

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАНА**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени АБУ РАЙХАНА БЕРУНИ**

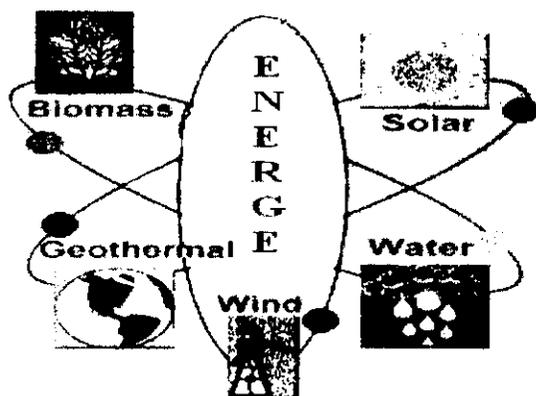
---

---

**М.М.Мухаммадиев  
К.Д.Погаенко**

**ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ  
ЭНЕРГИИ**

**Учебное пособие**



**Ташкент 2005**

**УДК 621.311.26**

**Мухаммадиев М., Ётоаснко К.Д. Возобновляемые источники энергии: Учебное пособие – Ташкент, ТашГТУ, 2005. – 213 с.**

Пособие соответствует государственному образовательному стандарту дисциплин «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии», направление - «Гидроэнергетика».

Рассматриваются потенциальные возможности нетрадиционных возобновляемых источников энергии, их достоинство и недостатки, особенности практического применения. Оценивается потенциал таких возобновляемых источников энергии, как солнечная, ветровая, гидравлическая, геотермальная, энергия биомассы. Измерение ведется в аспекте возможности использования новых источников энергии в Узбекистане, исходя из особенностей его природно-климатических условий.

Учебное пособие предназначено для студентов направления «Гидроэнергетика», «Электроэнергетика» и других направлений энергетического профиля, а также в учебно-исследовательских и научно-исследовательских работах студентов, магистров и аспирантов.

Кафедра «Гидроэнергетика и возобновляемые источники энергии».  
Табл. 26. Ил. 61. Библиогр.: 40 назв.

Рецензенты: зав.лаб. ФТИ АН РУз проф. д.т.н. Авезов Р.Р.,  
зав.каф. «Электростанции» доц. Сиддиков И.Х.

©Ташкентский государственный  
технический университет, 2005

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время существует пять основных источников энергии, которые могут использоваться человеком для удовлетворения своих нужд:

- 1) химические реакции органических веществ;
- 2) ядерные реакции;
- 3) солнечное излучение;
- 4) гравитационное взаимодействие Солнца, Земли и Луны;
- 5) тепловая энергия ядра Земли.

Эти источники энергии можно разделить на два класса.

Невозобновляемые источники энергии — это природные запасы веществ и материалов, которые используются для производства энергии и постепенно истощаются по мере потребления (ядерное топливо, каменный и бурый уголь, нефть, газ, сланцы, торф).

Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) — это постоянно существующие или периодически возникающие в окружающей среде потоки энергии, часть которых может быть преобразована в полезный для человека вид (солнечная энергия, приливная энергия и геотермальная энергия). ВИЭ в конечном счете также исчерпаемые, но их срок действия значителен для жизни человеческой цивилизации. Например, солнечное излучение будет поступать на Землю в ближайшие 10 млрд. лет. Поэтому эти энергетические источники с полным правом можно называть возобновляемыми.

Солнечная энергия, как самый мощный источник энергии на Земле, влияет практически на все природные процессы и обеспечивает круговорот веществ и воды в природе. Вторичным проявлением солнечной энергии на земле является гидроэнергия, ветровая энергия, энергия океана, биомассы и др.

Следует отметить, что потенциальные запасы возобновляемых источников энергии намного превышают потенциал невозобновляемых источников. Так, если все запасы горючих ископаемых и ядерного топлива планеты «сжечь», то получим энергию, которая почти в 2 раза меньше той, которую могут дать ежегодно (и в течение каждого из 10 млрд. лет) возобновляемые источники энергии.

Возобновляемые источники энергии многократно превышают все перспективные потребности человечества и теоретически способны удовлетворять требованиям, предъявляемым к энергетике будущего.

Использование традиционных невозобновляемых источников энергии (тепловая и атомная энергетика) сопровождается значительными экологическими ущербами - тепловым, химическим и радиоактивным загрязнением окружающей среды. Тепловое загрязнение добавляется к поступающей на Землю солнечной энергии, что может привести к глобальному непредсказуемому изменению климата на Земле с негативными последствиями для всего человечества.

Энергия, получаемая от ВИЭ, дополнительно не нагревает атмосферу планеты. Происходит лишь некоторое перераспределение энергии в среде обитания.

Возобновляемые источники энергии привлекают своей относительной экологической чистотой. При их использовании отсутствуют какие-либо вредные (химические или радиоактивные) выбросы в окружающую природную среду, хотя и отмечаются другие виды воздействия, на преодоление которых должны быть направлены усилия ученых и инженеров.

В связи с быстрым исчерпанием легкодоступных и дешевых запасов топлива и возрастанием экологических проблем тепловой и атомной энергетике в мире возрос интерес к широкому использованию нетрадиционных ВИЭ. Однако они обладают низкой концентрацией энергии на единицу поверхности (или объема) энергоносителя, что затрудняет их использование в большой энергетике. Энергетическая отдача ВИЭ непостоянна во времени и является функцией ряда закономерных и случайных факторов, например, климатических.

Это следует учитывать при расчетах режимов работы электростанций, использующих ВИЭ в энергосистеме. При работе энергоустановки, использующей ВИЭ, на отдельного автономного потребителя необходимо резервирование вырабатываемой энергии другими источниками либо режим потребителя должен совпадать с режимом генерирования энергоустановки.

В настоящее время в мире большое внимание уделяется разработке и созданию экономичных солнечных и ветровых электростанций на основе последних достижений науки и техники.

Следует подчеркнуть, что эффективность использования этих нетрадиционных энергетических установок может возрастать при их совместной работе с ГЭС.

# ГЛАВА 1. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НВИЭ

## 1.1 Энергопотребление и запасы углеводородного сырья в Узбекистане

До последнего времени электроэнергетическая система Узбекистана была полностью интегрирована в единую электроэнергетическую систему бывшего Союза, которая рассматривалась как одна из её составляющих. Любые решения, связанные с развитием энергетических мощностей республики в целом или отдельных районов, принимались лишь при условии оптимального развития Единой электроэнергетической системы и, в основном, в интересах доминирующего хлопкопроизводящего комплекса и крупнотоварных производителей. Как самостоятельная функционирующая система электроэнергетика Узбекистана, а в особенности сельская, вообще не рассматривалась.

За эти годы в Узбекистане созданы большие мощности по производству электроэнергии, построена достаточно разветвленная сеть воздушных линий электропередач, составляющая в общей сложности 188 тыс. км. Общая установленная мощность трансформаторных подстанций достигает 17,4 млн. кВт. Электрифицировано большинство кишлаков и сельских населенных пунктов.

С провозглашением в Узбекистане государственной независимости перед электроэнергетикой встали новые задачи – обеспечение энергетической независимости.

В последние годы резко изменилась структура потребления в энергетическом понимании.

В 1994 году на долю промышленности приходилась одна треть общего объема потребляемой в республике энергии, на долю сельского хозяйства – немногим более 11%, коммунально-бытовом секторе и у населения – 42%, на транспорте и в связи – около 15%.

Если ранее основным потребителем энергии была промышленность и её доля в общем энергетическом балансе доходила до 35%, то к настоящему времени основными потребителями стали индивидуальные потребители (бытовой сектор, индивидуальные предприниматели) и сельское хозяйство (рис.1.1). Удовлетворение этих потребностей при традиционном интенсивном развитии связано с увеличением потребления энергоносителей (угля, газа, нефти, электричества), расширением сети газовых и электрокоммуникаций, большими капитальными затратами.

Народное хозяйство республики ежегодно потребляет 45-50 млн. тонн условного топлива (т.у.т.) котельно-печного топлива, 50-55 млрд. кВт.ч электроэнергии, 5,0-5,5 млн. тонн светлых нефтепродуктов. В общем объеме потребления котельно-печного топлива природный газ составляет около 80%, уголь – 12%, мазут – 9,2%. Доля нефтепродуктов в общем энергетическом балансе составляет около 25%.

Следует отметить, что в сельском хозяйстве в общей структуре энергетического баланса наиболее дефицитные виды топлива - нефтепродукты и природный газ - достигают 70% от общего расхода энергоресурсов, а наименее дефицитные местные возобновляемые энергоресурсы (солнце, воды, ветра и биомассы) – около нуля.

Структура потребления электрической энергии в сельском хозяйстве при централизованном электроснабжении представлена следующим образом: электропривод – 51%, тепловые процессы - 29%, освещение, облучение и электротехнологические процессы – 20%. [1.1].

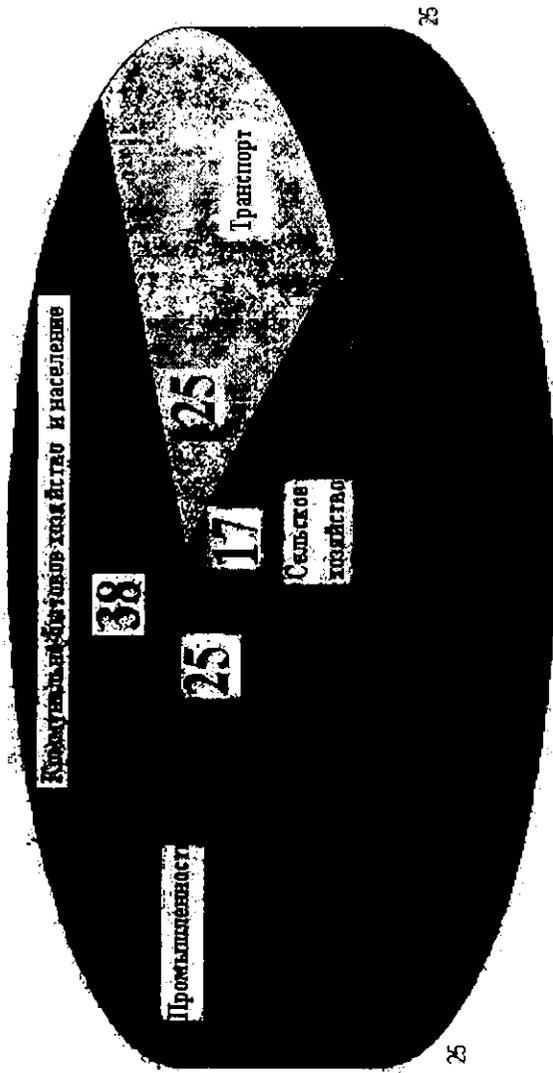


Рис.1. Структура потребления топливно-энергетических ресурсов в Узбекистане.

В настоящее время развитие сельскохозяйственного производства сдерживается недостаточным развитием сельского электро- и теплоснабжения. Так, нынешний уровень энерговооруженности труда в аграрном секторе Узбекистана примерно в 2,0 ... 2,5 ниже, чем в промышленности и в десятки раз ниже, чем в развитых странах мира.

Годовое потребление электрической энергии, приходящейся на одного сельского жителя в Узбекистане, не превышает 500 кВт.ч, в то время как в развитых странах приближается к 3000 кВт. Такое отставание привело к низкому уровню социально-бытовых условий жизни жителей села.

В то же время энергоемкость используемых технологических процессов у нас в 4...5 раз выше, чем в развитых сельскохозяйственных странах. Это приводит к очень высокой себестоимости продукции и снижает ее конкурентоспособность.

В период с 1990-94гг. потребление газа в республике неуклонно возрастало из-за снижения добычи угля в республике и уменьшения ввоза угля и мазута. В указанный период потребление угля упало с 9,2 млн. тонн. До 4,2 млн. тонн. Недостаток угля естественно восполнялся газом.

Известно, что Узбекистан располагает запасами углеводородного сырья: природным газом, нефтью, газоконденсатом, углем, достаточными для удовлетворения потребностей в топливе на определенный период (рис.1.2). В качестве справочных данных приведем значения теплоты сгорания для различных видов топлива (табл.1.1).

Обеспеченность нефтью и соответственно нефтепродуктами на долгосрочную перспективу нельзя считать удовлетворительной. Нефтеместорождения Узбекистана преимущественно сернистые (до 25%), содержат в своем составе в значительном количестве парафин, а также смолы и асфальт. В результате коэффициент извлечения нефти из месторождений составляет всего 0,4.

Вид топлива	Единица	Теплота сгорания			
		ГДж	МВт.ч.	Т.у.т	Т.н.э
Нефтяной эквивалент	т	41,868	11,630	1,42857	1,000
Мазут	т	40,61	11,281	1,38565	9,970
Дизельное топливо	т	42,50	11,806	1,45014	1,0151
Керосин	т	43,12	11,978	1,47129	1,0299
Бензин	т	43,09	11,969	1,47027	1,0292
Сжиженный газ	т	45,61	12,669	1,55625	1,0894
Каменный уголь	т	25,54	7,094	0,87145	0,6100
Кокс	т	28,05	7,792	0,95709	0,6700
Условное топливо	т	29,31	8,141	1,000	0,7000
Антрацит	т	33,48	9,300	1,14237	0,7800
Природный газ	1000 м <sup>3</sup>	36,00	10,000	1,22835	0,8598
Топливная древесина смешанных пород	Скл. м <sup>3</sup>	4,51	1,253	0,15388	0,1077

Таблица 1.1.

Бурые угли основного месторождения (Ангренского) низкокалорийные, высокозольные, содержат примеси различных элементов, в том числе радиоактивные. Поэтому требуется специальная технология, как на стадии добычи, так и на стадии переработки и сжигания, а также специальные технологии и комплекс сооружений по использованию побочных продуктов – золы, вскрышных пород и т.п.

Вследствие этого становится актуальной задача вовлечения в энергетический баланс автономных, децентрализованных источников энергии, особенно использующих энергию солнца, ветра, малых водотоков и т.п., что также способствует замещению традиционных энергоносителей (нефти, угля, газа) и решает экологические и социальные проблемы.

## 1.2 Ресурсы возобновляемых источников энергии в Узбекистане

При оценке роли значения использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) следует учитывать уже осознанную реальность-конечность запасов органического топлива на Земле, их все убыстряющиеся темпы расходования, и в связи с этим необходимость изыскания альтернативных источников энергии, а также проведение строгого режима экономии топливно-энергетических ресурсов.

Имеется ряд научно и технически обоснованных и, в какой-то степени, конкурирующих направлений решения этой проблемы. С точки зрения перспективы, имеется необходимость развивать все направления поисков новых источников энергии, отдавая предпочтение на определенном этапе развития тому направлению, которое в данный момент обеспечивает наибольшую экономическую эффективность.

Одним из путей решения социально-экономических проблем, связанных в той или иной мере с энергетикой, является более активное освоение местных энергоресурсов (малых запасов угля, газа, нефти в районах с развитой инфраструктурой), а также масштабное использование экологически безопасных возобновляемых источников энергии, имеющихся на территории Узбекистана.

Возобновляемые (не истощаемые) источники энергии – это источники энергии, образующиеся на основе постоянно существующих или периодически возникающих процессов в природе, а также жизненном цикле растительного и животного мира и жизнедеятельности человеческого общества.

В понятие возобновляемых источников энергии включаются следующие формы энергии: солнечная, геотермальная, ветровая, энергия морских волн, течений, приливов и океана, энергия биомассы, гидроэнергия, низконтенциальная тепловая энергия и другие «новые» виды возобновляемой энергии.

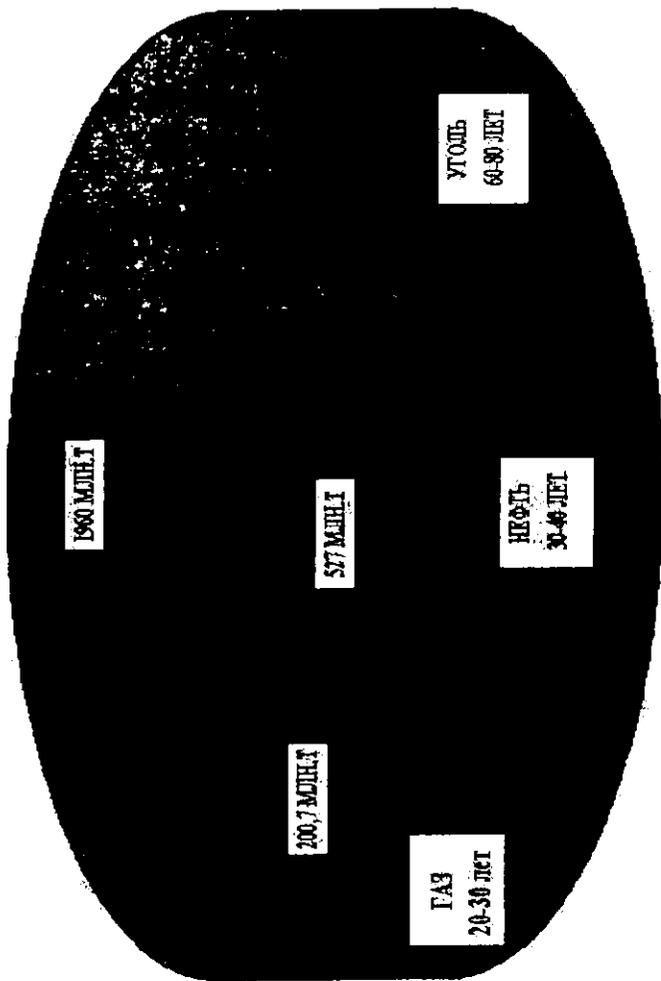


Рис 1.2. Прогноз обеспеченности Узбекистана углеводородным сырьем.

Принято условно разделять ВИЭ на две группы:

- Традиционные: гидравлическая энергия, преобразуемая в электрическую гидроэлектростанциями мощностью более 30 МВт, энергия биомассы, используемая для получения тепла традиционными способами сжигания (дрова, торф и некоторые другие виды печного топлива), геотермальная энергия.
- Нетрадиционные: солнечная энергия, ветровая энергия, энергия морских волн, течений, приливов, гидравлическая энергия, преобразуемая в используемый вид энергии малыми и микроГЭС, энергия биомассы, не используемая для получения тепла традиционными методами, низкопотенциальная тепловая энергия и другие «новые» виды возобновляемой энергии.

Потенциальные запасы ВИЭ разделяют на валовой, технический и экономический.

Валовой потенциал ВИЭ – средний годовой объем энергии, содержащийся в данном виде ВИЭ при полном ее превращении в полезно используемую энергию.

Технический потенциал ВИЭ – часть валового потенциала, преобразование которого в полезную энергию возможно при данном уровне развития технических средств, при соблюдении требований по охране окружающей среды.

Экономический потенциал ВИЭ – часть технического потенциала, преобразование которого в полезно используемую энергию экономически целесообразно при данном уровне цен на ископаемое топливо, тепловую и электрическую энергию, оборудование, материалы и транспортные услуги, оплату труда и др.

Обобщенные данные о валовом и техническом потенциале возобновляемых источников энергии Узбекистана, установленные на основании результатов проектно-

изыскательских, научно-исследовательских работ ВУЗов, организаций и учреждений республики, показывают принципиально - техническую возможность удовлетворения потребностей республики в первичных энергоносителях в результате масштабного использования ресурсов возобновляемых источников энергии и постепенного снижения доли использования сырья топлива, как при производстве и потреблении тепловой и электрической энергии, так и при производстве некоторых видов промышленной и сельскохозяйственной продукции.

Как показывает оценка потенциальных запасов возобновляемых источников энергии, они в республике достаточно высоки (рис. 1.3).

Валовой потенциал ежегодно поступающей на территорию республики энергии солнечного излучения, малых рек, ветровых потоков и других источников в несколько раз превышает ежегодную потребность Узбекистана в топливно-энергетических ресурсах, оцениваемых в 55-60 млн. тонн условного топлива, и многократно превышает разведанные запасы углеводородного сырья.

Среди возобновляемых источников энергии по валовому ресурсу или, иначе, теоретическим запасам безусловным лидером является геотермальная энергия (рис. 1.4). Однако сравнительно низкие температуры (до 70-80<sup>0</sup>С), большая минерализация и глубина залегания артезианских вод затрудняют с технической точки зрения их использование для выработки электроэнергии. Поэтому, если рассматривать технически реализуемые потенциалы, то лидером становится солнечная энергия. Высокая же стоимость вырабатываемой энергии ограничивает широкое применение её.

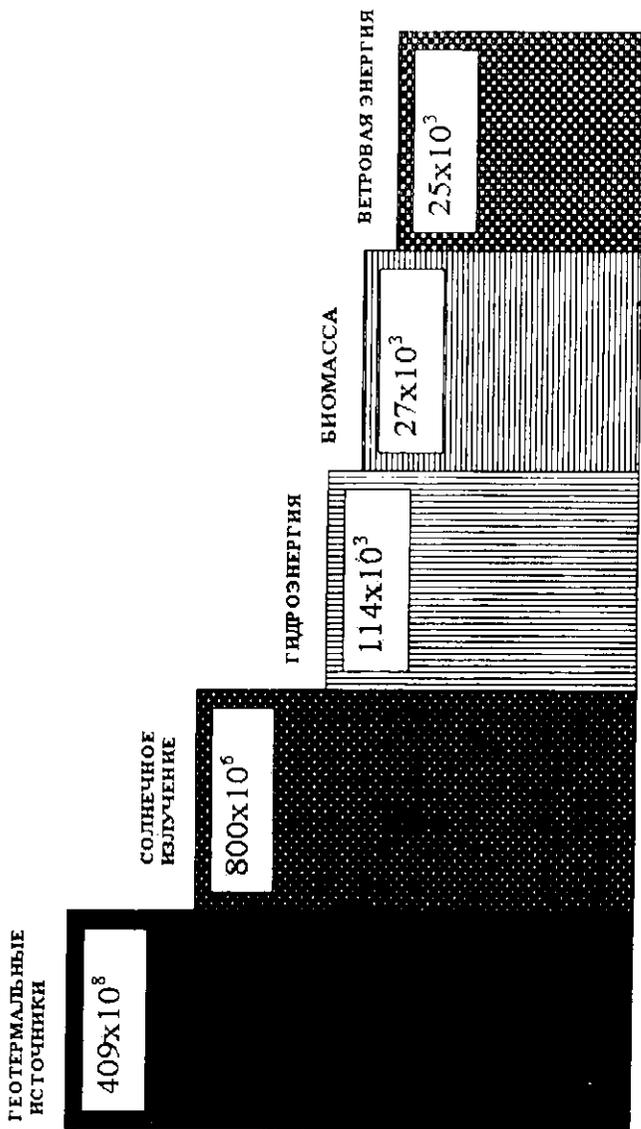


Рис. 1.3. Потенциальные запасы энергии возобновляемых источников энергии на территории Узбекистан (млн. кВт ч/год).

	Солнечная энергия (1)	Геотермальная энергия (2)	Гидроэнергия (3)	Энергия биомассы (4)	Энергия ветра (5)
Валовый потенциал	0,76	99,24	$1,36 \cdot 10^{-4}$	$3,4 \cdot 10^{-5}$	$3,3 \cdot 10^{-5}$
Технический потенциал	98,5	-	1,08	0,14	0,23
Экономический потенциал	0,18	-	99,82	-	-

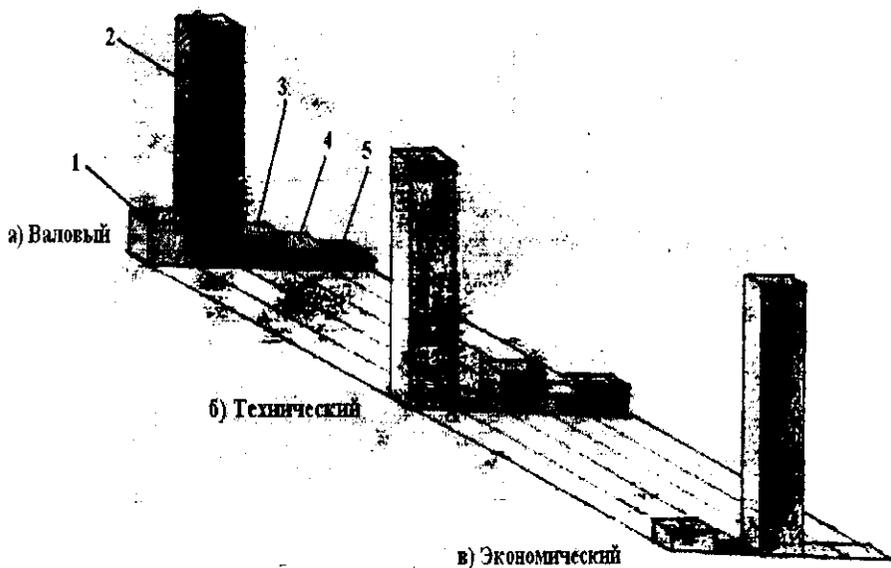


Рис. 1.4. Ресурсы возобновляемых источников энергии.

Поэтому практическое значение из всех видов возобновляемых источников энергии приобретает гидроэнергия, экономический потенциал которой очень высок и на настоящий момент составляет 14,4 млрд. кВт. час. Сейчас используется лишь от 4 до 6,5 млрд. кВт. час. Не используемые резервы относятся к группе малых и средних ГЭС, которые характеризуются относительно малыми напорами и, как следствие, рассчитаны на маломощные гидростанции, рассредоточенные на всем протяжении водотоков, включая оросительные и дренажные каналы. Повсеместное повышение цен на энергоресурсы создает предпосылки для конкурентоспособности электроэнергии малых и средних ГЭС. Практика показала эффективность применения различных типов микроГЭС (рукавные, безрукавные, подпорные и т.д.). Комплексное использование энергии водотоков позволит решить проблему энергоснабжения удаленных потребителей маломощных по абсолютной величине энергопотребления, но весьма эффективных по результатам производства. Это касается, прежде всего населенных пунктов и мелких производителей предгорных районов отгонных пастбищ и т.д. В районах централизованного энергоснабжения, использование локальных автономных энергоисточников способствует созданию конкурирующей среды энергетического рынка. Вместе с энергией малых и средних водотоков, в такой конкуренции могут участвовать и нетрадиционные энергоисточники (энергия ветра, солнца, биогаза). По предварительным расчетам, потенциал малых и средних водотоков, местных и нетрадиционных источников энергии по абсолютному значению составляет от 1 до 1,5% от общего потребления первичной энергии. Экономический и социальный эффект его использования неизмеримо выше вследствие создания среды для малого и среднего бизнеса, повышения комфортности жилищных условий в отдаленных районах республики.

### 1.3 Основные терминологические понятия

Ниже даны разъяснения и определения некоторых наиболее часто встречающихся в книге терминов. Другие термины поясняются по тексту.

**Вид возобновляемого источника энергии** – возобновляемый источник энергии, в названии которого отражается либо источник его возникновения (солнечная, геотермальная, гидравлическая энергия и др.), либо природное явление (ветровая, волновая, приливная энергия и др.).

**Энергоноситель** – вещество в твердом, жидком или газообразном состоянии, обладающее энергией, которая может быть превращена в используемый вид энергии.

**Ресурс (потенциал)** – возобновляемого источника энергии – объем энергии, заключенной или извлекаемой при определенных условиях из возобновляемого источника энергии в течение года.

**Низкопотенциальная тепловая энергия** – тепловая энергия, содержащаяся в воздухе, а также в вентиляционных выбросах, воде (в том числе в промышленных и бытовых стоках), и в верхнем слое Земли (до 150 м) с температурой до 40°C.

**Энергия градиента температуры** – энергия, получаемая за счет разности температуры верхних и глубинных слоев морей, океанов и др.

**Биомасса** – часть растительного и животного мира, которая в естественном или превращенном виде может быть использована для производства электрической и тепловой энергии, например: отходы лесозаготовки и лесопереработки, отходы растениеводства и животноводства, твердые и жидкие бытовые отходы, отходы биомассы перерабатывающей промышленности и др.

**Гидравлическая энергия** – потенциальная и кинетическая энергия воды.

**МикроГЭС** – гидроэлектростанции единичной мощностью до 100 кВт.

**Малые ГЭС** – гидроэлектростанции общей мощностью до 30 МВт.

**Геотермальная энергия** – часть тепловой энергии ядра Земли, выходящая в верхние слои поверхности Земли за счет теплопроводности твердых пород, а также в виде горячей воды или парогазовой смеси.

**Солнечная энергия** – энергия солнечного излучения, приходящая на поверхность Земли.

**Ветровая энергия** – кинетическая энергия движущихся масс воздуха.

**Волновая энергия** – энергия морских волн.

**Приливная энергия** – потенциальная энергия водных масс морей и океанов, запасаемая в результате воздействия.

**Топливо** – горючие вещества, основной составляющей которых является углерод, применяемые с целью получения при их сжигании тепловой энергии. По происхождению топливо делится на природное (нефть, уголь, природный газ, горючие сланцы, торф, древесина) и искусственное (кокс, моторные топлива, генераторные газы и др.), по агрегатному состоянию на твердое, жидкое и газообразное. Основная характеристика топлива – теплота сгорания. Для сопоставления различных видов топлива и суммарного учета его запасов принята единица учета

тонна условного топлива (т.у.т.) – для которого низкая теплота сгорания принята 29.31 ГДЖ/т (7000 ккал/кг). В зарубежной практике в качестве единицы учета используется нефтяной эквивалент (т.н.э) с теплотой сгорания 41. 868 ГД/т. Данные по теплоте сгорания различных видов топлива приведены в табл. 1.1

**«Шахтный газ»** – смесь углеводородных газообразных соединений, которая образуется в результате химических

реакций в угольных месторождениях, шахтах и других подземных выработках.

**Установки возобновляемой энергетики** — взаимосвязанный комплекс технологического оборудования по преобразованию возобновляемой энергии в полезно используемый вид: электрическую, тепловую, механическую энергию или их различные сочетания.

Поскольку энергия, вырабатываемая установками возобновляемой энергетики, может быть получена в различных формах (топливо, тепловая и электрическая энергия), то следует установить эквивалентную им массу топлива и соотношения между различными единицами энергии.

Коэффициенты перевода между энергетическими единицами приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2.

Единица	ГДж	Гкал	МВт	Т.у.т.	Т.н.э.
ГДж	1,0	0,2388	0,2778	0,0312	0,02388
Гкал	4,1868	1,0	1,163	0,14286	0,1
МВт.ч	3,6	0,8598	1,0	0,12284	0,08598
т.у.т.	29,3076	7,00	8,141	1,0	0,7
т.н.э.	14,868	10,0	11,630	1,42857	1,0

### Вопросы для самопроверки.

1. На какие группы условно разделяются ВИЭ?
2. Какое различие между валовым, техническим и экономическим потенциалом ВИЭ?
3. Как можно характеризовать величину валового потенциала ВИЭ Узбекистана в сравнении с потребностью в топливно-энергетических ресурсах?
4. Запасы каких видов ВИЭ являются наибольшими в Узбекистане по:
  - а) валовому ресурсу;
  - б) техническому ресурсу;
  - в) экономическому ресурсу.

5. Какие виды ВИЭ получили наибольшее практическое применение в Узбекистане?
6. Сравните между собой величины валовых ресурсов имеющихся в Узбекистане видов ВИЭ?
7. Что такое возобновляемые источники энергии?
8. Какова структура потребления топливно-энергетических ресурсов в Узбекистане?
9. Каков уровень обеспеченности Узбекистана углеводородным сырьем?
10. Что такое т.у.т.? Его численное значение?
11. Что такое биомасса?
12. Что такое низкопотенциальная тепловая энергия?
13. Что такое геотермальная энергия?
14. Какие виды топлива относятся к искусственным?
15. Что такое т.н.э.?
16. В чем различие между микроГЭС и малой ГЭС?

#### **Рекомендуемая литература**

- 1.1. Захидов Р. Состояние и перспективы использования возобновляемых источников энергии в Узбекистане/ Тр. Междунар. конгресса «Бизнес и инвестиции в области возобновляемых источников энергии в России», М НИЦ: Инженер», 1999.
- 1.2. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России. СПб, наука, 2002 - 314 с.

## **ГЛАВА 2. ПРИМЕНЕНИЕ НВИЭ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

### **2.1 Применение НВИЭ для электромеханизации сельскохозяйственных процессов дехканского хозяйства**

Электроэнергию используют в дехканском хозяйстве для привода механизмов и машин, на нагрев воздуха, воды и получения пара на водоподъем, технологические нужды, на водоподъем и местный обогрев молодняка, на освещение и т.д.

Автономное электроснабжение дехканского хозяйства должно обеспечивать возможность работы всего комплекса машин и оборудования. Поэтому из всего многообразия сельскохозяйственных энергопотребителей необходимо отобрать тех, которые по своему энергопотреблению, производительности и другим техническим характеристикам могут использоваться в малотоннажном сельхозпроизводстве. Лишь затем, составив временной график энергопотребления согласно принятой технологии сельхозработ, можно определить необходимую мощность микроГЭС либо другого автономного энергоисточника, потребляемую электроэнергию всем дехканским или ширкатным хозяйствам, либо в разрезе технологических операций (рис. 2.1). В конечном итоге это позволяет произвести технико-экономическое обоснование целесообразности применения микроГЭС, других автономных источников электропитания. Рассмотрим подробнее оборудование, рекомендуемое для применения в мелкотоварном сельхозпроизводстве.

Доение коров является важным процессом производства молока и характеризуется большими затратами труда. Правильность его выполнения в значительной мере обуславливает продуктивность коров и их здоровье. Количество

коров, которое обслуживает оператор машинного доения, зависит во многом от типа доильной установки. Для крупных ферм с поголовьем в сотни коров, давно и успешно применяются широко распространенные автоматизированные доильные установки типа «Гандем», «Елочка», «Карусель» и др. В малых же и частных хозяйствах, имеющих от 10 до 50 коров, доильные установки только начинают находить применение. В таких хозяйствах для доения коров могут применяться доильные агрегаты типа АД 100Б со сбором молока в переносные ведра производительностью 16-18 коров на дояра и способных обслужить стадо до 100 животных. Аналогичными характеристиками обладает и стационарный доильный агрегат ДАС – 2В. Потребляемая мощность - 4 кВт. Всероссийский институт электрификации сельского хозяйства совместно с НПП «Фсмакс» разработал доильную установку, специально предназначенную для применения в фермерских хозяйствах и на малых фермах при привязном содержании 10-20-30-50 коров, позволяющую обеспечить механизацию доения в нетиповых помещениях с различными планировками и поголовьем коров.

Установка имеет новые экологически безопасные вакуумные насосы, доильные ведра из нержавеющей стали, устройства циркуляционной промывки доильных аппаратов (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Технические характеристики	10 ...30 коров	30-50 коров
Количество доильных аппаратов, шт	2-3	4-6
Производительность труда дояра, коров/ч	16-18	16-18
Установленная мощность, кВт	1,5	3,0
Количество дояров, чел	1	2

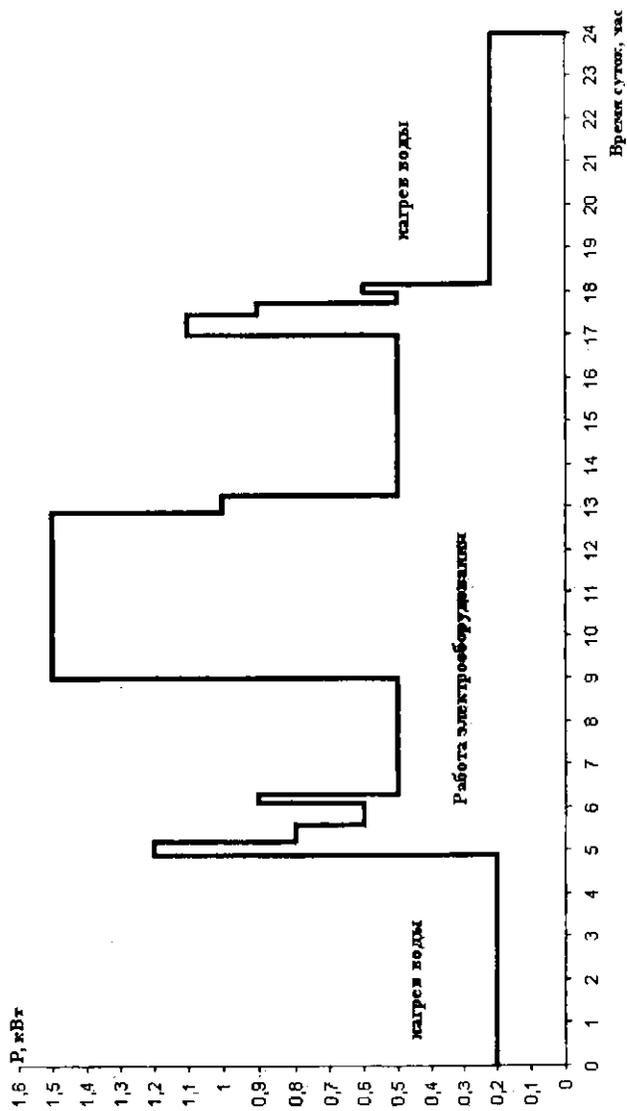


Рис. 2.1. Распределение нагрузки электрооборудования фермерского хозяйства в течение суток

Изготавливают эти доильные установки в АО «Селижаровское РПТ» Тверской области, АО «Успенский Агромашпласт» Московской области России.

Первичная обработка молока (очистка и охлаждение) проводится с целью сохранения его в свежем виде в период хранения, доставки потребителям на пункты переработки или молочные заводы. В случае необходимости часть молока подвергают пастеризации и сепарированию. Сепаратор сливоотделитель ОСБ – 1000 предназначен для разделения цельного молока на сливки и обезжиренное молоко (обрат) с одновременной очисткой продукта от загрязнений. Он состоит из электродвигателя мощностью 0,55 кВт, приводного механизма, барабана и приемно-выводного устройства. Пропускная способность сепаратора 1000 л/ч. Продолжительность непрерывной работы до 1 ч. Содержание жира в оброте до 0,04%.

Сбивание молока. Маслобойки малогабаритные ММБ-020 предназначены для получения сливочного масла путем сбивания сливок или сметаны в условиях личных, подсобных, крестьянских и фермерских хозяйств. Отличительной особенностью конструкции является то, что в качестве емкости для сбивания масла используются стандартные съемные бидоны (фляги) объемом 10 и 40 л, которые могут использоваться и самостоятельно. Маслобойки могут иметь электрический или ручной привод (табл. 2.2).

Таблица 2.2

Технические характеристики	
Производительность, кг на 1 загрузку	1,5
Потребляемая мощность, кВт	0,18 и 0,37
Время сбивания, мин	20-40
Выход масла %	35-40

Охлаждение молока и сливок. Данные технологические операции могут производиться с помощью различного

оборудования. Комплект оборудования ФОМ -- 1,25 предназначен для фильтрации и охлаждения молока в условиях животноводческих ферм и фермерских хозяйств. Может быть использован также для нагрева молока и обрат. Состоит из молокоприемного бака с сигнализатором уровня, центробежного насоса, проточного фильтра с фильтр - элементом из натканного иглопробивного термоскрепленного полотна, пластинчатого теплообменника, соединительных труб и шкафа управления. Все узлы и детали, соприкасающиеся с молоком, выполнены из кислотоустойчивой стали. Производительность в основном режиме до 1350 л/ час, расход охлаждающей воды в 3 раза больше по отношению к подаче молока. Установленная мощность молочного насоса - 0,6 кВт.

Молокоохладительная установка СМ – 1250 предназначена для охлаждения и хранения молока на небольших фермах с суточным удоем не более 1200 л. В установку СМ – 1250 входят: холодильный агрегат блочного типа с автоматическим замораживанием льда, водосборник, молочный бак, мешалка и кожух.

Танк для охлаждения молока ТОМ – 2, ОА имеет ванну из алюминиевого сплава. Температура молока поддерживается автоматически в пределах 6.. 7<sup>0</sup>С. Установленная мощность - 2,57 кВт, хладопроизводительность холодильной машины - 2,3 кВт.

Наконец, в небольших хозяйствах можно использовать бытовые холодильники необходимой вместимости.

Считается, что для 1 человека достаточно иметь холодильник объемом до 120 дм<sup>3</sup>. Для семьи из 2 чел нужен холодильник общей вместимостью 140-160 дм<sup>3</sup>. Холодильник вместимостью 180-240 дм<sup>3</sup> рассчитан на семью, состоящую из 3 чел. Для семьи из 4-5 чел рекомендуется холодильник вместимостью 260-300 дм<sup>3</sup> типа «Минск-16», «ЗИЛ», «Памир».

Если семья приобретает холодильник большой вместимости (свыше 100 л), то лучше купить компрессорный

холодильник. Он дороже абсорбционного, но потребляет значительно меньше электроэнергии. Холодильники абсорбционного типа мощностью 100 Вт, не имеющие терморегуляторов и поэтому работающие непрерывно, ежегодно расходуют (при постоянном включении) 875 кВт. ч электроэнергии.

Холодильник компрессорного типа той же мощности с терморегулятором потребляет электроэнергию из сети в течение 2-10 ч в сутки и расходует в год не более 365 кВтч электроэнергии. Следовательно, применение компрессорных холодильников позволяет экономить примерно 500 кВт.ч электроэнергии.

#### Расфасовка молока в полиэтиленовые пакеты.

Существуют небольшие автоматические установки для молока в полиэтиленовые пакеты с последующей их запайкой, которые могут использоваться на небольших фермах и дехканских хозяйствах.

В состав установки входят: объемный дозатор, центробежный насос и устройство запайки пакетов (табл. 2.3).

Таблица 2.3

Технические характеристики	
Объем доз, м <sup>3</sup>	250, 500, 1000
Производительность, пакет/час	до 300
Мощность привода, кВт	0,6

Установка изготавливается в АО «Поток» г. Калининграда Московской области.

**Приготовление кормов.** Механизация приготовления кормов облегчает труд животноводов и повышает его производительность, позволяет получить корма высокого качества, обеспечивающие высокую продуктивность животных и качество получаемой продукции при снижении ее себестоимости.

Приготовление кормов повышает их усвояемость, сокращает расход энергии на жевание, предупреждает

заболевания животных. В животноводстве применяют грубые, сочные и концентрированные корма, травяную и сенную муку, комбикорма и др. Каждый вид корма имеет свои специфические физико-механические свойства, поэтому для их обработки при приготовлении применяют различные машины.

Для дробления зерна целесообразно использовать малозатратные дробилки типа КУ-Т-М, ДЗТ – 1, МБУ-Т-4 и др. Они потребляют мощность от 0,6 до 1,0 кВт.

Измельчение сена и соломы можно производить с помощью измельчителя СМ – 100 с установленной мощностью до 1,0 кВт.

Для измельчения корнеплодов можно применять измельчители ИК-100, МР-500, обладающие производительностью до 500 кг в час и имеющие установленную мощность 0,5кВт.

Для индивидуального дозирования и выдачи сыпучих кормов с одновременным их увлажнением в кормушки на фермах крупного рогатого скота (КРС) при многократном кормлении предназначен автоматизированный раздатчик кормов АКК-200.

Процессы загрузки корма заправки смачивающей жидкостью и раздачи кормов осуществляются автоматически без участия человека (табл. 2.4).

Таблица 2.4

Техническая характеристика	
Обслуживаемое поголовье, гол	До 200
Установленная мощность электродвигателей, кВт	0,86
Вместимость бункера м <sup>3</sup>	0,5
Вместимость бака м <sup>3</sup>	0,25
Масса раздатчика, кг	450

Разработчики и изготовители: НПП «Фемакс» и ВИЭСХ (109456, Москва, 1 Вешняковский проезд 2)

Транспортировка измельченной зеленой массы, сеной муки или грубых кормов на фермах крупного рогатого скота может осуществляться транспортером скребковым ТС-40 ОС (табл. 2.5).

Таблица 2.5

Технические данные	
Производительность, м <sup>3</sup> . ч, не менее	40
Масса, кг, не более	471
Установленная мощность, кВт	1,5
Габаритные размеры, мм	
длина	7335 ±31
ширина	690±4
высота	760±7

При использовании транспортера зеленая масса, грубые корма и сено подаются в любые смешивающие и раздающие емкости, имеющиеся в хозяйствах. Выпускается ПО «Уманьфермаш» (г.Умань Черкасская обл.) Погрузочно - разгрузочные, транспортные, подъемные и другие работы в небольших фермерских, арендных и личных хозяйствах можно осуществлять с помощью электромеханической универсальной фермерской лебедки. Она позволяет производить операции как с сыпучими, так и волокнистыми материалами, такими, как корма, навоз, удобрения, песок, грунт, уголь и др.

В зависимости от перемещаемого груза используются соответствующие рабочие инструменты - сменные приспособления (лопата, вилы, ковш, мини-контейнер). В состав лебедки входят: электродвигатель с передаточным механизмом, барабан с тросом, ручной механизм отключения барабана, а также набор сменных рабочих инструментов (табл. 2.5).

Таблица 2.6

Техническая характеристика	
Длина троса на барабане, м	15
Тяговое усилие, Н	500...600
Мощность привода, кВт	1,1

Изготавливается на заводе «Альтаир» (150060, Ярославль, Ленинградский пр. 121)

**Нагрев воды.** Электрический бытовой водонагреватель предназначен для обеспечения горячей водой населения в домах, не имеющих централизованного горячего водоснабжения, а также в помещениях, где применение газовых и подобных им аппаратов нежелательно или невозможно. Наиболее удобны для использования в домашних условиях емкостные (непроточные) теплоаккумулирующие водонагреватели, рассчитанные на нагрев и сохранение горячей воды в течение длительного промежутка времени. Такой водонагреватель представляет собой теплоизолированный металлический бак, в котором размещаются электронагревательный элемент и устройство для регулирования или ограничения температуры воды. Вместимость бака обычно выбирается исходя из дневной потребности в горячей воде. Например, емкость водонагревателя для кухонных нужд (главным образом, для мытья посуды) составляет 7-10 л, а для душа и ванной 80-150 л. Вода в баке нагревается электронагревательными элементами вследствие естественной конвекции. Скорость нагрева зависит от вместимости бака и мощности нагревателей.

