15%. При этом в недрах земли еще остается около 50% геологических запасов нефти. Для вязких нефтей закачка холодной воды в пласт еще менее эффективна.

38° 93° 20000 ¹ / ³ 500
 [26, 27].

) ([29].

[30].

15-20%.

$$\eta = \frac{Q_n}{Q_0} \cdot \text{He}$$

$$Q_0 = V \cdot C \quad T_0 = 0; \quad (7.1)$$

$$Q_0 = V \cdot C \cdot (T - T_0) \quad T_0 \neq 0. \quad (7.2)$$