

621.03
С-28

С. Сейиткурбанов

**КОМБИНИРОВАННЫЕ
ГЕЛИОВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ
УСТАНОВКИ**

Ашхабад • 1991

621.03
С-28

Академия наук Туркменской ССР
Научно-производственное объединение "Солнце"

+621.5

С. СЕЙИТКУРЯНОВ

ИЗМЕНЕННЫЕ ГЕЛИОВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ
УСТАНОВКИ

А-218056

Под редакцией
академика Р. Б. БАЙРАМОВА



Ашхабад, Миям, 1991

✓

Контр. змс

Ашхабадская областная научная библиотека им. Н. К. Крупской

важное использование металлов, повысить оптико-технологические характеристики гелиоколлекторов, разработать новые конструкции изделий с встроенными системами солнечного теплоснабжения, организацию их широкого строительства.

10. Технические характеристики солнечных водонагревателей

| Водонагреватель | Завод-изготовитель | Габариты, мм | Площадь, м ² | Масса, кг | Цена, р. |
|--|--|--------------|-------------------------|-----------|----------|
| Солнечный - 322-85 (ТУ21-26) | Братский з-д отопительно-го оборудования | 1530х630х98 | 0,80 | 50,5 | 37,0 |
| Гелиоприемник (ТУ35 СССР 01-85) | ПО "Спецгелиомонтаж" | 1240х600х100 | 0,72 | 32,0 | 48,0 |
| Солнечный ГП-03 (ТУ21-23.3-41-79) | Киев-ЗНИИЭП | 1240х600х100 | 0,72 | 32,0 | 49,0 |
| с одинарным остеклением | | | | | |
| с двойным остеклением | | | | 34,0 | 50 |
| Солнечный В.8005 (ТУ88 ФТИ УзССР 3-81) | ФТИ АН УзССР | 1090х650х111 | 0,62 | 36,0 | 45,7 |

Для выпуска новых поколений солнечных коллекторов в производственном масштабе планируется расширение мощностей: Братского завода отопительного оборудования Минстройматериалов СССР, Бакин-ского завода по обработке сплавов цветных металлов Минцветмета СССР, ПО "Спецгелиотепломонтаж" Минмонтажстроя СССР, строительство новых заводов на предприятиях Госагропрома. Реализация вышеперечисленных мероприятий позволит снизить удельные капиталовложения в установки солнечного горячего водоснабжения в целом до 10 р/м², а в пассивную систему отопления - до 15 р/м².

В разработке солнечных систем охлаждения и кондиционирования достигнуты определенные успехи. Однако схемные решения самих солнечных систем пока далеки от совершенства, то есть схема с открытой регенерацией раствора абсорбента не всегда удобна в эксплуатации, а закрытая требует применения солнечных коллекто-

ров с рабочей температурой 80-90°C. Для кондиционирования разрабатывается безмашинные системы с сушкой воздуха раствором хлористого лития, кальция, циолита и др. Достоинство их - простота эксплуатации.

Приоритетным направлением использования ВИЭ во всем мире признано фотоэлектрическое преобразование солнечной энергии. Поэтому в Краснодарском крае начат широкомасштабный эксперимент по применению фотоэлектрических преобразователей в наземных условиях. В настоящее время широкое внедрение этих установок сдерживается в основном высокой стоимостью установленного киловатта (10-15 тыс. р. и относительно низким кпд преобразования в природных условиях их эксплуатации.

В связи с этим для повышения эффективности фотоэнергетики на перспективу предусматривается разработка новых технологий получения дешевых материалов (кремния, арсенида гелия), обеспечивающих резкое снижение стоимости энергоустановок; разработка технологии и оборудования для производства фотопреобразователей на основе каскадных структур аморфного кремния с повышением кпд до 20% и снижением стоимости до 1-3 р / Вт к 2000г. создание технологии и оборудования для производства фотопреобразователей на основе монокристаллического кремния и гетероструктур с повышением кпд соответственно до 30 и 35-40%; развитие пленочной технологии изготовления фотопреобразователей и систем концентрации для солнечных электростанций.

Сейчас в СССР проходят испытания более 250 солнечных установок на базе кремниевых фотоэлектрических модулей. В ВИЭСХ создан специальный цех по выпуску фотоэлементов для производства фотоэлектрических систем типа ФЭС-К4 для чабанов мощностью 20, 50 и 100 Вт, весом соответственно 15, 30 и 50 кг. Рассматривается возможность создания совместных предприятий с фирмами капиталистических стран по производству аморфного кремния и фотопреобразователей на его основе.

Стоимость установленного киловатта солнечной электрической станции с термодинамическим циклом составляет более 5 тыс. р., что с экономической точки зрения делает строительство таких электростанций на ближайшие 10-15 лет неперспективным, поэтому в мире пока не планируется строительство солнечных установок с термодинамическим циклом, а полученные результаты по ранее созданным объектам используются для более тщательного технико-экономического анализа будущих возможных проектов.

В СССР над реализацией программы использования солнечной энергии трудятся более 25 научно-исследовательских, опытно-конструкторских, промышленных предприятий и организаций. Созданы специализированные организации по разработке и созданию солнечных установок: НПО "Солнце" АН ТССР, ПО "Спецгелиотепломонтаж" в ТССР, МНТЦ "Узгелиотехники", МНТЦ "Туркменгелиотехники", МНТЦ "Казгелиотехники" и др. Однако, до сих пор в стране нет готовой конкурентноспособной продукции (научной), обладающей более высокими потребительскими свойствами по сравнению с альтернативной, встречающейся на рынке; не созданы прогрессивные технологии изготовления и монтажа элементов гелиотехнических систем, основанные на применении новых высокоэффективных материалов, современного оборудования и высококвалифицированного производственного персонала. Поэтому освоение новой технологии — сегодня главное в повышении технического уровня производства и качества гелиотехнической продукции.