Для бытовых нужд выпускают унифицированные емкостные водонагреватели серии УНС, вместимостью 10л (для кухни) и 40, 60 и 100л (для душа и ванн). В этих водонагревателях установлен единый для всей серии нагревательный элемент мощностью 1,25 кВт, который подключается к сети с напряжением 220 В.

С точки зрения экономичности интерес представляют электронагреватели типа ЭВАН. Водонагреватель типа ЭВАН 5/1,25 является прибором аккумуляторного типа низкого давления. Он обеспечивает горячей водой семью из 2-4 чел для всех бытовых нужд. Время нагрева воды - от 15 до 85<sup>0</sup>С составляет не более 20 мин. Наличие бесступенчатого

регулятора температуры позволяет регулировать температуру воды.

Для нагрева большого количества воды, например, для подсобного хозяйства, целесообразно приобрести емкостные теплоаккумулирующие электронагреватели типа ЭВАН-100 либо ЭВАО-100. Этот водонагреватель нагревает 100 л воды до температуры 85<sup>0</sup>С, а затем автоматически отключается. За счет специальной теплоизоляции вода длительное время будет оставаться горячей и ее можно использовать на самые различные нужды. Мощность ЭВАН 1,25 кВт, длительность нагрева около 8 часов. Это сделано умышленно, чтобы включать этот нагреватель ночью, когда в сети имеется избыток электроэнергии.

Еще больший объем нагреваемой воды обеспечивает электроводонагреватель универсальный ЭВНУ-6 проточного типа, предназначенный для нагрева воды в системах технологического горячего водоснабжения и отопления производственных и бытовых помещений на малых фермах, в фермерских и индивидуальных хозяйствах (табл. 2.7).

Таблица 2.7

Техническая характеристика	
Мощность, кВт	6
Емкость, л	12
Температура нагреваемой воды, <sup>0</sup> С:	
На технологические нужды	75
На отопление	До 90
Масса, кг	12

**Пастьба коров и овец.** Электроизгороди типа ИЭ-200; ЭИП-2-1; ЭНС-2-5 предназначены для огораживания удаленных от ферм пастбищ в летний период во всех зонах животноводства. Максимально огораживаемая площадь. Составляет 4 га, длина проволоки - 800 м, количество стоек-55. Источником электропитания служит солнечная фотоэлектрическая батарея мощностью 2 Вт и 6 гальванических

элементов 373. В течении светового дня электроизгородь может работать только от солнечной батареи.

**Освещение.** В качестве электрических источников тока в сельском хозяйстве используют лампы накаливания, люминесцентные и газоразрядные лампы. Надо отметить, что между отдельными источниками света существует большая разница в их эффективности, т.е. световой отдаче, измеряемой в люксах на ватт мощности:

Таблица 2.8

Лампа накаливания	12
Галогенная лампа	22
Люминесцентная лампа	55
Ртутная лампа высокого давления	55
Галогенная лампа высокого давления	80
Натриевая лампа высокого давления	95

Лампы накаливания являются традиционными и широко применяемыми источниками света. В бытовых осветительных приборах используются лампы накаливания мощностью от 15 до 300 Вт, рассчитанные на напряжение 220 или 127 В.

Наиболее совершенные источники света, нашедшие широкое применение – это люминесцентные лампы, имеющие по сравнению с лампой накаливания в 4-5 раз более высокую световую отдачу и 5-8 раз больший срок службы. Так, светоотдача люминесцентной лампы 20 Вт равна светоотдаче лампы накаливания 150Вт.

**Стрижка овец.** Механизация стрижки овец облегчает труд, повышает его производительность в 3...5 раз по сравнению с ручной, увеличивает настриг шерсти на 8...13% за счет более низкого и ровного среза, улучшает качество шерсти. При работе ножницами опытный стригаль может остричь 15-20 овец, а при машинной стрижке – 60 и более овец в день.

Тонкорунных, полутонкорунных овец стригут один раз в год - весной, грубошерстных и полугрубошерстных два раза -

весной и осенью. Овец романовской породы стригут три раза – весной, летом и осенью.

Для стрижки овец используют унифицированные стригальные агрегаты ЭСа-1, ДЭСА-1/200И, ЭСА – 6/300 и МСУ-200. Агрегат ЭСА-1Д применяют для стрижки стада до 500 голов и в индивидуальных хозяйствах. Он состоит из машинки для стрижки овец МСО-77Б, гибкого приводного вала ВГ-10 с арматурой, подвесного электродвигателя мощностью 0,12 кВт, пускателя. Производительность агрегата - 8 овец в час.

Агрегат ЭСА-6/200 предназначен для стрижки овец и верблюдов на стригальных пунктах и в полевых условиях. В его состав входят шесть высокочастотных электростригальных машинок МСУ-200В, преобразователь частоты тока С-572А, точильный аппарат ДАС-350 и переносной электрический шнур. Преобразователь частоты тока преобразует ток с первичным напряжением 220/380 В и частотой 50 Гц в ток напряжением 36 В и частотой 200 Гц. Длина шнура питания машинки 15 м. Обслуживают агрегат наладчик, шесть стригалей, один рабочий и точильщик. Производительность при стрижке овец 50...60, верблюдов 4,5 гол/ч. Потребляемая мощность 1,2 кВт.

Стригальная машинка МСУ-200 состоит из стригальной головки, электродвигателя и токобезопасного шнура питания. Стригальная головка включает в себя корпус, редуктор, передаточный и нажимной механизмы и режущий аппарат.

Трехфазный асинхронный с короткозамкнутым ротором электродвигатель имеет алюминиевый обдуваемый корпус с ребрами охлаждения. Мощность электродвигателя 130 Вт, напряжение 36 В. Ширина захвата машинки 76,8 мм, число двойных ходов ножа в минуту 2200, масса машинки без шнура - 1,55 кг: со шнуром длиной 2,5 м – 2,5 кг.

**Выведение цыплят.** Существует большое количество различных типов инкубаторов. Наиболее приемлемыми для дехканского хозяйства являются инкубаторы вместимостью до 50-100 яиц. Потребляемая мощность у них составляет 150-200

Вт. Работает сезонно 24 дня в году. Температура поддерживается автоматически, циркуляция воздуха с помощью центробежного вентилятора, влажность обеспечивается испарением воды из специальных ванночек.

**Дезинфекция насекомых.** Можно использовать электрический дезинсектор типа ЭД-1. Он предназначен для уничтожения вредных насекомых (мух, комаров, бабочек белокрылок и др.) в производственных помещениях мясомолочной и пищевой промышленности, животноводческих ферм и других объектов. После включения в сеть переменного тока ДД-1 начинает привлекать своим светом определенного спектра насекомых, которые попадают в электроловушки и сгорают. Позволяет отказаться от применения токсичных и дорогостоящих химикатов, не имеет отрицательного влияния на продукты, животных, людей и окружающую среду.

Совмещение функций дежурного освещения помещения в ночное время суток.

Техническая характеристика:

Потребляемая мощность, Вт

150

Габаритные размеры, мм

700

х 250 х 550

### **Дезинфекция животных и помещений**

Портативная электрическая дезинфекционная установка ДУБ предназначена для дезинфекции и дезинсекции животноводческих помещений под давлением, для опрыскивания или обмывания шерстного покрова животных.

Подача насоса 15... 20 л/мин при давлении 0,2...0,4 МПа.

Мощность электродвигателя 0,6 кВт.

Бактерицидный потолочный облучатель ОБП предназначен для обеззараживания воздуха в помещениях, а также для предохранения от микробного заражения. Потребляемая мощность одним излучателем до 40 Вт. При его применении обеспечивается снижение концентрации в воздухе патогенных

микроорганизмов (гемолитического стрептококка, кишечной палочки) в холодное время года в 10 раз..

Обеззараживание воздуха бактерицидными лампами проводят в присутствии животных. Установленная мощность ламп должна быть 0,75... 1 Вт на 1 м<sup>3</sup> помещения.

Облучатель ОЭИ-500 включает две лампы типа ИКЗ-220-250.

Ультрафиолетовые облучатели применяют для ликвидации у животных и птицы солнечного голодания, что позволяет увеличить сохранность молодняка и уровень продуктивности.

Эти излучения обладают антирахитным действием витамина Д, поэтому их применяют для профилактического и лечебного воздействия на животных.

## **2.2 Применение НВИЭ для энергообеспечения пчеловодческого оборудования**

Природный рельеф почвы и растительный покров Узбекистана характеризуется четко выраженной поясностью и подразделяются на четыре специфические пчеловодческие зоны: пустынную, полупустынно-оазисную, предгорную и горную. Первые две зоны обладают ровным рельефом почвы и дефицитом гидроэнергетических ресурсов, вследствие чего применение микроГЭС для энергопитания пчеловодческого оборудования не представляется возможным. Зона предгорий достаточно, населенная, имеет большое количество садов и приусадебных насаждений очень богата медоносами.

К этой зоне можно отнести многие районы Ташкентской, Самаркандской, Сурхандарьинской, Ферганской, Андижанской и Наманганской областей.

Горная зона характеризуется еще большим количеством медоносных растений, ботанический состав которых разнообразнее, чем в предгорьях. Зона обладает ярко выраженным рельефом полей, большим количеством малых

водотоков, ручьев и рек огромным запасом гидроэнергетических запасов и является наиболее привлекательной для применения микро ГЭС. В этой зоне целесообразно применять стационарные пасеки.

В Узбекистане пчеловодство в основном развито в хлопкосеющих районах, расположенных во второй и третьей зонах (90% пасек). Эти пасеки в основном кочевые. Около 10% пасек (около 15 тыс. пчелиных семей) являются стационарными и расположены в горах и предгорьях, там, где имеются подъездные пути для колесного транспорта. Медоносная флора Западного Тянь-Шаня позволяет содержать свыше 100 тыс. пчелиных семей и получать ежегодно тысячи тонн высококачественного меда. Однако из-за бездорожья многие пасеки расположены вдали от медоносов и централизованного электроснабжения, не имеют возможности использовать современное пчеловодческое оборудование, обладают малой производительностью труда и поэтому малопродуктивны. В то же время для обеспечения таких трудоемких процессов в пчеловодстве, как ремонт медовых рамок, распечатывание сотов и извлечение из них меда существует различное электрооборудование, часть из которого представлена в таблице 2.8.

Для оснащения рамок проволокой наиболее удобно использовать станок для сверления отверстий в боковых планках ульевых рамок, а для наващивания рамок, то есть для крепления искусственной вошины к рамкам, приспособление для электронаващивания рамок ПЭР (рис. 2.2).

Для распечатывания сот наиболее пригоден вибронож с электрическим нагревом лезвия ВЭ, с помощью которого пчеловод затрачивает на распечатку примерно 30 сек. Для откачивания меда на малых пасеках, имеющих до 100 пчелосемей, предназначены радиальные медогонки МР-50А и хордиально - радиальные М-8/32 и М-8/32 РЭ. В зависимости от

температуры и вязкости меда продолжительность откачивания составляет 6-12 мин.

Применение ВИЭ позволяет изменить всю технологию ведения горного пчеловодства. Это достигается за счет следующих факторов.

Во-первых, наличие автономного энергообеспечения позволяет механизировать наиболее трудоемкие технологические операции - откачивание меда, распечатка сот, переработка воскового сырья, наващивание ульевых рамок и т.д. Это не только повышает производительность труда, но и делает горное пчеловодство привлекательным бизнесом.

Во-вторых, создание комфортных бытовых условий позволяет создавать стационарные пчеловодческие населенные пункты даже в тех труднодоступных местах, где отсутствуют подъездные пути колесного транспорта.

В-третьих, появление возможности освоения угодий в любых доступных выючному транспорту (лошади и ослы) места не только расширяет ореол высокоэффективного пчеловодства, но и дает новые возможности развитию частного и малого бизнеса.

В-четвертых, наличие электрической энергии существенно улучшает условия содержания пчелиных семей не только в период медосбора, но и в холодное зимнее время. Это приводит к улучшению качественного состава пчелиных семей на пасеках и увеличению медосбора.

Таким образом, применение ВИЭ в качестве автономного энергоисточника позволяет применять в горном пчеловодстве современное оборудование и механизацию, создавать нормальные бытовые условия жизни пчеловодам, улучшить уход за пчелами, повысить производительность.

Таблица 2.9

## Машины и оборудование для пчеловодства

№	Наименование	Марка	Производительность	Установленная мощность, Вт
<b>1. Навашивание рамок</b>				
1.	Станок сверления отверстий в боковых планках ульевых рамок		Не мене 700 рамок/ч	180
2.	Приспособление для электронавашивания рамок	ПЭР	120 рамок/ч	30
<b>2. Приготовление кормов</b>				
3.	Микромельница молотковая для измельчения сахара	М-8М	125 кг/час	4600
4.	Шкаф для сушки пыльцы	ПСП	30 кг/сут	1250
<b>3. Распечатывание сот, откачивание меда</b>				
5.	Вибронож с электрическим нагревом лезвия	ВЭ	110 рамок/час	5000
6.	Медогонка хордиально-радиальная	М-4/32РЭ	60-130 рамок/час	0,2 (220)
7.	Медогонка радиальная на 50 рамок	МР-50А	100 рамок/час	0,4
8.	Установка электрокалориферная для подогрева меда перед откачкой	-	150 рамок/час	5000
9.	Насос винтовой для перекачки меда	НРМ-5	1 т/час	1000
<b>4. Переработка воскового сырья</b>				
10.	Воскотопка для переработки воско сырья с электронагревом	ВТ-11М	25 кг/час	2000
11.	Иоскотонка паровая	ВПП	4 кг/час	1000
12.	Воскотопка-воскопресс	ВВ	10 кг/час	2000
13.	Центрифуга фильтрующая	КП-215-1	60 кг/смена	4000
<b>5. Оборудование для профилактики и борьбы с болезнями пчел</b>				
14.	Термокамера для борьбы с варроатозом пчел	-	4 пчелосемьи в час	1000
15.	Установка дезинфекционная газокамерная для дезинфекции сот	-	300 рамок/сут.	2200
<b>6. Вспомогательное оборудование</b>				
16.	Инкубатор для маточников	-	100 маток/сутки	150
17.	Дырокол пасечный	ДКП	320 рамок/час	-
18.	Станок для извлечения прополиса из холстиков	СИП-55	250г/сут.	800



**Рис. 2.2. Солнечная батарея, аккумулирующее устройство, электронный таймер-регулятор**

### **2.3 Автономное энергообеспечение электробытовых приборов**

При автономном энергообеспечении необходимо особое внимание уделять на экономичность работы электробытовых приборов. С одной стороны, энергетические характеристики электротехнических изделий являются одним из определяющих показателей уровня совершенства бытовой техники, а с другой стороны определяют мощностные и стоимостные характеристики другого автономного энергоисточника.

Таблица 2.10.

№	Электро-оборудование	Время работы в сутки, час	Режим работы	Мощность, кВт	Марка
				Потребл. энергия кВт час	
1.	Электроплита	3,0	периодически	1,0/3,0	Разные
2.	Микроволновая печь	0,5	периодически	0,8/0,4	«Электроника» и др.
3.	Морозильники, холодильник	-	круглосуточный, прерывистый	0,05/1,1	ММ-163/16 и др.
4.	Стиральная машина	-	Эпизодически, 100 часов в год	0,25/-	«Малютка-2»
5.	Кондиционер ДЭУ оконный	3,0	Сезонно 3 месяца летом	0,52/1,56	ДЭУ-052С
6.	Телевизор цветной	-	18 <sup>00</sup> 24 <sup>00</sup>	0,05/0,3	Любого типа
7.	Видеомагнитофоны, магнитофоны, радиоприемники и электробритвы	10,0	Круглосуточно	0,02/0,2	Любого типа
8.	Вентилятор напольный	10,0	Сезонно, летом	0,075/0,75	Суперженираль
9.	Пылесос	-	Эпизодически	0,7/-	«Ракета-600»
10.	Соковыжималка	-	Эпизодически	0,2/-	Разные
11.	Утюг	-	Периодически, 50 часов в год	1,0/-	Разные, бытовые
12.	Электромеханическая пилющая машина	-	Эпизодически	0,035/-	«Ятрань» и др.
13.	Компьютер	-	Периодически	0,1/-	Разные
14.	Электробритва	0,1	Ежедневно	0,3/0,03	Разные
15.	Электроочило	-	Эпизодически	0,5/-	Любое бытовое
16.	Электродрели	-	Эпизодически	0,5/-	Любое бытовое
17.	Электропила бытовая	-	Эпизодически	0,3/-	«Болгарка»
18.	Электрошлифовальные машины	-	Эпизодически	0,25/-	Бытовые 410Н и др.
19.	Электрокипяльник	-	Эпизодически	0,3/-	Погружной, трубчатый

В табл.2.10. приведен примерный и достаточно полный перечень электрооборудования для бытового обустройства дехканского хозяйства с указанием периодичности и примерного среднесуточного времени работы. Приведем некоторые рекомендации по выбору энергоэкономичного бытового электрооборудования и дадим качественную оценку его энергопотребления.

Плитка электрическая обычно имеет переключатели мощности, обеспечивающие от одной до семи ступеней нагрева. Мощность одноконфорочных электроплиток - 0.8-2.6 кВт, двухконфорочных - 1.8-3 кВт. Наиболее эффективны и совершенны электроплитки с трубчатыми конфорками: такие конфорки долговечны, а их спиральная форма обеспечивает хороший контакт с дном посуды.

Печь микроволновая более экономична и используется для быстрого приготовления пищи, подогревания готовых блюд и размораживания продуктов. Используемый в микроволновой печи принцип нагрева электромагнитными колебаниями сверхвысокой частоты обеспечивает не только высокие вкусовые качества блюд, но и полностью сохраняет витамины. Потребление энергии от 0,5 до 2,0 кВт в зависимости от объема камеры. Хорошая энергетическая совместимость с возобновляемыми энергоисточниками малой мощности делает эти, нетрадиционные для узбекской кухни, печи очень перспективными.

Кипятильник погружной – обычно трубчатый электронагревательный элемент, предназначенный для кипячения небольшого количества вода (до 10л) Выпускаются кипятильники мощностью от 0,3 до 2 кВт. стакан воды нагревается от 20 до 90<sup>0</sup>С кипятильником мощностью 0,3 кВт в течение 5 мин, а 7 л воды кипятильником мощностью 2 кВт за 30 мин.

Особенностью этих кипятильников является высокой КПД (98%), что определяет минимальный расход электроэнергии по

сравнению с другими типами электроприборов для кипячения воды.

Холодильник является энергоемким прибором. Поскольку холодильники постоянно включены в сеть, они потребляют столько же (а то и больше) энергии, сколько электроплиты: компрессорный холодильник (в зависимости от объема) 250-450 кВт.ч, а абсорбционный – 500-1400 кВт.ч в год.

По потребляемой мощности современные однотипные холодильники мало отличаются друг от друга. Значительно больше экономичность холодильника зависит от режима его работы, обусловленного частотой пользования и соблюдением правил эксплуатации. Это же относится и к морозильникам, наиболее приемлемыми из которых являются ММ – 163/16 и аналогичные, имеющие объем загрузки до 20 кг, обеспечивающих температуру замораживания до 18<sup>0</sup>С.

Стиральные машины выполняют самые трудоемкие процессы в домашнем хозяйстве. Наиболее экономичными, с точки зрения потребления электрической энергии, является автоматические машины, включение и выключение которых производится строго по программе.

Вместе с тем возникает необходимость стирки небольшого количества белья. Для этих целей следует в доме иметь малогабаритную стиральную машину. «Малютка» легка, занимает мало места, стирает быстро и чисто, а энергии требуется не более, чем лампочке в 200 Вт. Объем одной заправки машины «Малютка» - 2 кг сухого белья.

Бытовые кондиционеры служат для создания и автоматического поддержания в закрытых помещениях температуры и влажности. Выпускаются большое количество кондиционеров, рассчитанных на обеспечение кондиционированным воздухом помещений площадью до 25; 30; 35 м<sup>2</sup> и более. Их производительность по воздухообмену равна соответственно 700, 750; 1000 м<sup>3</sup>/час и более. Потребляемая

мощность в наиболее совершенных кондиционерах фирмы ДЭУ от 500 Вт и более.

Мощность остальных электроприборов либо весьма мала, либо режим их работы эпизодический, что обеспечивает малое энергопотребление в течение года и делает второстепенным их в выборе мощностных характеристик.

## **2.4 Масштабы использования НВИЭ в некоторых промышленно развитых странах.**

Основное преимущество возобновляемых источников энергии – неисчерпаемость и экологическая чистота. Их использование не изменяет энергетический баланс планеты. Эти качества и послужили причиной бурного развития возобновляемой энергетики за рубежом (табл. 4) и весьма оптимистических прогнозов их развития в ближайшем десятилетии. Возобновляемые источники энергии играют значительную роль в решении трех глобальных проблем, стоящих перед человечеством: энергетики, экологии, продовольствия.

Солнечная энергетика. В производстве фотоэлементов (прямое преобразование солнечной энергии в электрическую энергию) и систем на их основе наблюдается бум. В 1999 г. годовое производство энергии с помощью фотоэлементов в мире составило 200 МВт. Годовые темпы роста за последние 5 лет составляют 30%. Страны-лидеры – Япония-80, США-60, Германия-50 МВт (Россия - 0,5 МВт). Общая площадь солнечных водонагревателей (солнечных коллекторов) в мире превысила по неполным данным 21 млн. м<sup>2</sup>, при этом годовое производство солнечных коллекторов превышает 1,7 млн. м<sup>2</sup>. Страны-лидеры: Япония -7, США – 4, Израиль – 2,8, Греция – 2,0 млн. м<sup>2</sup>, (Россия - 0,1 млн. м<sup>2</sup>).

Ветроэнергетика. Установленная мощность ветроустановок в мире увеличилась с 6172 МВт в 1996 г. до 12000 МВт в 1999г.; прогноз на 2006 г. -3600 МВт. Страны-лидеры: Германия – 4444 МВт, США – 1819, Дания – 1752, Испания – 1539, Индия-1100 МВт (Россия – 4 МВт). Оборот ветроэнергетической индустрии в мире в 1998 г. составил 1.7 млрд. долл. и увеличился по сравнению с предыдущим годом на 31%.

Гидроэнергетика. Экономический потенциал гидравлической энергии в мире оценивается в 8100 ТВт.ч. Установленная мощность всех гидростанций составляет 669 ТВт, а вырабатываемая электроэнергия-2691ТВт.ч. Таким образом, экономический потенциал используется на 33%.

Мировым лидером в малой гидроэнергетике является Китай, где с 1950 по 1996 гг. общая мощность малых ГЭС выросла с 5.9 до 19200 МВт. В ближайшем десятилетии в Китае планируется строительство более 40000 малых ГЭС с ежегодным вводом до 100 МВт. В Индии на конец 1998 г. установленная мощность малых ГЭС (единичной мощностью до 3 МВт) составляла 173 МВт; в стадии строительства находятся ГЭС общей мощностью в 188 МВт. Определены места строительства еще около 400 стаций с общей проектной мощностью 8370 МВт. Эффективно работают малые ГЭС в ряде европейских стран, в том числе в Австрии, Финляндии, Швеции и др.

Геотермальная энергетика. Установленная мощность геотермальных электростанций (ГеоТЭС) возросла с 678 в 1970 г. до 8000 МВт в 2000 г. Страны-лидеры: США – 2228 МВт. Филиппины – 1909, Италия – 785, Мексика-755, Индонезия-589 МВт, (Россия -23 МВт.) Среднегодовой рост мощности ГеоТЭС за последние 30 лет составил 8,6. Установленная мощность геотермальных тепловых установок за последние 20 лет выросла с 1950 до 17175 МВт.

Энергия биомассы. Использование энергии биомассы осуществляется по нескольким направлениям: производство

биогаза, энергетическое использование твердых бытовых отходов (ТБО), использование древесного топлива и торфа.

Производство биогаза и удобрений осуществляется на:

- малых установках по переработке сельскохозяйственных и бытовых отходов индивидуальных крестьянских фермерских хозяйств, общее количество которых превысило 6 млн. штук (это направление особенно развито в Китае и Индии);
- больших установках по переработке городских сточных вод (более 10000 установок) и комбинированных установках по сбрасыванию городских и промышленных сточных вод (более 100 новейших установок в мире);
- мощных комбинированных установках (фабрик по переработке отходов продукции сельского хозяйства, животноводства и фермерских хозяйств) более 50 фабрик в Европе.

Биогаз, полученный на указанных выше установках, используется в быту, в водонагревательных и паровых котлах, а также в дизельгенераторах, производящих электроэнергию.

### **Вопросы для самопроверки**

1. По каким критериям необходимо отбирать предназначение для совместной работы с ВИЭ энергопотребители в малотоннажном сельхозпроизводстве?
2. Для чего составляют временной график энергопотребления?
3. Какие операции в технологии сельхозработ дехканского хозяйства могут быть электромеханизированы с помощью существующего промышленного оборудования?
4. Почему ВИЭ наиболее целесообразно применять в сельскохозяйственном производстве?

5. Какие источники света являются наиболее экономичными?
6. Какие источники света получили в сельском хозяйстве наиболее широкое распространение?
7. По каким характеристикам люминисцентные лампы превосходят лампы накаливания?
8. К каким преимуществам приводит замена ручной стрижки овец механизированной?
9. Какие пчеловодческие зоны наиболее пригодны для энергообеспечения пчеловодческого оборудования с помощью микроТЭС?
10. Какие технологические операции в пчеловодстве могут быть обеспечены электроэнергией за счет ВИЭ?
11. Какими положительными факторами сопровождается использование ВИЭ в пчеловодстве?
12. На какие основные характеристики электробытовых приборов необходимо обращать особое внимание при энергообеспечении их от ВИЭ?
13. В решении каких глобальных проблем ВИЭ играют наиболее значительную роль?
14. Приведите примеры использования ВИЭ в промышленно развитых странах?

### **Рекомендуемая литература.**

1. Андриевский Е.Н. Эксплуатация электроустановок в сельском хозяйстве. - М.: Энергоиздат; 1988.
2. Сыроватка В.И., Цой Ю.А., Зеленцов А.И. Автоматизированное оборудование молочных ферм. - М.: Росагропромиздат, 1989.
3. Потоенко К.Д., Безверхов Д.П., Алихонов Ш. Экономия топливно-энергетических ресурсов в животноводстве: Сборник статей «Проблемы

- эффективного использования энергии в отраслях агропромышленного комплекса». - Ташкент, Минводхоз РУз, 2003.
4. Кораблев А.Д. Экономия энергоресурсов в сельском хозяйстве. М., Во, - М.: Агропромиздат, 1988.
  5. Потоенко К.Д., Тюрин Ю.Г. Особенности электрификации сельскохозяйственного производства Узбекистана // Тр. международной конференции «Фундаментальные и прикладные вопросы физики», Ташкент, Тип. УД АНРУз, 2004.

## ГЛАВА 3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ МАЛЫХ ВОДОТОКОВ

### 3.1 Типы и классификация малых и микроГЭС

В настоящее время нет единой общепризнанной классификации малых и микроГЭС, что делает некорректным анализ научно-технической литературы, оценку гидроэнергетического потенциала малых рек и водотоков, объемов капитальных вложений. Вследствие этого же иногда невозможно сопоставлять принципиально новые конструктивные и технические решения, экономические и экологические показатели, оптимизировать конструктивные параметры гидросилового и энергетического оборудования. В качестве показателей используются один или несколько факторов. Например, в США к малым ГЭС иногда относят гидроэлектростанции с плотиной до 20 м, мощностью до МВт и водохранилищем емкостью до 18,5 млн м<sup>3</sup>. В большинстве же стран основным признаком является мощность ГЭС. Наиболее часто встречается ограничение в 5 МВт. (Австралия, Испания, Индия, Франция, ФРГ, Китай, ряд авторов в США и в других странах). В то же время есть страны, где к малым ГЭС относят установки мощностью до 1,0-1,5 МВт, (Италия, Норвегия, Швеция, Швейцария), а Новой Зеландии предельная мощность малых ГЭС 30-50 МВт.

Иногда малые ГЭС в свою очередь, делят на три группы: микроГЭС мощностью с мощностью до 50-100 кВт, миниГЭС – от 50-100 кВт до 1 МВт и, соответственно, малые ГЭС с мощностью до 1,0-5,0 МВт.

Отсутствие единого подхода к определению малых ГЭС объясняется многими факторами, в том числе и различиями в местных условиях, лицензионной процедурой для получения разрешения на строительство ГЭС и денежных средств в виде займов и кредитов.

К настоящему времени существенно изменился подход к понятию ГЭС. Критерием, по которому принято сегодня характеризовать ГЭС, как малую, является, в основном, мощность.

До 1984 г. в СНГ к малым относили ГЭУ мощностью до 10 МВт. В 1984 г. было произведено увеличение максимальной предельной мощности малой ГЭС до 30 МВт. Естественно, что это значительно расширяет как масштабы развития малой гидроэнергетики, так и ее потенциал.

В настоящее время к малым ГЭС относятся станции мощностью до 30 МВт с мощностью единичного агрегата от 0,1 до 10 МВт и диаметром рабочего колеса турбины до 3 м. Эти же параметры мощности электростанции и агрегата были приняты для тепловых, дизельных и прочих электростанций.

К микроГЭС относятся гидроагрегаты мощностью до 100 кВт. Это очень большой диапазон, для охвата которого необходимо использовать принципиально разные конструкции турбин: реактивно-прямоточные до мощностей 3 кВт; активные поперечно-струйные - для средних мощностей и активно радиальные наклонно-струйные - для больших мощностей. Различные технико-экономические, массо-габаритные и эксплуатационные характеристики делают целесообразным определить более детальную классификацию микроГЭС:

1. Рукавные микроГЭС – до 3 кВт. Они находят применение как переносные, в основном, сезонные, использующие низкопотенциальную энергию свободного потока малых водотоков и ручьев (рис 3.1).
2. Деривационные микроГЭС – до 6 кВт. Эти микроГЭС являются транспортабельными, подвод воды гидротурбины осуществляется специальным водоводом (трубопроводом, каналам или туннелем). Используются перепады водотоков более 2 м. Строительства водозаборных сооружений не требуется (рис 3.2.)

3. Стационарные микроГЭС – до 100 кВт. Предназначены для электроснабжения крупных объектов и могут работать при отсутствии, так и совместно с сетями централизованного электроснабжения.

В горных районах следует применять конструкции ГЭС с деривационной схемой использования водной энергии, деривация – совокупность сооружений осуществляющих подвод воды водоводом (трубопроводом, каналом и тоннелем) к гидротурбине. Применение деривации обусловлено большими уклонами в горной местности и короткими деривационными сооружениями, не требующими крупных капиталовложений. Кроме того, срочные расходы воды и селевые потоки не разрушают такие ГЭС, чем обеспечивается длительный срок их эксплуатации.

### **3.2 Водозаборные устройства**

Водозаборные устройства должны обеспечивать: бесперебойность подачи воды в деривацию с заданным расходом и установленным периодом работы; возможность прекращения поступления воды в деривацию в случае аварии, осмотра и ремонта оборудования станции; защиту водоводов от проникновения в них донных и плавающих тел, крупного сора, шуги, льда, небольшие потери напора в системе водоподдачи.

Основное назначение плотины - отвод воды в систему деривации. Кроме того, плотина должна обеспечивать сброс избытков воды. Поэтому на водозаборных устройствах малых водотоков устанавливают водосливные плотины высотой до 1 м. Такая высота необходима для заполнения водой водоприемника.

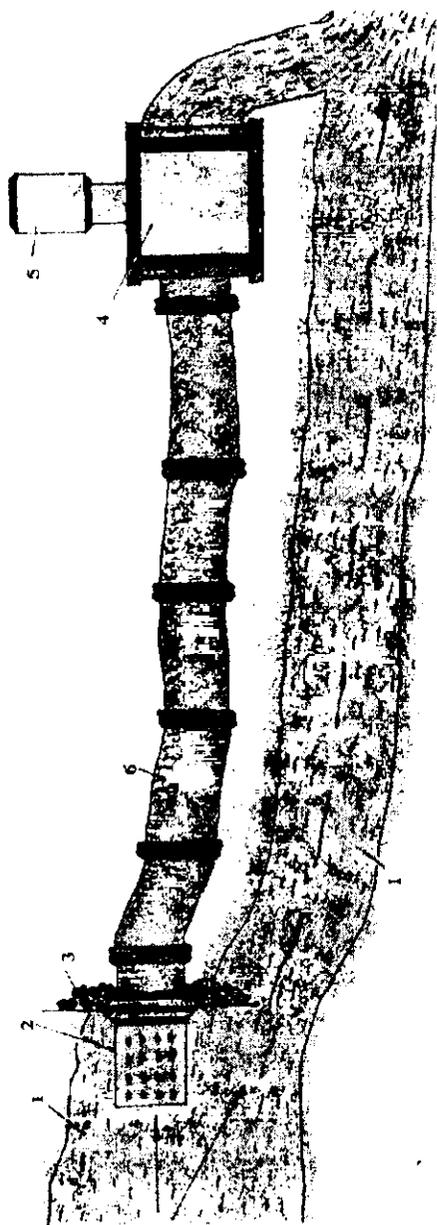


Рис. 3.1. Схема установки транспортабельной микроГЭС.  
1- ручей; 2- водозаборное устройство; 3- плотина; 4- гидротурбина;  
5-гидрогенератор; 6-напорный рукав.

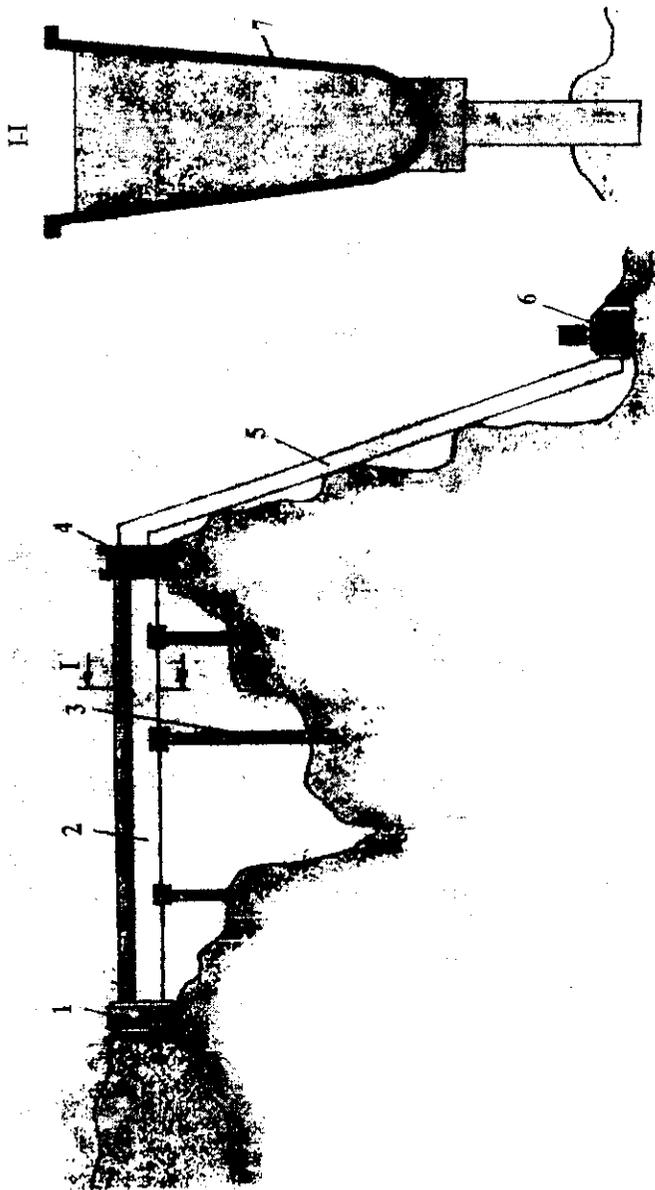


Рис.3.2. Схема деривационной ГЭС.  
 1-водозабор устройство; 2-безнапорный участок водовода (лоток); 3- опорная конструкция водовода; 4-напорный бассейн; 5-напорный участок водовода; 6-гидроэлектроагрегат; 7-поперечное сечение безнапорного участка водовода.

Если имеется возможность осуществить водозабор без строительства плотины, то ее вообще не устанавливают. Улучшают условия очистки воды от донных наносов путем сооружения косо расположенной водосбросной плотины, создающей искусственную поперечную циркуляцию потока. Плотины строят в основном временные (транспортабельная ГЭС) из подручного материала - валунов и камней. Для снижения фильтрации таких плотин в их тело закладывают полотно из мелиоративной ткани 3 (рис.3.3).

Так как объем водохранилища при водосливных плотинах незначителен, а горные реки содержат большое количество взвешенных частиц, то водоприемники должны быть защищены от донных и природных наносов. С этой целью в пороге водоприемника устраивают промывное отверстие 8, оборудованное затвором 9, через которое периодически осевшие перед порогом наносы сбрасываются в нижний бьеф. Могут быть применены и автоматические очистители от наносов.

Водоприемники оборудуют сороудерживающими решетками 1, ремонтными затворами 2. Ввиду небольших объемов забираемой воды решетки и затворы оборудуют ручными подъемниками.

Площадь окна  $S_p$  (м<sup>2</sup>) водоприемного устройства определяют из расчета скорости ( $v_p=0,25\dots0,5$  м/с), проходящей через него воды:

$$S_p = Q/v_p$$

где Q - расход воды электростанций м<sup>3</sup>/с.

Окно водоприемника размещают ниже минимального уровня воды в верхнем бьефе. Этим достигается его защита от попадания на решетку шуги и плавающих по поверхности реки предметов.

Полные потери напора в водоприемнике складываются из местных потерь и определяются по формуле Вейсбах

$$h_M = \xi \frac{v^2}{2g},$$

$$h_{\text{пот}} = \lambda \frac{v^2}{2g} = \lambda \frac{Q^2}{2g\omega^2},$$

где  $\lambda$  - коэффициент трения воды о стенки труб (обычно составляет 0,02...0,03 м<sup>3</sup>/с);  $Q$  - действительный расход, м<sup>3</sup>/с;  $d$  - диаметр трубопровода, м;

На напорных трубопроводах могут также возникнуть значительные местные потери, вызванные резкими поворотами, неисправностью задвижек и т.п. Их величину можно определить из выражения

$$\Delta h = \frac{0,083 f Q^2}{d^4},$$

где  $f$  - коэффициент местного сопротивления (для задвижек он равен 0,5; для закругленного на 90° колена - 0,3).

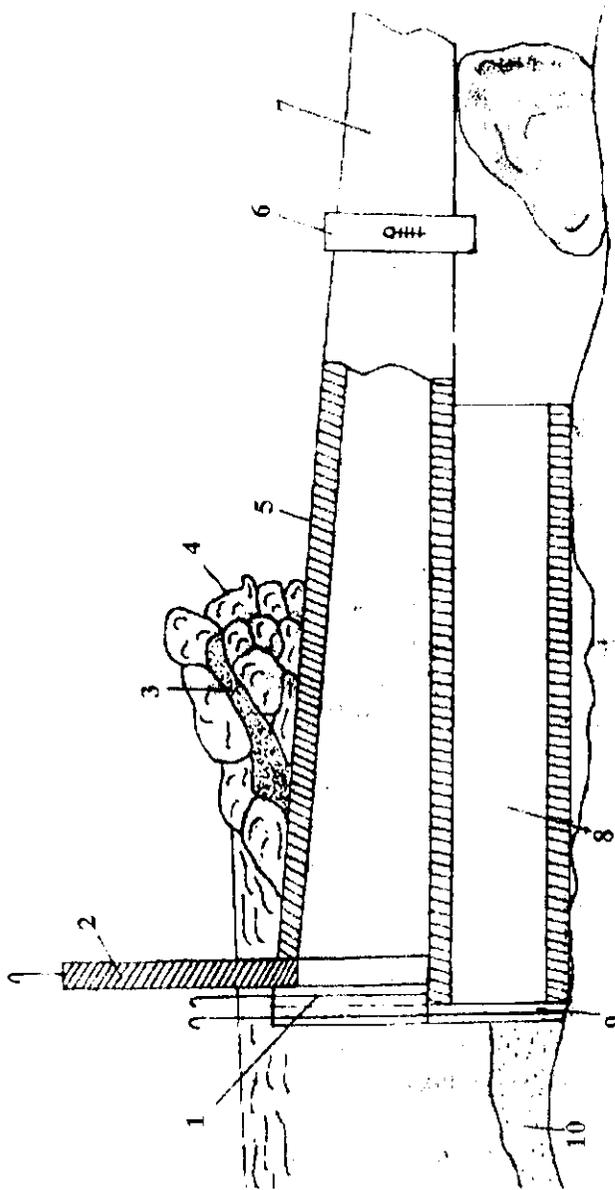


Рис.3.3. Водозаборное устройство транспортабельной ГЭС.

1-сорорудерживающая решетка; 2-ремонтный затвор; 3- мелиоративная ткань в теле плотины; 4-каменная плотина; 5- водоприемник; 6-соединительный хомут; 7-напорный рукав; 8-промывное отверстие; 9- затвор промывного отверстия; 10-грунтовые наносы перед водозаборным устройством.

### 3.3 Типы гидротурбин и их расчет

В зависимости от вида энергии, используемой в рабочем колесе турбин, последние делят на два класса: реактивные и активные.

Реактивные турбины используют кинетическую и потенциальную часть энергии воды. У этих турбин рабочее колесо вращается в сплошном потоке (рис.3.4). Преимущества данных турбин – сравнительно небольшая удельная масса и возможность передаточного механизма. Наилучшие их показатели достигаются в зоне малых напоров и больших расходов воды.

Активные (свободнотруйные) турбины отличаются от реактивных тем, что в них рабочее колесо вращается под воздействием свободной струи, обладающей кинетической энергией и имеющей одинаковые давления при входе в рабочее колесо и на выходе из него (рис. 3.5). Для этого в активных турбинах применяют два основных элемента: сопло, преобразующее энергию давления воды в кинетическую струю, и рабочее колесо, преобразующее кинетическую энергию воды в механическую энергию за счет изменения моментов количества движения.

Малые гидроэлектростанции, особенно их низшие ступени мощности, часто испытывают перегрузки при включении крупных асинхронных двигателей. Активные турбины в отличие от реактивных такие перегрузки выдерживают, не останавливаясь, и только немного уменьшают число оборотов. Наилучшие показатели турбин этого класса достигаются в зоне малых расходов и больших напоров воды.

Из множества типов активных и реактивных турбин наиболее эффективные в условиях горных рек показаны на рисунке 3.6.

В зоне 1 расхода воды  $0,8 \text{ м}^3/\text{с}$  и мощности ГЭС более 10 кВт целесообразно применять прямоточные реактивные турбины

(см. рис. 3.4). Ограничение по расходу вызвано экономической целесообразностью применения других типов турбин, а по мощности – невозможность пуска крупных электродвигателей.

Прямоточная турбина представляет собой цилиндр, в котором помещен вал с крыловидными лопатками, напоминающими гребной винт корабля. Вал турбины проходит через стенку цилиндра и соединяется с генератором. Частота вращения турбины в рассматриваемом диапазоне напоров и расходов –  $60...300 \text{ мин}^{-1}$ . При помощи редуктора скорость можно увеличить до  $1000...1500 \text{ мин}^{-1}$ .

Прямоточная турбина относится к обратимым машинам, которые выпускаются промышленностью серийно в качестве осевых насосов, поэтому турбина не требует налаживания серийного производства.

Характеристика работы турбин видна из примеров, приведенных на рис. 3.7 и 3.8. Из рисунков видно, что наивысший КПД турбина с заданным углом лопаток имеет на сравнительно узком участке напоров и расходов. Отклонение от этого участка приводит к резкому снижению КПД и, соответственно, мощности турбины. Учитывая это, для каждого конкретного объекта следует тщательно подбирать турбины по напору и расходу или применять турбины с регулируемыми лопатками. Когда в качестве турбины используют насос, его расчетный напор должен быть на  $20...30\%$  больше фактического.

В зоне 2 (см. рис. 3,5) расходы воды до  $0,8 \text{ м}^3/\text{с}$  и мощности ГЭС более 3 кВт целесообразно применять активные поперечно – струйные (их еще называют - двухкратными) турбины (рис. 3,4, б). Работа этих турбин экономична при больших расходах воды и мощности до 30 кВт. Экономичность их применения обусловлена необходимостью пуска наиболее мощных двигателей, пуск которых не обеспечивается прямоточными турбинами.

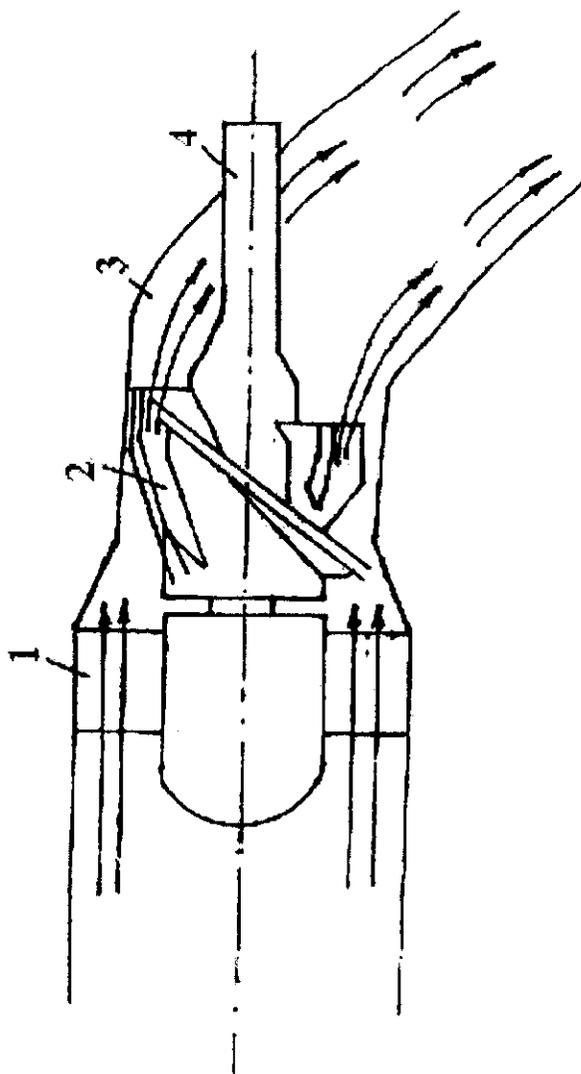


Рис.3.4. Реактивная прямооточная турбина.  
1- направляющие лопатки; 2- турбина; 3- отводящая труба;  
4- вал турбины (вывод к генератору)

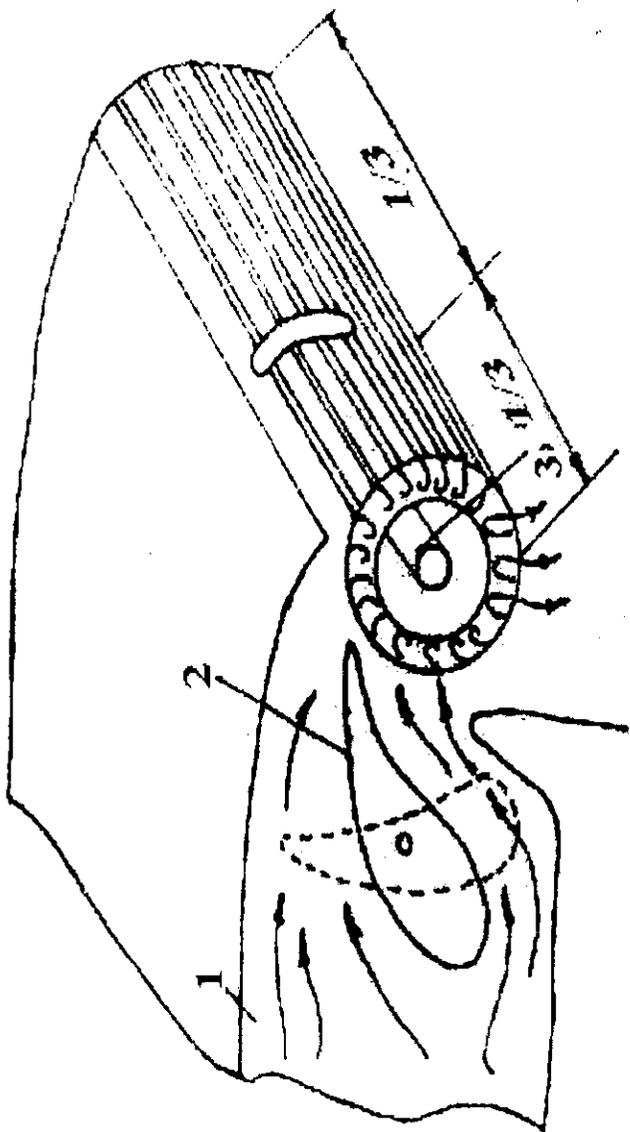
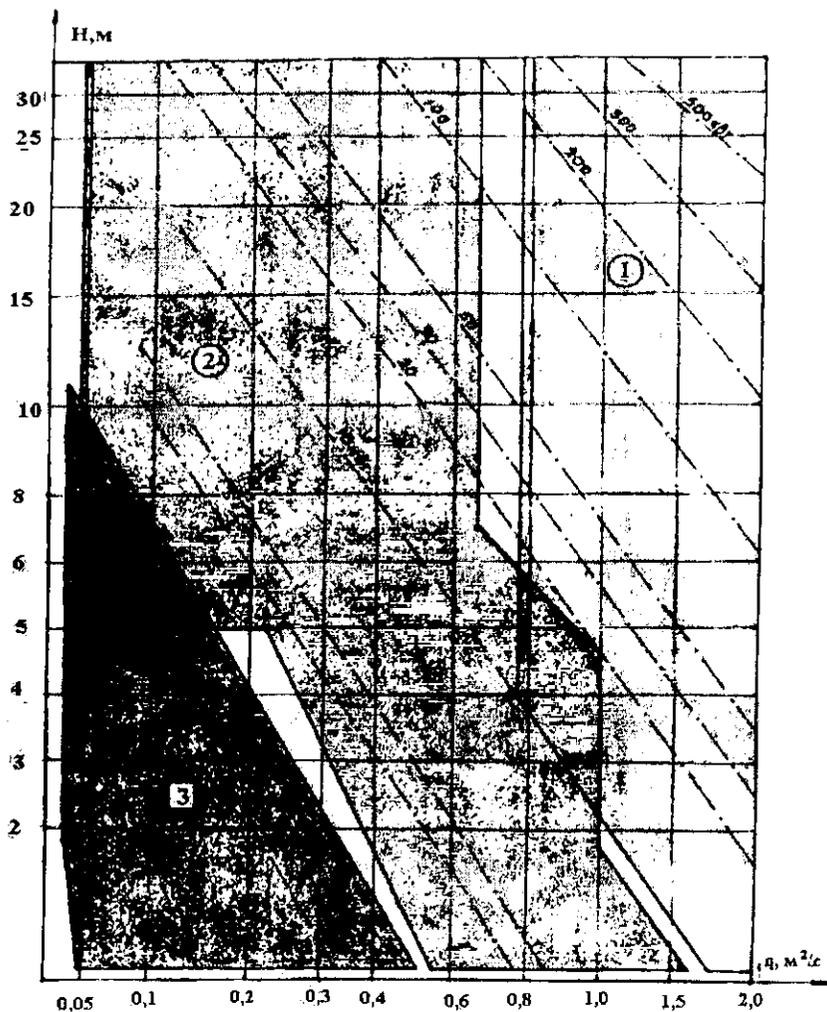
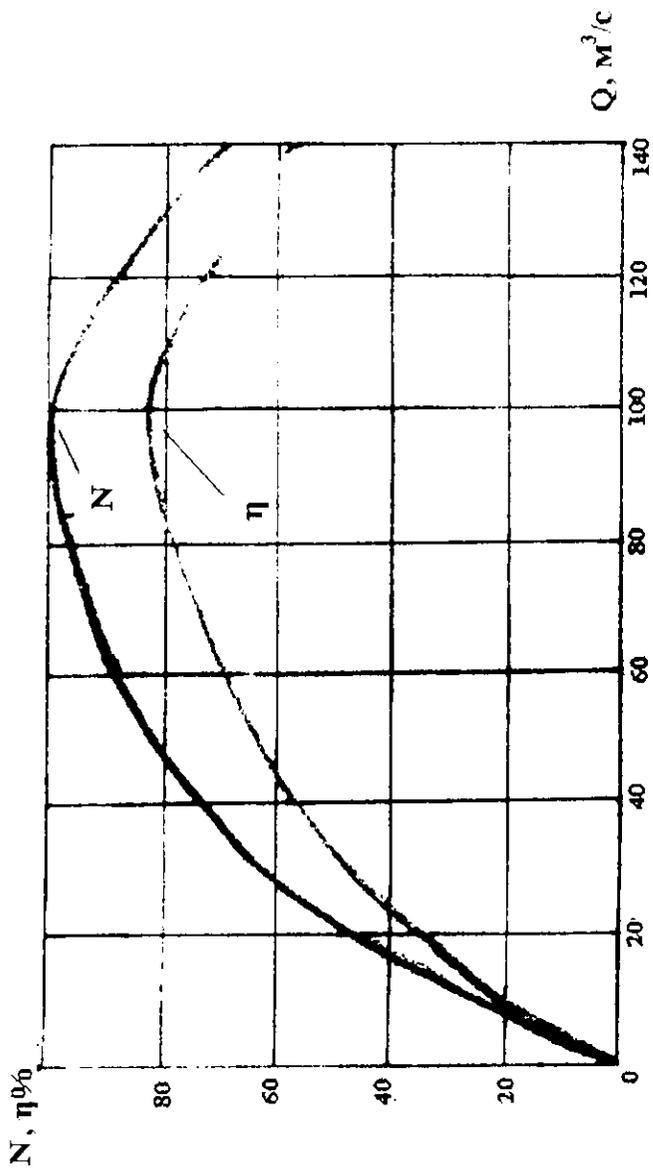


Рис.3.5. Активная поперечно-струйная турбина.  
1- напорный водовод; 2- загвор; 3- рабочее колесо.

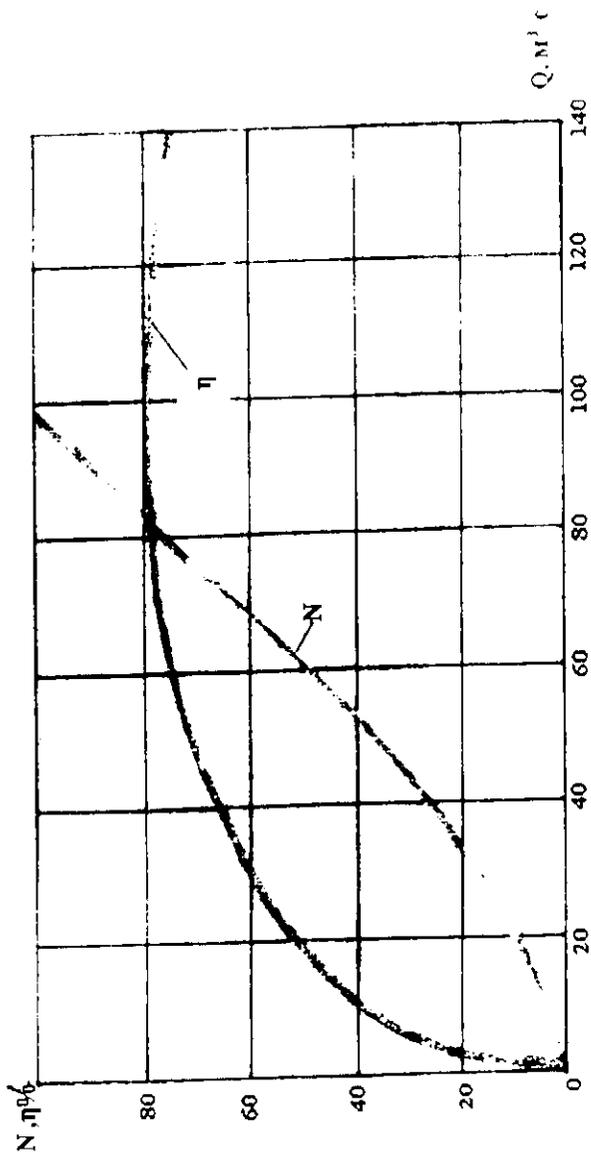


**Рис.3.6. График работы турбин для малых сельских ГЭС. 1-зона прямоточных турбин; 2- зона поперечно- струйных турбин; 3- зона наклонно-струйных турбин.**



N - мощность турбины; Q - расход воды; η - КПД гидротурбины.

Рис. 3.7. Характеристика работы реактивной прямоточной турбины.



N - мощность турбины; Q - расход воды; η - КПД гидротурбины.

Рис. 3.8. Характеристика работы активной поперечно-струйной турбины.

Поперечно – струйная турбина имеет сравнительно простую конструкцию. У данной турбины вода дважды попадает на лопасти рабочего колеса, отдавая ему энергию. Скорость его вращения составляет 100...1000 мин<sup>-1</sup>. При необходимости ее можно увеличить, применяя редукторы.

Турбину обычно делят на две части величиной 1/3 и 2/3 ширины рабочего колеса. В зависимости от дебита реки открывают или на 1/3 рабочего колеса, или на 2/3, или полностью. Такое деление и подключение рабочего колеса обеспечивают эффективную работу одного типоразмера поперечно – струйной турбины в широком диапазоне расхода воды. В результате существенно облегчается организация серийного производства этого типа турбин (оно пока еще не налажено).

Учитывая простоту конструкции поперечно – струйной турбины, ее производство может быть организовано местными. Для этого рекомендуются следующие оптимальные размеры основных узлов турбины:

***Наружный диаметр рабочего колеса, м***

$$D \approx \sqrt{Q / \sqrt{H_c}},$$

где  $H_c$  – действующий скоростной напор в середине выходного сопла, м;  $Q$  – расход воды, м<sup>3</sup>/с;

***ширина (м) рабочего колеса***

$$B = Q / 0,42D\sqrt{H_c},$$

где  $B$  делится на две части; 1/3  $B$  и 2/3  $B$ ;

***частота вращения рабочего колеса (мин –1)***

$$n = 30 \sqrt{2gH_c} / \pi D,$$

где  $g$  – ускорение свободного падения ( $g=9,81$  м<sup>2</sup>/с);

***ширина направляющего аппарата, м***

$$B_{н.а} = 0,8B$$

(она делится на две части соответственно делению рабочего колеса);

*высота направляющего аппарата в чистом виде (без учета площади, занимаемой затвором), м*

$$h_{н.а} = Q / b_{н.а} \varphi \sqrt{2gH} ,$$

где  $\varphi$  - коэффициент скорости (обычно равен 0,98).

В зоне 3 (см. рис. 3.6) и мощности ГЭС менее 3 кВт (где она используется для кочевых условий работы) поперечно – струйные турбины неприемлемы из-за массы, превышающей допустимую. Для этой зоны требуются турбины, сочетающие в себе преимущества реактивных (работают все лопатки, что позволяет снизить удельный вес турбины) и активных (способность выдерживать перегрузки от пуска электродвигателей) турбин. Для этого созданы активные специальные радиальные низконапорные наклонно – скоростные струйные турбины (рис. 3.9), позволяющие получить заданную частоту вращения без промежуточного редуктора. У этих турбин вода из гибкого напорного водовода подается в центр направляющего аппарата, снабженного по всей окружности лопатками. Входная и выходная части лопатки изогнуты по дугам окружности и образуют соответственно с выходной и входной частями соседних лопаток сопла. Такое выполнение направляющего аппарата позволяет сформировать скоростную струю потока для выхода на рабочее колесо сравнительно на коротком участке и создать направляющий аппарат небольших размеров. Наличие же поворота струи не приводит к большим потерям энергии, так как скорость потока относительно невелика.

Указанное выполнение направляющего аппарата позволяет применять на рабочем колесе наклонные лопатки, обеспечивающие заданную частоту вращения колеса без промежуточного редуктора, что нельзя было сделать в поперечно-струйной турбине.

После выбора гидротурбины и определения основных параметров приступают к выбору генератора.

### **3.4 Асинхронные электрогенераторы для микро ГЭС**

Гидрогенераторы предназначены для преобразования механической энергии турбины в электрическую. На малых ГЭС в качестве генераторов получили распространение машины переменного тока.

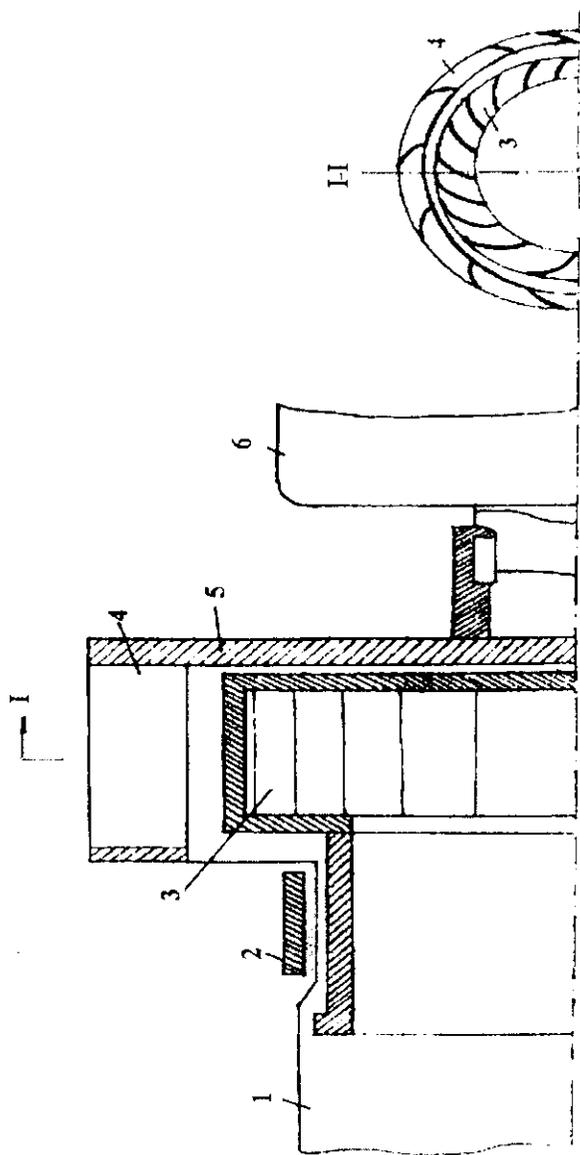
Гидрогенератор является составной частью единого энергетического агрегата гидроэлектростанции, в котором узлы и детали генераторов и турбин конструктивно и технологически взаимосвязаны.

В качестве гидрогенераторов на малых ГЭС применяют синхронные машины. Из основных конструктивных узлов и электрических параметров у этих машин существенно различаются роторы, устройства возбуждения и способы достижения заданных параметров электрического тока.

В работе синхронного генератора ротор является прежде всего индуктором, образующим магнитное поле возбуждения, затем – вентилятором, создающим необходимый напор воздуха для охлаждения генератора, и, наконец, маховиком, обеспечивающим устойчивость работы генератора. Кроме того, при торможении агрегата ротор используют как тормозной диск.

Возбуждение синхронных генераторов осуществляется постоянным током от возбудителя – дополнительно устанавливаемого генератора постоянного тока.

Параметры электрического тока (напряжение, частота, коэффициент мощности) регулируются системой возбуждения и количеством подаваемой воды.



**Рис. 3.9.** Активная радиальная наклонно-струйная турбина.  
 1-гибкий напорный водовод; 2-соединительный хомут; 3-лопатки  
 направляющего аппарата; 4-лопатки рабочего колеса; 5-рабочее колесо; 6-  
 генератор.

В то же время у синхронных генераторов ротор и возбудитель являются наиболее сложными и крупными узлами, масса которых достигает 50% и более общей массы генератора, что создает значительную трудоемкость в изготовлении и монтаже синхронных машин. Например, масса генератора мощностью 100кВт достигает 1400кг. Учитывая это, в последнее время на малых ГЭС как у нас в стране, так и за рубежом стали применять асинхронные генераторы.

Асинхронные машины с той же мощностью генератора имеют массу в 2-2,5 раза меньшую. Например, масса асинхронного генератора мощностью 100кВт достигает всего 420кг. При использовании асинхронной машины мощностью 1,5кВт на транспортабельной ГЭС масса энергоблока составляет всего 50кг. Это позволяет устанавливать ее вручную (без модемных приспособлений) двум рабочим в кочевых условиях.

Применение асинхронных машин значительно упростило монтаж малых ГЭС в трудных условиях бездорожья, горной местности, и стало способствовать их распространению на сельскохозяйственных объектах, удаленных от источников централизованного электроснабжения.

Использовать асинхронную машину в качестве генератора позволило наличие специального конденсатора возбуждения 3 (рис 3.10).

Конденсаторы с индуктивностью асинхронных машин создают колебательный контур электрического тока, который наводит ЭДС в обмотке статора машины. Получаемая частота тока асинхронного генератора зависит от емкости конденсаторов, частоты вращения ротора и мощности асинхронной машины. Реактивную мощность конденсаторных батарей можно приближенно принять равной 55% расчетной активной мощности электрического генератора. Более точно емкость конденсатора для каждого типа машин находят экспериментальным путем.

Помимо сравнительно небольшой массы, другим преимуществом асинхронных генераторов является, резкое снижение или отсутствие напряжения при перегрузках и коротких замыканиях, то есть для этих случаев у асинхронных машин не требуется установка защитной аппаратуры.

По эксплуатационным показателям асинхронные генераторы надежнее в работе, требуют меньшего объема ремонтных и профилактических работ. Проводить техническое обслуживание асинхронных генераторов может по совместительству имеющийся персонал сельскохозяйственных объектов. Основные параметры малых ГЭС, подлежащие регулированию при изменениях нагрузки потребителей, - напряжение и частота электрического тока. Способ регулирования параметров зависит от типа генератора ГЭС и условий его работы

На малых ГЭС в основном применяют асинхронные генераторы. Они работают совместно с энергосистемой и автономно.

При параллельной работе малой ГЭС с энергосистемой отпадает необходимость в регулирующей аппаратуре по частоте и напряжению для асинхронного генератора. Эти параметры автоматически регулируются электрическим током энергосистемы.

У автономных ГЭС процесс регулирования частоты тока и напряжения несколько сложнее, так как они существенно зависят как от скорости вращения ротора, так и от активной нагрузки, при изменении которой изменяется реактивная мощность и резонанс колебательного контура. Чтобы не требовалась их регулировка, стабилизируют общую нагрузку генератора. Для этого к электрической сети подключают полезную и балластную нагрузки, общая величина которых постоянна. При увеличении полезной нагрузки соответственно уменьшается доля балластной. Балластная нагрузка может быть использована для различных производственных целей,

например, аккумуляции теплоты, используемой в дальнейшем и для отопления и горячего водоснабжения.

### 3.5 Регулирование параметров электрического тока

В качестве распределительного органа между рабочей и балластной нагрузками служит устройство стабилизации напряжения (рис. 3.11), обеспечивающее высокую надежность регуляторов и простоту их конструкции.

Схема устройства стабилизации напряжения включает в себя встречно - параллельно включенные тиристоры  $VS1$ ,  $VS2$ , соединенные последовательно с балластной нагрузкой  $R1$ . Управляющие электроды тиристоров через токоограничивающие и защитные цепи  $VD1$ ,  $R2$ ,  $VD2$ ,  $R3$  подключены к фазосдвигающему устройству с  $PC$  - цепью, выполненному на трансформаторе  $T1$ , конденсаторе  $C1$ ,  $C2$  и транзисторе  $VT1$ ,  $VT2$ . Последний применяется в качестве управляющего резистора. Напряжение со вторичной обмотки трансформатора  $T1$  выпрямляется диодом  $VD1$ ,  $VD2$ , сглаживается конденсатором  $C3$ ,  $C4$  и сравнивается с установкой, задаваемой потенциометром  $RP1$ ,  $RP2$ . При превышении напряжения заданного значения ток поступает на транзистор  $VT1$ ,  $VT2$ , изменяя его проводимость, а, следовательно, и угол сдвига входного и выходного напряжений фазосдвигающего устройства.

При работе генератора с полезной нагрузкой номинальной мощности или во время пуска, когда напряжение генератора не превышает расчетной величины, тиристор  $VS2$  закрыт, так как напряжение на управляющем электроде сдвинуто по фазе на  $180^\circ$  по отношению к приложенному. При сборе части полезной нагрузки напряжение генератора несколько повышается, что приводит к уменьшению угла выходного напряжения фазосдвигающего устройства и открытию тиристора.

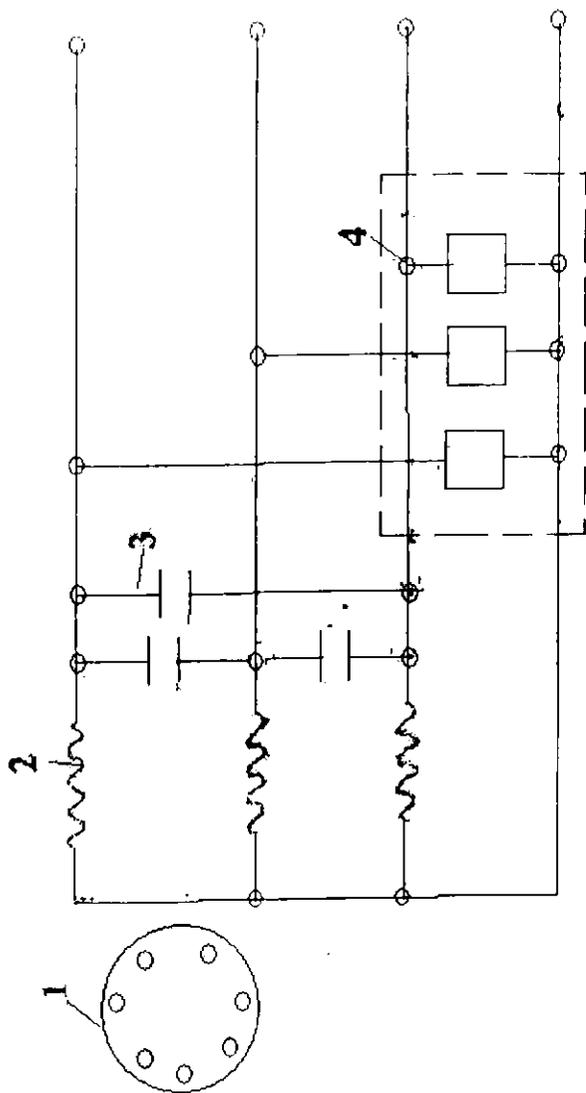


Рис.3.10. Электрическая схема асинхронного генератора с устройством стабилизации:

1- статор генератора; 2- короткозамкнутый ротор; 3- конденсаторы возбуждения; 4- устройство стабилизации.

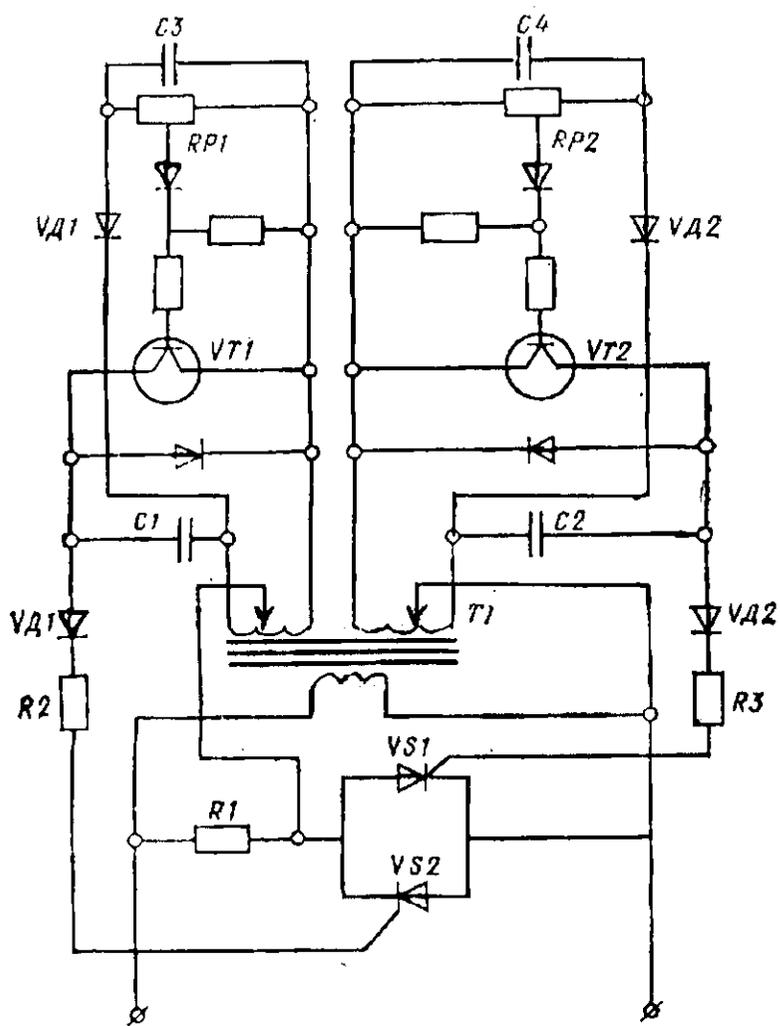


Рис.3.11. Электрическая схема устройства стабилизации напряжения.

Ток начинает протекать через балластную нагрузку  $RI$ , компенсируя уменьшение тока через полезную нагрузку. Управление гиристором  $ISI$  аналогично. Таким образом, устройство стабилизации напряжения поддерживает на заданном уровне общую нагрузку генератора, обеспечивая заданные напряжение и частоту тока генератора.

На микроГЭС предпочитают использовать сравнительно простые и надежные механические регуляторы напряжения (рис. 3.12). В основу этого устройства положена зависимость мощности ГЭС и соответственно напряжения и частоты тока от расхода воды, поступающей на лопатки, то есть, изменяя фактическую нагрузку потребителя, изменяют расход воды так, чтобы сохранялось число оборотов турбины, а отсюда – напряжение и частота тока.

На торцевых частях генератора 5 (рис.3.12) установлены кольцевые втулочные пары, из них наружные втулки 3, 6 жестко соединены со станиной 10, а внутренние 4, 8 – с корпусом генератора. На втулке 8 одной из пар выполнен винтовой паз, в который входит палец 7, закрепленный на наружной втулке 6. Между торцевой частью генератора и станиной помещена регулировочная пружина 9.

При отсутствии полезной нагрузки генератор с рабочим колесом 2 под воздействием пружины смещается относительно направляющего аппарата 1, отчего не полностью используется энергия потока воды. При возникновении полезной нагрузки создается реактивный момент статора. Последний, преодолевая сопротивление пружины, поворачивается на некоторый угол, отчего палец, перемещаясь по винтовой канавке, создает поступательное движение ( по стрелке «А») генератора и рабочего колеса, которое, совмещаясь с потоком воды, выходящим из направляющего аппарата, обеспечивает необходимую скорость вращения ротора генератора и нужное напряжение.

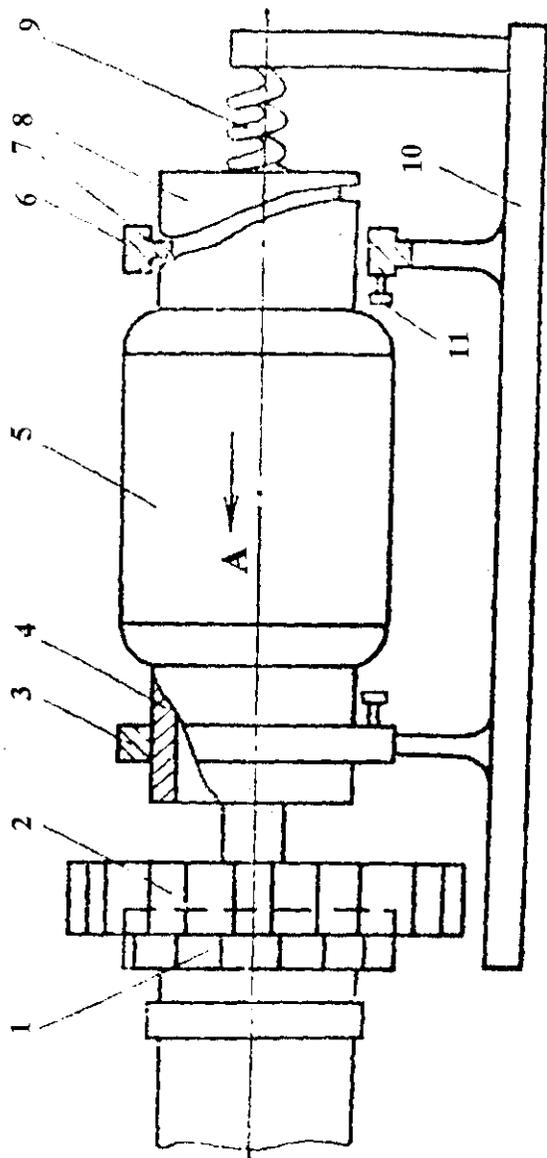


Рис.3.12. Схема механического регулятора напряжения микро ГЭС.

1- направляющий аппарат; 2- рабочее колесо; 3- втулка без пальца; 4- втулка без паза; 5- корпус генератора; 6- наружная втулка с пальчиком; 7- палец; 8- внутренняя втулка; 9- регулировочная пружина; 10- станина; 11- ограничитель хода.

Исходя из рассмотренных конструктивных особенностей малых и микроГЭС, осуществляют их проектирование, монтаж и эксплуатацию.

### **Вопросы для самопроверки.**

1. Что такое ГЭС с деривационной схемой использования водной энергии? Где они применяются?
2. Конструктивные особенности водозаборных устройств микро ГЭС.
3. Особенности конструкции безнапорных и напорных деривационных водоводов.
4. Принцип работы реактивных гидротурбин. Их преимущества.
5. Принцип работы активных (свободнотруйных) гидротурбин.
6. Какие гидрогенераторы применяются в микро ГЭС?
7. Каким образом производят регулирование параметров электрического тока в микро ГЭС?
8. Экономические и экологические особенности применения микро ГЭС.
9. Оцените валовые, технические и экономические ресурсы геотермальных вод Узбекистана.
10. Особенности физико-химических свойств геотермальных вод Узбекистана.
11. Схемы применения геотермальных вод в качестве источника тепла.
12. Экономические и экологические особенности применения микро ГЭС.

## Литература

- 3.1. Использование водной энергии. Под ред. Васильева Ю.С. М.: Энергоатомиздат, 1995.
- 3.2. Малая гидроэнергетика. Под ред. Михайлова Л.П. М., Энергоатомиздат, 1989.
- 3.3. Гидроэнергетика. Под ред. Обрезнова В.Н. М.: Энергоатомиздат, 1988.
- 3.4. Технико-экономические характеристики малой гидроэнергетики (справочные материалы). М.: МЭИ, 2001.
- 3.5. Карелин В.Я., Волшанник В.В. Сооружения и образование малых гидроэлектростанций. М.: Энергоатомиздат, 1986.

## ГЛАВА 4. ЭНЕРГИЯ ВЕТРА

### 4.1 Особенности применения ветроустановок в Узбекистане

Для систематизации характеристик ветровой обстановки в конкретном регионе с целью её эффективного энергетического использования, как правило, разрабатывается ветроэнергетический кадастр, представляющий собой совокупность аэрологических и энергетических характеристик ветра, позволяющих определить его энергетическую ценность, а также целесообразные параметры и режимы работы ветроэнергетических установок.

Основными характеристиками ветроэнергетического кадастра являются:

- среднегодовая скорость ветра, годовой и суточный ход ветра;
- повторяемость скоростей, типы и параметры функций распределения скоростей;
- максимальная скорость ветра;
- распределение ветровых периодов и периодов энергетических затиший по длительности;
- удельная мощность и удельная энергия ветра;
- ветроэнергетические ресурсы региона.

Карты ветровых ресурсов получают с помощью статистической обработки метеоданных о среднегодовых скоростях ветра, а также приведения их к стандартной высоте анемометров (10 м над уровнем земли), причем в расчет берутся метеостанции с наилучшими условиями открытости местности. Учет местных эффектов о распределении ветра по направлениям, как правило, не проводится.

Поэтому для определения ветрового потенциала в каждом конкретном месте необходимо учитывать местные эффекты -

орографию, шероховатость местности, ее открытость, высоту над уровнем моря и т.д., влияющих на силу и направление ветра.

Учитывая, что энергии ветра присуща неравномерность пространственного распределения и значительная временная неустойчивость, становится очевидной необходимость проведения специальных работ по оценке реального ветропотенциала и выборе перспективных площадок для монтажа ветроэлектростанций.

Анализ ветроэнергетического потенциала республики показал, что там, где имеется большое количество малых потребителей, практически отсутствуют хорошие ветры. Скорость ветра в этих местах не превышает 3–4 м/с. Там, где есть ветровой потенциал, отсутствуют потребители. Места с ветровым потенциалом 10–12 м/с и более имеются в основном на перевалах гор, ущельях и труднодоступных местах. Практически на всей территории республики ветровой потенциал не высок и колеблется в средних пределах 2–5 м/с.

Использование энергии ветра в Узбекистане представляется перспективным при использовании небольших ветроэнергетических установок малой мощности (1–5 кВт).

Специфические особенности ветровой энергии — неравномерность ее проявления во времени, влияние на выработку энергии выбора места установки ветроагрегатов — приводят к тому, что наиболее просто и экономично использовать ветроустановки в тех случаях, когда требования к равномерности выработки и стабильности электрических параметров энергии не высоки.

В связи с этим автономное использование энергии ветра перспективно, если в результате ветроагрегата может быть получен продукт, запасаемый впрок. Выгодно применять ветроагрегаты для подъема воды, производства тепла и холода, опреснения минерализованных вод.

Перспективны ветроустановки для подъема воды, оснащенные резервуаром, позволяющим в безветренные

периоды обеспечить нормальное водоснабжение в течение трех-пяти суток. При правильном выборе емкости резервуара за счет энергии ветра можно гарантировать 80-90 процентную обеспеченность водоснабжения. С помощью ветра можно откачивать воду из скважин мелиоративных систем, предназначенных для понижения уровня грунтовых вод и пр.

Энергию ветра можно использовать для опреснения засоленной воды. Промышленность выпускает ветроэнергетическую опреснительную установку УВЭ – 0,5. Она работает следующим образом. Один (водоподъемный) насос подает через фильтр засоленную воду в резервуар, а другой перекачивает ее через опреснительный аппарат. Установка рассчитана на работу в широком диапазоне изменения напряжения и частоты тока генераторов.

Примером механического использования энергии ветра для тепловых процессов может служить установка, построенная на одной из ферм штата Айова (США, 42° с.ш.) для дополнительного обогрева животноводческого помещения. Она заставляет вращаться лопасти прибора, размещенного в большом резервуаре. Вода в резервуаре в результате вращения лопастей нагревается до 45°С. Общая емкость системы водяного отопления составляет 2270 л. ВЭУ обеспечивает 32 % мощности нагревателей, остальное приходится на теплообменник типа «вода-воздух».

Энергию ветра можно использовать для поддержания требуемых параметров микроклимата в холодильных камерах, хранилищах сельскохозяйственной продукции, для охлаждения молочных танков, намыва почвы на горные каменистые террасы, подачи на террасы удобрений и т.п.

С помощью ветроустановки (рис.4.1) из влажного воздуха получают питьевую воду. Производительность ее небольшая (15...21 л в сутки). Но в безводных низинных районах (например, в зоне Приаралья) такие установки могли бы служить аварийным источником питьевой воды.

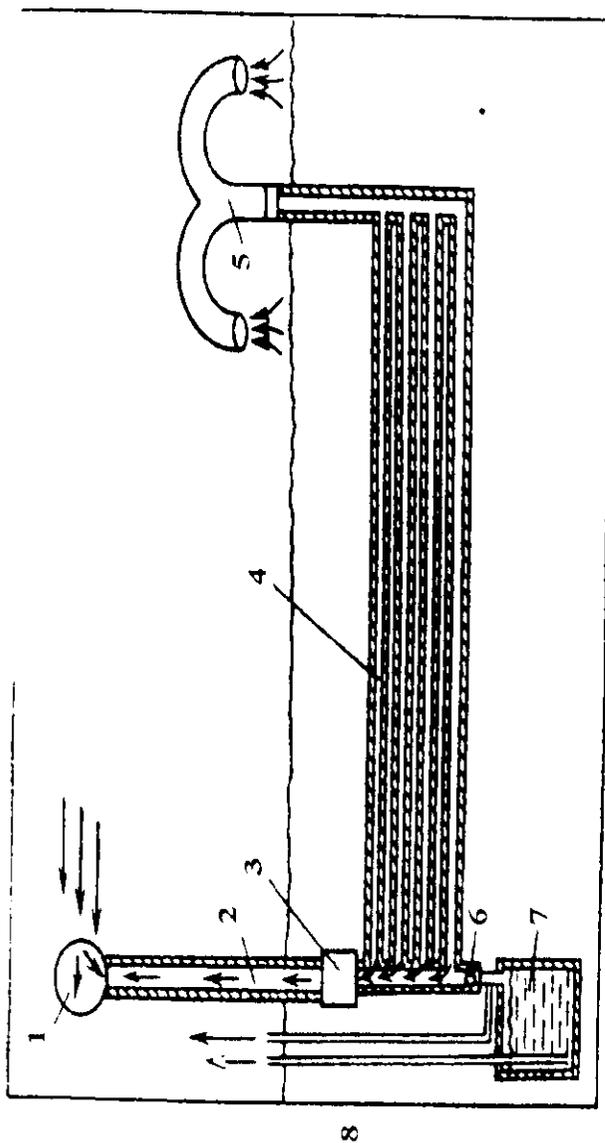


Рис. 4.1. Схема ветроустановки для конденсации влаги из воздуха  
 1-ветровая турбина; 2- шахта для удаления осушенного воздуха; 3- прибор для  
 определения степени извлечения влаги из воздуха; 4-воздуховоды-теплообменники;  
 5-воздухообразный стоек с фильтром для обеспыливания воздуха; 6-к.лапан;  
 7-резервуар для сбора воды.

Двигатель установки - ветровая турбина. Она засасывает атмосферный воздух в стояк с обеспыливающим фильтром. Затем воздух поступает в подземный теплообменник, где влага конденсируется. Теплообменник представляет собой систему алюминиевых воздуховодов диаметром 37 мм. Длина каждой трубы 6 м.

Для этих целей наиболее пригодны механические тихоходные многопластные водоподъемные ветроустановки, которые могут устанавливаться практически везде, где среднегодовая скорость ветра не менее 3 м/с.

Для электропитания изолированных потребителей, расположенных, как правило, в сельской местности, целесообразно использовать ветроэлектрические агрегаты небольшой мощности (до 5 кВт), которые могут работать при среднегодовой скорости ветра менее 4-5 м/с.

В этих случаях неизбежно одновременное применение резервных источников энергии – аккумуляторов или дизель – электрических агрегатов, что снижает выгоду использования энергии ветра.

Если в состав ветроустановки введен аккумулятор энергии, то он запасает энергию при достаточно больших скоростях ветра и отдает потребителю при спадах ветра. Однако электрохимические аккумуляторы обладают относительно небольшой энергоемкостью 920-30 Вт.ч/кг. Поэтому ветроэнергетические системы с аккумуляторами чаще всего находят применение в установках мощностью менее 1 кВт. При больших мощностях более выгодны комбинированные системы энергоснабжения, состоящие из ветроэлектрического агрегата и двигателя внутреннего сгорания. Весьма перспективным путем повышения надежности энергоснабжения является также объединение в единый энергокомплекс ветроагрегатов с солнечными фотоэлектрическими станциями, малыми и микро ГЭС или биогазовыми установками.

Ветроагрегаты мощностью более 10 кВт, средней мощности (до 500 кВт) и мегаваттного класса имеют быстроходные ветроколеса обычно с 2-3 лопастями и работоспособны при наличии ветровых потенциалов более 20 м/с.

Вследствие этого строительство крупных ветростанций, работающих на общую электросеть или же для электроснабжения отдельных крупных поселков и кишлаков, может иметь место лишь в единичных случаях, так как существующая роза ветров и ее энергетический потенциал не так высок.

## 4.2 Конструкции и характеристики ВЭУ

Существует много типов ветроприемных устройств:

- с горизонтальной осью вращения, параллельной направлению ветрового потока (типа ветряных мельниц) (рис 4.2, а);
- с горизонтальной осью вращения, перпендикулярной направлению ветра (типа водяного колеса);
- с вертикальной осью вращения, перпендикулярной направлению ветрового потока (Ротор Дарье) (рис. 4.2, б).

Здесь мы рассмотрим получивший наиболее широкое распространение первый вариант ветроприемного устройства.

На рис. 4.2, а изображена ветромеханическая установка УВМ – 2, предназначенная для механизации подъема воды из водоисточников на объектах сельскохозяйственного производства.

Основные узлы: ветроколесо, головка, опора, водоподъемное оборудование. Многолопастное и, следовательно, тихоходное ветроколесо с большим крутящимся

моментом обладает способностью трогаться при малых скоростях ветра и устанавливается по направлению ветра самостоятельно без дополнительных устройств ориентации.

Головка посредством кулачка и рычажной системы обеспечивает преобразование вращательного движения вала ветроколеса в возвратно – поступательное движение тяги привода насоса. Опора состоит из трех трубчатых стоек. На верхней части ее имеется фланец для крепления головки с ветроколесом. Основания стоек выполнены в виде подпятников, заглубленных в грунт при монтаже установки. Водоподъемное оборудование состоит из погруженного насоса объемного действия, комплекта водонапорных труб и тяги привода насоса. Защита ветроустановки от перегрузок при скоростях ветра более 7 м/с осуществляется за счет отклонения ветроколеса.

Монтаж ветроустановки и пусконаладочные работы производит бригада из трех человек без применения грузоподъемных механизмов. Эксплуатация установки не требует постоянного присутствия обслуживающего персонала.

На рис 4.3 представлен характерный ход графика зависимости производительности (в л/час) от скорости ветра, м/с.

Различные модификации ветромеханических агрегатов обладают своими конструктивными особенностями и эксплуатационными характеристиками (табл.4.1).

Тихоходные многопластные ветродвигатели изготавливают из древесины либо металла. Полезную работу выполняют только часть лопасти их колеса, а другая часть оказывает ей сопротивление. Это вынуждает делать колеса большого размера. КПД таких ветродвигателей 0,08-0,1.

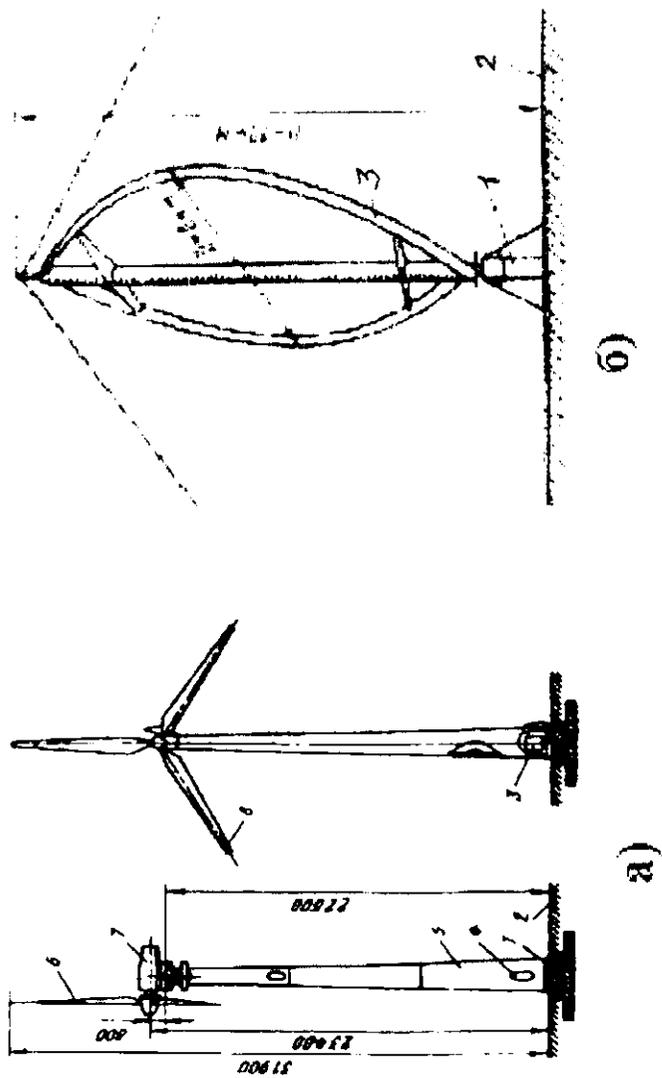


Рис. 4.2. Ветроэнергетическая установка: а) с горизонтальной осью вращения; б) с вертикальной осью вращения.

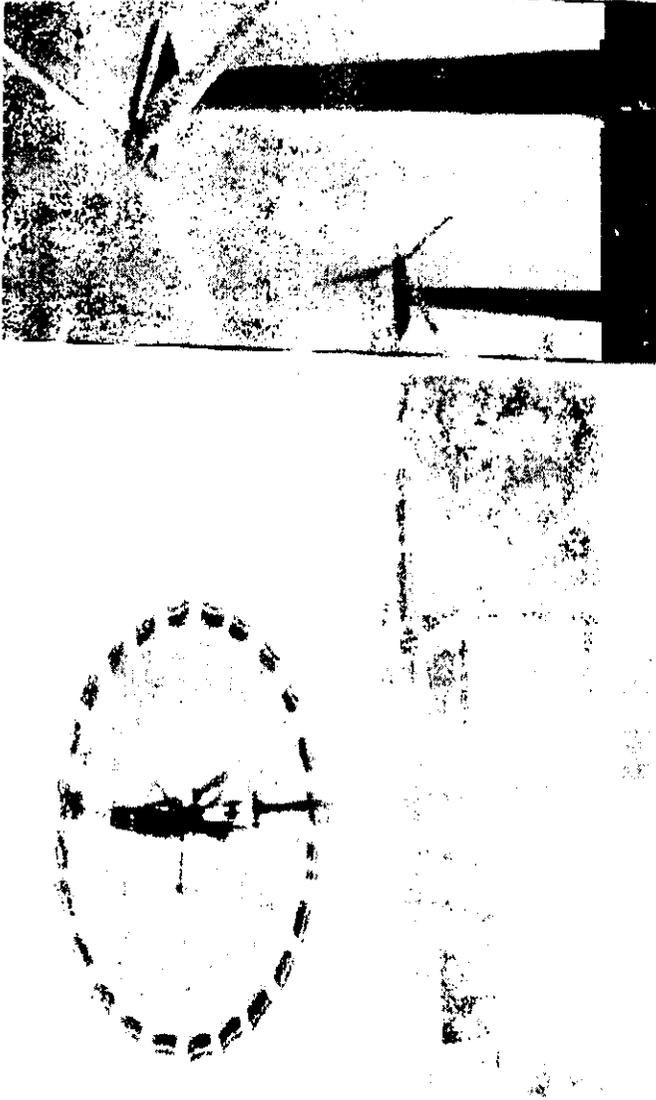


Рис. 4.3. Внешний вид многолопастной установки УВМ-2 (а) и трехлопастного  
быстроходного ветрогенератора мегаваттного класса (б).

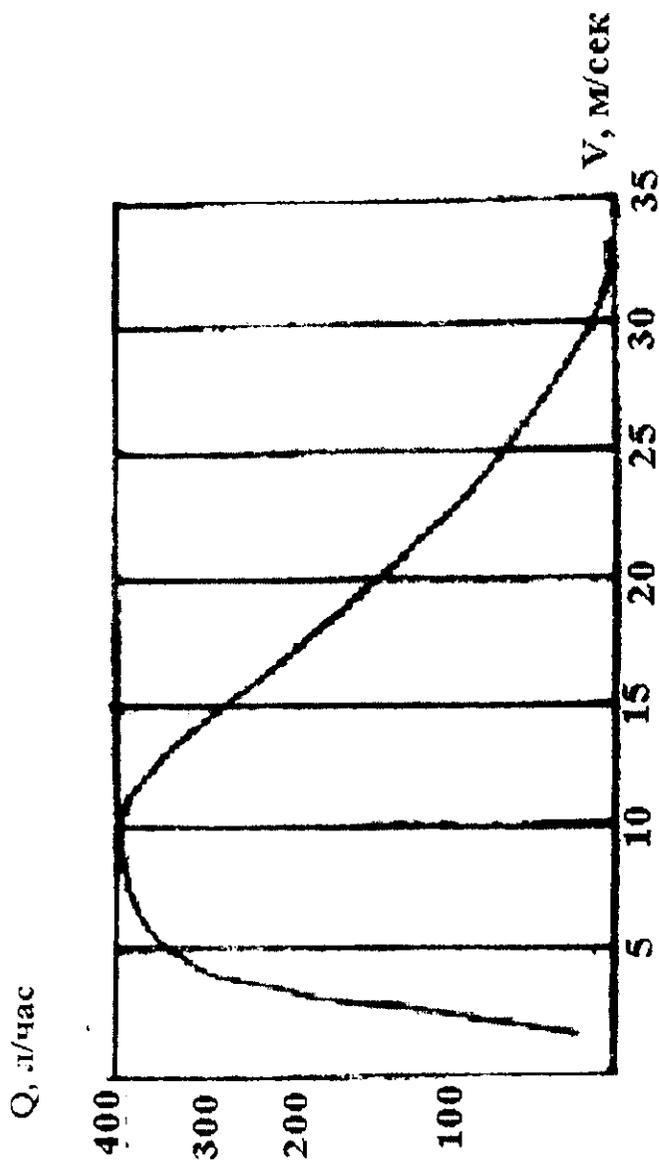


Рис.4.4. Характерный код зависимости производительности  $Q$  (л/час) скорости ветра  $V$  (м/с) для ветродоподъемной установки УВМ-2.

Таблица 4.1

## Характеристика ветроводоподъемных установок.

Основные показатели	УВЭВ-1	УВМ-2	УВМ-3	УВМ-4	ВЦВ6-4-40	УВЭВ-6 с насосом	
						ВЭ20/3	КМ8/18
Диаметр ветроколеса, м	2	2	3	4	6,6	6,6	6,6
Высота опоры, м	5	4	4	5,5	9	9	9
Среднегодовая скорость ветра, м/с, не менее	3,5	4,0	3,0	4,0	5,5	5,5	5,0
Номинальная производительность при высоте подъема Н, м <sup>3</sup> /ч	0,36Н=15м 0,8Н=10м	0,25Н=20м 0,5Н=10м	1,0Н=20м	2,0Н=30м	4,0Н=25-30м	6,0Н=10÷30м	8Н=5÷10м
Скорость ветра, при которой обеспечивается номинальная производительность, м/с	8,0	7,0	5,0	6,0	8,0	7,0	7,0
Масса, т	0,2	0,2	0,25	0,75	2,0	2,0	2,0

Быстроходные ветродвигатели (рис. 4.3,б), как правило, малоллопастные (с двумя или тремя крыльями). Лопасти выполняют легкими, прочными и стойкими к любой погоде из стали, алюминия, пластмассовых материалов или специальных

сортов дерева. Такие ветродвигатели используются в ветроэнергетических установках для получения электрической энергии. Во время сильных ветров, ураганов и штормов центробежные силы могут разрушить лопасти ветродвигателя, поэтому в состав ВЭУ включают специальные устройства для одновременного перевода лопастей во флюгерное положение. КПД (использование энергии ветра) их достаточно высокий: 0,3 – 0,46. Окружная скорость двигателей не превышает скорости ветра, масса на единицу мощности небольшая. Их используют для установок с малым крутящим моментом там, где можно начинать вращение без загрузки перерабатываемым продуктом, т.е. практически на холостом ходу. Это достигается с помощью специальной центробежной муфты, которая разъединяет трансмиссию для свободного трогания и разбега ветроколеса с последующим автоматическим подключением нагрузки при достижении заданной частоты вращения.

Большая скорость вращения способствует их работе совместно с центробежными насосами и электрогенераторами.

При изменении направления ветра головка ветроагрегата автоматически ориентируется боковыми ветроколесами – виндروزами. Частота вращения ветроколеса  $360 \pm 36$  об/мин регулируется в диапазоне 6 – 40 м/с.

Характеристики некоторых типов ветроэлектрических агрегатов представлены в табл. 4.2 и рис. 4.5.

Частота вращения генератора должна в 4 раза и более превышать частоту вращения ротора ветродвигателя. Достичь этого можно правильным выбором типа генератора либо передаточного устройства. Различают генераторы постоянного и переменного тока. Генераторы переменного тока получили широкое распространение, так как они дешевле, проще и можно получить электроэнергию при более низкой частоте вращения ротора.

Таблица 4.2

**Характеристика ветроэлектрических агрегатов**

Основные показатели	Тип ветроагрегата			
	АВЭУ-6-4М	АВЭ-16	АВЭ-18-30	АВЭ-25-100/250
Диаметр ветроколеса, м	6,6	12,0	18,0	25,0
Высота опоры, м	9,0	12,0	18,0	25,0
Количество лопастей	2	3	3	3
Среднегодовая скорость ветра в районах ветроиспользования, м/с, не менее	5,0	5,0	5,0	5,0
Расчетная скорость ветра, при которой достигается номинальная мощность, м/с	9,5	10,5	10,0	9/14
Диапазон рабочих скоростей, м/с	4,5-40	4,5-25,0	5,0-25,0	5,0-30
Номинальная мощность, кВт	4	16	30	100/250
Срок окупаемости, лет	3-4	4-5	4-6	4-6
Годовая экономия топлива, т	4,4	16,3	28	84
Масса, кг	1210	3300/4400	5000	18000

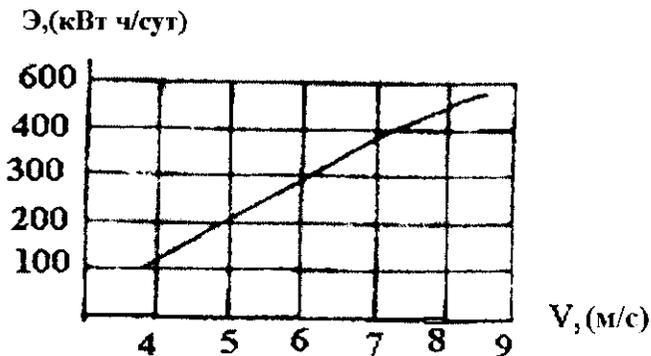


Рис. 4.5. График зависимости выработки электроэнергии от скорости ветра. Э- выработка электроэнергии; V- скорость ветра.

### 4.3 Расчет ветродвигателя

Принцип использования ветровой энергии прост. Движущийся поток ветра, так же как и поток воды, действуют на подвижную часть движителя, заставляя его вращаться и передавать полученную энергию ротору генератора электрического тока.

Энергия  $\mathcal{E}$  воздушного потока с поперечным сечением  $F$ , Дж

$$\mathcal{E} = \frac{mv^2}{2}$$

Секундная масса  $m$  воздуха, кг/с при его плотности  $\rho$ , кг/м<sup>3</sup>, протекающая со скоростью  $v$ , м/с через сечение  $F$ , равна  $m = \rho v F$

После подстановки (2) в (1) получим значение мощности, развиваемой потоком воздуха, Дж/с.

$$N = \frac{1}{2} \rho v^3 F, \quad (3)$$

где плотность воздуха  $\rho$  при нормальных условиях ( $t=16^0\text{C}$ ,  $\rho=760$  мм рт.ст или 101,3 кПа) равна 1,23 кг/м<sup>3</sup>.

Переводя размерность (2) Дж/с в кВт, получим

$$N = \frac{9.81}{21.000} \rho v^3 F = 0,0049 \rho v^3 F \quad (4)$$

Мощность, развиваемая ветроэнергетической установкой (ВЭУ), отличается от мощности, развиваемой воздушным потоком, связанной с преобразованием механической энергии в электрическую энергию (в редукторе генератора), а также потерями энергии ветрового потока в процессе взаимодействия его с лопастями ветрового колеса. Последние определяются так называемым коэффициентом использования энергии ветра  $\xi$ . Выражая площадь  $F$  в (4) через диаметр ветрового колеса  $D$  м, получим мощность ветроэнергетической установки, кВт

$$N = 0.00385 \rho v^3 D^2 \eta_p \eta_g \quad (5)$$

где  $\eta_p$  и  $\eta_g$  - к.п.д. соответственно редуктора и генератор.

Для идеального крыльчатого ветроколеса максимально достижимая величина  $\xi$  по Н.Е.Куковскому равна 0,593. Общий к.п.д. ВЭУ при работе ее в нормальном (расчетном) режиме не превышает 45-48%.

Таким образом, как это видно из (5), мощность ВЭУ изменяется пропорционально кубу скорости ветра и не зависит от числа лопастей ветроколеса.

Однако скорость ветра в околосреднем пограничном слое не является постоянной и увеличивается по мере возрастания высоты относительно поверхности Земли. Это изменение обычно определяется степенной зависимостью вида.

$$V = V_0 \left( \frac{h}{h_0} \right)^\alpha, \quad (6)$$

где  $\alpha$  - безразмерный показатель степени, значение которого зависит от скорости ветра, устойчивости атмосферы и шероховатости поверхности (принимается в среднем равным 1/5).

С изменением скорости ветра будет изменяться по степенному закону и энергия ветра. При этом показатель степени, поскольку энергия ветра изменяется пропорционально кубу его скорости, будет равна  $3\alpha$ .

Важной характеристикой ветроколеса является его быстроходность, определяемая как отношение окружной скорости элемента лопасти к скорости ветра

$$n_R = \frac{\omega R}{V}, \quad (7)$$

где  $\omega$  - угловая скорость рад/с;  $R$  - радиус ветроколеса, м

При неизменных аэродинамических показателях ветроколеса частота его вращения пропорциональна

быстроходности и скорости ветра и обратно пропорциональна диаметру.

Выше было отмечено, что мощность, развиваемая ветроколесом, не зависит от числа его лопастей. Однако, значение коэффициента -  $\xi$ , входящего в формулу (5), зависит от быстроходности колеса, формы и числа лопастей. В этом смысле мощность ВУУ, хотя и не непосредственно и незначительно зависит от числа лопастей ветроколеса.

Рабочий момент на ветроколесе создается за счет аэродинамических сил, возникающих на лопастях, имеющих специальный аэродинамический профиль.

Физическая суть, происходящего при этом процессе, аналогична той, которая происходит при обтекании воздушным потоком крыла самолета. В этом случае под крылом создается зона повышенного давления, а над ним, напротив, пониженного. Это обуславливает возникновение подъемной силы  $P$ , которая на ветроколесе преломляется во вращающий момент.

### Вопросы для самопроверки

1. Основные узлы и принцип работы ветроэлектрического устройства?
2. Принцип работы устройства ветроводоподъемных установок.
3. Специфические особенности ветровой энергии. Особенности применения ветроустановок в Узбекистане.
4. В каких случаях наиболее выгодно автономное применение энергии ветра?
5. В каких случаях наиболее выгодно применять тихоходные ветроагрегаты? Быстроходные ветроагрегаты?
6. В какой зависимости находится мощность ветроагрегата от скорости ветра?

7. Как зависит в околоземном слое скорость ветра от высоты над поверхностью земли?
8. Как работает ветроустановка для конденсации влаги из воздуха?

### **Литература**

4.1. Кораблев А.Д. Экономия энергоресурсов в сельском хозяйстве, М.: Агропромиздат, 1988.

4.2. Васильев Ю.С., Елистратов В.В., Мухаммадиев М.М., Претро Г.А. Возобновляемые источники энергии. СПб, Санкт-Петербургский государственный технический университет, 1996.

4.3. Шефтер Я.Н. Использование энергии ветра. М.: Энергоатомиздат, 1983.

4.4. Ветроэнергетика. Под ред. Д.Рензо. Пер. с англ. под ред. Шефтера Я.И. М.: Энергоатомиздат, 1982.

## ГЛАВА 5. ЭНЕРГИЯ БИОГАЗА

Один из эффективных вариантов утилизации навоза и навозных стоков животноводческих ферм является их биотехнологическая переработка путем анаэробного сбраживания (разложения микроорганизмами), обеспечивающего обезвреживание навоза и сохранение его как удобрения при одновременном получении локального источника энергии - биогаза.

На основе переработки биомассы в среднем в Узбекистане можно получить десятки миллиардов кубических метров горючего газа метана

Производство биогаза основано на использовании процесса анаэробного сбраживания навоза в специальных герметических емкостях - метатанков. Во время сбраживания в навозе развивается микрофлора, которая последовательно разрушает органические вещества до кислот, а последние под действием метанобразующих бактерий превращаются в газообразные продукты - метан и углекислоту. Одновременно при сбраживании навоза обеспечивается его дезодорация (устранение неприятных запахов), дегельминтизация (уничтожение яиц, личинок паразитических червей, вызывающих болезни людей, животных и растений), нейтрализация способности семян сорных растений к всхожести и перевод удобрительных веществ в минеральную форму (рис 5.1).

Технологический процесс осуществляется следующим образом. Навоз из животноводческого помещения поступает в накопительную емкость, далее фекальным насосом его загружают в метатенк, где и осуществляется анаэробное сбраживание. Биогаз, образующийся в процессе брожения, поступает в газгольдер, и далее к потребителю. Для нагрева навоза до температуры брожения ( $45 - 55^{\circ}\text{C}$ ) и поддержания теплового режима в метатанке применяют теплообменник, через

который протекает горячая вода, нагреваемая в котле. Доля биогаза для такого подогрева в зимнее время составляет в условиях теплого климата Узбекистана обычно 10-20% от суммарного выхода из метатанков. Сбереженный навоз выгружают в навозохранилище, из которого уже вывозится на поля.

Количество вырабатываемого биогаза и качество остаточного навоза (удобрений) зависит не только от температуры, но и от продолжительности сбраживания сырья в метатанках. В частности, при продолжительности сбраживания навоза 5 суток количество вырабатываемого биогаза составляет 50%, 10 суток - 90% и 20 суток 98 % от максимально возможного количества. В зависимости от принятой продолжительности сбраживания сырья определяют необходимый объем метатанков и количество добавляемого в них дозирочными насосами свежего сырья. Для интенсификации процесса сбраживания часть биогаза из газгольдера может подаваться компрессором обратно в нижнюю часть метатанка, при этом происходит перемешивание всей массы в метатанках. Для этой же цели используют и лопастные мешалки.

Согласно исследованиям, при анаэробной переработке навоза и помета можно получить следующее количество биогаза:

- 300 м<sup>3</sup> при переработке 1 т сухого вещества навоза крупного рогатого скота;
- 500 м<sup>3</sup> при переработке 1 т сухого вещества навоза свиней;
- 600 м<sup>3</sup> при переработке 1 т сухого вещества помета птиц.

В перерасчете на одну голову показатели выхода биогаза приведены в таблице 5.1.

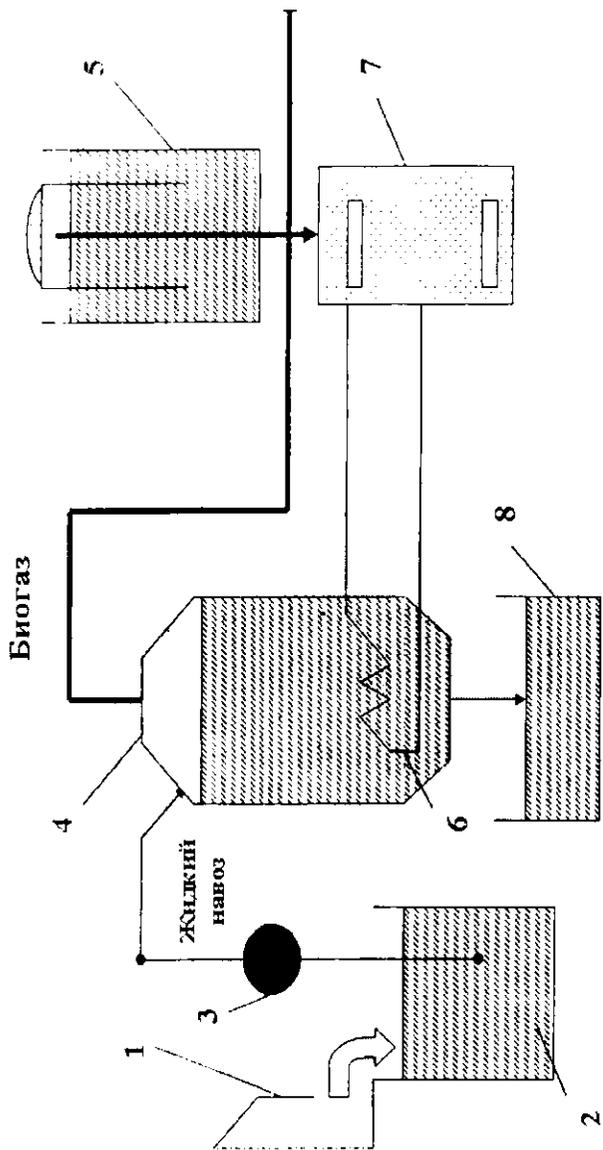


Рис.5.1. Технологическая схема производства биогаза.  
 1-ферма; 2-навозоприемник; 3-насос; 4-метатанк; 5-газгольдер;  
 6-теплообменник; 7-котел; 8-навозохранилище.

Таблица 5.1.

**Вид скота и птицы живой массы**

Показатели	Молочные коровы (454 кг)	Птица (2,3 кг)	Свиньи (45,5 кг)
Выход навоза, кг/гол/сутки	55,0	0,3	3,5
Выход биогаза, м <sup>3</sup> /гол/сутки	1,62	0,02	0,32

Физические свойства биогаза, приведенные в табл.5.2, позволяют судить о возможностях его использования. Объемная теплота сгорания, температура воспламенения и предел воспламеняемости определяются в основном содержанием метана  $CH_4$ , поскольку незначительное количество водорода  $H_2$  и сероводорода  $H_2S$  на этот показатель почти не оказывает влияния.

Таблица 5.2

**Физические свойства биогаза**

Показатели	Компоненты				Смесь 60%	$CH_4$
	$CH_4$	$CO_2$	$H_2$	$H_2S$	40% $CO_2$	
Объемная доля, %	55-70	27-44	1	3	100	
Объемная теплота сгорания, Дж/м <sup>3</sup>	35,8	-	10,8	22,8	21,5	
Температура воспламенения, °C	650-750	-	585	-	650-750	
Плотность: нормальная, г/л	0,72	1,98	0,09	1,54	1,2	
критическая, г/л	102	408	31	349	320	

Биогаз успешно применяется как топливо. Его можно сжигать в горелках низкого давления отопительных установок, водогрейных котлах, газовых плитах, использовать в холодильных установках абсорбционного типа, в инфракрасных излучателях и в автотракторных двигателях.

Помимо выработки биогаза в установках анаэробного сбраживания, экспериментов животных по сравнению с традиционным базисным способом подготовки удобрений получают более качественные, богатые азотом, фосфором и др.) и обеззараженные органические удобрения, не имеющие запаха. Улучшение удобрительных свойств навоза заключается в том, что при хранении в компостных кучах теряется 40-50% азота, а после его сбраживания в биогазовых установках азот сохраняется до 97%, то есть теряется только 3%.

Норма внесения удобрений составляет 1-63 т на 1 гектар в год.

При обработке ими полей урожайность сельскохозяйственных культур повышается на 40-80% и устраняется заражение животных гельминтами, у зараженных гельминтами (глистами) животных увеличивается потребление кормов, примерно на 11%, снижается живой вес на 10-15% и др., в частности, у коров уменьшаются надои молока на 3%). Существенное значение имеет также санитарная функция биогазовых установок.

К настоящему времени в мире разработано и построено большое количество промышленных установок для переработки навоза в биогаз.

В Узбекистане такие установки пока не получили широкого распространения, за исключением нескольких опытно-промышленных установок, использовавшихся в крупных животноводческих хозяйствах.

В качестве практического примера приведем краткие технические характеристики биоэнергетических установок, производство которых освоено в России (табл. 5.3).

Таблица 5.3.

**Биогазовые установки БГУ – 25, БГУ – 50 и БГУ-100 для  
фермерских хозяйств**

Наименование показателей	БГУ – 25	БГУ – 50	БГУ-100
Производительность по навозу, м <sup>3</sup> /сут	До 2	4	8
Объем реактора, м <sup>3</sup>	25	50	100
Тип электронагревателя		ЭПЗ – 25	
Выход биогаза, м <sup>3</sup> /сут	20	40	80

В этих установках в качестве сырья могут использоваться не только сырье, указанное в табл. 1, но и отходы от мелкого рогатого скота, лошадей, верблюдов, пушных зверей, фекалии, растительные остатки, древесная листва, ботва кукурузная, стебли кукурузы, солома, твердые бытовые отходы.

Производство биогаза получило широкое распространение. В КНР число биогазовых установок превышает 7 млн., обеспечивая энергетические потребности более 30 млн. сельских жителей. В Индии имеется несколько сот небольших биогазовых установок. Широкое распространение биогазовые установки получили в Швейцарии, ФРГ, Франции, Италии, Нидерландах, США и др. Установки емкостью 100-300 м<sup>3</sup> перерабатывают в основном отходы животноводческих ферм.

**Вопросы для самопроверки.**

1. Что является исходным сырьем для получения биогаза?
2. Опишите технологический процесс получения биогаза.
3. Какова роль газгольдера и метантека в биогазовой установке?

4. При каких температурах осуществляется процесс анаэробного сбраживания?
5. Какие компоненты входят в состав биогаза?
6. За счет чего повышаются удобрительные качества после анаэробной обработки навоза?
7. В каких странах производство биогаза получило наиболее широкое распространение?
8. Для каких целей может применяться биогаз?
9. Какова продолжительность анаэробного сбраживания?
10. Какими преимуществами обладают биогазовые установки?

#### **Рекомендуемая литература**

1. Степанова В.Э. Возобновляемые источники энергии на сельскохозяйственных предприятиях, М.: Агропромиздат, 1988. - 112с.
2. Кирхошатов А.И. Использование нетрадиционных возобновляемых источников энергии в сельском производстве, - М.: Агропромиздат, 1991. - 96с.
3. Возобновляемая энергия. Информационный бюллетень. М.: Интесоларцентр, 2001.
4. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России. Санкт-Петербург: Наука, 2002. - 314с.
5. Васильев Ю.С., Емстратов В.В., Мухаммадиев М.М. Возобновляемые источники энергии и гидроаккумулирование: Учеб. пособие: - С-Пб.: СПбГТУ, 1995.

## ГЛАВА 6. ГЕОТЕРМАЛЬНЫЕ ВОДЫ

Территория Узбекистана богата месторождениями термальных вод. Хорошо разведан Приташкентский артезианский бассейн с несколькими водоносными комплексами различной степени минерализации и химического состава. Слабоминерализованные (до 1 г/л) термальные воды имеют температуру 75-80<sup>0</sup>С и могут быть получены с глубин 2-2,5 тыс.м. Запасы термальных вод составляют более 500 л/сек.

В Ферганском артезианском бассейне имеется несколько водоносных комплексов термальных вод с различной минерализацией, химическим составом и температурой 70-90<sup>0</sup>С с большим дебитом и давлением. Отдельные скважины дают до 30 л/сек.

Южная часть Узбекистана (Сурхандарьинская котловина) также богата месторождениями термальных вод с температурой до 65<sup>0</sup>С и дебитом отдельных скважин до 3 тыс.м<sup>3</sup>/сутки. Эти воды содержат йод и бром. Их можно использовать комплексно – для теплоснабжения и извлечения ценных химических элементов.

Геотермальное тепло может использоваться для получения электрической энергии, отопления и горячего водоснабжения жилых и производственных зданий, отопления теплиц и парников.

Для получения геотермальной электроэнергии используются высокотемпературные перегретые теплоносители в виде пароводяных смесей с температурой до 200<sup>0</sup>С и выше, встречающиеся, как правило, в районах современного вулканизма в Исландии, Японии, Камчатке, Курильских островах и т.п.

Для отопления и горячего водоснабжения требуются менее нагретые воды – 50-100<sup>0</sup>С, широко распространенные в Узбекистане.

Если термальная вода имеет минерализацию до 10 г/л, а содержание в ней вредных компонентов не превышает норм, установленных для водопроводной воды, то она может применяться в горячем водоснабжении (ванны, души и т.д.). Если температура термальной воды не менее 50°C, использование её в установках горячего водоснабжения осуществляется по очень простой схеме (рис. 6.1). Вода из скважины самоизливом поступает в сборную емкость (бак – аккумулятор), откуда по трубопроводам транспортируется к потребителям с помощью насоса. Установки горячего водоснабжения являются одним из наиболее эффективных потребителей термальной воды. Одна скважина с дебитом 1500 м<sup>3</sup>/сутки при температуре воды 60-65°C может обеспечить горячее водоснабжение жилого микрорайона или поселка городского типа с населением около 14 тыс. человек.

Термальные воды с температурой ниже 50°C также могут найти применение в горячем водоснабжении, однако перед подачей потребителям необходимо их догреть в котельных или с помощью теплонаносных агрегатов.

Огромные перспективы использования глубинного тепла Земли открываются в сельском хозяйстве, отопление теплиц и парников для выращивания овощей, фруктов, цветов. Для этой цели нужна вода с температурой 25-100°C.

Приведем такой пример: для обогрева 1 га теплиц в течение года требуется в среднем 1600-1700 т условного топлива. В то же время скважина с дебитом 2000-2500 м<sup>3</sup>/сутки и температурой термальной воды 65-70°C позволит отопить около 2 га теплиц, которые могут вырастить 300-350 т свежих овощей в год. Экономические преимущества использования природного тепла для обогрева защищенного грунта очевидны.

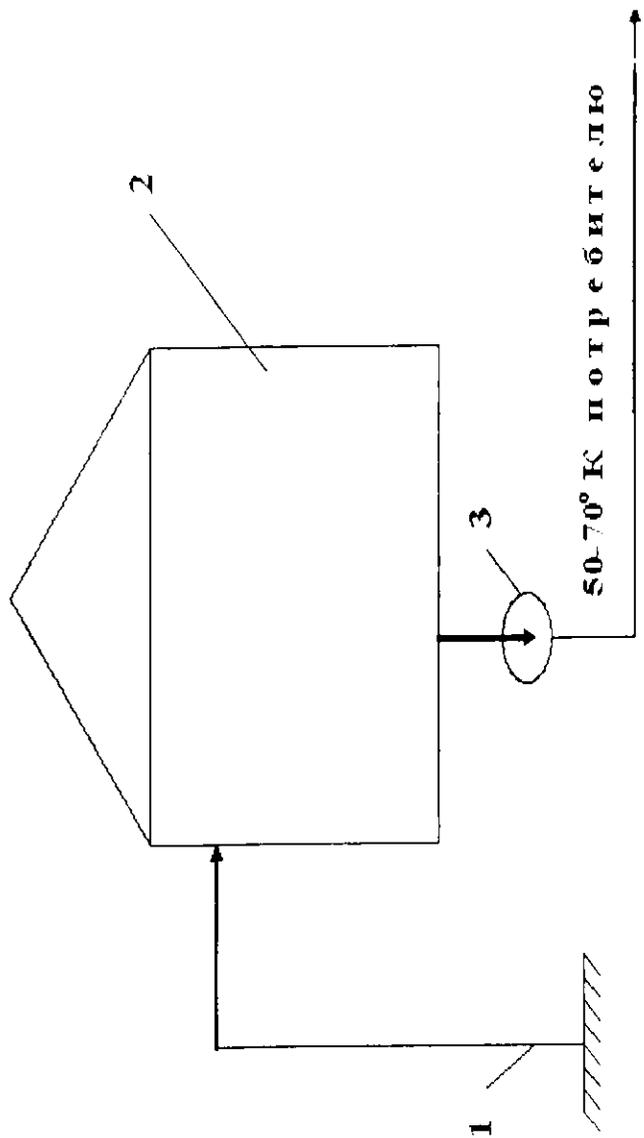


Рис.6.1. Схема непосредственного использования термальных вод.

1- скважина; 2- бак-аккумулятор; 3- насос горячего водоснабжения

Применение термальных вод связано и с некоторыми трудностями. Так как они в большей или меньшей степени минерализованы и газонасыщены. Это влияет на интенсивность коррозии. Самыми агрессивными термальными водами являются такие, в которых присутствуют сероводород и углекислый газ, кислород. Для снижения коррозии и образования накипи производят удаление агрессивных газов и солей ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$  и др.) или вводят различные ингибиторы коррозии и антинакипные реагенты (например, силикат натрия, гексамета фосфат натрия и др.).

Отработавшие геотермальные воды при сбросе их в окружающую среду образуют искусственные водоемы. Для удовлетворения требованиям норм предельно допустимых концентраций растворенных в воде веществ может потребоваться дополнительная их очистка, разбавление и др. с экологической точки зрения более эффективно отработавшие геотермальные воды закачивать обратно в разрабатываемый горизонт через нагнетательные скважины, расположенные на расстоянии 1-2 км от эксплуатационных скважин. При этом обеспечивается постоянство пластового давления и дебита воды.

Термальные воды Узбекистана уже начали использоваться для отопления некоторых курортных зданий, теплиц и парников.

Мировой опыт показывает, что ряд стран и регионов успешно решают проблемы энергообеспечения на основе использования геотермального тепла Земли. Так, Исландия практически полностью обеспечивает себя электрической и тепловой энергией за счет своей геотермальной и гидравлической энергии.

### **Вопросы для самопроверки.**

1. Что такое геотермальное тепло?
2. В каких регионах Узбекистана имеются термальные воды?
3. Что такое высокотемпературные геотермальные воды?
4. Какие геотермальные воды используют для отопления и горячего водоснабжения?
5. Начертите наиболее простую схему установки термального горячего водоснабжения.
6. Для каких целей используют термальные воды?
7. Какие трудности ограничивают применение термальных вод?
8. Какие меры принимаются для снижения коррозии и образования накипи?
9. Экологические особенности использования термальных вод?
10. В каких странах наиболее широко используется термальная вода?

### **Литература**

- 6.1. Дядькин Ю.Д. Основы геотермальной технологии. Л., 1985
- 6.2. Локшин Б.А. Использование геотермальных вод для теплоснабжения. М.: Стройиздат, 1974.
- 6.3. Термальные подземные воды: Справочник. М., 1998.

## ГЛАВА 7. СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГИЯ

### 7.1 Характеристика солнечной радиации

Солнечную энергию люди используют с древнейших времен. Еще в 212 г. до н. э. с помощью концентрированных солнечных лучей зажигали священный огонь у храмов. Согласно легенде, приблизительно в то же время греческий ученый Архимед при защите родного города Сирокузы поджег паруса кораблей римского флота.

Мощность потока солнечного излучения у верхней границы атмосферы Земли равна  $1,78 \cdot 10^{17}$  Вт, а на поверхности Земли  $1,2 \cdot 10^{17}$  Вт.

Распределение глобального потока солнечной радиации на поверхности земного шара крайне неравномерно. Количество солнечной энергии, поступающей за год на  $1 \text{ м}^2$  поверхности Земли, изменяется приблизительно от  $3000 \text{ МДж/м}^2$  на севере до  $8000 \text{ МДж/м}^2$  в наиболее жарких пустынных местах (рис. 7.1.).

Плотность потока солнечной энергии  $I_0$  у верхней границы атмосферы на поверхность, расположенную перпендикулярно направлению солнечных лучей, составляет  $1353 \text{ Вт/м}^2$  и называется солнечной постоянной, а среднее количество энергии  $E_{0,н}$ , поступающей за 1 ч. на  $1 \text{ м}^2$  этой поверхности, равно  $4871 \text{ кДж/(ч} \cdot \text{м}^2)$ .

Среднегодовая плотность потока солнечного излучения составляет  $210\text{-}250 \text{ Вт/м}^2$  в субтропических областях и пустынях,  $130\text{-}210 \text{ Вт/м}^2$  в центральной России.

Пиковая плотность солнечной энергии достигает  $1 \text{ кВт/м}^2$ .

На рис. 7.2 показано спектральное распределение интенсивности прямого солнечного излучения  $I$  у верхней границы атмосферы и солнечное излучение у верхней границы атмосферы и на уровне моря.

Солнечное излучение у верхней границы земной атмосферы приблизительно соответствует излучению абсолютно черного тела с температурой 5900 К и включает ультрафиолетовое излучение (длина волны  $\lambda$  от 0,2 до 0,4 мкм), видимый свет ( $\lambda$  от 0,4 до 0,78 мкм) и инфракрасное излучение с более длинными волнами. Максимум интенсивности солнечного излучения приходится на длину волны 0,5 мкм.

При прохождении солнечных лучей через атмосферу Земли часть излучения рассеивается и поглощается молекулами озона, воздуха и водяного пара, а также частицами пыли – это приводит к ослаблению прямого солнечного излучения и появлению диффузного (рассеянного) излучения. Часть энергии, поглощенной и рассеянной газовыми частицами, возвращается обратно в космическое пространство, а основной ее поток достигает поверхности Земли в виде рассеянного (диффузного) излучения. Доля рассеянного (диффузного) излучения в общем потоке поступающей солнечной радиации зависит от географических и климатических факторов и изменяется в течение года. Так, в Киеве она изменяется от 0,39 в июле до 0,75 в декабре, в Москве – соответственно от 0,54 до 0,8, в Ташкенте – от 0,19 до 0,5, а в Ашхабаде – от 0,3 до 0,5.

Потенциал солнечной энергии можно охарактеризовать среднегодовым значением прихода солнечной радиации на 1 м<sup>2</sup> горизонтальной поверхности.

Годовой поток солнечного излучения на территории СНГ изменяется в широких пределах. Так, на 1 м<sup>2</sup> горизонтальной поверхности на северных островах и северо-восточной оконечности Сибири за год поступает всего 550-830 кВт.ч, на большей части европейской территории и Сибири – 830-1100 кВт.ч, в южных районах Украины, Молдавии, Поволжья, Сибири и дальнего Востока – 1100 – 1300 кВт.ч, в Закавказье и Средней Азии – 1400-1600 кВт.ч, в пустынных районах Узбекистана - 2000 кВт.ч и более.

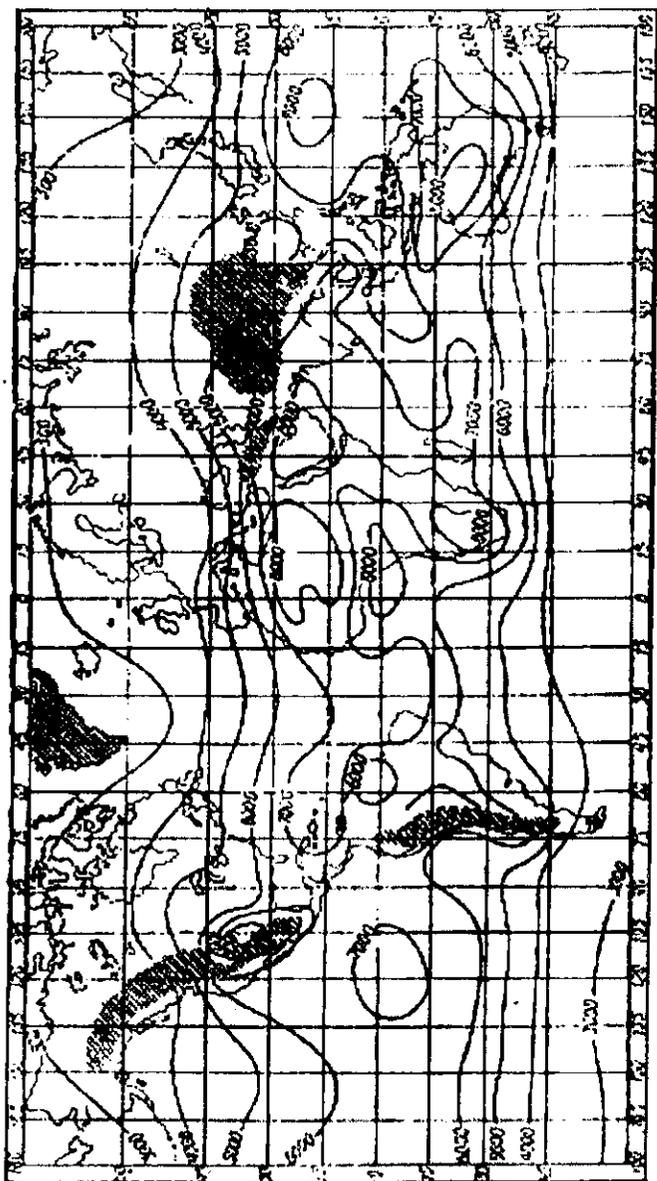


Рис. 7.1. Годовой приход солнечной радиации на горизонтальную поверхность в различных районах земного шара (МДж/м<sup>2</sup> в год).

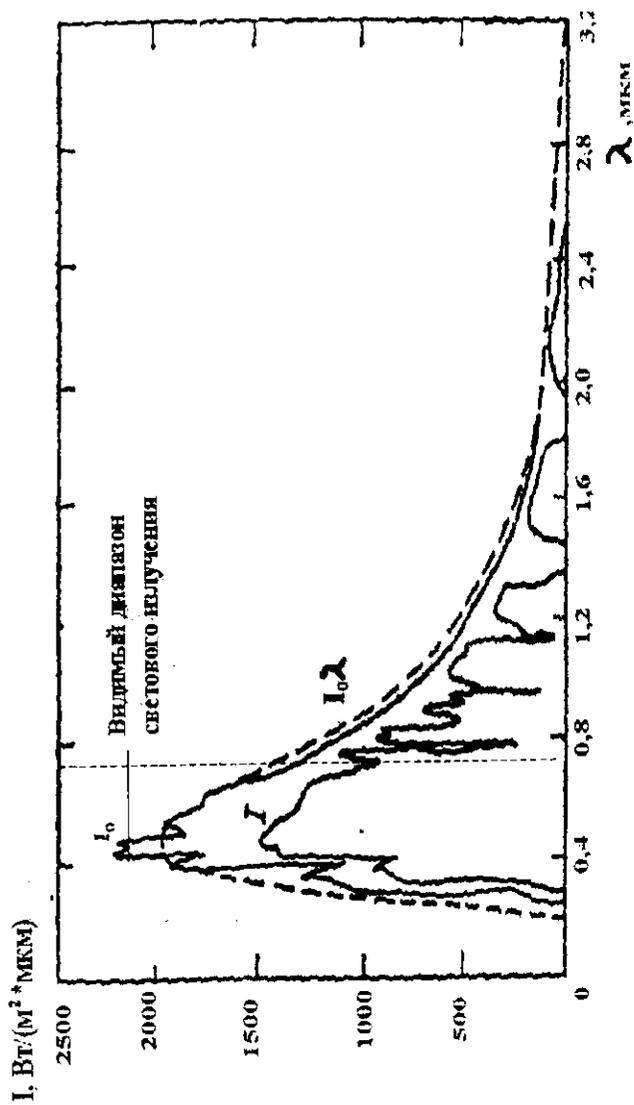


Рис 7.2. Интенсивность прямого солнечного излучения выше атмосферы Земли ( $I_0$ ) на уровне моря ( $I$ ) и излучения абсолютно черного тела при температуре 5900 К ( $I_0 \lambda$ ) в зависимости от длины волны  $\lambda$ .

Годовое число часов солнечного сияния равно: в Гуркмении – 3100, в Узбекистане и Таджикистане – 2815 – 2880, Казахстане и Киргизии – 2575-2695, Армении, Грузии и Азербайджане – 2125-2520, Украине и Молдавии – 2005-2080 (рис. 7.3).

В Центральной Азии продолжительность светового дня в июне достигает 16 ч, в декабре – 8-10ч. Здесь в году 300 солнечных дней, продолжительность солнечного сияния 2500-3100 ч в год, а летом – 320-400 ч в месяц.

Если наблюдать за приходом лучистой энергии солнца в течение ясною дня, то окажется, что в начале и в конце дня количество солнечной энергии, падающее на плоскость, расположенную перпендикулярно к солнечным лучам, невелико (рис. 7.4,а).

Через час после восхода солнца оно уже достигает 400 ккал/м<sup>2</sup> . час. В полдень энергия достигает своего максимального значения, равного примерно 800 ккал/м<sup>2</sup> . час (табл. 7.1).

Таблица 7.1

**Интенсивность поступления прямой солнечной радиации на географической широте города Ташкента (41°)**

Месяцы года	Суточная, Вт·ч/(м <sup>2</sup> ·сут)	Часовая, Вт·ч/(м <sup>2</sup> ·ч)						
		12	11,13	10,14	9,15	8,16	7,17	6,18
Январь, декабрь	2860	710	670	630	540	310	-	-
Февраль, ноябрь	3245	750	740	690	605	460	-	-
Март, октябрь	3920	780	770	730	670	650	320	-
Апрель, сентябрь	4411	800	790	765	730	640	546	170
Май август	4640	800	790	765	730	670	545	346
Июль, июнь	4760	785	780	770	730	670	585	440

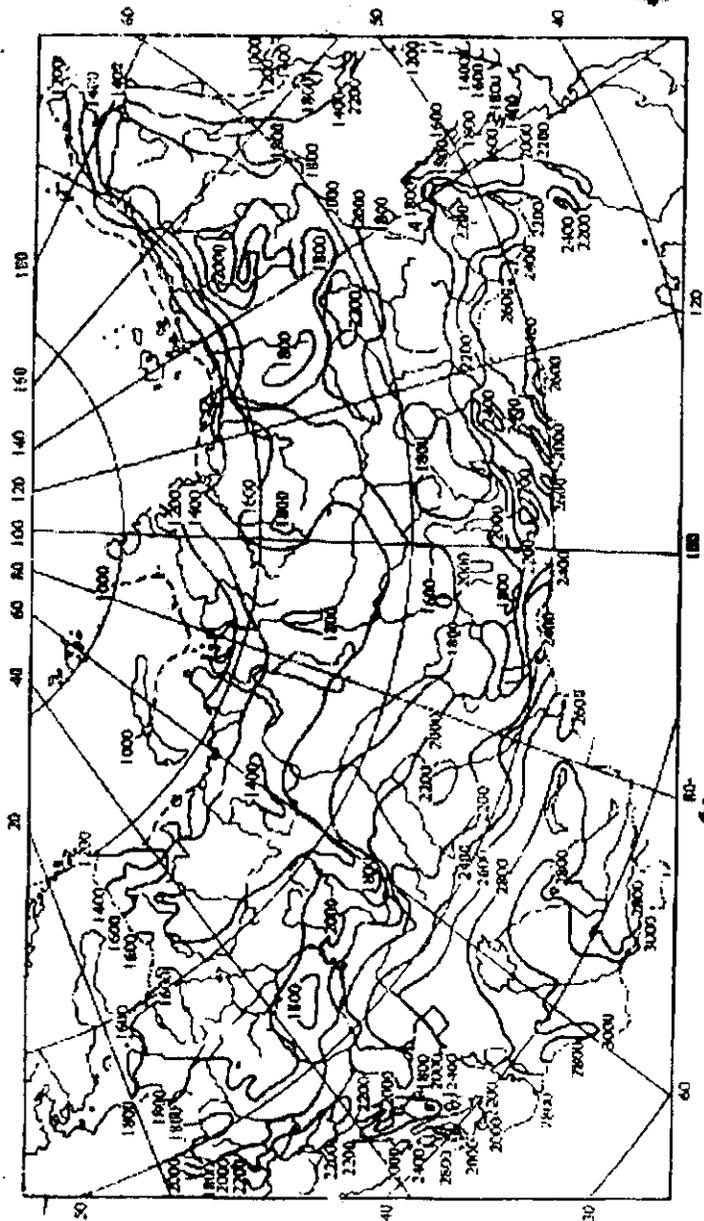


Рис.7.3. Продолжительность солнечного сияния в ч за год.

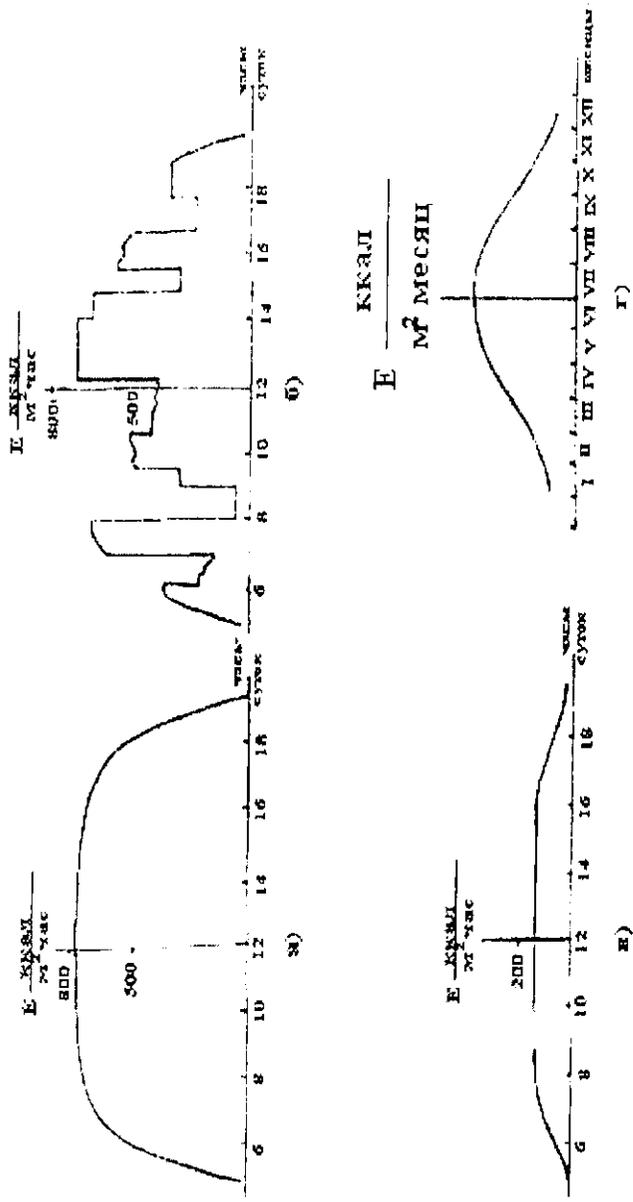


Рис. 7.4. Суточный ход направленной солнечной радиации, падающей на перпендикулярную поверхность в ясный (а), полужасный (б) день, рассеянной радиации в пасмурный (в) день и среднемесячный приход солнечной энергии (г).

Еще более неравномерен приход солнечного излучения в пасмурные (облачные) дни. В такие дни график прихода энергии солнца имеет резкие колебания и характеризуется «провалами», каждый из которых соответствует набегавшему облаку на солнце (рис. 7.4, б). В полностью пасмурные дни мы можем использовать только так называемое диффузное (рассеянное) солнечное излучение. Примерный график прихода такого излучения представлен на рис. 7.4, в. Приход этот относительно равномерен, но абсолютные величины радиации малы. Годовое изменение прихода солнечной радиации представлено на рис. 7.4, г неравномерный характер прихода солнечной энергии сильно сужает пределы и возможности ее использования. Поэтому одной из основных задач гелиотехники является вопрос аккумулялирования солнечной энергии.

## **7.2 Концентрация солнечного излучения**

Из геометрической оптики мы знаем, что если на отражатель, поверхность которого является поверхностью параболоида вращения (параболоид вращения - поверхность, образованная вращением вокруг оси, проходящей через ее вершину) падают лучи, параллельные оси отражателя, то, отразившись, все эти лучи сойдутся в одной точке на оси, именуемой фокусом системы. Расстояние от вершины параболы до фокуса, называется фокусным расстоянием.

Так как вся энергия, упавшая на отражатель, концентрируется в одной точке, очевидно, должно быть бесконечно большое тепловое напряжение и бесконечная температура. В действительности, идеальная схема существовать в природе не может. Солнце от нас очень далеко, примерно 150 млн. км, но размеры его весьма велики, поэтому мы видим его не как точку, а как диск конечного диаметра. Мы

говорим, что угловой диаметр солнца  $\varphi = 32$ . Но если так, значит лучи, идущие от солнца, не параллельны между собой.

В результате в фокусе образуется «зайчик» или «фокальное пятно» диаметром  $d$ . Можно показать, что величина отношения  $d/D$  (где  $D$  – диаметр отражателя) может быть выражена формулой

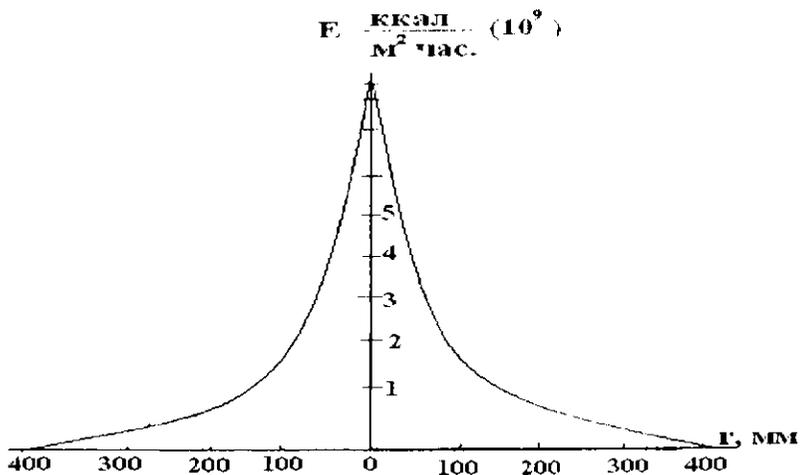
$$\frac{d}{D} = \frac{\sin \varphi}{\sin \alpha},$$

где  $d$  – угол охвата. Из этой формулы следует, что диаметр фокального пятна будет тем меньше, чем меньше  $\varphi$  и чем больше  $\sin \alpha$ . Оптимальное значение  $\alpha$  равно, очевидно,  $90^\circ$ .

Средней геометрической концентрацией энергии мы будем называть отношение среднего теплового напряжения в фокальном пятне к среднему тепловому напряжению на поверхности отражателя. Очевидно, эта концентрация,

$$n = \left( \frac{D}{d} \right)^2 \cdot R,$$

где  $R$  – коэффициент отражения материала, из которого сделано зеркало. Принимая обычное значение для стеклянного зеркала  $R=0,8$ , найдем, что максимальное значение  $n$  (при  $\varphi = \varphi_0$ )  $n_{\max} = 8000$ . Распределение энергии в зоне фокального пятна характеризуется некоторой колоколообразной кривой (рис.7.5), так что на периферии пятна тепловое напряжение падает почти до нуля, в то время как в центре имеется резко выраженный максимум, намного превосходящий среднее значение теплового напряжения по всему пятну и доходящий для особо точных зеркал до 30 млн. ккал/м<sup>2</sup> час. Таким образом, при точном зеркале можно получить температуру до 3000-4000<sup>0</sup>С в теле, помещенном в фокальной зоне.



**Рис.7.5. Распределение энергии в фокальном пятне  
параболоидного концентратора.  
( $r$  - расстояние до центра пятна)**

Из сказанного вытекает важное следствие: в солнечных установках с концентраторами приемник тепла «гелиокотел», помещенный в фокусе, обладает значительно меньшей поверхностью нагрева, чем приемник тепла в «горячем ящике». Вот почему, обеспечив хорошую изоляцию гелиокотла, за исключением небольшого «фокального отверстия», куда попадают отраженные лучи, мы можем значительно снизить тепловые потери и добиться высоких температур при хорошем значении КПД (до 60-70%).

Нами рассматривался случай, когда отражатель имеет поверхность в виде параболоида вращения. Однако это не единственная геометрическая форма, способная создавать концентрацию энергии при отражении. Можно сделать также сферические или конусные зеркала, способные с определенными ограничениями, выполнять роль концентраторов. Но на

практике, кроме параболических отражателей, получили распространение лишь параболические отражатели, имеющие вид корыта с сечением в форме параболы (рис. 7.6)

Все рассуждения, высказанные нами в предыдущих страницах, вполне приемлемы и к таким отражателям, с той лишь разницей, что фокальное пятно будет не в виде круга, а в виде узкой полосы, с шириной :

$$\frac{b}{B} = \frac{\sin \varphi}{\sin \alpha},$$

где  $B$  — ширина самого отражателя. Средняя геометрическая концентрация в этом будет значительно меньше,

чем для параболического отражателя  $n = \frac{B}{b} \cdot R$ .

В идеальном случае (при  $\varphi = \varphi_0$ )  $\alpha = 90^\circ$  и  $R = 0,8$   $n=80$ .

Познакомившись вкратце с элементарными сведениями теории концентрации лучистой энергии, перейдем к рассмотрению конкретных солнечных установок с концентраторами.

При использовании концентраторов, т.е. оптических устройств типа зеркал или линз, достигается повышение плотности потока солнечной энергии, требующих специального механизма для слежения за Солнцем. Зеркала - полосы, параболические или параболические – изготавливают из тонкого металлического листа или фольги или других материалов с высокой отражательной способностью; линзы из стекла или пластмасс. Однако практика показывает, что употребление линз в гелиосооружениях невыгодно из-за большой стоимости их, в особенности при значительных размерах. Практически все гелиотехнические концентраторы являются отражателями, зеркалами различной формы.

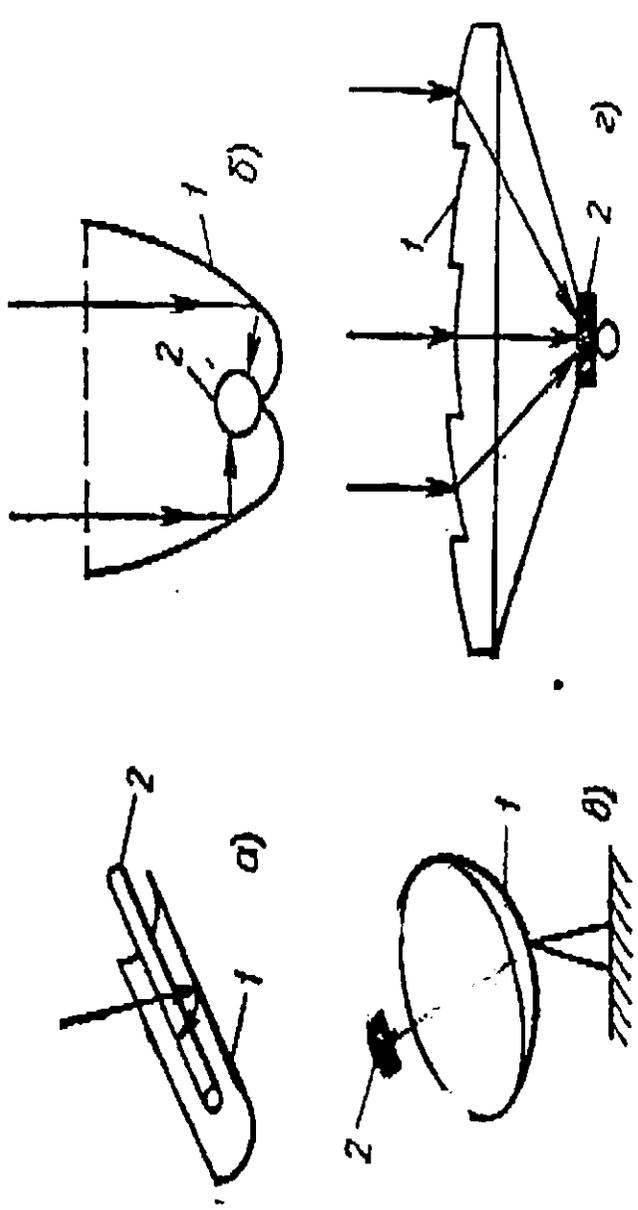


Рис. 7.6. Концентраторы солнечной энергии.

а) парабола - цилиндрический концентратор с трубчатым приемником излучения;  
 б) фокус; в) параболоидный концентратор; 1 - отражатель; 2 - приемник излучения.

Фокусирующие коллекторы обычно применяются там, где требуются высокие температуры (солнечные электростанции, печи, кухни и т.п.).

В системах теплоснабжения зданий они, как правило, не используются. Некоторые типы концентраторов, используемых в фокусирующих коллекторах, показаны на рис. 7.6

Сравнительная характеристика коллекторов различных типов дана в табл. 7.2.

Таблица 7.2.

**Характеристика основных типов солнечных коллекторов.**

Тип солнечного коллектора	Рабочая тем. °С	КПД коллектора, %	Слежение за Солнцем
Плюсский КСЭ	30-100	30-50	Не требуется
Солнечный пруд	40-100	15-25	Не требуется
Центральный приемник С полем гелиостатов	До 1000	60-75	Вращение вокруг двух осей
Параболоцилиндрический концентратор	До 500	50-70	Вращение вокруг одной оси
Вакуумированный стеклянный трубчатый коллектор	90-300	40-60	Не требуется

**7.3 Солнечные фотоэлектрические элементы**

Фотоэлектрические элементы являются прямыми преобразователями световой энергии в электрическую и используют фотоэлектрический (фотовольтаический, фотогальванический)

Эффект, имеющий «р-п» переходы, или, по другому говоря, тонкие слои полупроводников, электропроводность в которых определяется электронами (п-область) либо положительными зарядами – дырками (р-область).

При освещении солнечного элемента поглощенные тонким поверхностным слоем фотоны возбуждают атомы полупроводника и генерируют пары электрон-дырка. Возбужденные носители диффундируют к р-п переходу и разделяются его электрическим полем в зависимости от знака заряда. В п- области накапливаются избыточные дырки. В результате обе области заряжаются: п – область становится отрицательной, а р-область – положительной. Это приводит к снижению контактной разности потенциалов и появлению на контактах р- п – областей фотоэлектродвижущей силы (фото э.д.с.)

На рис 7.7. приведена структура солнечного фотоэлектрического элемента. Если к выводам элемента подключена внешняя нагрузка, то напряжение на выводах будет соответствовать максимальной величине фото э.д.с.  $U$  (напряжение холостого хода)/

При замкнутом накоротко фотоэлементе через р-п-переход потечет максимальный фототок  $J_k$  (ток короткого замыкания), а фото – э.д.с. будет равна нулю. Когда к фотоэлементу подключена внешняя нагрузка, отличная от нуля, через нее потечет ток меньше  $J_k$ , напряжение нагрузки будет меньше  $U_x$ .

На рис. 7.8. представлены вольт-амперные характеристики кремниевого фотоэлемента при различных плотностях мощности излучения. С увеличением плотности потока кривая отстоит дальше от начала координат. Зная динамическую линию нагрузки, с помощью вольт-амперной характеристики можно выбрать оптимальный режим для получения максимальной мощности  $P_{\text{макс}}$  в нагрузке. Для кремниевых фотоэлементов плотность тока короткого

замыкания достигает  $200-250 \text{ A/m}^2$ , а при оптимальной нагрузке  $150-200 \text{ a/m}^2$ . Напряжение на оптимальной нагрузке  $U_n = 0.35-0.45 \text{ В}$  и значительно ниже напряжения холостого хода  $U_x = 0.5 - 0.55 \text{ В}$ .

Эффективность генерации фототока зависит от близости р-п-перехода к освещенной поверхности полупроводника, для того чтобы большинство носителей заряда успело продиффундировать от места генерации к переходу.

Разработанная в течение последних десятилетий теория фотовольтаического эффекта в полупроводниках с р-п-переходом позволила описать характеристики фотопреобразователей, объяснить реально получаемые значения КПД и указать пути их повышения. Потери мощности в фотопреобразователях, связанные с действием фундаментальных законов физики, привели к понятию “предельного теоретического КПД”, которое позволяет определить возможности фотоэлектрического способа преобразования энергии и сделать выбор наиболее перспективного полупроводника. Основные физические ограничения КПД связаны с наличием “запрещенной зоны полупроводника”  $E_0$  и соответственно “красной” границы фотоэффекта. Максимально возможный КПД преобразователей солнечного излучения вблизи поверхности Земли составляет около 28 % и соответствует ширине запрещенной зоны арсенида галлия ( $E_0=1.4 \text{ эВ}$ ): для кремния ( $E_0=1.1 \text{ эВ}$ ) предельный теоретический КПД равен 26 %, т.е. несколько меньше, однако по средним значениям реальных КПД, технологичности создания фотоэлектрических структур, стоимости получения полупроводника в необходимой кристаллической форме и его распространенности в природе кремний не имеет себе равных среди полупроводников. Поэтому основная идеология широкомасштабного использования фотоэлектрического преобразования солнечной энергии основывается на применении кремниевых фотопреобразователей.

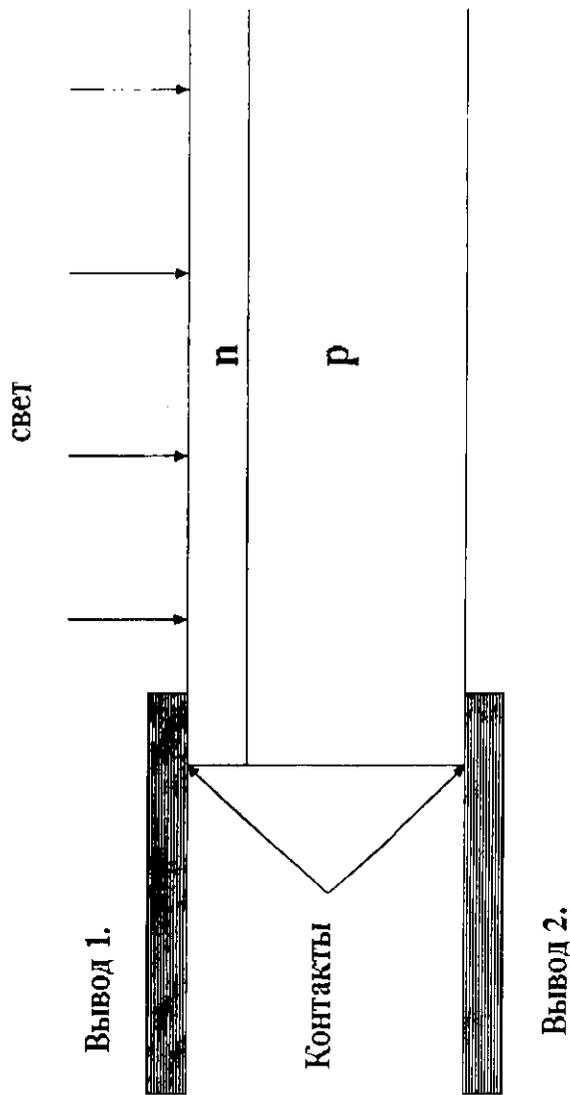


Рис. 7.7. Структура полупроводников солнечного фотоэлектрического элемента.

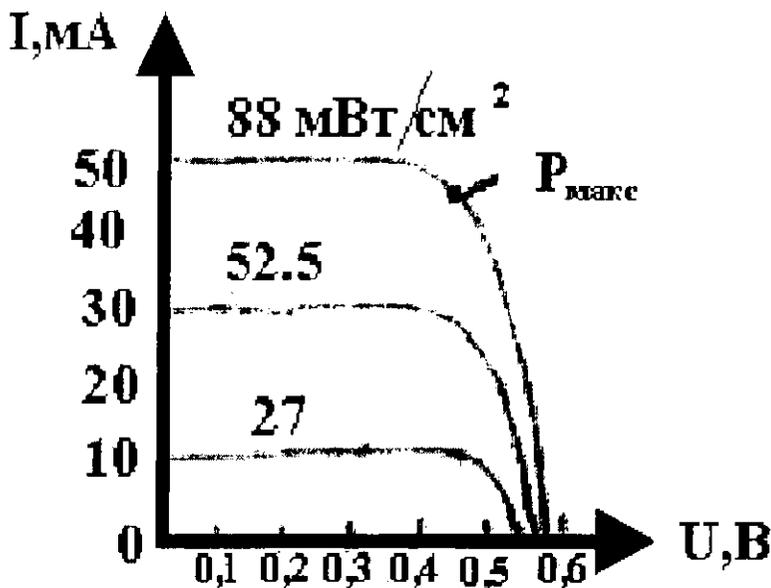


Рис.7.8. Вольт-амперные характеристики кремниевого фотоэлемента при различных плотностях солнечного излучения.

Используемая в настоящее время классическая модель фотопреобразователя с р-п-переходом дает следующую вольт-амперную характеристику (зависимость напряжения  $U$  от тока  $I$ ,  $A/cm^2$ ):

$$U = \frac{AkT}{q} \times \ln \left[ \frac{(I_{\phi} - I)}{I_0} + 1 \right] - IR,$$

где  $k$ - постоянная Больцмана;  $T, K$  - рабочая температура фотопреобразователя;  $q$ - заряд электрона;  $I_{\phi}$ ,  $A/cm^2$ , - фототок, пропорциональный интенсивности солнечного излучения,

падающего на поверхность фотопреобразователя;  $I_0$ , - обратный ток насыщения, определяемый свойствами исходного полупроводника и технологией изготовления фотопреобразователя;  $R$ - внутреннее электрическое сопротивление, препятствующее протеканию тока в структуре фотопреобразователя и через контакты с токоотводами. Безразмерный параметр кривизны вольт-амперной характеристики -  $A$  определяется свойствами р-п-перехода и обычно имеет значение от 1 (для идеального перехода) до 2.

Для идеального фотопреобразователя максимальная мощность равна:

$$P = U_{xx} \cdot I_{\phi} \cdot \xi,$$

где  $U_{xx}$ -напряжение холостого хода:

$$U_{xx} = \frac{A \cdot k \cdot T}{q} \cdot \ln \left( \frac{I_{\phi}}{I} + 1 \right),$$

$\xi$ - коэффициент заполнения вольт-амперной характеристики.

Обычно величина  $\xi$  оказывается близкой к 1 и слабо зависит от напряжения холостого хода.

Коэффициент полезного действия фотопреобразователя определяется как отношение максимальной мощности, снимаемой с единицы площади, к интенсивности падающего излучения:

$$\eta = \frac{P}{I} \approx \frac{U_{xx} I_{\phi}}{I} \approx \frac{A k T}{q} \cdot \frac{I_{\phi}}{I} \cdot \xi \cdot \ln \left( \frac{I_{\phi}}{I_0} \right)$$

Как видно, КПД является сложной функцией от интенсивности излучения, его спектрального состава и рабочей температуры. Поэтому для унифицированной оценки эффективности фотопреобразователя используются измерения КПД в стандартных условиях освещения ( $I=1000 \text{ Вт/м}^2$ ) при

рабочей температуре  $T_1=25^{\circ}\text{C}$ . Типичные значения параметров кремниевых фотопреобразователей в этих условиях равны:  $U_{\text{хх}}=550$  мВ,  $I_{\text{ф}}=35$  мА/см<sup>2</sup>,  $\xi=0.7$ ,  $P=13.5$  мВт/см<sup>2</sup>, так что КПД в этих условиях, обозначаемый как  $\eta$  имеет значение  $\eta=13.5$  %.

В современных экспериментальных конструкциях фотопреобразователей КПД достигает 22.0-23.5 % для наземного солнечного излучения, а в производстве- 12-15 %.

В настоящее время срок службы фотоэлектрических модулей оценивается оптимистически значением  $T_{\text{сл}}=20$  лет, в перспективе до 30 лет, при устойчивой тенденции снижения стоимости вырабатываемой ими энергии.

Фотоэлектрическое преобразование солнечной энергии является одним из наиболее быстро развивающихся в мире направлений практического использования возобновляемых источников энергии. В настоящее время общая мощность установленных солнечных фотоэлектрических систем составляет свыше 938 МВт.

#### **7.4 Автономные солнечные источники электропитания маломощных потребителей**

В настоящее время энергия солнечных фотоэлектрических преобразователей по экономическим показателям не может конкурировать с традиционными методами получения энергии. Поэтому областью их возможного практического применения являются малые автономные установки, располагаемые в местах, куда подвод электроэнергии от централизованных линий электропередач сложен, а завоз топлива для автономных дизель – генераторов экономически нецелесообразен.

Типичные примеры использования солнечной энергии: энергообеспечение чабанских домов на отгонных пастбищах, пасечного электрооборудования в кочевом пчеловодстве,

обеспечение радио – телефонной и телевизионной связью, электроснабжение аппаратуры гидрометеорологических и радиогеодезических станций в труднодоступных местах (горных и пустынных), мини-холодильников для хранения и транспортирования вакцин, сывороток и других медицинских препаратов в сельской местности и в полевых госпиталях, навигационных знаков на воде и дражных на суше, зарядка аккумуляторов в полевых условиях и т.п.

В этих случаях на первый план выступает не стоимость, а другие уникальные свойства солнечных фотоэлектрических преобразователей: надежность, автономность, мобильность, безшумность, экологическая чистота, отсутствие необходимости в текущем обслуживании, длительный гарантийный срок службы, компактность при транспортировке и т.п.

Одна из наиболее перспективных технологий солнечной энергии для указанных целей – создание переносных или мобильных фотоэлектрических установок с солнечными элементами на основе кремния, преобразующего энергию прямой и рассеянной составляющих солнечной радиации с КПД 15% и мощностью от 2 до 100 Вт. Нижний предел мощности обусловлен возможностью состыковки широко доступных автомобильных аккумуляторов с СБ для аккумуляции энергии при использовании в ночное время :верхнее значение определяется весом фотоэлектрических установок при транспортировке с помощью легковых автомобилей или животных, например, лошадей в условиях отсутствия дорог.

Достаточно полно эти уникальные качества солнечных фотоэлектрических преобразователей использованы в разработанном в Ташкентском филиале УзНИИМЭ совместно с Физико-техническим институтом НПО «Физика-Солнце» АН РУз автономном солнечном источнике электропитания (АСИЭ) (рис.7.9 а,б).

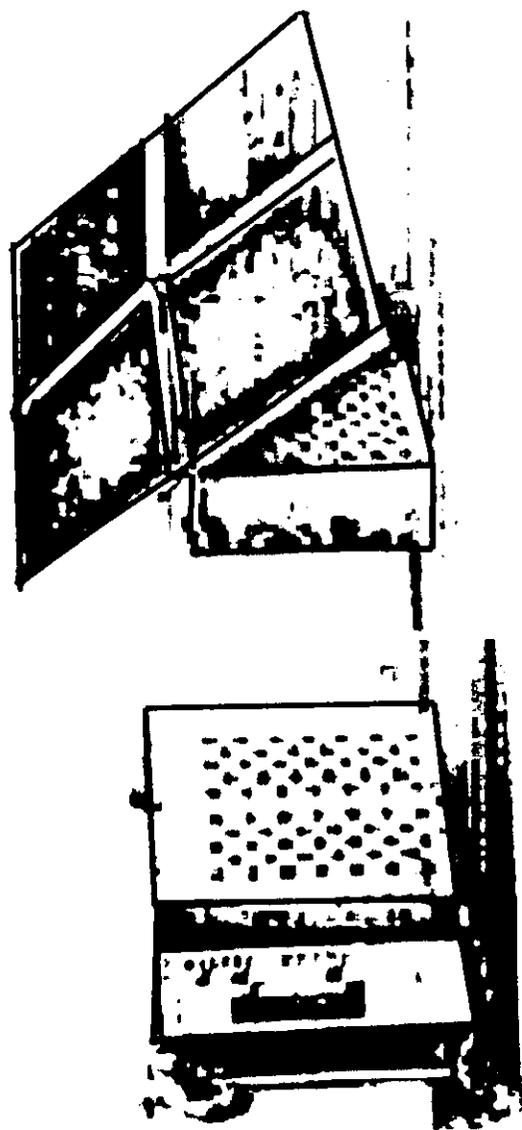
АСИЭ представляет собой устройство, состоящее из складной панели с солнечными фотоэлектрическими батареями.

В дневное время суток с помощью электронного блока управления осуществляют зарядку аккумулятора. Электронный блок преобразования позволяет получить на выходе источника электропитания постоянные напряжения 220 В, мощностью до 20 Вт. Корпус устройства снабжен наплечным ремнем. Аккумулятор позволяет обеспечивать работу в светлое и темное время суток.

На рис. 7.10.представлена структурная схема автономного солнечного источника электропитания: 1-солнечная батарея, 2-устройство для контроля заряда и разряда аккумулятора, 3-устройство для защиты от перегрузки по току; 4, 5, 6-стабилизаторы напряжения, 7-преобразователь напряжения (инвертор) постоянного тока 12 В в переменный 220 В.

В /1, 2/ приведено описание автономного солнечного переносного источника электропитания маломощных потребителей. Благодаря усиленной металлической защите фотоэлектрических батарей и аккумулятора АСИЭ обладает надежностью удара и вибрационной стойкостью, что позволяет использовать его в самых разнообразных и тяжелых условиях транспортировки и частой передислокации.

На рис. 7.11 показаны нагрузочная вольт-амперная характеристика /1/ солнечной батареи, измеренная в условиях г.Ташкента при  $E_{\text{сол}}=810 \text{ Вт/м}^2$ ,  $T=10^0\text{C}$ , и зависимость мощности СБ от напряжения на нагрузке (2). Как видно из вольт-амперной характеристики, в точке оптимальной нагрузки ( $V=14.5 \text{ В}$  и  $I=1.3 \text{ А}$ ) мощность солнечной батареи составляет 9 Вт. Испытания СБ показали, что среднедневная накапливаемая энергия в аккумуляторной батарее (АБ) для ноября 12-13А.ч и декабря около 10 А.ч.



а)

б)

Рис.7.9. Внешний вид автономного переносного солнечного источника  
электронитания.

При разворачивании солнечной батареи и ориентировании ее на Солнце происходит зарядка аккумулятора 24БССА38РС емкостью 28 А.ч. Для автоматического заряда аккумулятора включается устройство контроля «заряд-разряд», которое следит за величиной зарядного тока и напряжения, предотвращая вредный для аккумулятора режим перезаряда, а также информирует с помощью табло из светодиодов, выведенных на переднюю панель, о степени заряженности аккумулятора.

Автономный переносной источник электропитания имеет следующие технические характеристики:

- Выходное напряжение, В:
  - Постоянное 3,5; 6; 9 и 12
  - Переменное 220
- Электрическая емкость, А.ч 28
- Рабочий ток солнечной батареи, А 1,2
- Габаритные размеры, мм 350x250x150
- Вес, кг 15

Области применения разработанного автономного солнечного переносного источника электропитания разнообразны, в частности:

- обеспечение электропитанием электробритв, светильных фонарей, портативных радиоприемников, магнитофонов, телевизоров, аудиоплейеров, кофемолок, миксеров и другой бытовой техники;
- источник электропитания полевых радиостанций и радиотелефонов типа «Алтай», электронасосов типа «Малютка», внутреннего и наружного освещения полевых станков, в пастбищном и отгонном животноводстве;
- источник электропитания совместно с термонасосными холодильниками с полезным

объемом до 12 л для хранения и транспортирования вакцин, сывороток и других медикаментов в медицине и ветеринарии;

- электропитание пасечного электроножа, электродрели для сверления отверстий в Урьевых рамках, электронарацивателя ульевых рамок в кочевом пчеловодстве;
- источник электропитания аппаратуры радиопереговорных устройств в гидрометеослужбе и геологоразведке;
- зарядка аккумуляторов в полевых условиях, ремонт автомобильных камер с помощью электровулканизатора, а при необходимости и запуск двигателей непосредственно от источника электропитания (например, для автотуриста).

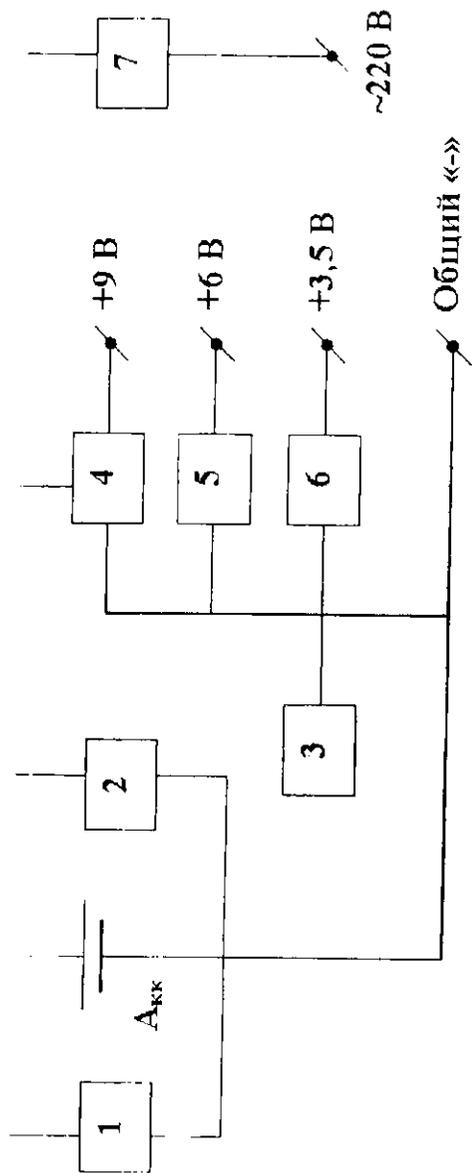
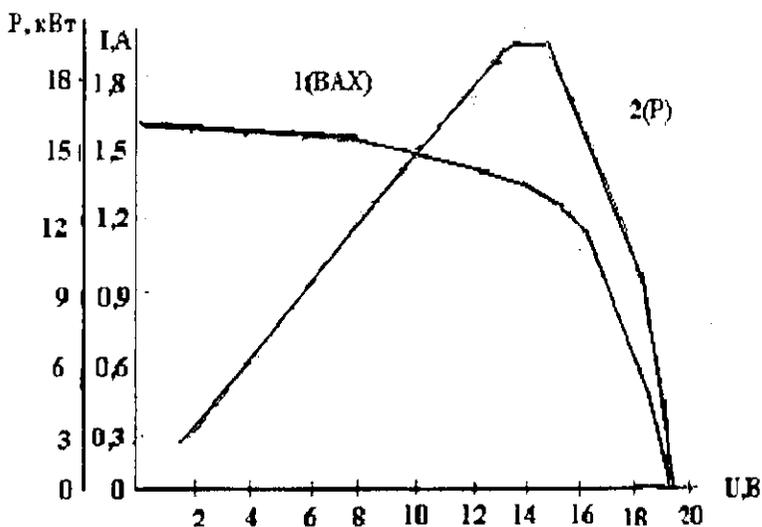


Рис.7.10. Структурная схема автономного солнечного источника электропитания:  
 1-солнечная батарея, 2-устройство для контроля заряда и разряда аккумулятора,  
 3-устройство для защиты от перегрузки по току, 4,5,6-стабилизатор напряжения,  
 7-преобразователь напряжения (инвертор) постоянного тока 12 В в переменный  
 220 В



**Рис. 7.11. Нагрузочная вольт-амперная характеристика (ВАХ) солнечной фотоэлектрической батареи (1) и зависимость ее мощности  $P$  от напряжения на нагрузке (2) при  $E_{\text{под}}=810 \text{ Вт/м}^2$  и  $T=10 \text{ }^\circ\text{C}$ .**

Применение АСИЭ в быту и для ряда производственных целей имеет огромное значение. Во-первых, это наиболее удобный вариант электрификации мест, отдаленных от централизованной электросети. Во-вторых, использование АСИЭ для бытовых нужд улучшает социально-бытовые и санитарно-гигиенические условия жизни людей, проживающих в отдаленных районах или пустынных местах. В-третьих, экономятся гальванические элементы и сохраняется природная экология за счет устранения загрязнения ими окружающей среды. В-четвертых, повышается оперативность производственного взаимодействия за счет возможности надежного автономного энергообеспечения портативных и

мобильных средств радио и телесвязи. В-пятых, повышается качество медицинского обслуживания в полевых условиях. Наконец, АСИЭ-3 незаменим в туристических походах на природе, в дачных условиях, на рыбалке и охоте.

АСИЭ обеспечивает работоспособность различных устройств, примерный перечень которых приведен в таблице 7.3.

Таблица 7.3

Потребитель	Напряжение питания, В	Непрерывность работы, ч
Радиоприемник, магнитофон	6;9;	круглосуточно
Полевая радиостанция типа «Алтай»	220	круглосуточно
Электронасос «Малютка»	12	8
Светильник дневного света «Турист-авто»	12	15
Телевизор «Семург»	12	11
Телевизор «Электроника»	12	15
Трехрамочная радиальная медогонка с электроприводом	12	4,2
Песенный электронож	12	1,0
Электронаващеватель пчелиных рамок	12	1,5
Аудиоплеер	3,5	круглосуточно
Осветительный фонарь (-100 Вт)	3.5; 6;9;12	12
Мини-холодильник термоэлектрический	12	круглосуточно
Электробритва	220	круглосуточно
Автомобильный статор	12	-
Термопарный:		
Холодильники (с полезным объемом 12 л)	12	круглосуточно
Зарядка автомобильных аккумуляторов (до 14 а. ч в день)	12	

Кроме того, применение АСИЭ выгодно экономически. Так, за 1 сезон работы в весенне – летне-осенний период (8-9 месяцев) АСИЭ вырабатывает столько электроэнергии, сколько можно получить от 3,0...5,0 тыс. гальванических элементов типа ОРИОН.

При цене 50 сум за 1 гальванический элемент эквивалентно экономии – 150,0 – 250,0 тыс. сум ежегодно. Учитывая, что срок службы АСИЭ практически неограничен (при условии периодической замены аккумуляторов батареи), то экономическая целесообразность использования АСИЭ очевидна даже без учета социально-бытовых и санитарно-гигиенических эффектов, так как при интенсивном использовании АСИЭ окупается практически за 1 год.

## **7.5 Солнечные тепловые электростанции**

До сих пор нами рассматривались лишь сравнительно небольшие солнечные установки. Однако каждая из них, взятая отдельно, не может рассматриваться как прототип для создания мощной установки. С энергетической точки зрения вызывает интерес представление возможности создания крупных установок мощностью сотни и тысячи киловатт.

Решение этого вопроса встречает серьезные затруднения. Существенными недостатками энергии солнечного излучения являются ее рассеянность, рассредоточенность в пространстве. Таким образом, создание крупных солнечных энергетических устройств неизбежно связано с сооружением громадных отражающих поверхностей. Казалось бы, на первый взгляд, что рационально идти по пути простого увеличения размеров единой установки.

Однако выяснилось, что такой путь экономически не выгоден, ибо стоимость установки, отнесенная к ее отражающей поверхности, увеличивается по мере увеличения размеров

установки. При этом возникают большие конструктивные затруднения, связанные с громадными усилиями, действующими в отдельных элементах механизма гигантских установок и с уникальными результатами самих элементов.

Наиболее целесообразный способ передачи и концентрации энергии - передача ее с разных точек к одному пункту (рис. 7.12, а) в виде лучистой энергии. Потери энергии при такой передаче, обусловленные поглощением и рассеянием при прохождении ее через слой воздуха, ничтожны.

В настоящее время считается наиболее перспективным башенный тип солнечных тепловых электростанций. На башенной электростанции приемник солнечного излучения (котел) размещается на высокой башне, окруженной полем автоматически управляемых зеркальных отражателей, называемых гелиостатами, с помощью которых солнечное излучение фокусируется на тепловоспринимающей поверхности этого котла, разогревая его до температур выше  $300^{\circ}\text{C}$ . Пар из него поступает в турбину и, пройдя через конденсатор, уже в виде воды снова подается в котел. На одном валу с турбиной размещается ротор генератора, вырабатывающего электроэнергию. К.П.Д. системы составляет 10-15% (рис. 7.12, б).

Одна из таких электростанций мощностью до 5 МВт построена в Крыму. Солнечный котел размещается на башне высотой 70 м. Поверхность нагрева в нем  $154 \text{ м}^2$ , что позволяет вырабатывать 28 т в час насыщенного пара с давлением 4,0 МПа и температурой  $250^{\circ}\text{C}$ .

Нагрев солнечного котла осуществляется с помощью 1600 плоских зеркальных гелиостатов, каждый из которых имеет размер  $5 \times 5 \text{ м}$ . Расчетное время работы – 1920 часов в год.

Большие работы по использованию тепловых солнечных электростанций ведутся в США, Франции, Японии, Индии, Канаде, Австралии. По разным оценкам доля используемой солнечной энергии в общем энергетическом балансе для разных

районов мира составляет 2-7%, в Австралии достигает 10-15%. В Японии сооружается самая мощная солнечная электростанция мощностью 1000 МВт, которая займет территорию более 30 км<sup>2</sup>.

## 7.6. Большие солнечные технологические печи

Изготовление бытовых гелиоустановок с параболическими отражателями не отличается особой тщательностью и поэтому размер фокального пятна сравнительно велик, а концентрация энергии низка. Заметим, что для солнечной кухни при размере отражателя всего лишь в 1,2 м фокальное пятно достигает 80-90 мм в диаметре. Для приготовления пищи высокая концентрация энергии совершенно не нужна. Но достижение высоких температур требует высокой концентрации энергии, что соответствует высокой тщательности изготовления зеркала. В очень точных зеркалах диаметром 2 м возможно получение фокального пятна не более 30 мм. Это позволяет получить в фокусе очень высокие температуры нагреваемых образцов. В фокальном пятне можно производить сварку стальных полос и изделий из других металлов. Металлографические исследования сваренных образцов показали хорошее качество сварного шва, напоминающего кислородной – ацетиленовой сварки. Весьма успешно производилась напайка победитовых пластин на резцы, осуществлялась также плавка различных металлов и даже достигалось оплавление вольфрама, что соответствует температуре в 3600<sup>0</sup>С. В солнечной печи отсутствуют какие-либо продукты сгорания, магнитные или электрические поля и т.п.

Плавка образцов может вестись по желанию в нейтральной или любой другой атмосфере требуемого состава. К тому же такие высокие температуры, какие можно получить в солнечной печи (3000-4000 С), весьма трудно достижимы другими методами.

Важную роль солнечные печи могут сыграть и в производстве материалов высокой чистоты, что имеет особое значение для промышленности полупроводников. Солнечные печи способны производить термообработку различных материалов и объектов концентрированием солнечного потока с большой мощности, а также реализовать новые, нетрадиционные технологии синтеза и производства чистых высокоогнеупорных неметаллических материалов и многокомпонентных соединений с заданными свойствами.

В НИО «Физика-Солнце» Академии наук Узбекистана создана уникальная многофункциональная высокоточная большая плавильная солнечная установка, которую разместили в Паркенте близ Ташкента (рис. 7.13). Выбор места был продиктован исключительно высокой солнечностью региона – здесь светит 2960 часов в год, в то время как на широте Москвы – всего 1900 часов.

В этой установке концентратор размещен неподвижно, а лучистый поток, параллельный оптической оси, направляется на концентратор гелиостатами, осуществляющими слежение за Солнцем в течение рабочего времени (рис. 7.14). Отраженный от концентратора лучистый поток собирается в фокусе системы, расположенном на высоте 21 м. Для осуществления технологических операций в фокальной области сооружена технологическая башня, в которой размещены необходимые инженерные коммуникации, технологическое оборудование и оснастка. Все 62 гелиостата размером  $6,5 \times 7,5 \text{ м}^2$ , выполненные из термически полированного стекла толщиной 6 мм, расположены на террасах ступенчатого гелиостатного поля таким образом, что устраняется взаимное затенение и обеспечивается работа большой солнечной печи в течение 10 ч в летнее и 6 ч в зимнее время.

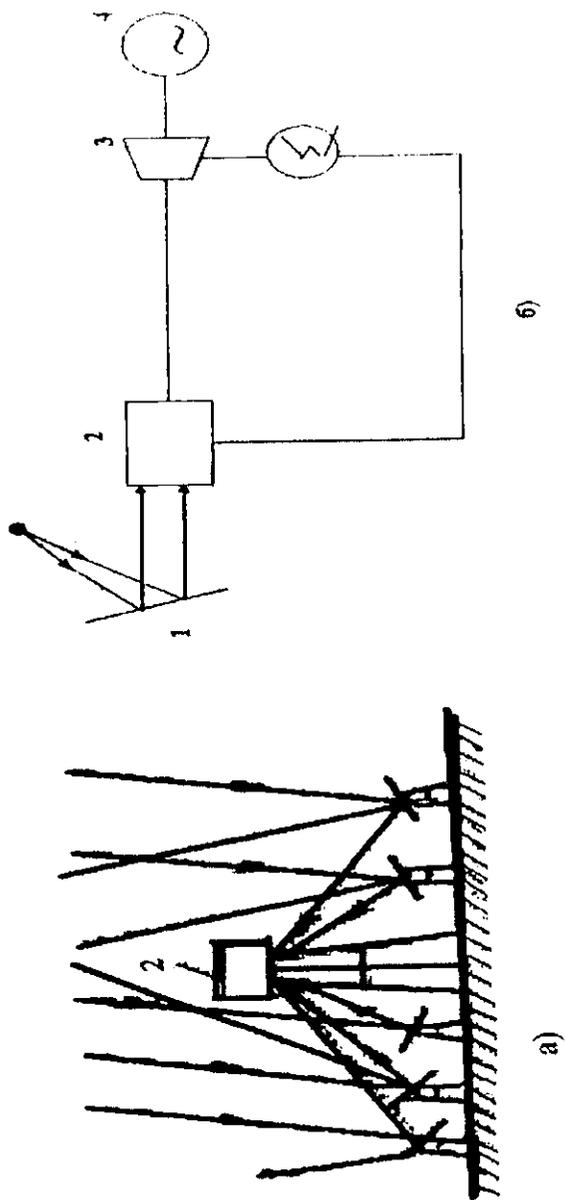
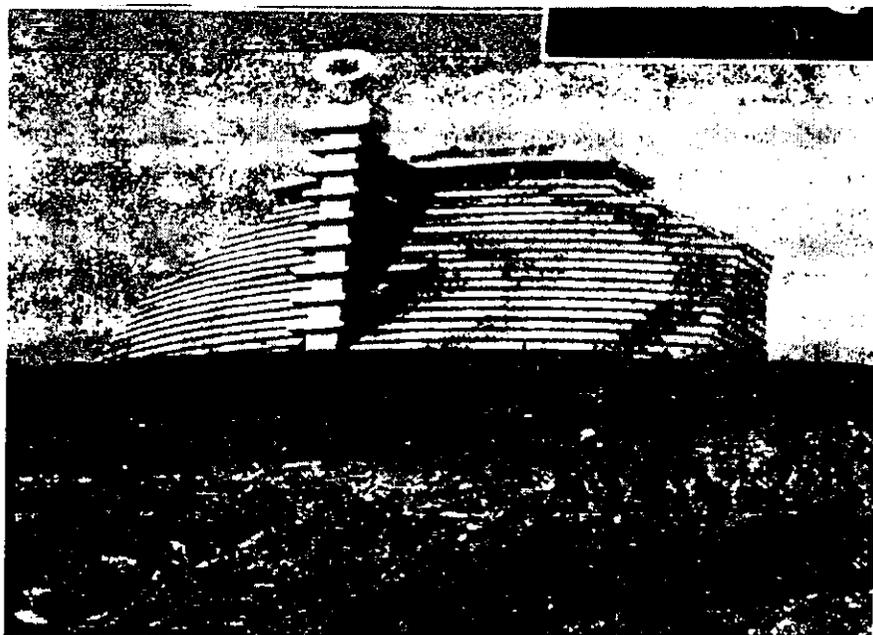


Рис.7.12. Поле гелиостатов (а) и принципиальная схема преобразования солнечной энергии в электрическую (б).  
 1- гелиостаты; 2-приемник излучения; 3- турбина; 4- генератор; 5-конденсатор.

Общая площадь гелиостатов составляет 3022 м<sup>2</sup>. Управление движением гелиостатов осуществляется электронной системой управления. Отражающая поверхность концентратора собрана из 214 блоков специальной формы с общей площадью 2000 м<sup>2</sup>. Большая солнечная печь позволяет получать в фокальном пятне температуру более 3000<sup>0</sup>С. Здесь в специальных тиглях плавятся такие тугоплавкие материалы, как оксиды алюминия, магния, циркония и сложные композиции на их основе. Процесс протекает почти мгновенно. Материалы, приготовленные в солнечной печи, отличается отменная чистота. Они очень дефицитны и дороги, имеют зачастую совершенно новые физико-технические характеристики. Подобную технологию сверхбыстрого нагрева, ее называют тепловым ударом, невозможно осуществить по-другому.

Не совсем ясна физика явления. Необычные свойства получаемых материалов иные объясняют быстрым нагревом сырья до очень высоких температур, другие - прямым фотонным взаимодействием. На множество вопросов еще предстоит ответить ученым. Усовершенствование технологического процесса, по-видимому, будет предложено инженерами.

Солнечная узбекская печь не единственная в мире. Во Франции работает печь той же мощности. Но наша значительно совершенней: меньше датчиков, более прогрессивная система крепления φαцет к концентратору. Французский концентратор юстировался в течение двух лет после завершения стройки, узбекские же инженеры и ученые провели эту сложнейшую работу всего за полгода одновременно со строительством объекта. В комплексе «Солнце» использованы десятки изобретений, защищенных авторскими свидетельствами и патентами.



**Рис.7.13. Общий вид большой солнечной печи.  
а) гелиостатное поле; б) тыльная сторона концентратора.**

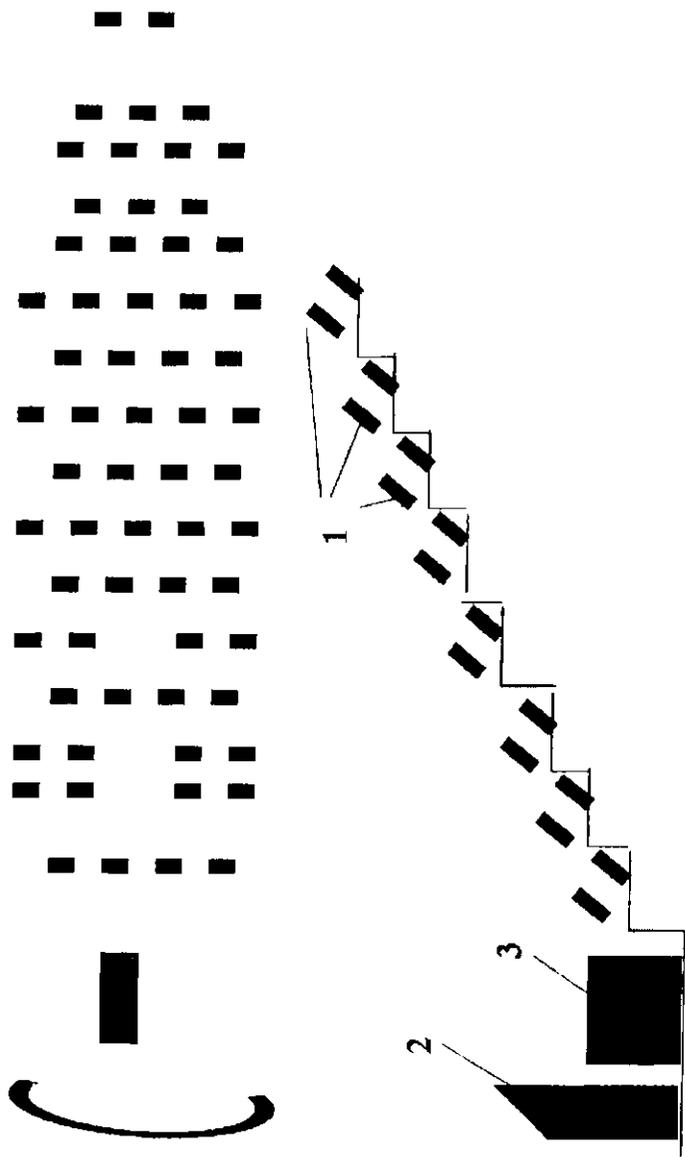


Рис. 7.14. Оптико-энергетическая схема большой плавильной солнечной печи.  
 (Ташкентская обл.)  
 1-гелиостаты; 2-концентратор; 3- технологическая башня.

Описанная солнечная печь-первая в мире печь, оснащенная оригинальной технологической линией по синтезу в ней различных материалов, способная обеспечить их промышленное производство.

## 7.7. Солнечные тепловые коллекторы

Основным конструктивным элементом солнечной установки является коллектор, в котором происходит улавливание солнечной энергии, ее преобразование в теплоту и нагрев воды, воздуха или какого-либо другого теплоносителя. Различают два типа солнечных коллекторов - плоские и фокусирующие. В плоских коллекторах солнечная энергия поглощается без концентрации, а в фокусирующих - с концентрацией, т.е. увеличением плотности поступающего потока радиации. Наиболее распространенным типом коллекторов в низкотемпературных гелиоустановках является плоский коллектор солнечной энергии (КСЭ). Его работа основана на принципе "горячего ящика", который легко представить себе, если вспомнить, как нагревается на солнце салон закрытого автомобиля, который служит своеобразной ловушкой для солнечных лучей, поступающих в него через прозрачные поверхности остекления. Для того, чтобы изготовить плоский КЭС, необходима, прежде всего, лучепоглощающая поверхность, имеющая надежный контакт с рядом труб или каналов для движения нагреваемого теплоносителя. Совокупность плоской лучепоглощающей поверхности и труб (каналов) для теплоносителя образует конструктивный единый элемент - абсорбер. Для лучшего поглощения солнечной энергии верхняя поверхность абсорбера должна быть окрашена в черный цвет или должна иметь специальное поглощающее покрытие. Снижение тепловых потерь от абсорбера в окружающее пространство достигается путем применения тепловой изоляции, закрывающей нижнюю поверхность

абсорбера, а также светопрозрачной изоляции, размещаемой над абсорбером на определенном расстоянии от него. Все названные элементы помещаются в корпус и производится уплотнение прозрачной изоляции – остекление (рис.7.15).

Таким образом, получается плоский коллектор для нагрева жидкости, общий вид которого показан на рис. 7.16.

К числу принципиальных преимуществ плоского КСЭ по сравнению с коллекторами других типов относится его способность улавливать как прямую (лучистую), так и рассеянную солнечную энергию и как следствие этого – возможность его стационарной установки без необходимости слежения за Солнцем.

Абсорбер плоского коллектора солнечной энергии, как правило, изготавливается из металла с высокой теплопроводностью, а именно из стали, алюминия и даже из меди.

Прозрачная изоляция представляет собой один или два слоя стекла или полимерной пленки. Может использоваться комбинация из наружного слоя стекла и внутреннего слоя полимерной пленки. В случае низкой температуры нагрева теплоносителя (до 30<sup>0</sup>С) коллектор может вовсе не иметь прозрачной изоляции. Корпус коллектора может быть изготовлен из оцинкованного железа, алюминия, дерева, пластмассы. В качестве тепловой изоляции могут применяться различные материалы: минеральная вата, пенополиуретан и т.п.

Полезная мощность  $P$ , Вт/м<sup>2</sup>, отводимая с единицы площади коллектора, может быть представлена выражением

$$P = J(\tau\alpha)F' - \Delta P,$$

где  $J$ , Вт/м<sup>2</sup> – интенсивность суммарного излучения в плоскости коллектора;

$\tau$  – пропускная способность прозрачных покрытий коллектора;

$\alpha$  – поглощательная способность поверхности коллектора по отношению к солнечному излучению;

( $\tau\alpha$ ) оптический код коллектора или приведенная поглощательная способность поверхности коллектора (больше 0,85);

$F$  - коэффициент эффективности поглощающей панели (размеров каналов с нагреваемой жидкостью, материала и толщины панели); свойств жидкости и скорости ее протекания в коллекторе. В современных конструкциях значение  $F$  близко к единице (больше 0,9);

$\Delta P$ , Вт/м<sup>2</sup> - плотность потерь тепловой энергии коллектора определяется двумя факторами: конвективным охлаждением панели в окружающей среде и тепловым излучением с поверхности:

$$\Delta P = F \left[ h(T - T_0) + \varepsilon \sigma (T^4 - T_0^4) \right],$$

где  $T$ , К - средняя температура панели коллектора;  $T_0$ , К - температура окружающей среды;  $h$ , Вт/(м<sup>2</sup>С<sup>0</sup>), -коэффициент конвективного теплообмена со средой;  $\varepsilon$  - эффективный коэффициент черноты поверхности;  $\sigma = 5,672 \cdot 10^{-8}$ , Вт/(м<sup>2</sup> К<sup>4</sup>), - постоянная Стефана - Больцмана.

Средняя температура панели коллектора  $T$ , или почти равная ей средняя температура жидкости, как и температура горячей жидкости на выходе коллектора  $T_1$ , определяются конструкцией и характеристиками коллектора, а также интенсивностью падающего излучения  $J$ , температурой холодной жидкости на входе  $T_x$  и массовым расходом жидкости на единицу рабочей площади коллектора  $G$ , кг/(м<sup>2</sup> С), посредством уравнения нагрева жидкости:

$$P = G c_p (T_1 - T_x),$$

где  $c_p$ , Дж/(кг °С) - удельная теплоемкость жидкости. Отсюда с использованием (I) получаем связь расхода жидкости с приходом энергии, температурой жидкости и температурой окружающей среды при фиксированном потоке энергии расход жидкости падает с увеличением ее температуры на выходе. Разница максимально достижимой температуры нагрева

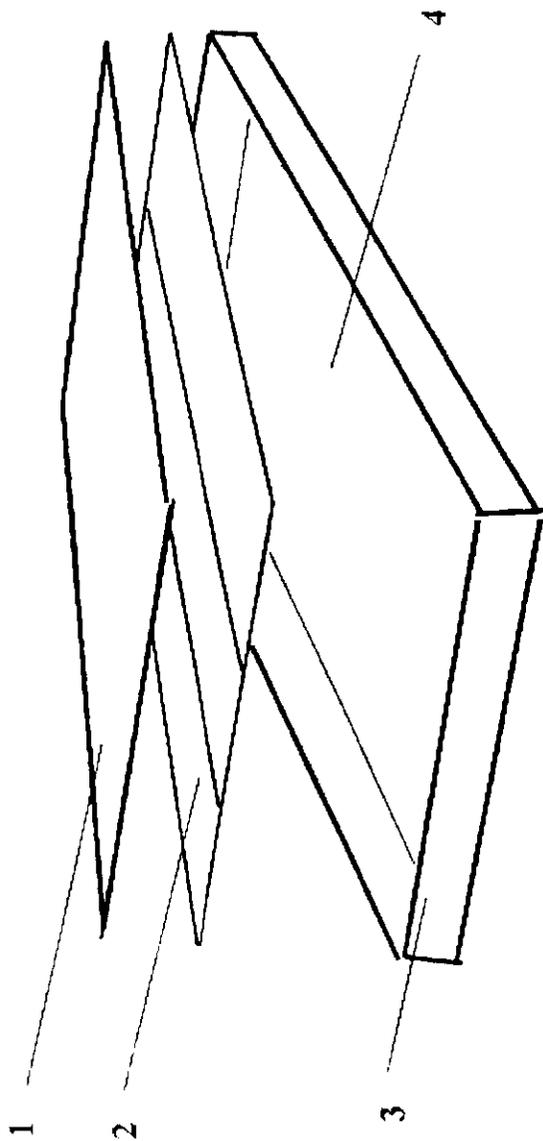
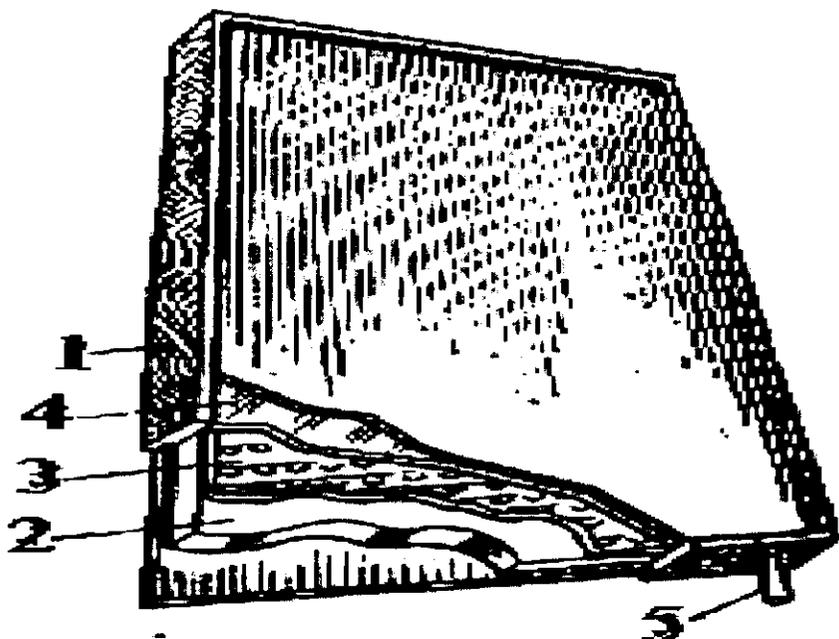


Рис.7.15. Конструктивные элементы плоского коллектора солнечной энергии.  
1- остекление; 2- лучепоглощающая поверхность с трубками для нагреваемой  
жидкости; 3- корпус; 4- теплоизоляция.



**Рис.7.16. Общий вид плоского коллектора солнечной энергии.**

**1-корпус; 2-теплоизоляция; 3- лучепоглощающая поверхность; 4-двухслойное остекление;**

**5- патрубок для подвода теплоносителя (патрубок для отвода нагретого теплоносителя не показана)**

жидкости  $T_m$  и температуры среды, соответствующая отсутствию протекания жидкости ( $P=0$ ), равна

$$T_m - T_0 = J \frac{(\sigma\alpha)}{U_l},$$

и при  $J = 1000 \text{ Вт/м}^2$ ,  $(\sigma\alpha)=1$ ,  $U_L=10 \text{ Вт/(м}^2\text{°C)}$  получаем:  $T_M - T_0 = 100^\circ\text{C}$ , т.е. солнечные коллектора способны обеспечить получение достаточно горячей температуры жидкости даже при низких температурах окружающей среды, при условии термоизоляции панелей с тыла и с торцов.

## 7.8. Солнечные приставки к топливным котельным

В 1986 г. заработала первая в Узбекистане комбинированная солнечно-топливная система сезонного горячего водоснабжения жилого микрорайона Водник в г. Нариманове, в которой осуществляется предварительный нагрев (до  $35\text{-}45^\circ\text{C}$ ) подпиточной воды в солнечной приставке, а догрев по требуемой температуры ( $60^\circ\text{C}$ ) – в традиционной котельной, (рис. 7.17). Кроме солнечных коллекторов, приставка содержит также паро-водяной скоростной подогреватель, два центробежных насоса (один резервный), щит КИП и автоматики.

Натурные испытания, проводившиеся с апреля по ноябрь 1986 г., позволили выявить оптимальные режимы и сроки эксплуатации, а также технико-экономические показатели табл.7.4.

Значения показателей действующей солнечной приставки могут быть существенно улучшены при ее работе в так называемом термонейтральном режиме, при котором отсутствуют потери солнечного тепла, так как средняя температура тепловоспринимающих пластин поддерживается равной температуре наружного воздуха. В этом случае отпадает необходимость в использовании дорогостоящих солнечных коллекторов. Их заменяют отопительные стальные радиаторы.

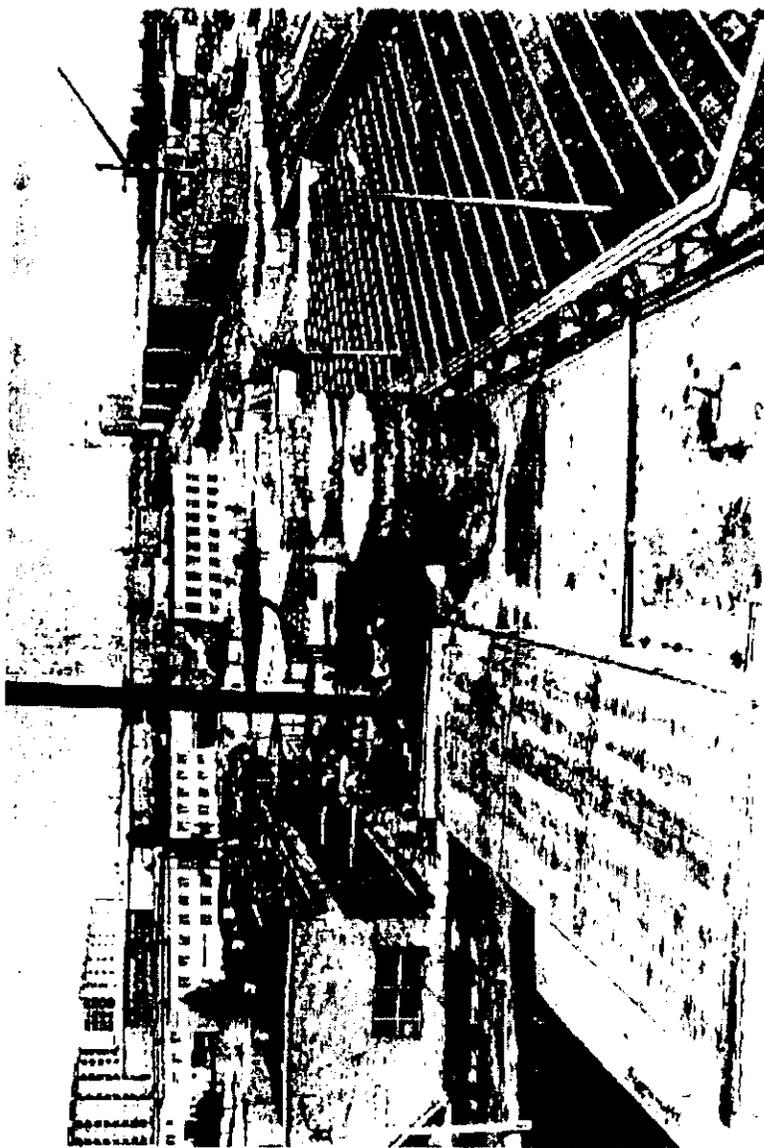


Рис.7.17. Общий вид котельной с солнечной приставкой в г. Нариманове.

Таблица 7.4.

**Технико-экономические показатели разработанных  
солнечных приставок к котельным**

Показатели	Единица измерения	Солнечные приставки	
		Экспериментальная в г.Нариманове	Термoneйтральная
Общая площадь солнечных коллекторов	М <sup>2</sup>	903	903
Температура нагретой воды в июле (средняя за день)	°С	35	47
КПД/среднесезонный	-	0,62	0,9
Количество вырабатываемой теплоты	Гкал/год	493,2	738,5
Экономия топлива	Т у.т./год	100,7	150,7

Предложенный способ позволяет резко снизить материалоемкость гелиосистемы и капиталовложения на ее сооружение. КПД коллектора и соответственно количество вырабатываемого тепла термoneйтральной приставкой, а равно количество сэкономленного топлива возрастают примерно в 1,5 раза (табл.7.4), что приводит к снижению себестоимости, вырабатываемого за счет солнечной энергии тепла до уровня, сопоставимого с себестоимостью, получаемой при традиционном сжигании топлива. Стоимость сэкономленного

топлива при этом выше суммарных эксплуатационных расходов, что делает термoneйтральную солнечную приставку окупаемой.

При устройстве термoneйтральной приставки (рис.7.18) дополнительно устанавливается регулятор расхода воды через солнечный коллектор, управляемый датчиками температуры воздуха и воды на входе и выходе коллектора. Для согласования с расходом потребления используют бак-аккумулятор предварительно нагретой воды.

Эксплуатация солнечной приставки не отличается сложностью и необходимостью применения каких-либо операций, не характерных для обслуживания систем отопления и топливных котельных.

В целом солнечные приставки к котельным отличаются повышенным КПД использования солнечной энергии, большой продолжительностью периода эксплуатации (с апреля по октябрь). При этом обеспечивается высокая эксплуатационная надежность горячего водоснабжения потребителей.

На рис.7.19 представлен график изменения КПД ( $\eta$ ) для ясных дней в течение сезона эксплуатации, ход величины падающей солнечной радиации ( $Q_p$ ) и полезной теплопроизводительности гелиосистемы  $Q_{\text{пол}}$ . Необычный характер линии  $Q_p$  вызван применением угла наклона солнечных водонагревателей 40°. За сезон эксплуатации продолжительностью 196 дней полезная тепловая производительность гелиосистемы составляет 493,3 Гкал/год, а среднесуточная – 2,5 Гкал/сут (10,54 Гдж/сут). В расчете на 1 м<sup>2</sup> солнечного коллектора годовая выработка тепла гелиоприставкой составляет 0,546 Гкал/м<sup>2</sup> год или 2,287 Гдж/м<sup>2</sup> год, среднесуточная выработка тепла 2787 ккал/м<sup>2</sup> сут или 11670 кДж/м<sup>2</sup> сут. Средний за сезон КПД гелиоприставки составил 0,62. Снижение расхода топлива составляет 100,7 т.у.т. в год, или 11 кг. условного топлива на 1 м<sup>2</sup> солнечного коллектора.

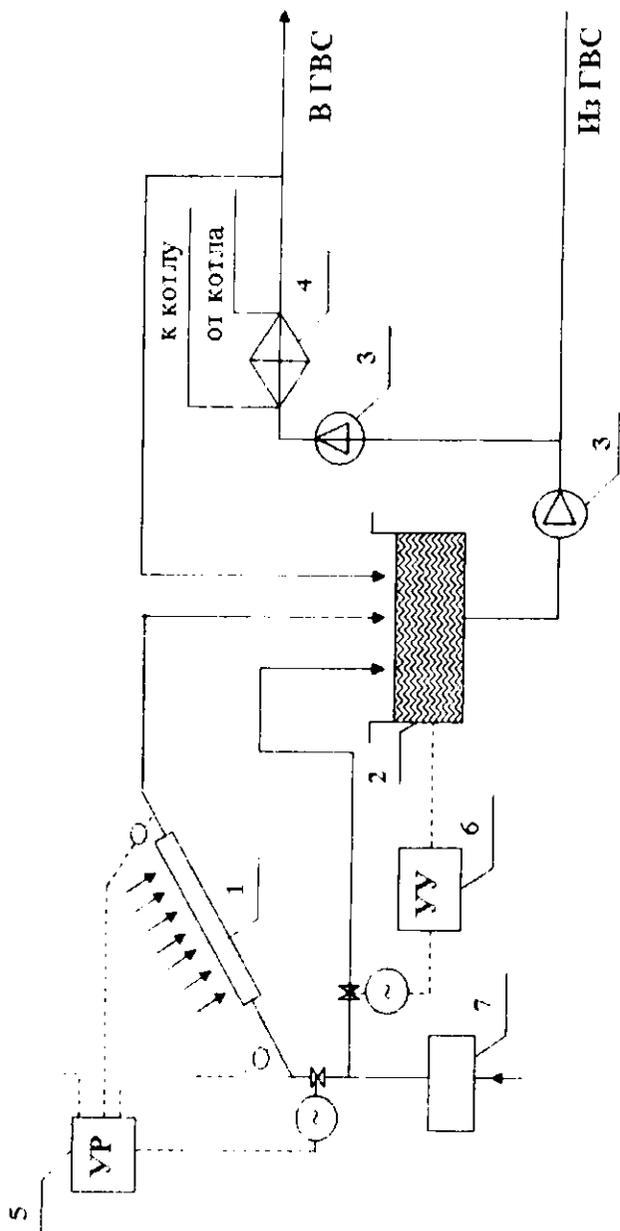


Рис.7.18. Принципиальная схема термометрической солнечной приставки к котельной.  
 1-солнечный водонагреватель; 2-бак-аккумулятор подогретой воды; 3-насосы;  
 4-теплообменник; 5-устройство регулирования расхода воды через коллектор;  
 6-устройство обеспечения минимального уровня воды в баке-аккумуляторе;  
 7-блок химводоподготовки.

## 7.9 Солнечное горячее водоснабжение

Во многих странах, включая даже такие «северные» - как Швеция, Англия, ФРГ, существуют и реализуются программы широкого использования солнечной энергии для отопления, горячего водоснабжения жилых и промышленных объектов.

На рис. 7.20 показано устройство простейшей установки солнечного горячего водоснабжения. основным элементом которой является солнечный водяной коллектор, состоящий из деревянного корпуса 1, защитного стекла 2, днища 3 и теплоизоляции 4 /минеральная вата, древесная стружка.

Внутри коллектора помещен водонагреватель, состоящий из зачерпленной металлической поглощающей пластины 5 и трубчатого теплообменника 6. За счет известного «тепличного» эффекта, создаваемого застекленной поверхностью, вода в таком коллекторе может нагреваться до  $80^{\circ}\text{C}$ , а производительность за день - достигать более 100 л горячей воды с  $1 \text{ м}^2$  застекленной поверхности. В течение дня нагреваемая в коллекторе вода путем естественной конвекции поступает и накапливается в баке-аккумуляторе: последний состоит из металлической емкости 7 с патрубками 8 - 11 - 8 для подключения водопроводной воды, 9 для отвода горячей воды, 10, 11 для соединения с входом и выходом солнечного коллектора / кожуха 12 и теплоизоляции 13. Теплоизолированный бак-аккумулятор обеспечивает потребность в бытовой горячей воде в любое время суток /вечером, ночью, утром/, т.е. даже в периоды, когда Солнце скрывается за горизонтом или облаками.

Для повышения эффективности работы солнечные коллекторы ориентируются на юг и устанавливаются наклонно к горизонту /угол наклона обычно равен широте местности и для Узбекистана может быть принят  $\varphi = 0^{\circ}\text{C}$ ./ При установке бака аккумулятора определенная ориентация не требуется и его размещение диктуется удобством монтажа системы горячего водоснабжения.

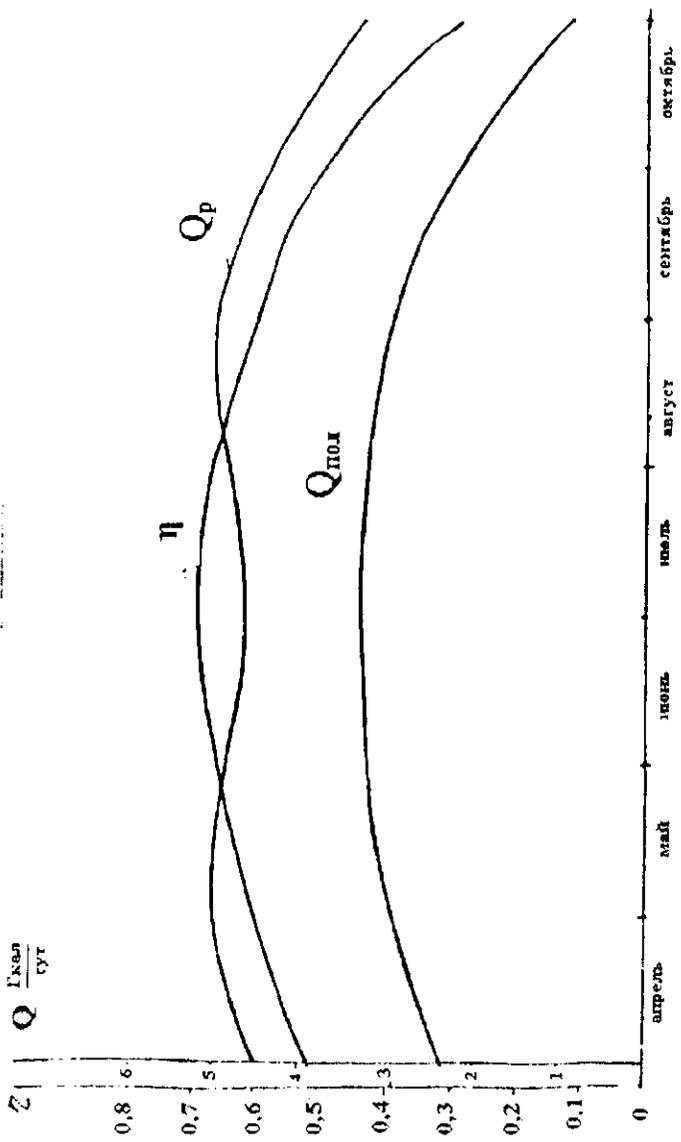
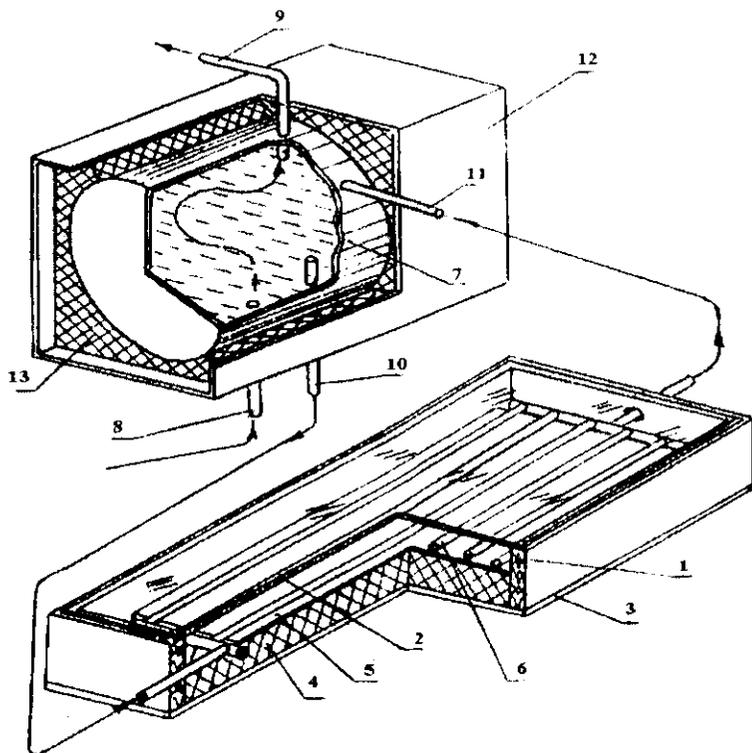


Рис. 7.19. Поток падающей солнечной радиации  $Q_r$ , полезной теплопроизводительности  $Q_{\text{пол}}$  и коэффициент полезного действия  $\eta$  гелиосистемы в течение сезона эксплуатации.



**Рис.7.20. Устройство солнечной установки горячего водоснабжения**

- 1-корпус; 2- защитное стекло; 3- днище;  
 4-теплоизоляция; 5-поглощающая пластина;  
 6-трубчатый теплообменник; 7- бак-аккумулятор;  
 8,9,10,11-патрубки; 12-кожух; 13-теплоизоляция.

Разработаны типовые проектные решения систем солнечного сезонного горячего водоснабжения одноэтажных 4-х и 5 - жилых комнатных типовых домов усадебного типа для строительства в негазифицированных районах сельской местности. Система проста и надежна, обслуживание ее сводится лишь к периодической мойке остекления солнечных водонагревателей и полному опорожнению при наступлении холодов. В проектах применен новый тип солнечного водонагревателя - листотрубный, отличающийся от ныне выпускаемых промышленностью повышенной коррозионной стойкостью, меньшей массой и стоимостью. Отличительной особенностью системы является размещение солнечных водонагревателей и бака – аккумулятора горячей воды на крыше дома, рис. 7.21. При отборе горячей воды из кранов ее объем в баке возмещается холодной водой из водопровода. Имеется устройство, автоматически предотвращающее самопроизвольное опорожнение бака – аккумулятора при падении давления в водопроводной сети ниже расчетного (в районах с режимным или неустойчивым водоснабжением), а также имеется устройство, обеспечивающее в этом случае отбор воды из накопителя.

Технико-экономические характеристики систем солнечного сезонного горячего водоснабжения жилых многоквартирных домов (табл. 7.5)

Таблица 7.5.

Показатели	Ед.изм.	Одноквартирные жилые дома	
		4-х комнатный	5-и комнатный
Количество солнечных водонагревателей	Шт (м.кв)	10 (6,1)	12 (7,32)
Объем бака-аккумулятора	М <sup>3</sup>	0,44	0,44
Расчетная производительность по горячей воде	М <sup>3</sup> /сут	0,7	0,96
Расчетная экономия топлива за сезон	Т.у.т.	1,39	1,9
Удорожание строительства дома	%	8,2	8,45

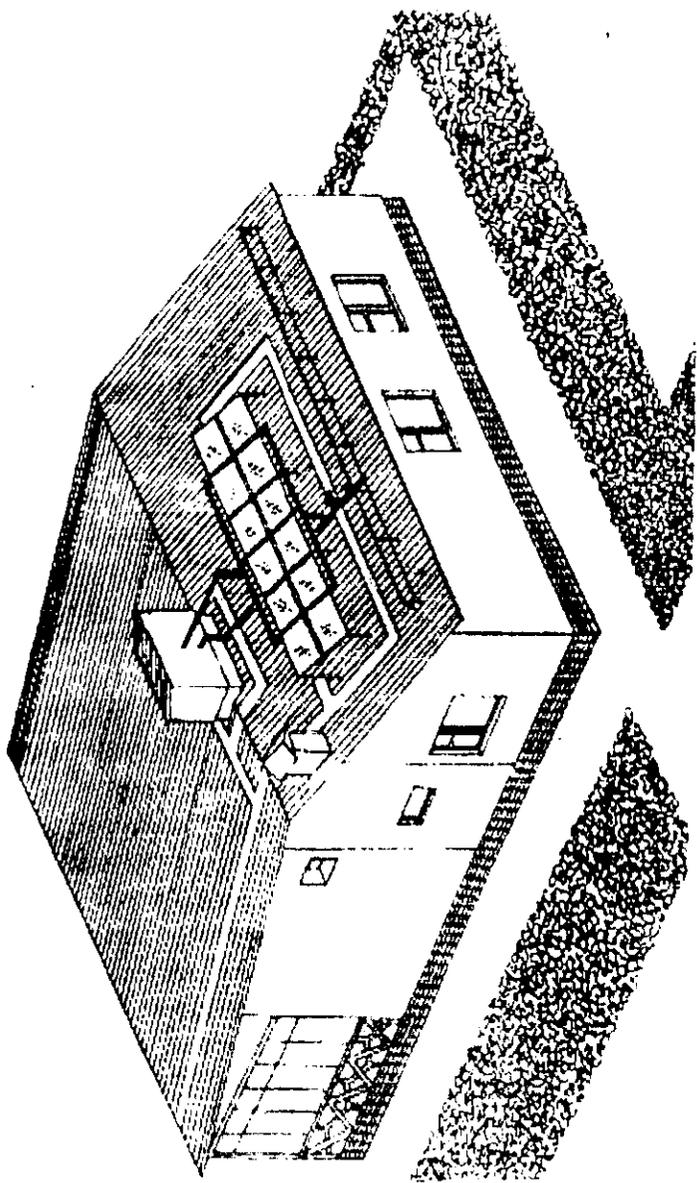


Рис.7.21. Жилой дом с системой солнечного сезонного горячего водоснабжения.

## 7.10 Стационарные гелиоустановки

Одним из направлений в решении задач по экономии энергоресурсов является использование возобновляемой и экологически чистой солнечной энергии. В настоящее время наиболее изучено и имеет наибольшую степень технологической готовности преобразование солнечной энергии в низкопотенциальное тепло для теплоснабжения зданий и сооружений. Солнечная энергия сегодня широко используется во многих странах мира, в первую очередь, для горячего водоснабжения многоквартирных жилых домов и подогрева воды в плавательных бассейнах.

Крупнейшим в мире потребителем солнечных установок горячего водоснабжения является США, где ежегодно производится 87,5 тыс.м<sup>2</sup> солнечных водонагревателей для жилья и 44,6 тыс.м<sup>2</sup> для плавательных бассейнов. Греция ежегодно производит солнечные установки горячего водоснабжения с общей площадью коллекторов 11,2 тыс.м<sup>2</sup>, Израиль - 9,0 тыс. м<sup>2</sup>. Решением правительства в Израиле запрещено строительство новых домов без солнечных водонагревателей. В Японии только для внутреннего рынка ежегодно производятся коллекторы более 90,3 тыс.м<sup>2</sup>, во Франции – 80 тыс. м<sup>2</sup>. 90% индивидуальных жилых домов на Кипре и 15% квартир оснащены коллекторами, что позволило покрыть 3,5 энергетической потребности страны. По этому показателю Кипр занимает первое место в мире.

В среднем удельный расход металла на солнечный коллектор составляет при использовании алюминия для панели и корпуса – 17 кг/м<sup>2</sup>, стали – 25 кг/м<sup>2</sup>. Производительность коллектора 80-100 литров воды при температуре 55-70<sup>0</sup>С с 1 м<sup>2</sup> в день, КПД 0,45-0,55 для летнего периода и 0,3-0,35 для зимнего периода. Удельная годовая теплопроизводительность солнечного коллектора 0,4-0,5 гкал/м<sup>2</sup>, годовая экономия

топлива – 130-160 кг условного топлива на 1 м<sup>2</sup>. Срок окупаемости – 3-5 лет.

Рассматриваемый класс солнечных установок, работающих в основном в тепловой период года, характеризуется небольшими поверхностями солнечных коллекторов (3-10 м<sup>2</sup>), достаточно высоким КПД (до 40%), легкостью обслуживания. Солнечные гелиоустановки особенно благоприятны при отсутствии жестких требований к режиму горячего водоснабжения, когда допускаются перерывы в работе и колебания температуры воды. Использование солнечной энергии для нагрева воды в таких установках позволяет снизить, либо полностью исключить затраты на приобретение, хранение и сжигание топлива, а также снизить издержки, связанные с экологическим воздействием добычи, себестоимость вырабатываемого тепла по сравнению с традиционными (топливными) установками.

Определенный опыт в области солнечного горячего водоснабжения накоплен в нашей стране: созданы и освоены промышленностью несколько видов специального оборудования (солнечных коллекторов, теплообменников), разработаны ряд экспериментальных и типовых проектов систем и установок солнечного горячего водоснабжения, по которым осуществлено строительство и имеется опыт эксплуатации. Однако масштабы использования солнечной энергии для теплоснабжения совершенно не отвечают темпам развития.

Институтом ТашЗНИИЭП разработаны четыре типовых проекта стационарных гелиоустановок сезонного действия: гелиодушевых на 2 и 4 кабины, гелиогенераторов горячей воды на 500 и 1000 литров в сутки. Эти установки (рис. 7.22), рекомендуются для массового строительства в домах отдыха, пансионатах, пионерских лагерях, на стадионах, строительных площадках, животноводческих фермах и других объектах. Они обеспечивают сохранность чистоты окружающей среды и

экономии органического топлива от 1,3 до 2,8 тонн условного топлива в год.

В качестве гелиоприемных устройств в этих установках применены солнечные водонагреватели. Установки не имеют насосов – движение нагретой воды происходит за счет естественной циркуляции, не имеют приборов автоматики. Они могут работать как на водопроводной, так и привозной воде, отличается повышенной эксплуатационной готовностью (первые порции нагретой воды можно получать уже около 12 часов дня). Гелиодушевая на 2 кабины может обеспечить купание 50 человек в день, на 4 кабины – до 100 человек. Технические характеристики гелиоустановок приведены в табл.7.6.

По сравнению с аналогичными по мощности традиционными генераторами теплоты - чугунными водогрейными котлами имеет место значительное снижение (до 70%) себестоимости капиталовложений.

Наконец, широкое применение автономных стационарных гелиодушевых и гелиогенераторов горячей воды решает вопросы купания работающих и отдыхающих, а также горячего водоснабжения отдельных мелких потребителей.

В различных районах Узбекистана действуют около 100 экспериментальных установок с солнечными водонагревателями в ширкатных хозяйствах и райцентрах с общей площадью коллекторов более 2400 м<sup>2</sup>, на которых осуществляется хозяйственная проверка систем горячего водоснабжения.

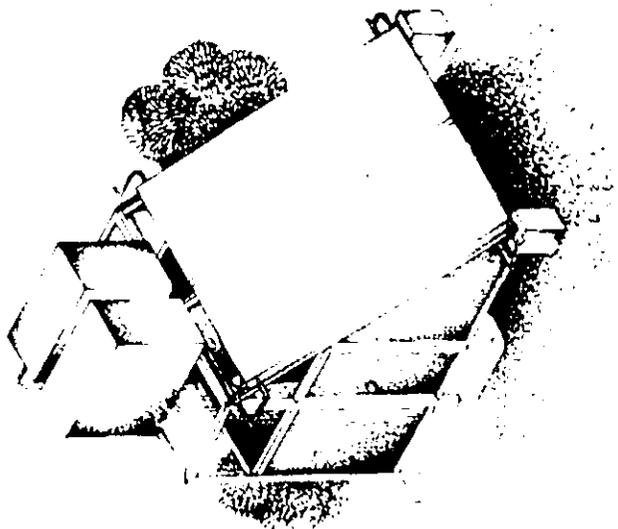
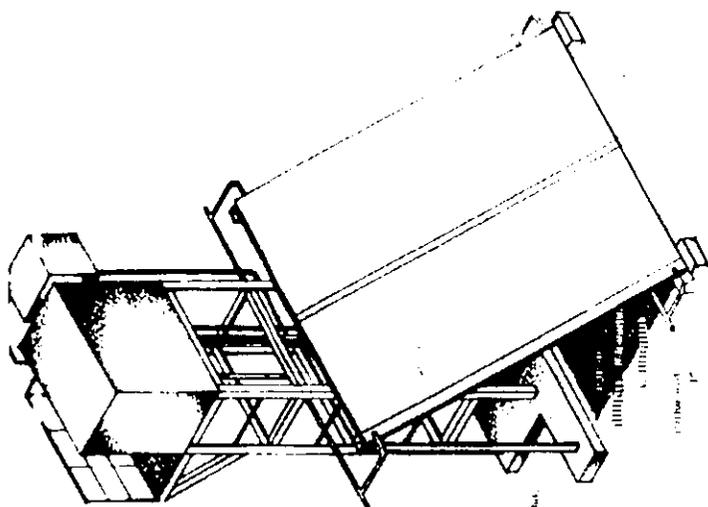


Рис.7.22. Гелиодушевая на 2 кабины (слева) и гелиогенератор горячей воды.

### Технические характеристики гелиодушевых и гелиогенераторов

Тип гелиоустановки	Габариты, в м	Объем баков, в л	Расход металла в т без массы СВ или СК	Экономия топлива, в т у.т.
Гелиогенератор на 500 л	2,35x3,55x3,8	450	0,33	1,26
Гелиогенератор на 1000 л	4,95x3,55x3,8	900	0,46	2,52
Гелиодушевая на 2 кабины	2,3x4,05x3,7	5002	0,58	1,39
Гелиодушевая на 4	4,8x4,05x3,7	1000x2	0,87	2,77

#### 7.11 Плавательные бассейны с солнечным обогревом

Солнечные установки наиболее целесообразно применять для низкотемпературных процессов. Температура воды в плавательных бассейнах обычно поддерживается на уровне 20-27<sup>0</sup>С, что всего на 5-15<sup>0</sup>С выше температуры наружного воздуха и энергия солнечной радиации в летний период с начала до июня середины сентября вполне может заменить традиционный источник энергии.

Благодаря использованию солнечной энергии купальный сезон в открытых плавательных бассейнах будет увеличен на 1,5-2мес. в год. В закрытых бассейнах будет обеспечена значительная экономия топлива. В течение многих лет эксплуатируется большое число частных и коммунальных плавательных бассейнов с солнечным обогревом. Эта перспективная область применения солнечных установок как в спортивно-оздоровительных учреждениях, так и в

индивидуальном строительстве в благоприятных в климатическом отношении районах страны.

Одна из возможных схем гелиоустановок для подогрева воды в плавательном бассейне показана на рис. 7.23. Вода из бассейна насосом прокачивается через фильтр и направляется в солнечный коллектор. Нагретая вода из коллектора поступает в бассейн. В схеме предусмотрены обратный клапан, воздушный клапан и байпасная линия с вентилем.

Через коллектор прокачивается большое количество воды, и должно быть обеспечено такое поперечное сечение каналов, чтобы гидравлическое сопротивление было минимальным.

При годовом поступлении  $1050 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$  солнечной энергии на горизонтальную поверхность площадью  $800 \text{ м}^2$  за сезон гелиоустановка может дать  $170 \text{ МВ}\cdot\text{ч}$  теплоты.

В данном случае коллектор не имеет остекления, вода в нем подогревается на  $3,5^\circ\text{C}$ , и средняя тепловая мощность установки за сезон составляет  $270 \text{ кВт}$ , а ее КПД –  $38,3\%$ .

В условиях Узбекистана гелиоустановка, предназначенная для поддержания температуры воды в плавательном бассейне на уровне  $20\text{--}27^\circ\text{C}$ , дает за сезон  $250\text{--}270 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$  полезной теплоты на  $1 \text{ м}^2$  площади коллекторов.

Для сравнения укажем, что годовая удельная теплопроизводительность гелиосистемы горячего водоснабжения равна  $300\text{--}500 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$  в год. Бассейн теряет теплоту вследствие испарения воды конвекции и излучения в окружающую среду, теплопроводности от дна к грунту и на разогрев.

Тепловые потери открытого плавательного бассейна могут быть существенно снижены, если в те периоды, когда бассейн не используется, т.е. в ночное время и в холодную ненастную погоду, закрывать его водную поверхность. Для этого можно использовать полимерную пленку. При работе бассейна полимерное покрытие убирается и хранится в свернутом виде на краю бассейна.

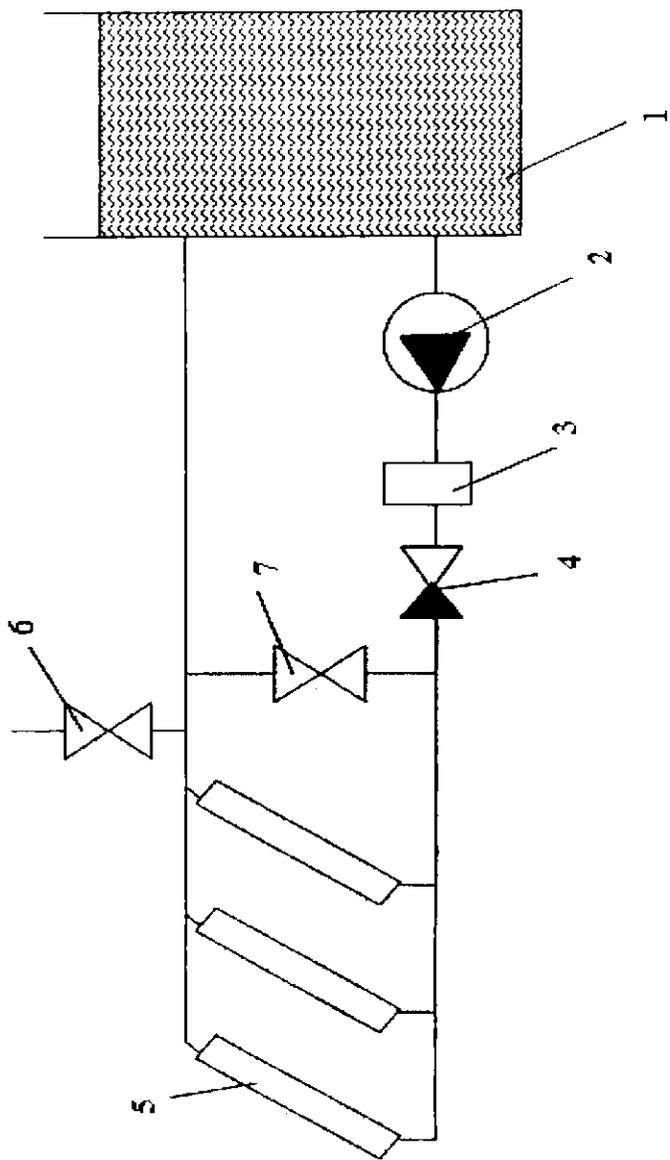


Рис.7.23. Плавательный бассейн с солнечным обогревом.  
 1-бассейн; 2-насос; 3- фильтр; 4-обратный клапан; 5- коллектор солнечной энергии; 6-байпас с вентилем.

## 7.12 Солнечный пруд

В обычном водоеме с пресной водой поглощаемая солнечная энергия нагревает в основном поверхностный слой и эта теплота довольно быстро теряется, особенно в ночные часы и при холодной ненастной погоде из-за испарения воды и теплообмене с окружающим воздухом. Совершенно другой механизм поглощения солнечной энергии происходит в водоемах, содержащих растворы солей, например, поваренной соли  $\text{NaCl}$  или хлорида магния  $\text{MgCl}_2$ . В этом случае происходит расслоение воды по степени ее солености, и градиент концентрации соли, направленный сверху вниз, будет разделять весь объем жидкости на три зоны, концентрации соли в которых возрастает от поверхности ко дну. Первый тонкий верхний слой (10-20 мм) практически пресной воды граничит со вторым неконвективным слоем жидкости большой толщины, в котором концентрация соли по глубине постепенно увеличивается и достигается максимального значения на нижнем уровне до 15-25% для  $\text{NaCl}$  и до 30% для  $\text{MgCl}_2$ . Толщина этого слоя составляет 2/3 общей глубины водоема. В третьем, нижнем конвективном слое концентрация соли максимальна и равномерно распределена в объеме жидкости.

Градиент концентрации раствора соли по глубине пруда подавляет свободно - конвективный перенос нагретых слоев жидкости от дна к поверхности, обеспечивая, таким образом, аккумуляцию тепла в придонной зоне.

Повышенная плотность соленых нижних слоев воды способствует более эффективному поглощению солнечной энергии, вследствие чего они разогреваются до более высокой температуры, чем поверхностные. Поэтому в некоторых естественных соленых озерах температура воды у дна может достигать  $70^{\circ}\text{C}$ , что обусловлено высокой концентрацией соли.

В случаях же, когда солнечная энергия проникает через всю массу воды и поглощается окрашенным в темный цвет

дном, то придонные слои воды могут достигать 90-100<sup>0</sup>С, в то время как температура поверхностного слоя остается на уровне 20<sup>0</sup>С.

Схема солнечного пруда (водоема), принцип энергетического использования и изменение температуры жидкости по высоте пруда представлены на рис. 7.24.

Принцип энергетического использования получающегося термального градиента прост. Горячая вода из нижних слоев пруда с температурой 60-90<sup>0</sup>С подается насосом в теплообменник 4 и используется для испарения жидкости с низкой температурой кипения-фреона, пропана, аммиака.

Парами этой жидкости по обычной паротурбинной схеме приводится в движение турбогенератор. Отработавшие пары жидкости охлаждаются более холодной поверхностной водой, конденсируются и вновь используются в цикле.

Солнечные пруды, благодаря наличию значительной массы разогретой воды, обладают хорошими теплоаккумулирующими характеристиками, что позволяет сравнительно просто решать вопросы тепловой аккумуляции. Так, пруд глубиной около 2 м способен обеспечить непрерывную работу электрогенератора при прекращении инсоляции на срок до недели. Сооружая пруды соответствующей глубины, можно обеспечить даже сезонной цикл аккумуляции. Электроэнергия, получаемая на базе солнечных прудов сравнительно дешева и составляет менее 0,1 долл за 1 кВт.ч. Эффективность ВИЭ с солнечными прудами составляет несколько процентов. С одного гектара площади прудов можно получать до 200-300 кВт электроэнергии.

ВИЭ с солнечными прудами функционируют в ряде стран: в Израиле мощностью 300 кВт и 5 МВт, в США мощностью 5 МВт. Ведутся широкие исследования эффективности их сооружения и использования в таких странах, как Австралия, Индия, Италия, Япония, Египет. Хорошие перспективы использования солнечных прудов имеет и Узбекистан, используя

для этого естественные соленые озера, образовавшиеся в большом количестве в Приаральской зоне Каракалпакии.

### 7.13 Тепловые насосы

Тепловой насос это как бы холодильная установка наоборот. Он состоит из тех же элементов, что и холодильная установка, только работает в другом температурном режиме и предназначен для отопления зданий за счет использования теплоты окружающей среды (воздуха, воды, грунта, солнечной энергии) и тепловых отходов. Тепловой насос может использоваться для отопления зданий зимой и их охлаждения летом. Существуют парокompрессионные и абсорбционные тепловые насосы.

Аналогично холодильной установке парокompрессионный тепловой насос (рис. 7.25) включает испаритель 1, компрессор 2, конденсатор 3 и дроссельный вентиль 4. Цикл работы теплового насоса осуществляется в диапазоне температур рабочего тела в испарителе и конденсаторе. Баланс энергии парокompрессионного теплового насоса записывается в виде уравнения

$$q_k = q_n + l_k,$$

где  $q_k$ —количество теплоты, отводимой в конденсаторе, кДж/кг;  $q_n$  - количество теплоты, подводимой в испарителе, кДж/кг;  $l_k$  - работа сжатия хладагента в компрессоре.

Эффективность установки в случае, когда тепловой насос используется для отопления здания, характеризуется тепловым (отопительным) коэффициентом или коэффициентом преобразования энергии

$$\varphi = q_k / l_k,$$

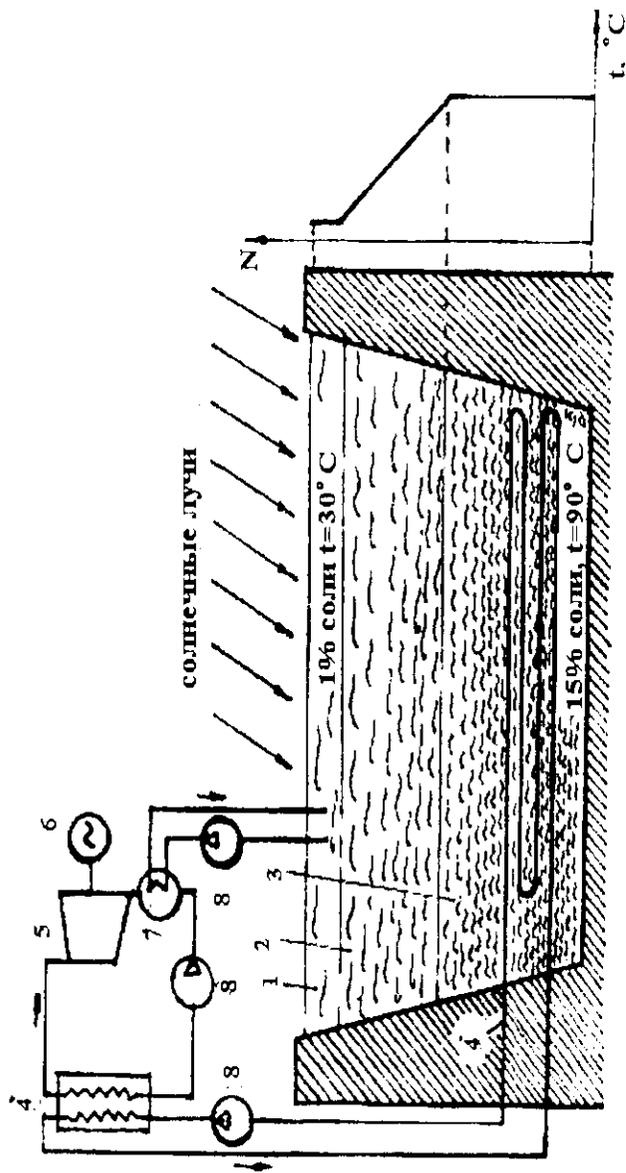


Рис. 7.24. Схема солнечного пруда, принцип энергетического использования и изменение температуры воды на глубине пруда.

1- пресная вода; 2- изолирующий слой с увеличивающейся к низу концентрацией;  
 3- слой горячего раствора; 4- теплообменник; 5- турбина; 6- генератор;  
 7- конденсатор; 8- насосы

Максимальную эффективность имеют теплонаносная и холодильная установки, работающие по обратному циклу Карно в диапазоне температур в испарителе  $T_n$  и конденсаторе  $T_k$ . При этом

$$\varphi_k = \frac{T_k}{T_k - T_n},$$

а холодильный коэффициент равен

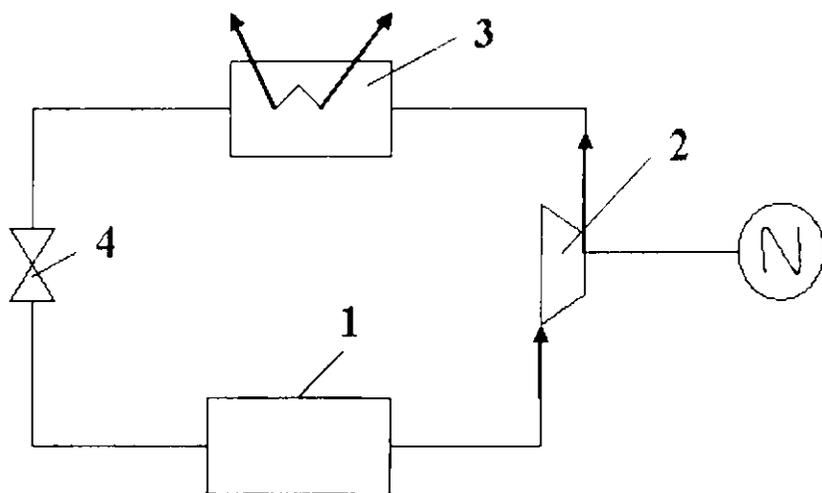
$$\varepsilon = \frac{T_n}{T_k - T_n},$$

где  $T_k$  и  $T_n$  — температуры в конденсаторе и теплоносителе соответственно.

В парокомпрессионном тепловом насосе в качестве источника теплоты, подводимой к рабочему телу испарителя, может использоваться грунтовая вода или вода из реки, моря, озера, влажная почва, наружный воздух, солнечная радиация. Подвод и отвод теплоты осуществляются посредством циркулирующего теплоносителя воды или воздуха.

В зависимости от источника теплоты и теплоотводящей среды различают тепловые насосы типа «вода-вода», «грунт-вода», «воздух- вода», «вода- воздух», «грунт- воздух» и «воздух-воздух». Наиболее пригодны для систем отопления первые три типа, а для охлаждения остальные.

Для работы теплового насоса в режимах отопления и охлаждения необходимо иметь специальный дроссельный клапан и четырехходовый клапан, обеспечивающий изменение направления движения хладагента на противоположное. Тот теплообменник, который был испарителем в режиме отопления, становится конденсатором в режиме охлаждения и наоборот.



**Рис.7.25. Парокомпрессионный тепловой насос.**

### **7.14 Солнечное охлаждение**

Для получения холода используются парокомпрессионные и абсорбционные холодильные установки.

Парокомпрессионная холодильная установка (рис. 7.26) состоит из испарителя 1, компрессора 2, конденсатора 3 и дроссельного вентиля 4.

В качестве рабочего тела хладагента в основном используются фреоны.

Цикл холодильной установки осуществляется следующим образом. В результате подвода теплоты  $Q_n$  в испарителе хладагент испаряется при низкой температуре и соответствующем низком давлении. Образующиеся пары хладагента сжимаются в компрессоре, для чего затрачивается работа  $L_k$ . При отводе теплоты  $Q_k$  в конденсаторе пары

охлаждаются и конденсируются при более высоких (по сравнению с испарителем) температуре и давлении. При прохождении хладагента через дроссельный вентиль его давление и температура понижаются до уровня давления и температуры в испарителе и часть хладагента испаряется без подвода теплоты извне. Эффективность цикла холодильной установки определяется отношением холодопроизводительности  $Q_n$  к работе  $L_k$  затраченной на сжатие пара хладагента в компрессоре:  $\varepsilon = Q_n / L_k$

Цикл осуществляется в диапазоне температур в испарителе  $T_n$  и конденсаторе  $T_k$ , а максимально возможный холодильный коэффициент, соответствующий идеальному циклу Карно, равен

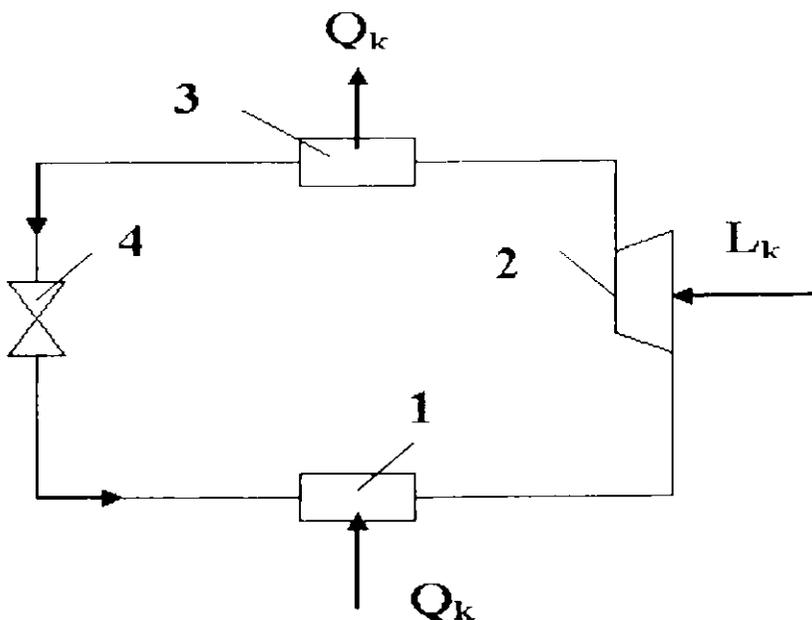
$$\varepsilon = T_n / T_k - T_n$$

Холодильный коэффициент  $\varepsilon = 2-4$  и увеличивается при уменьшении разности температур в конденсаторе и испарителе.

Понизить температуру воздуха в помещении можно с помощью холодильных установок абсорбционных или эжекторных с подогревом рабочего хладагента до  $70...95^{\circ}\text{C}$  в солнечных генераторах типа «горячий ящик». Высокотемпературные абсорбционные установки работают на водяном паре под давлением до  $0,2...0,6$  МПа, полученном в солнечном паровом котле.

Принципиально солнечная холодильная установка не отличается от обычных схем абсорбционных установок.

Для производства холода в абсорбционной установке используется теплота, а рабочим телом служит бинарная смесь хладагента и абсорбента. Абсорбента - это такая жидкость, которая химически связывается хладагентом при низких температурах и отделяется от него при высоких температурах. Обычно используются такие смеси: вода (хладагент) - бромистый литий (абсорбент) и аммиак (хладагент) - вода (абсорбент).



**Рис.7.26. Парокомпрессионная холодильная установка.**  
**1- испаритель; 2- компрессор; 3- конденсатор;**  
**4- дроссельный вентиль.**

На рис. 7.27 показана схема абсорбционной водо – аммиачной гелиосистемы охлаждения здания. В этой схеме аммиак служит хладагентом, а вода – абсорбентом, поглотителем.

Нагретый в солнечном коллекторе теплоноситель с температурой  $80^{\circ}\text{C}$  поступает в генератор. Из абсорбера сильный раствор хладагента (аммиака) в воде подается насосом в теплообменник, где нагревается до температуры  $70^{\circ}\text{C}$  и поступает в генератор, в котором при нагревании раствора выделяется аммиачный пар. Слабый раствор аммиака через теплообменник стекает в абсорбер, а пары аммиака с температурой  $75^{\circ}\text{C}$  после отделения капель воды направляются



в конденсатор, где они превращаются в жидкий аммиак. Из конденсатора жидкий хладагент через дроссельный вентиль, понижающий давление с 1,2 до 0,3 МПа, поступает в испаритель (или ледогенератор), где он отбирает теплоту у воздуха (или воды) и снова превращается в пар низкого давления, а охлажденный воздух (или вода) направляется в помещение. Пары аммиака низкого давления поступают в абсорбер и поглощаются слабым, выпаренным в солнечном генераторе, раствором. Теплота, выделяющаяся в абсорбере и конденсаторе, отводится с помощью воды, охлажденной в градирне. В результате получается нагретая вода. Обогащенный в абсорбере водоаммиачный раствор небольшим насосом подается через теплообменник в генератор и процесс повторяется.

Для установки с тепловой мощностью 10 кВт требуется солнечный коллектор площадью 50 м<sup>2</sup> при его КПД = 34%.

Коэффициент преобразования энергии для абсорбционной холодильной установки равен отношению холода производительности  $Q_p$  к количеству теплоты, подведенной в генераторе,  $Q_r$ :  $\varphi = Q_p / Q_r$ .

Типичные значения этого коэффициента для бромистолитиевой установки 0,6-0,8, а водоаммиачной -- 0,4 - 0,6. Эти цифры в 5-7 раз ниже, чем для парокомпрессионной установки с электроприводом, но если учесть КПД преобразования тепловой энергии в электрическую, который составляет 0,33, а также потери энергии в сети, то разница становится значительно меньше.

Подобная установка, построенная в Туркмении, обеспечивала температуру в холодильных камерах 5-6<sup>0</sup>С при температуре в тени окружающего воздуха 42<sup>0</sup>С и температуре охлаждающей воды 26<sup>0</sup>С.

## 7.15 Солнечное опреснение соленой воды

В Средней Азии насчитывается более 200 млн. гектаров пустынных пастбищ, которые можно использовать в качестве кормовой базы животноводства. Однако освоение их сдерживается недостатком пресной воды для водопоя животных. Традиционные способы водоснабжения пастбищ при помощи транспорта ее по каналам, трубопроводам или доставка автотранспортом требует больших капиталовложений и в ряде случаев высоких эксплуатационных затрат. Наличие в этих зонах страны высокого уровня солнечной радиации и достаточные запасы почти повсеместно соленых вод на пастбищах с уровнем минерализации до 35 г/л, делает проблему опреснения соленых вод с помощью солнечной энергии весьма актуальной и важной с народнохозяйственной точки зрения.

Принципиальная схема гелиоопреснителя известна более 100 лет и основана на так называемой парниковой схеме, заключающейся в выпаривании воды солнцем в парнике, конденсации пара на внутренней поверхности остекления и стекании полученного дистиллята по стеклу в желоб и далее – в резервуар. Основная идея гелиоопреснителя сохранилась до наших дней, однако предложен ряд усовершенствований, как самой схемы, так и ее конструктивного исполнения.

Солнечные опреснители могут иметь разнообразные конструкции: парниковые наклонно-ступенчатого типа и др.

Светопрозрачное покрытие опреснителя парникового типа (рис. 7.28) выполняют из стекла или полимерной пленки и устанавливают под углом 20-30%. На дно опреснителя помещают железный протигень с соленой водой. К нижней части светопрозрачного покрытия крепят желоб для сбора конденсата, образующегося из нагретой солнечным теплом соленой воды. Желоб выводится наружу в виде трубки, по которой пресная вода направляется в резервуар-сборник.

Производительность такого опреснителя достигает 2,5-3,5 л воды с 1 м<sup>2</sup> опреснителя в день.

На основе рекомендации Физико-технического института АН Узбекистана и Бухарского Госпединститута проектным институтом «Узгипросельстрой» создан технорабочий проект солнечной опреснительной установки наклонно ступенчатого типа производственного назначения СОУ-1000 площадью испарения 1000 м<sup>2</sup>. Установка состоит из 250 типовых железобетонных лотков весом по 1 т и площадью по 4 м<sup>2</sup> каждый.

Подобные установки имеются в Бухарской области и предназначены для нужд водоснабжения отгонного животноводства. Летняя производительность достигала 4000-5000 л, зимняя - 700-1500 л сутки. Позволяет опреснять воду солесодержанием 10-100 г/л и выше. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 3-5 лет. Опреснитель позволяет экономить до 160 т условного топлива в год.

Сотрудниками БухГПИ проведены опытно-производственные испытания пленочных полиэтиленовых опреснителей полуцилиндрической формы с площадью испарения 50 м<sup>2</sup> и производительностью 170-180 л.

В ФТИ АН РУз разработан солнечный эмалированный опреснительный элемент наклонно-ступенчатого типа производительностью 2,0-3,0 л в сутки, площадью 1,2x96 м<sup>2</sup> и массой 14,3 кг.

Дистиллят обладает биологической неполноценностью. Выявлено неблагоприятное воздействие дистиллята и маломинерализованных вод на водно-солевое равновесие, которое характеризовалось повышенным выведением электролитов, особенно натрия, из организма, увеличением концентрации в крови и объеме плазмы. Вследствие этого дистиллят разбавляют исходной водой в зависимости от ее солесодержания, обычно в соотношении 3:1, после чего вода может быть использована как питьевая. Однако если исходная

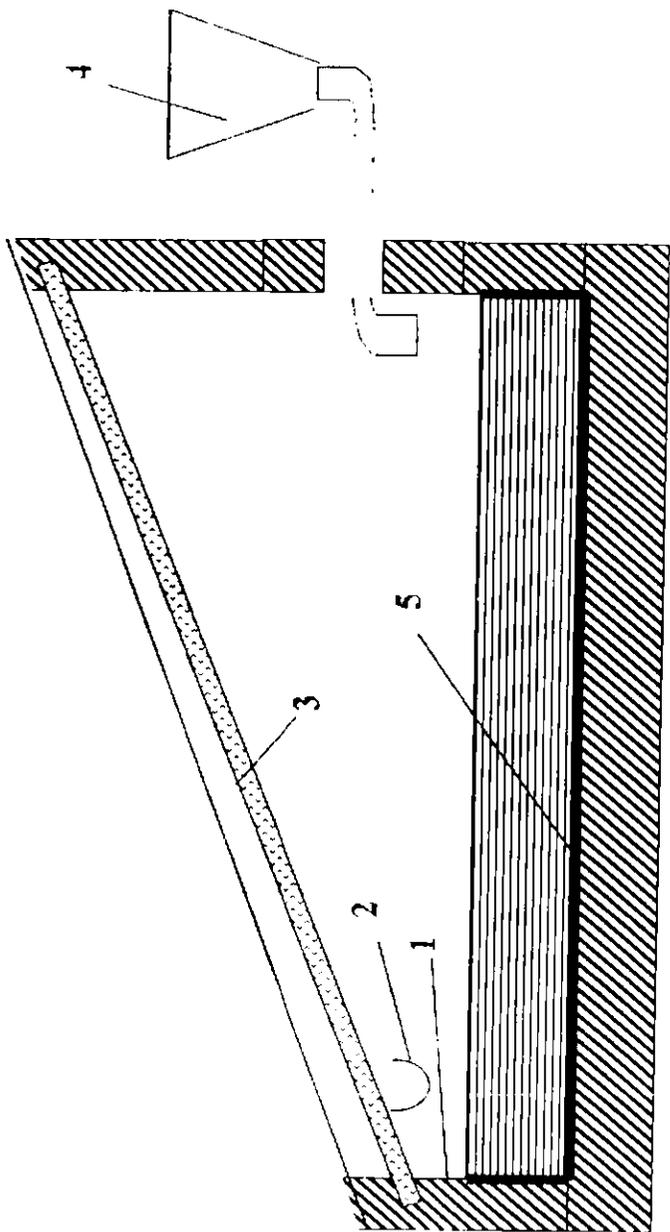


Рис.7.28. Схема солнечного опреснителя без концентратора.  
 1-корпус-ящик; 2-лоток для пресной воды; 3-оконное стекло; 4-воронка для заливки  
 солёной воды; 5-противень с солёной водой.

вода содержит пестициды, нитраты, микробные и вирусные загрязнения, то подобный способ подготовки питьевой воды неприменим.

Солнечные опреснительные установки используются только при положительных температурах выше  $+5 \dots 10^{\circ}\text{C}$ . При понижении температуры воду из опреснителей и трубопроводов сливают.

## 7.16 Гелиосушилки

Выбор метода сушки определяется масштабом производства, климатическими особенностями местности, видом высушиваемого материала и стоимостью дополнительной энергии. Подвод теплоты к материалу от сушильного агента может осуществляться конвективным путем или путем излучения, соответственно различают конвективные и радиационные сушилки.

В установках первого типа солнечная энергия поглощается непосредственно самим продуктом и окрашенными в черный цвет внутренними стенками камеры, в которой находится высушиваемый материал. Сушилка этого типа показана на рис. 7.29.

Она имеет верхнюю прозрачную изоляцию, перфорированную платформу для размещения высушиваемого материала, боковые стенки (южная стенка из прозрачного материала), теплоизоляцию с отверстиями для поступления воздуха и основание. Для удаления влажного воздуха из сушилки в верхней части северной стенки предусмотрены отверстия.

В Бухарской области сооружена гелиосушилка для сушки кормов из сельскохозяйственных отходов (виноградных и шелковичных побегов, люцерны и початков). Сушильные камеры заблокированы с объемным коллектором. В нижней части

коллектора размещен аккумулятор тепловой энергии с галечным наполнителем. Стеклопанельное ограждение коллектора-аккумулятора наклонено к горизонту под углом  $30^{\circ}$  и переходит в кровлю сушилки. Южная часть кровли выполнена из стекла, а северная стена сушилки из кирпича и утолщена к низу. Сушильная камера вмещает шесть тележек длиной 4, шириной и высотой 2,6 м, вместимостью  $27 \text{ м}^3$ , оборудованных сетчатыми стенками и воздуховодами. Попадают они в камеру по рельсам через ворота в запасной стене. Тепловой приточный воздух проходит над аккумулятором через солнечный коллектор по воздуховодам в сушильную камеру. Солнечную дополнительную радиацию сушилка получает через стеклянный скат кровли. В холодное время при необходимости включают электрокалорифер. Такая гелиосушилка ускоряет процесс сушки в 3...4 раза по сравнению с сушкой вентиляцией без подогрева. Вне сезонное для сушки время года гелиосушилку можно использовать как теплицу.

В Средней Азии солнечная сушилка-теплица размером в плане 10-15 м, высотой 4 м, способна вмещать одновременно 32-40 т люцерны или сена. Помещение ее представляет собой объемный солнечный коллектор. Она оборудована галечным аккумулятором тепловой энергии, специальными тележками, воздуховодами, вентилятором и электрокалорифером.

Сушильные установки второго типа содержат солнечный воздухонагреватель и камерную или туннельную сушилку. В камерной сушилке воздух движется через слой высушиваемого материала, размещенного на сетчатых поддонах снизу вверх. В то время как в туннельной сушилке материал движется на конвейерной ленте в одну сторону, а воздух движется противотоком в обратном направлении.

Рассмотрим примеры конструктивного выполнения камерных гелиосушилок. Простая сушилка с использованием полимерной пленки может быть изготовлена в соответствии с

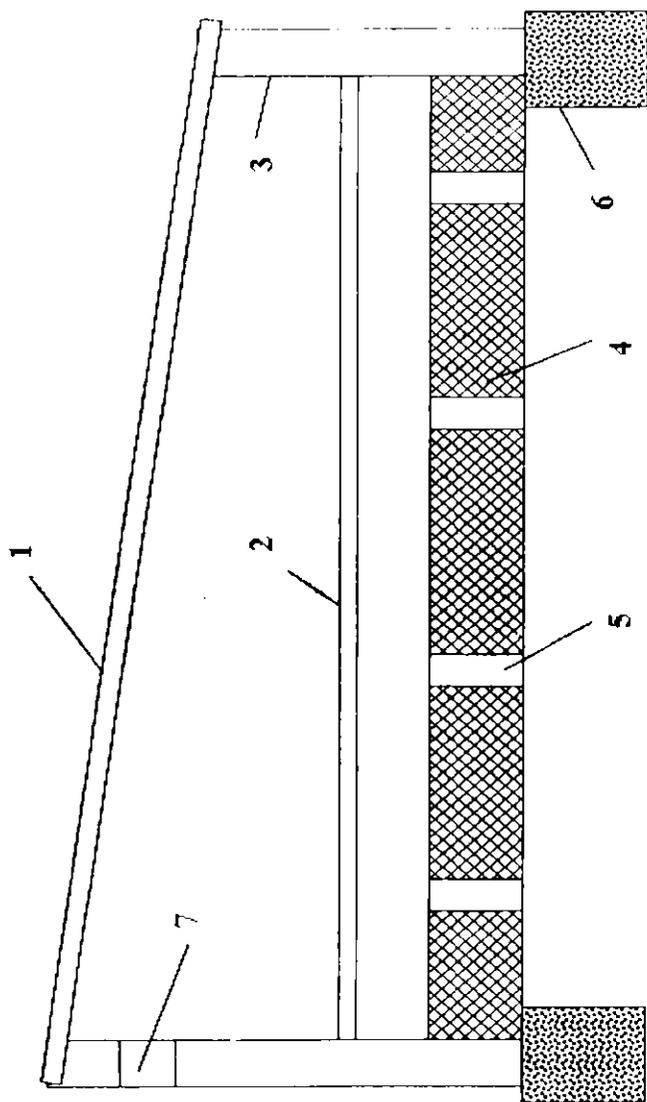


Рис. 7.29. Гелиосушилка с непосредственным облучением влажного материала:

1-прозрачная изоляция; 2-платформа для материала; 3-стенка; 4-теплоизоляция;

5,7-отверстия; 6-фундамент.

рис. 7.30. Она работает на естественной тяге. Воздух нагревается в пленочном солнечном воздухонагревателе и по воздухопроводу поступает в нижнюю часть сушильной камеры, где на перфорированных поддонах (сетках, решетках) размещается влажный материал.

Нагретый воздух движется в сушильной камере снизу вверх через слой материала и удаляется из камеры через зазор между верхней кромкой и козырьком. Стенки сушильной камеры могут быть теплоизолированы или выполнены из светопрозрачного материала. Пленочный воздухонагреватель изготавливается из полимерной пленки, натянутой на проволочный каркас. Верхняя поверхность нагревателя изготавливается в виде двух цилиндрических поверхностей: прозрачной наружной и внутренней черной (рис. 7.31).

Полупромышленная установка камерного типа с лучевоспринимающей поверхностью  $120 \text{ м}^2$  была построена и испытана в агропромышленном объединении Ташкентской области. Срок ее окупаемости – один год.

По данному принципу с 1982 г. эксплуатируется гелиосушильный комплекс с лучевоспринимающей поверхностью  $960 \text{ м}^2$  в совхозе «Джилван» Бухарской области. Производительность комплекса – 1000 кг готовой продукции в сутки. Срок окупаемости также один год.

Все гелиосушильные установки сокращают продолжительность сушки плодово-овощных культур в 2-4 раза по сравнению с воздушно-солнечной сушкой на открытых площадках. Производительность СРСУ, где продукт подвергается воздействию прямых солнечных лучей, в 1,5-2 раза превышает показатели сушилок камерного типа. Однако светлые сорта плодовых овощных культур для получения готовой продукции с высокими товарными качествами целесообразно сушить в сушилках камерного типа.

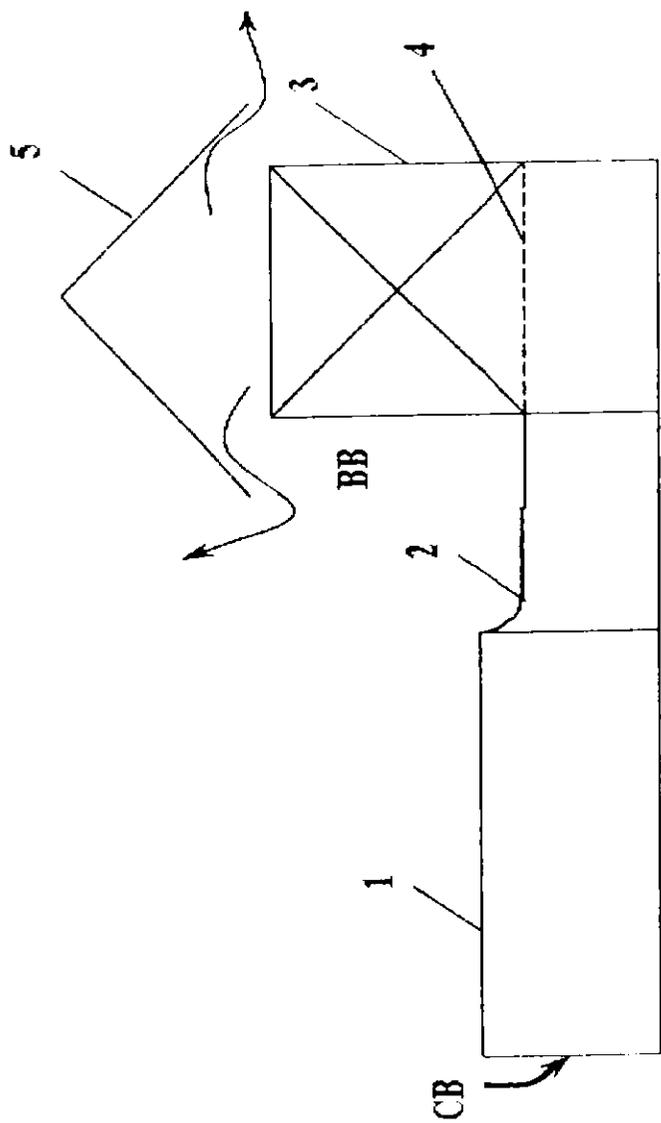
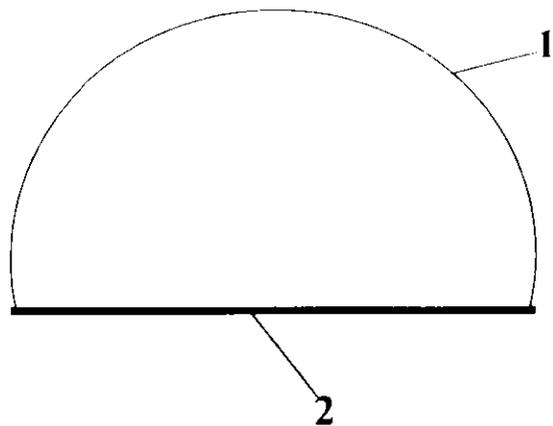
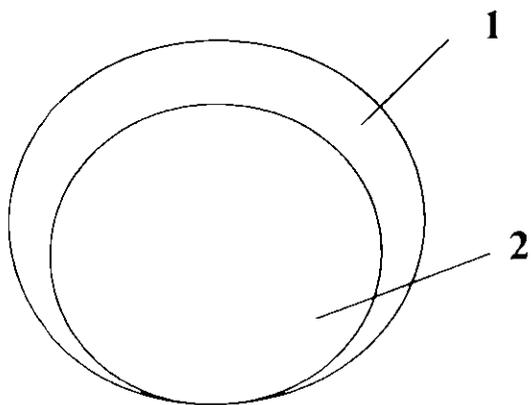


Рис.7.30. Камерная гелиосушилка с пленочным воздухоподогревателем:  
 1-плечный воздухоподогреватель; 2-воздуховод; 3-сушильная камера; 4-решетка;  
 5-козырек СВ; ВВ- свежий и влажный воздух.



а)



б)

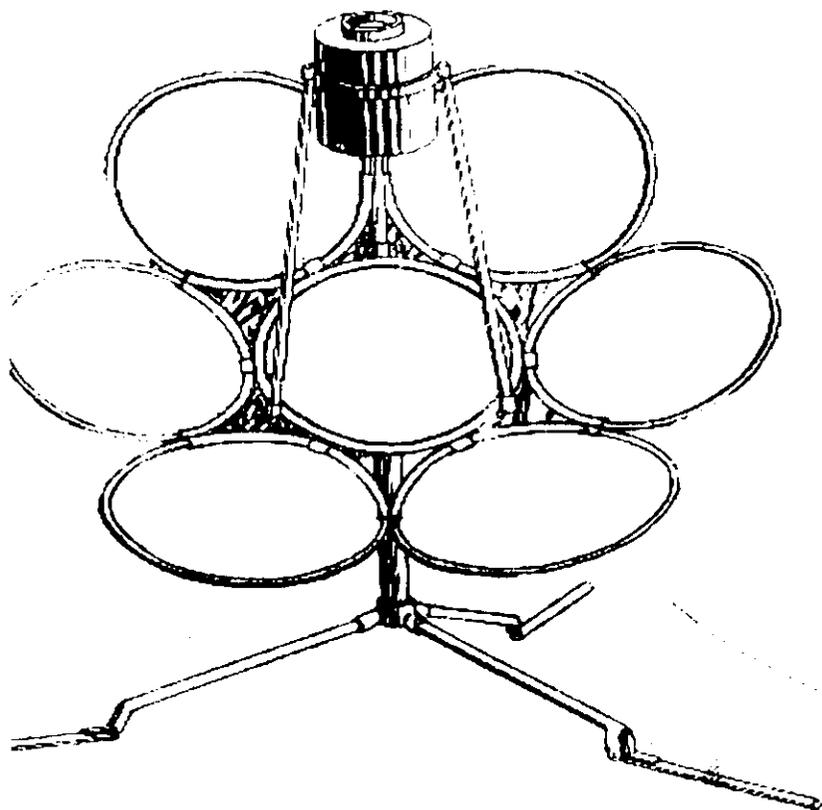
**Рис.7.31. Пленочный воздушнонагреватель из прозрачной (1) и черной (2) полимерной пленки.**

## 7.17 Солнечные кухонные печи

Солнечная семифацетная складная кухня КС-7Ф (рис. 7.32) предназначена для приготовления жидких и некоторых вторых блюд, кипячения воды, молока, а также получения дистиллированной воды. Кухня может быть широко использована во всех районах Узбекистана, где количество ясных солнечных дней в году составляют не менее 200. При этом достигается среднегодовая экономия топлива до 0,44 тонн условного топлива. Общая рабочая площадь отражателей-1,72м, производительность при солнечной радиации 700Вт/м составляют бл кипятка в час. Кухня транспортируется в разобранном виде. Собранный гелиокухня с заправленным кипятивником устанавливается на освещаемой солнцем площадке. Поворотной-подъемным механизмом фокальное пятно совмещается с дном теплоприемника (бидон, скороварка, чайник, чудо-печь, мантышница и т.д.). Через 10-15 мин регулируется положение фокального пятна. Кухня разработана в НИО "Физика-Солнце" АН Узбекистана.

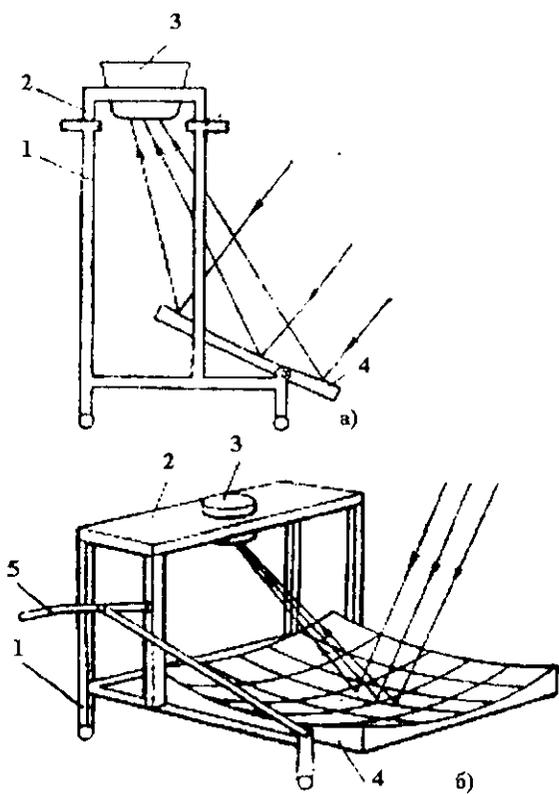
Пример конструкции солнечной печи с параболоцилиндрическим концентратором показан на рис. 7.33. Солнечная печь для приготовления пищи включает четырехколесную тележку, переносной столик с отверстием для кастрюли, параболический концентратор, закрепленный шарнирно на раме тележки. Положение отражателя в течение дня регулируется путем поворота вокруг оси в шарнирах.

Для снижения тепловых потерь вокруг боковой необлучаемой поверхности кастрюли должна быть размещена тепловая изоляция.



**Рис.7.32. Солнечная семифасетная складная кухня КС – 7Ф для приготовления жидких блюд и кипячения воды**

На широте  $40-45^{\circ}$  с.ш. для приготовления порции на четырех человек с помощью этой печи требуется 15-20 мин для приготовления омлета, 45-60 мин для варки риса, 1,5-2 ч для приготовления жареного мяса. В нерабочем состоянии отражатель может быть зафиксирован и установлен в вертикальное положение. Это необходимо для предотвращения возможного повреждения его зеркальной поверхности.



**Рис.7.33. Плита с параболическим концентратором: 1-тележка; 2-столлик; 3-кастрюля; 4-параболический концентратор; 5-ручка для поворота концентратора.**

## 7.18 Рефлекторы для солнцелечения

Рефлектор предназначен для импульсного облучения концентрированным солнечным светом при лечении кожных, ревматических, неврологических и многих других заболеваний. Концентрированный солнечный поток, действуя на кожу больного, глубоко проникает в ткань организма (рис. 7.34).

Установка может быть широко использована во всех районах земного шара, где много солнечных дней в году. Рекомендуется для применения в стационарах, поликлиниках, санаториях, профилакториях, физиотерапевтических лечебницах.

С пульта управления 5 длиннофокусный рефлектор 4 наводится на Солнце, подключается мотор редуктора качания рефлектора (находится внутри пульта управления), и концентрированный солнечный поток 7 в виде импульсов поступает на тело пациента 2, находящегося внутри кабины 1. При качании рефлектора «зайчик» колеблется в вертикальной плоскости кабины. Меняя длительность, амплитуду, частоту импульса, можно регулировать дозу облучения в широком диапазоне.

### Техническая характеристика

- |                       |                |
|-----------------------|----------------|
| • Диаметр             | 1,2x1,2 м      |
| • Материал            | стекло         |
| • Число отражателей   | 4              |
| • Форма               | параболоид     |
| • Фокусное расстояние | 4 м            |
| • Концентрация        | 4-50 кратная   |
| • Частота колебаний   | 60-120 имп.мин |
| • Амплитуда колебания |                |
| • «зайчик»            | 0,25-2,5 м     |

Установка разработана в Физико-техническом институте им. С.В. Стародубцева АИ РУз.

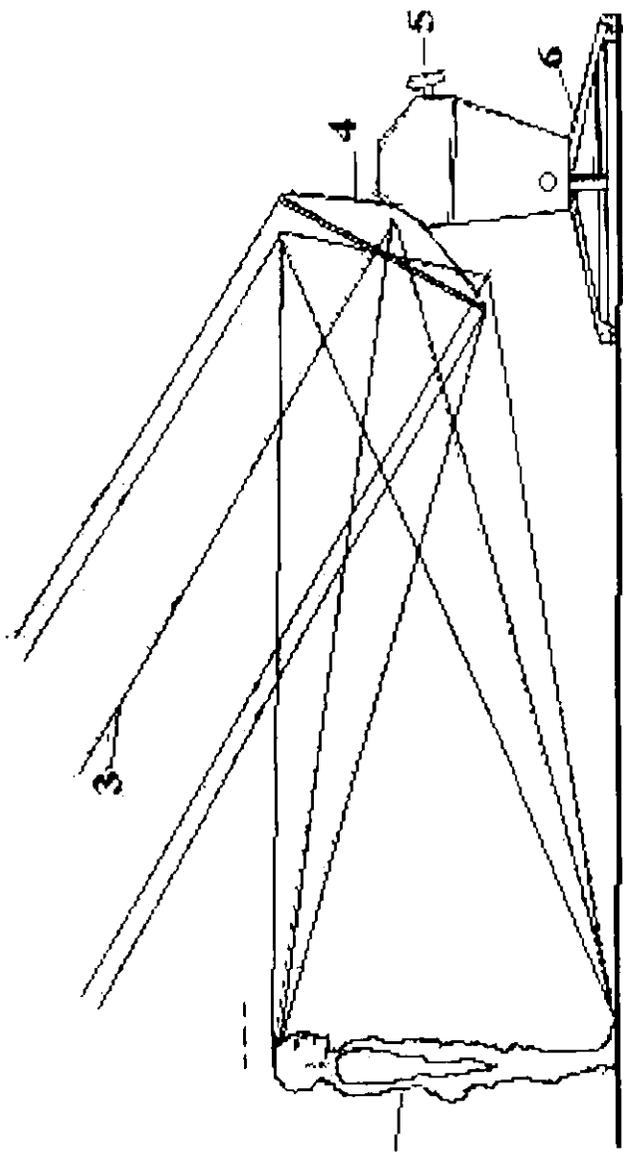


Рис. 7. 34. Рефлектор для импульсного облучения концентрированным солнечным светом для лечения кожных, ревматических, неврологических и др. заболеваний.  
 1- кабина; 2- пациент; 3- концентрированный солнечный луч;  
 4- длиннофокусный рефлектор; 5- пульт управления.

## Вопросы для самопроверки

1. Принцип действия солнечных прудов.
2. Устройство башенных солнечных электростанций.
3. Назначение и принцип работы Большой солнечной печи.
4. Временные режимы поступления солнечной энергии. Максимальное значение ее на земной поверхности.
5. Принцип концентрации солнечной энергии и конкретные конструкции коллекторов.
6. Устройство гелиокухонь.
7. Как устроены гелиоводонагревательные установки?
8. Как рассчитать мощность возобновляемых источников энергии, необходимую для энергообеспечения дехканского хозяйства?
9. Экологические аспекты применения возобновляемых источников энергии.
10. Что такое штрафной экологический балл?
11. Что собой представляет солнечный тепловой коллектор?
12. Как происходит солнечное испарение соленой воды?
13. Принцип работы установок для солнечного охлаждения.
14. Назначение, конструкция и особенности применения гелиосушилок.
15. Что такое солнечные приставки к топливным котельным и чем выгодно их применение?
16. Что такое тепловой аккумулятор? Для чего он применяется? Устройство.
17. Как изготовить и смонтировать простой солнечный водонагреватель?
18. Что такое фотоэлектрический элемент? Принцип его работы.
19. Какая разница между солнечными фотоэлектрическими: а) элементом; б) панелью; в) батареей; г) установкой; д) станцией. Что такое вольт-амперная характеристика фотоэлемента? Нарисуйте ее примерный ход.

20. Какой полупроводниковый материал наиболее широко используется для изготовления солнечных фотоэлементов? Почему?
21. Какие существуют пути снижения стоимости фотоэлектрических элементов и установок?
22. Особенности использования фотоэлектрических установок в автономном режиме.
23. Для чего используют электроаккумулирующие устройства?
24. Каковы основные составляющие стоимости фотоэлектрических установок?

### **Рекомендуемая литература**

- 7.1. Аvezов Р.Р., Орлов А.Ю. Солнечные системы отопления и горячего водоснабжения. – Ташкент: ФАН, 1988.
- 7.2. Захидов Р.А., Умаров Г.Я., Вайнер А.А. Теория и расчет гелиотехнических концентрирующих систем. – Ташкент: ФАН, 1977
- 7.3. Возобновляемая энергия.-М.: Интерсоларцентр, 2002.
- 7.4. Потоенко К.Д. Автономные солнечные источники электропитания маломощных потребителей, // Гелиотехника, 2000. № 2.
- 7.5. Потоенко К.Д., Муминов Р.А., Тюрин Ю.Г., Копонеров В.П., Турсунов М.Н., Сметанин К.Е. Автономный переносны солнечный источник электропитания маломощных электропотребителей. Гелиотехника, 1999. № 5.
- 7.6. Турсунов М.Н., Потоенко К.Д., Тюрин Ю.Г., Огилов С.М. Фоточувствительные структуры с управляемыми спектральными характеристиками на основе кремния: Сб.тр. международной конференции «Прикладные проблемы физики полупроводников». - Ташкент, 1999.

## ГЛАВА 8. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

### 8.1 Экологические аспекты применения НВИЭ

Анализ состояния охраны окружающей среды и экологической нагрузки в Узбекистане показал, что загрязнение воздушного бассейна до 52% происходит за счёт выбросов вредных продуктов от производственной деятельности топливно-энергетических объектов. Ежегодно ими выбрасывается около 700 тыс. тонн загрязняющих веществ, из них более 40 тыс. тонн - твердых и около 660 тонн - газообразных.

Средние показатели загрязнения атмосферы тепловыми электростанциями (т/кВт.ч) приведены в табл. 8.1.

Таблица 8.1

Загрязняющие вещества	Каменный голь	Вид топлива		
		Бурий уголь	Мазут	Природный газ
SO <sub>2</sub>	6,0	7,7	7,4	0,002
Твердые частицы	1,4	2,7	0,7	-
NO <sub>2</sub>	2,1	3,45	2,45	1,9
Фтористые соединения	0,05	0,11	0,004	-

Рост концентрации углекислого газа и взвешенных компонентов в земной атмосфере, кислотные дожди, уничтожение лесов, эрозия и засоление почв, радиоактивное и химическое загрязнения водных ресурсов являются необратимыми процессами, которые стали результатом неэффективного потребления традиционных органических ископаемых невозобновляемых источников энергии-нефти, газа, угля и т.п.

Наконец, следует принять во внимание экологический риск, вызванный энергетикой: вероятность аварий на атомных электростанциях, разливы нефти, утечки метана и другие аварии на предприятиях топливной энергетики, а также эмиссии вредных веществ.

Поэтому эффективность потребления и производства энергии должна стать сферой экологической политики страны.

Топливо-энергетический комплекс нашей страны, сформировавшийся многими десятилетиями, в силу сложившихся экономических и ресурсных структур остается одним из самых консервативных. Таким образом, встает острая проблема осуществления структурных изменений - экономических, технологических и социальных, которые необходимы для перехода на новые возобновляемые источники энергии, обеспечивающие экологически чистое природопользование.

Использование возобновляемых источников энергии (Солнца, ветра, малых рек, тепла Земли, биомассы и др.) в силу их малой плотности и рассредоточенности удачно сочетается с энергетическими потребностями объектов сельского хозяйства, характеризующихся широкой географией применения и территориальной рассредоточенностью многочисленных маломощных автономных потребителей.

Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) как технологии относятся к щадящим окружающую среду. Однако у малой гидроэнергетики и микроГЭС есть преимущество даже по сравнению с другими видами ВИЭ.

Согласно [1] Испанской ассоциацией производителей возобновляемой энергии в сотрудничестве с авторитетными испанскими институтами и организациями, занимающимися проблемами энергетики, выполнено исследование воздействия на окружающую среду при производстве электричества. В этом исследовании предпринята попытка с привлечением научных методов определить количественно ущерб окружающей среде.

вызванный генерацией электричества от восьми различных источников: бурый уголь, каменный уголь, нефтяное топливо, природный газ, ядерное топливо, солнечные фотоэлементы и микроГЭС.

В качестве единицы сравнения воздействия на окружающую среду при генерации электричества рассматриваемыми типами электростанций предложен штрафной экологический балл на ущерб окружающей среде. Эти баллы были рассчитаны с учетом следующих факторов: глобальное потепление, истощение озонового слоя, зачисления почвы, эвтрофикация (снижение содержания кислорода в воде) загрязнение тяжелыми металлами, эмиссия канцерогенных веществ, формирование зимнего смога, летнего смога, наработка промышленных отходов, радиоактивных отходов, выбросы радиоактивности, а также истощение источников энергии. Чем большее количество баллов получал каждый способ производства электричества, тем большее вредное воздействие на окружающую среду он оказывал. Результаты приведены в таблице 8.2., а в более наглядном виде на рис. 8.1.

В результате этого исследования получены следующие выводы: экологическая безопасность электростанций на возобновляемых источниках энергии значительно выше экологической безопасности электростанций других видов; возобновляемые источники энергии в целом в 31 раз менее вредны для окружающей среды, чем традиционные источники энергии (сжигающие ископаемое топливо), а 1 кВт.час электроэнергии, произведенной малыми и микроГЭС – в 300 раз “чище”, чем 1 кВт.час, произведенный при сжигании бурого угля.

МикроГЭС не оказывают существенного воздействия на окружающую среду: отсутствуют выбросы газов, таких как  $SO_2$ ,  $CO_2$ ,  $NO_2$ ;

- 1- бурый уран (1735);
- 2- нефтяное топливо (1398);
- 3- каменный уголь (1356);
- 4- ядерное топливо(672);
- 5- солнечные фотоэлементы (461);
- 6- природный газ (267);
- 7- ветер (65);
- 8- малые ГЭС (5).

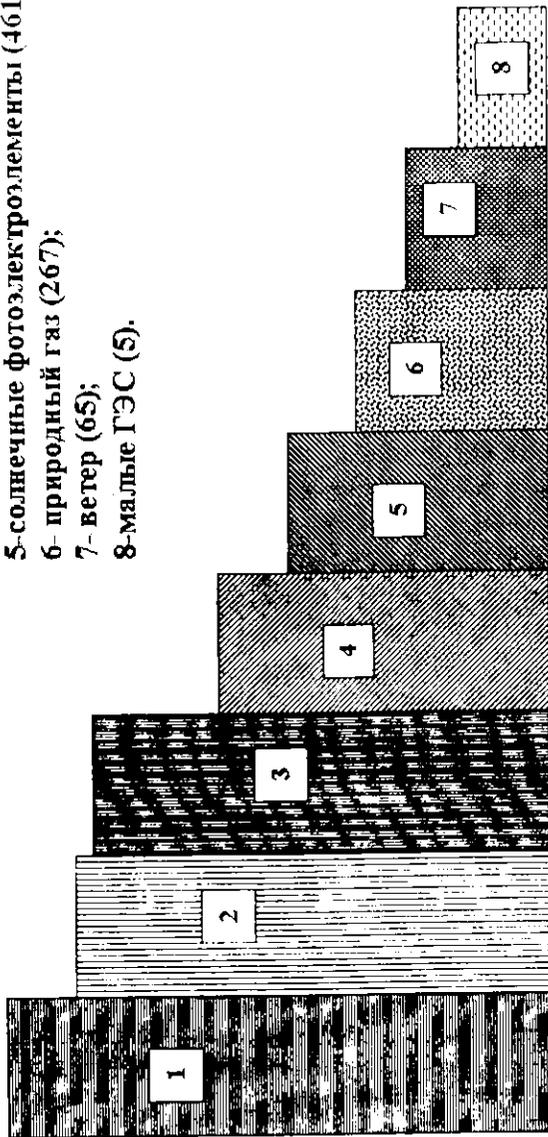


Рис.8.1. Штрафной экологический балл для различных генераций электричества.

Таблица 8.2

**Штрафной экологический балл для различных способов  
генерации электричества**

Топливо/технология	Штрафной экологический балл
Бурый уголь	1735
Нефтяное топливо	1398
Каменный уголь	1356
Ядерное топливо	672
Солнечные фотоэлектрические элементы*	461
Природный газ	267
Ветер	65
Малые ГЭС	5

\* **Примечание.** Расчет проводился с учетом всех технологических операций.

Работа малых ГЭС не связана с выбросами, приводящими к кислотным дождям, затоплению почвы, изменению климата, истощению озонового слоя и т.д.

Исследования показали, что малые ГЭС не изменяют флору и фауну рек и не снижают биоразнообразие.

Нельзя учитывать, что малые ГЭС в отличие от крупных гидроузлов не затопляют сельскохозяйственные угодья, не изменяют гидрологический режим прилегающих к рекам земель.

Шумовые воздействия создают некомфортные условия, так как уровень их доходит до 45 дБ и более на расстоянии 100-400 м. Значительная проблема – шумы с частотой ниже порога слышимости, представляющие собой упругие волны с частотой ниже 16 Гц. Эти волны слабо поглощаются и могут распространяться на большие расстояния. При больших амплитудах они вызывают болевые ощущения и могут воздействовать на психику живых существ.

Из общей ветропотенциальной территории вследствие этого должны быть исключены жилые и промышленные застройки, населенные пункты, сельскохозяйственные усадьбы и места массового отдыха людей, транспортные магистрали, линии электропередач, реки, водоемы, места постоянного обитания и пути миграции животных и птиц, заповедники, заказники, национальные парки. Существенным могут оказаться ограничения, связанные с топографией, которая вносит значительные изменения в структуру воздушного потока и снижает в целом ветровые физико-механические и геофизические характеристики грунтовых оснований под фундаменты ветроэнергетических установок могут оказаться такими, что сооружение ветроагрегата будет невозможно или потребует неоправданного удорожания строительства. Это заболачивание почвы, зыбучие пески, технологические разломы, нестабилизированные оползни, селевые районы, скальные пространства и т.п. Кроме того, анализ технических параметров ветроагрегатов показывает, что они по эксплуатационным показателям мало пригодны для ветрового режима Узбекистана. Так, рабочий диапазон скорости ветра для основной массы выпускаемых ветроагрегатов составляет 9-10 м/с, а начало работы (трогание) ветроколеса – 5-6 м/с. В то же время в Узбекистане преобладают районы со среднегодовыми скоростями ветра 3-4 м/с.

Учитывая вышесказанное, а также большой гидроэнергетический потенциал малых водотоков Узбекистана, следует отметить, что микроГЭС является самым привлекательным с экологической точки зрения нетрадиционным источником энергии.

## 8.2 Социально-бытовые факторы применения ВИЭ

Если ранее основным потребителем энергии была промышленность и её доля в общем энергетическом балансе доходила до 35%, то к настоящему времени основными потребителями стали индивидуальные потребители (бытовой сектор, индивидуальные предприниматели) сельское хозяйство – доля промышленности упала до 25%.

Изменение структуры производства сельского хозяйства, социальные преобразования в кишлаках и сельских населенных пунктах, развитие новых форм хозяйствования в аграрном секторе экономики способствуют появлению принципиально новых социально - ориентированных объектов энергопотребления: малых фермерских хозяйств, мини-заводов по переработке местного сырья, расширение частного сектора малых поселков с более комфортными условиями проживания, более широким применением бытовых электроприборов, установок для создания микроклимата в помещениях и т.д.

Годовое потребление электрической энергии, приходящейся на одного сельского жителя в Узбекистане не превышает 500 кВт.ч., в то время как в развитых странах приближается к 3000 кВт.ч. Такое отставание привело к низкому уровню социально-бытовых условий жизни жителей села Узбекистана. Это происходит на фоне роста внутренних цен на топливо и тарифов на тепловую и электрическую энергию.

Анализ структуры энергоносителей, используемых в небольших отдаленных кишлаках с населением 50-100 человек, показал, что средняя семья из 5 человек в зависимости от времени года затрачивает в сутки 10-15 кг сухой древесины для приготовления пищи, подогрева воды, обогрева и 0,3-0,5 л солярового топлива для освещения с помощью ламп, что в целом соответствует совокупным затратам энергии мощностью примерно 2 кВт, т.е. 0,4 кВт на человека. Это в два раза ниже,

чем средняя на душу населения мощность потребляемой энергии в масштабе Земли.

Известно, что для создания комфортных условий жизни требуется в среднем 2 кВт мощности на человека. Для повышения уровня жизни жителей горных регионов необходимо не только увеличить количество потребляемой энергии, но и качественно изменить структуру энергопотребления, методы получения и преобразования энергии, чтобы снизить количество побочных продуктов, например, дыма, отрицательно влияющих на среду обитания и здоровье самого человека.

Следует исключить использование соляного топлива для освещения и существенно снизить применение древесины для приготовления пищи. Из органических отходов производят биогаз, при этом попутно получается удобрение и очищается среда от болезнетворных микроорганизмов.

Для надежного энергообеспечения средняя семья из 5 человек могла бы иметь следующие энергоустройства (табл. 8.3):

Таблица 8.3

Устройство	Мощность, кВт	Стоимость (долл. США)
Микро ГЭС либо	4,0	2000
Ветроэнергетическая установка	1,0	1,500
Солнечная фотоэлектрическая станция	1,0	3000
Солнечная кухня	0,5	100
Солнечный водонагреватель	1,0	300
Биогазификационная установка объемом метатенка 25м <sup>3</sup>		
Дровяная печь объемом котла 5 л	1,0	50

Подобный набор энергоустройств обеспечивает создание вполне комфортных бытовых условий проживания сельской семьи.

В табл. 8.3. приведен примерный и достаточно полный перечень электрооборудования для бытового обустройства дехканского хозяйства с указанием периодичности и примерного среднесуточного времени работы. Их применение позволяет механизировать трудоемкие процессы в домашнем хозяйстве, создавать комфортные температурные условия в помещениях, обеспечивать информационный доступ к культурной, общественной и политической жизни страны, гарантировать надежное энергообеспечение радиосвязи, использовать давно ставшие привычным в городских условиях бытовые устройства-холодильники, микроволновые печи, стиральные машины, пылесосы, компьютеры, соковыжималки и др.

Улучшение социально-бытовых условий проживания сельского населения является важной самостоятельной причиной широкого применения НВИЭ, экономический эффект которого подсчитать невозможно.

В Узбекистане имеются обширные районы, где по социальным условиям целесообразно приоритетное развитие ВИЭ. К ним относятся:

- зоны децентрализованного энергообеспечения с низкой плотностью населения и очень малой плотностью централизованного энергообеспечения  $0,1-2,5 \text{ кВт/км}^2$  (зона Приаралья, плато Устюрт территории в Бухарской, Навоийской, Кашкадарьинской областей);
- зоны с проблемами обеспечения энергией индивидуального жилья, фермерских хозяйств, мест сезонной работы, дач, садово-огородных участков;
- санаторно-курортные зоны и места массового отдыха и лечения населения со сложной

экологической обстановкой, обусловленной вредными выбросами в атмосферу от котельных, работающих на ископаемом топливе.

### **8.3 Роль НВИЭ в обеспечении энергетической независимости**

До последнего времени электроэнергетическая система Узбекистана была полностью интегрирована в единую электроэнергетическую систему СНГ, рассматривалась как одна из её составляющих, а любые решения, связанные с развитием энергетических мощностей республики в целом или отдельных районов, принимались лишь при условии оптимального развития Единой электроэнергетической системы и в основном в интересах доминирующего хлопкопроизводящего комплекса и крупнотоварных производителей. Как самостоятельно функционирующая система электроэнергетика Узбекистана, в особенности сельская, вообще не рассматривалась.

С обретением Узбекистаном государственной независимости перед электроэнергетикой и перед сельским хозяйством встали новые задачи – обеспечение энергетической независимости.

В последние годы резко изменилась структура потребления в энергетическом понимании. Если ранее основным потребителем энергии была промышленность, то к настоящему времени основными потребителями стали индивидуальные потребители (бытовой сектор, индивидуальные предприниматели) и сельское хозяйство. Такое перераспределение благоприятно сказывается на возможности использования ВИЭ.

Характерной особенностью электрических сетей в сельской местности, в первую очередь, распределительных сетей напряжением 6-10 кВ, является их разветвленность и

значительная (до нескольких десятков километров) протяженность, обусловленные ограниченностью количества центров питания и необходимостью электроснабжения каждого населенного пункта, вплоть до самого удаленного. К каждой линии 6-10 кВ подключены, как правило, несколько, в некоторых случаях несколько десятков трансформаторных подстанций 6-10/0,38 кВ, что резко снижает надежность бесперебойной работы потребителей.

Другая особенность – электроснабжение сельскохозяйственных потребителей осуществляется в основном по воздушным линиям электропередачи в условиях отсутствия в большинстве случаев хороших подъездных путей и проездов вдоль трасс, крайней ограниченности транспорта, повышенной проходимости. Значительная часть сельскохозяйственных потребителей получает электроэнергию по радиальным линиями, что также не способствует повышению надежности энергообеспечения.

Существующие электрические сельские сети, с трудом справляющиеся с нагрузками без дополнительных объемов по новому строительству и значительных объемов по восстановлению и реконструкции действующих электросетей.

Учитывая, что энергетика сельскохозяйственного производства характеризуется территориальной рассредоточенностью потребителей затраты на создание новых распределительных электросетей становятся непомерно большими.

С возрастанием роли электроэнергии в сельскохозяйственном производстве повышается значение надежности электроснабжения как способности электрической сети в любой момент обеспечить электроэнергией присоединенных к ней потребителей.

Перерывы в энергоснабжении из-за аварийных отключений дезорганизуют жизнь городов и регионов, приносят ущерб, оцениваемый в миллиарды долларов. По экспертным оценкам

среднемноголетних потерь в сельском хозяйстве, а также в непрерывных производствах обрабатывающей промышленности, ущерб от недопоставленного количества энергии в 25-30 раз превышает стоимость недопоставленного количества энергии. Создание регулирующего рынка независимых энергопроизводителей в этих районах позволит избежать потерь от недопоставки энергии и снизить потери в сетях. Особенно актуально создание генерирующих мощностей на «концах» местных линий электропередач напряжением 6-10 кВ, имеющих большую протяженность. К таким линиям подключены многие потребители, и именно такие линии часто аварийно отключаются. Перерывы в энергоснабжении длятся многие часы, что усугубляет ущерб, понесенный потребителем и не компенсируемый энергоснабжающими организациями.

Во многом энергетическая безопасность регионов собственными топливными энергетическими ресурсами является одним из основных показателей восприимчивости регионов к угрозам энергетической безопасности. Освоение и использование местных энергетических ресурсов (гидроэнергетика малых рек, торф, небольшие месторождения углеводородных топлив и др.), а также использование в первую очередь возобновляемых энергетических ресурсов (солнечная, ветровая, геотермальная, малых водотоков, энергия биомассы) позволяет многие регионы страны перевести на энергообеспечение за счет ВИЭ, обеспечив их энергетическую независимость.

Таким образом, выход заключается в рациональном сочетании “большой” традиционной и “малой” нетрадиционной энергетики, вовлечении в энергетический баланс автономных, децентрализованных источников энергии.

К неоспоримым преимуществам их стоит отнести возможность в обеспечении устойчивости и живучести энергообеспечения страны, ответственных объектов в чрезвычайных ситуациях, вызванных природными явлениями

или умышленными человеческими действиями (терроризм и т.п.)

В этой связи перспективно использование возобновляемых источников энергии, в первую очередь, в регионах с повышенной экологической загрязненностью; в отраслях, в наибольшей степени загрязняющих окружающую среду вредными выбросами, а также для решения социально-экономических проблем; в сельскохозяйственном секторе экономики; в теплоэлектроснабжении населенных пунктов особенно в сельской местности, объектов здравоохранения и социальной сферы, в энергоснабжении значительного числа рассредоточенных объектов, особенно в зоне Аральского моря, на малоосвоенных территориях, богатых ценными минерально-сырьевыми ресурсами (плато Устюрт в Каракалпакстане, Навоийская, Бухарская, Капкадарьинская, Сурхандарьинская области и т.п.).

#### **8.4 Экономические вопросы применения ВИЭ**

К числу наиболее серьезных препятствий на пути интенсификации развития НВИЭ относятся препятствия финансово-экономического характера, на анализе причин возникновения и путей возможного преодоления которых следует остановиться подробнее.

Проанализируем рис 8.2., на котором представлены составляющие стоимости электроэнергии, вырабатываемой на возобновляемых и невозобновляемых источниках энергии /2/.

Среди невозобновляемых традиционных источников электроэнергии наименьшей удельной стоимостью 1 кВт. час, выраженной в центах, обладают газотурбинные электростанции. В основном это объясняется самыми низкими капитальными удельными затратами и стоимостью обслуживания сравнительно простого оборудования. Электростанции экологически

достаточно чисты, однако топливная составляющая энергии является самой высокой. Это приводит к тому, что издержки на капитальное строительство малы, их можно достаточно быстро построить в необходимых количествах, но затем постоянно, весь период эксплуатации электростанции, нести очень большие эксплуатационные расходы на приобретение остродефицитного органического топлива, стоимость которого неуклонно растет, а запасы истощаются.

Наиболее дорогую электроэнергию производят атомные электростанции, которые в противоположность газотурбинными, обладают наибольшими расходами на капитальное строительство и обслуживание сложного высокотехнологического оборудования, но очень малыми затратами на топливо.

Среди нетрадиционных возобновляемых источников энергии резко выделяется гидроэнергия своей самой низкой среди известных генераторов энергии удельной стоимостью -- порядка 3,0 цента/кВт.час. Это объясняется сравнимыми с традиционной энергетической и самыми малыми среди нетрадиционных источников энергии удельными затратами на капитальные вложения, самыми малыми затратами на обслуживание и отсутствием топливной составляющей стоимости электроэнергии.

Преимуществами микроГЭС является временная суточная и сезонная равномерность выработки электроэнергии, что позволяет обходиться без аккумулирующих систем, возможность полной автоматизации работы, что приводит к снижению затрат на обслуживание и, следовательно, уменьшает стоимость производимой электроэнергии.

Интересным вариантом для энергообеспечения сельскохозяйственных объектов представляется использование энергии малых водотоков горных ручьев. Применяемые для этих целей рукавные микро ГЭС обладают мощностью от 0,5 до 20 кВт и требуют при очень небольших расходах воды от 0,04 до

0,5 м<sup>3</sup>/сек рабочего напора всего лишь в 5...15 м, выдавая при этом трехфазное электропитание частотой 50 Гц и напряжением 380/220 В.

Мировой уровень стоимости 1 кВт установленной мощности для микро ГЭС составляет 2000-2500 долл. США. Стоимость оборудования, изготовленного в странах СНГ, остается ниже мирового уровня цен и составляет 250-800 долл. США /кВт установленной мощности. Срок окупаемости микро ГЭС - менее 3 лет.

Весьма привлекательно с экономической точки зрения в сравнении с традиционными энергоисточниками выглядят ветровая энергия и энергия биомассы.

Специфические особенности ветровой энергии - неравномерность ее проявления во времени, влияние на выработку энергии выбора места установки ветроагрегатов - приводят к тому, что наиболее просто и экономично использовать ветроустановки в тех случаях, когда требования к равномерности выработки энергии и стабильности электрических параметров энергии невысоки. В других случаях неизбежно одновременное применение резервных источников энергии - аккумуляторов или дизель-электрических агрегатов, что снижает выгоду использования энергии ветра.

В связи с этим автономное использование энергии ветра перспективно, если в результате работы ветроагрегата может быть получен продукт, запаасаемый впрок. Выгодно применять ветроагрегаты для подъема воды, производства тепла и холода, опреснения минерализованных вод.

В таких случаях можно говорить о тенденции снижения стоимости ветроэлектроэнергии с сегодняшнего 0,047 долл/кВт.ч до уровня 0,03 долл/кВт.ч к 2013г. А к прогнозам 2020 года эта цифра составит уже порядка 0,025 долл/кВт.ч.

Для обеспечения потребителей, требующих электроснабжения энергией стандартного качества, ветроагрегаты должны работать совместно с аккумулирующими

и резервными устройствами. К числу таких потребителей относятся, например, молочно-товарные фермы на летних пастбищах, коняры зимнего содержания овец, пункты кормозаготовок, дома, кишлаки и жилые поселки, а также станции защиты от коррозии газопроводов и водопроводов.

Эти дополнительные устройства резко увеличивают капитальные вложения, а удельная стоимость электроэнергии возрастает до 8-10 цент/кВт час, что существенно ухудшает конкурентоспособность ветроэлектроагрегатов.

Что же касается энергии геотермальных вод, то они имеют экономическую перспективу применения в основном в качестве низкопотенциальной тепловой энергии, так как температура геотермальных вод на территории Узбекистана редко превышает 70-80<sup>0</sup>С. Получение же из низкопотенциального тепла электрической энергии в принципе возможно различными способами, но с экономической точки зрения совершенно неприемлемо.

Фотоэлектрические установки, при всех их очевидных достоинствах, обладают главным на современном научно-техническом уровне развития недостатком – неприемлемо высокими капитальными удельными вложениями. Поэтому экономические возможности фотоэлектрических станций не могут сейчас оправдать первоначально вложенные на их приобретение затраты.

Сектор фотоэлектричества еще недостаточно конкурентоспособен по сравнению с другими ВИЭ и не может конкурировать ни с ними, ни с ископаемым топливом без специальных мер. Для успешного продвижения на рынок этого сектора ВИЭ необходимо применение, как специального закупочного тарифа, так и государственных субсидий.

В странах, которые применили эту комбинированную поддержку (Германия и Испания), наблюдался существенный рост сектора фотоэлектричества.

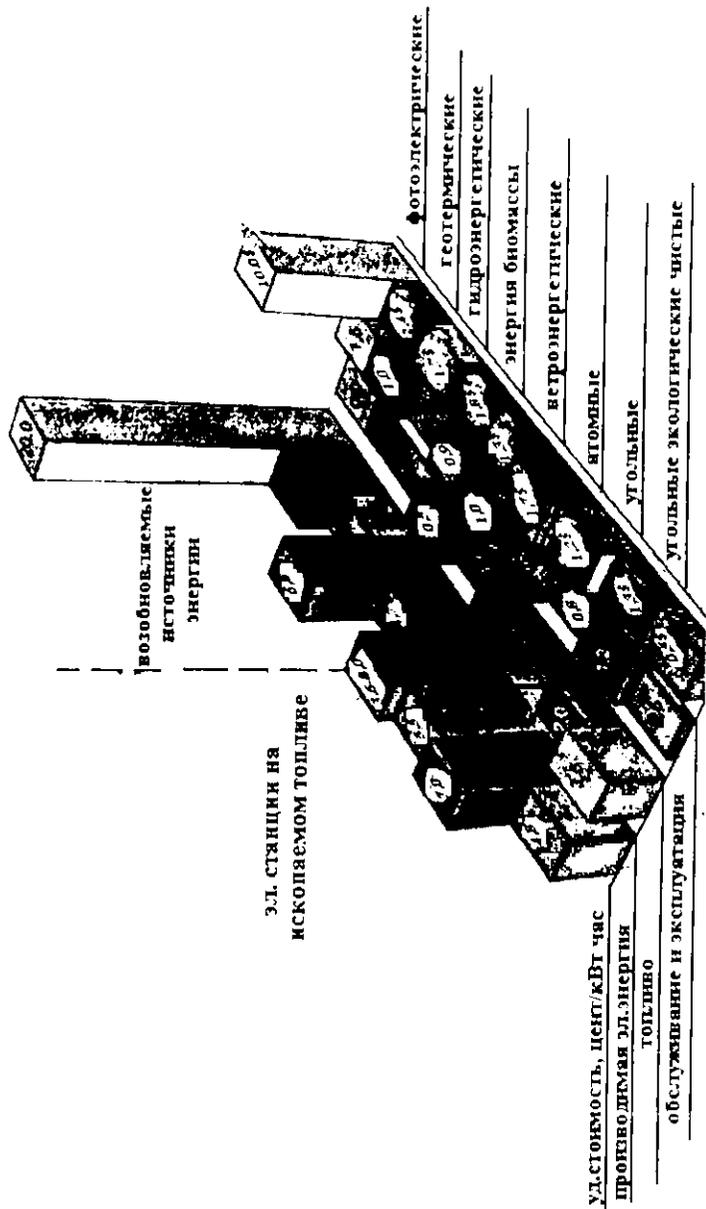


Рис.8.2. Составляющие стоимости электроэнергии.

Тем не менее, фотоэлектрическая энергия может применяться в тех случаях, когда основным является не экономический фактор, а другие соображения, например, специальные, бытовые природоохранные, военные и некоторые другие. Фотоэлектрическая энергия может применяться для питания калькуляторов, садовых фонарей, и бытового, радиотелеоборудования, телекоммуникационной аппаратуры и т.п.

Стоимость фотоэлектрических установок пока значительно выше финансовых возможностей средней семьи, то есть, не доступна большинству потенциальных потребителей автономных источников энергии.

Несомненно, главным препятствием на пути расширения масштабов развития НВИЭ, характерным для большинства стран мира на протяжении всего периода, следует считать их низкую экономическую конкурентоспособность по отношению к традиционным источникам энергоснабжения.

Невысокий же уровень применения ВИЭ в сельском хозяйстве Узбекистана объясняется тем, что после приобретения независимости республика в результате принятых мер обеспечила свою топливную независимость и удовлетворила свои потребности исключительно за счет национальных ресурсов углеводного сырья и гидроэнергетики.

Однако, цены на энергию, производимую традиционными топливными генераторами, в настоящее время не отражают полную действительную стоимость, включающую внешние издержки для общества, живущего в условиях ухудшения окружающей среды, вызванного их использованием. В основном это связано с тем, что цена энергии от ископаемых топлив не учтена.

Существующий в нашей стране относительно низкий уровень цен на традиционные энергоносители (электроэнергия, бензин, моторное топливо, мазут, уголь, газ) не стимулирует применение ВИЭ.

Другим серьезным препятствием для расширения (большого) использования различных видов ВИЭ являются высокие начальные инвестиционные расходы, кроме того, ВИЭ не обеспечивают возврат инвестиций в ближайшей перспективе. Поэтому чрезвычайно трудно найти частных инвесторов, которые не стремились бы к срочному возврату инвестиций.

Поэтому вкладывать большие средства в НИОКР в области нетрадиционных ВИЭ без перспективы быстрого их возврата и долго дожидаться внедрения в экономику их результатов нет желания ни государству, ни представителям частного сектора.

Слабость инвестиционной базы НИОКР в области НВИЭ сегодня является одной из причин их низкой экономической конкурентоспособности по сравнению с традиционными источниками энергоснабжения. Между тем опыт использования возобновляемых источников энергии во всем мире свидетельствует о необходимости государственной поддержки этого направления энергетики. Это обусловлено высоким уровнем затрат на научные и проектные разработки, на внедрение новых технологий. Необходимы также поддержка и стимулирование потребителей энергии, пользующихся установками, преобразующими возобновляемую энергию.

## **8.5 Правовое регулирование использования НВИЭ**

Опыт использования возобновляемых источников энергии во всем мире свидетельствует о необходимости государственной поддержки этого направления энергетики. Это обусловлено высоким уровнем затрат на научные и проективные разработки, на внедрение новых технологий. Необходимо также поддержка и стимулирование потребителей энергии, пользующихся установками, преобразующими возобновляемую энергию.

Вместе с тем, развитие возобновляемой энергетики способствует уменьшению потребления ископаемого топлива и

зависимости от его импорта, улучшению экологической обстановки окружающей среды и климата планеты, ведет к созданию новых видов экономической деятельности предприятий и рабочих мест. Кроме того, в зонах децентрализованного энергоснабжения на значительных территориях использование ВИЭ позволяет ускоренно повышать качественный уровень характера энергетических систем и возможностью их поэтапного внедрения, уменьшаются инвестиционные затраты и риски.

Без стимулирования развития ВИЭ невозможно их широкомасштабное внедрение. К пониманию этого пришли все те страны, которые в настоящее время демонстрируют успехи в использовании и развитии ВИЭ. По опыту этих стран, наиболее эффективными признаны следующие формы стимулирования:

- усилить финансовую поддержку научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, ведущих к снижению стоимости производства энергии установками, использующими ВИЭ;
- осуществить государственные инвестиции в отрасли промышленности, производящие энергетическое оборудование на основе ВИЭ;
- ввести льготное кредитование населения для приобретения энергоустановок, использующих ВИЭ;
- осуществить льготную систему налогообложения для производителей и потребителей энергетического оборудования на основе ВИЭ;
- снижение или отмена таможенных пошлин на импорт и экспорт оборудования, установок и комплектующих изделий ВИЭ;
- установление налога на ископаемые топлива с учетом эмиссии  $\text{CO}_2$ ;

- образование экологически чистых зон в местах массового отдыха и лечения населения и демонстрационных зон использования ВИЭ;
- разработать и ввести программы и курсы по подготовке специалистов в высших и специальных учебных заведениях.

Многие страны уже длительное время применяют самые разнообразные формы стимулирования и продолжают внедрять новые.

Последовательная энергетическая политика Узбекистана в условиях рыночной экономики должна проводиться на основе нормативных актов, регулирующих взаимоотношения хозяйственных субъектов энергетического рынка между собой и государственными органами. С этой целью создается система нормативно-законодательных актов.

Отдельные нормативные решения, закрепляющие положения и механизмы энергетической стратегии принимаются Указами Президента Республики Узбекистан и постановлениями Правительства Узбекистан.

Так в Республике Узбекистан действует принятый 7 мая 1997 года закон «О рациональном использовании энергии», согласно которому устанавливаются некоторые льготы юридическим и физическим лицам, осуществляющим работы, направленные на сокращение энергопотребления, использование вторичных энергоресурсов, возобновляемых источников энергии и местных видов топлива, которым могут предоставляться дотации из средств фонда энергоснабжения. Предусмотрено предоставление льгот по:

- таможенным пошлинам и налогам на импорт специального оборудования, приборов и материалов, использование которых существенно повышает эффективность использования энергии;
- финансированию межотраслевых научно-исследовательских и опытно-конструкторских

работ, производству опытных партий энергетически эффективного оборудования;

- финансированию за счет государственного льготного кредита национальных, отраслевых и региональных целевых программ и проектов в области рационального использования энергии.

Постановлением Кабинета Министров РУз «О развитии малой гидроэнергетики в Республике Узбекистан» № 476 от 28 декабря 1995 г. утверждена программа развития малой гидроэнергетики, предусматривающая строительство ряда малых ГЭС. Правовая база стимулирования применения ВИЭ постоянно совершенствуется.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Какие виды экологических загрязнений характерны для тепловых и атомных электростанций?
2. Что такое штрафной экологический балл? Какие факторы учитываются при его расчете?
3. Чем определяется экологическая чистота применения ВИЭ?
4. Какой ВИЭ является самым привлекательным с экологической точки зрения?
5. Какой набор ВИЭ обеспечивает комфортные бытовые условия проживания сельской семьи?
6. В каких районах и местностях Узбекистана социальные условия обуславливают приоритетное развитие ВИЭ?
7. Какова роль ВИЭ в обеспечении энергетической независимости Узбекистана?
8. Почему ВИЭ наиболее целесообразно применять в сельской местности и сельхозпроизводстве?
9. Какие составляющие стоимости электроэнергии выгодно отличают ВИЭ от традиционных электростанций?

10. Проведите качественное сравнение составляющих стоимости электроэнергии для различных видов ВИЭ?
11. Почему цены на энергию, производимую традиционными электростанциями не отражают полную действительную ее стоимость?
12. Какие формы стимулирования более широкого применения ВИЭ Вы знаете?

### **Использованная и рекомендуемая литература.**

1. Возобновляемая энергия, - М.: Интерсоларцентр, 2002.
2. Возобновляемая энергия, - М.: Интерсоларцентр, 1998. №2.
3. Захидов Р.А. Состояние и перспективы использования возобновляемых источников энергии в Узбекистане // Тр. Международного «Бизнес и инвестиции в области возобновляемых источников энергии в России». М; НИИ «Инженер», 1999.
4. Васильев Ю.С., Елистратов В.В., Мухаммадиев М.М. Возобновляемые источники энергии и гидроаккумулирование: Учеб. пособие: - С-Пб.: СПбГТУ, 1995.
5. <http://www.solar-tec.com>
6. <http://www.solairgen.com>
7. <http://energy.state.nv.us>
8. <http://www.ips-solar.com>

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
Глава 1. Перспективы применения НВИЭ.....	6
1.1. Энергопотребление и запасы углеводородного сырья в Узбекистане.....	6
1.2. Ресурсы возобновляемых источников энергии в Узбекистане.....	11
1.3. Основные терминологические понятия.....	18
Глава 2. Применение НВИЭ в сельском хозяйстве.....	22
2.1. Применение НВИЭ для электромеханизации сельскохозяйственных процессов дехканского хозяйства... ..	22
2.2. Применение НВИЭ для энергообеспечения пчеловодческого оборудования.....	35
2.3. Автономное энергообеспечение электробытовых приборов.....	39
2.4. Маштабы использования НВИЭ в некоторых промышленно развитых странах.....	43
Глава 3. Использование энергии малых водотоков.....	48
3.1. Типы и классификация малых и микроГЭС.....	48
3.2. Водозаборные устройства.....	50
3.3. Типы гидротурбин и их расчет.....	56
3.4. Асинхронные электрогенераторы для микроГЭС.....	65
3.5. Регулирование параметров электрического тока.....	69
Глава 4. Энергия ветра.....	76
4.1. Особенности применения ветроустановок в Узбекистане.....	76
4.2. Конструкции и характеристики ВЭУ.....	81
4.3. Расчет ветродвигателя.....	89
Глава 5. Энергия биогаза.....	93
Глава 6. Геотермальные воды.....	100
Глава 7. Солнечная энергия.....	105
7.1. Характеристика солнечной радиации.....	1 05

7.2. Концентрация солнечного излучения.....	112
7.3. Солнечные фотоэлектрические элементы.....	117
7.4. Автономные солнечные источники.....	123
7.5. Солнечные тепловые электростанции.....	132
7.6. Большие солнечные технологические печи.....	134
7.7. Солнечные тепловые коллекторы.....	140
7.8. Солнечные приставки к топливным котельным.....	145
7.9. Солнечное горячее водоснабжение.....	150
7.10. Стационарные гелиоустановки.....	156
7.11. Плавательные бассейны с солнечным обогревом.....	160
7.12. Солнечный пруд.....	163
7.13. Тепловые насосы.....	165
7.14. Солнечное охлаждение.....	168
7.15. Солнечное опреснение солной воды.....	173
7.16. Гелиосушилки.....	176
7.17. Солнечные кухонные печи.....	182
7.18. Рефлекторы для солнцелечения.....	185
Глава 8. Общие вопросы применения нетрадиционных возобновляемых источников энергии.....	189
8.1. Экологические аспекты применения НВИЭ.....	189
8.2. Социально-бытовые факторы применения ВИЭ.....	195
8.3. Роль НВИЭ в обеспечении энергетической независимости.....	198
8.4. Экономические вопросы применения ВИЭ.....	201
8.5. Правовое регулирование использования НВИЭ.....	207

Редактор Покачалова Н.С.

Подписано к печати 23.07.2005. Формат 60x84 1/16.  
Объём 13,5 п.л. Тираж 100. Заказ № 522.  
Отпечатано в типографии ТИТУ. г.Ташкент ул. Талабагар, 54.