Развитие ветроэнергетики идет по двум направлениям: создание ветроагрегатов мощностью до 100 кВт и на их основе ветроустановок различного назначения (головная организация НПО "Ветроэн" Минэнерго СССР); проектирование и строительство крупных ветроэнергетических агрегатов мощностью свыше 100 кВт, работающих совместно с традиционной энергосистемой (Институт Гидропроект Минэнерго СССР). Мощность современных технических средств ветроэнергетики для большинства районов СССР оценивается на уровне 200–500 Вт/м², в перспективе возможно ее повышение на 20–30%.

В НПО "Ветроэн" практически сосредоточены все этапы работ по ветроэнергетике: от исследований и проектирования новых видов техники до ее производства, строительства и технического обслуживания. В составе объединения имеется специализированное проектно-конструкторское подразделение, выполняющее работы по определению приоритетных районов и конкретных объектов применения ветротехники и осуществляющее проектную привязку ветроагрегатов и установок. Создано специализированное управление по монтажу, наладке, фирменному ремонту и техническому обслуживанию ветроэнергетической техники с сетью региональных ремонтно-эксплуатационных баз.

В 12-й пятилетке предусматривается перевооружение, расширение действующих заводов и сооружений новых предприятий (Александровский опытно-механический завод Госагропрома РСФСР и др.)

по выпуску ветроагрегатов. В настоящее время выпускают ветроэнергетические установки мощностью 0,1+16 кВт (табл. II и I2). В 1991 г. предполагается серийный выпуск установок единичной мощностью 30 и 100 кВт. Однако, по данным ИКНТ СССР, созданное 12 лет назад НПО "Ветроэн" не справляется с поставленными задачами, но сумело создать и организовать выпуск в стране современных ветроагрегатов на уровне мировых достижений. Создаваемые ветроагрегаты мощностью 2-4 кВт являются устаревшими конструкциями, созданными 15 лет назад и несколько модернизированными.

В последние 5 лет в области большой ветроэнергетики созданы модули - прототипы ветроагрегатов с вертикальной осью вращения мощностью 7,5+100,0 кВт. Для испытания данных классов ветроагрегатов предусматривается сооружение экспериментальной базы Института гидропроекта им. С. Я. Жука в пос. Дубки Дагестанской АССР.

В настоящее время рассматривается возможность создания советско-датского совместного предприятия по производству ветроагрегатов мощностью 180-300 кВт в Эстонской ССР, расширению Сызранского турбостроительного завода и Фрунзенского завода тяжелого электромашиностроения для производства силовых узлов и комплектующих электрогенераторов к ветроэнергоустановкам мощностью до 1,0 МВт.

Изучение состояния ветроэнергетики показывает, что основными направлениями технического совершенствования являются:

- улучшение конструкции регуляторов частоты вращения (упрощение и улучшение надежности);
- повышение точности, технологичности изготовления и надежности лопастей (применение древопластика и композиционных материалов);
- внедрение электронных систем управления ориентации и контроля состояния ветроагрегатов;
- совершенствование электрооборудования и пр. Необходима оптимизация конструктивных и режимных параметров элементов (аккумулирующих устройств, резервных источников на базе ДВС и др.) и ветроагрегата в целом.

Производство биогаза - это одновременное решение трех современных проблем: экологической, агрохимической (производство удобрений), энергетической. Из каждой тонны отходов крупного рогатого скота можно получить до 300 м³, в свиноводстве - до 400, птицеводстве - до 300 м³ биогаза, теплотворностью - 25+30 кДж/м³ и температурой воспламенения - 627°С. Среднее время удержания субстрат-

Основной показатель

Тип ветроагрегатов

| | АВЭУС-4М | АВЭУ-12-16 | АВЭ-30 | АВЭ-100 |
|---|----------|------------|---------|----------|
| Номинальная мощность, кВт | 4 | 16 | 18 | 36,0 |
| Диаметр ветроколеса, м | 6,6 | 12 | 18 | 36 |
| Высота опоры, м | 9 | 12 | 15 | 25 |
| Диапазон рабочих скоростей, м/с | 5 - 40 | 5 - 25 | 5 - 25 | 5 - 25 |
| Номинальная (рабочая) скорость ветра, м/с | 9 | 10 | 11 | 8 |
| Среднегодовая скорость ветра в районах использования, м/с | 5 | 5 | 6 | 6 |
| М а с с а, т | 1,2 | 3,3 | 5 | 40 |
| | 4,93 | 16 | 27 | 60 |
| | | | | |
| Стоимость установки, тыс.р. | 1725 | 1400 | 1260 | 840 |
| Удельное капиталовложение с учетом строительно-монтажных и пусконаладочных работ, р/кВт | 5,2 | 18,8 | 36,5 | 109,8 |
| | 0,4-2,2 | 1,3-3,3 | 3,1-4,8 | 7,3-11,3 |
| Экономия условн. топлива, т/год | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Ориентировочный экономический эффект, тыс.р. | 400/230 | 400/230 | 400/230 | 400/230 |
| Срок службы, лет | 1987 | 1988 | 1992 | 1992 |
| Номинальное напряжение генератора, В | | | | |
| Срок начала серийного производства, год | | | | |

12. Технико-экономические показатели ветроэнергетических водоподъемных установок

| Основной показатель | Тип водоподъемников | | | | |
|--|---------------------|----------|---------|---------|---------|
| | УВМ-1 | УВМ-2 | УВМ-3 | УВМ-4 | УВЭВ-5 |
| Высота водоподъемника, м | 10 | 10-20 | 20 | 30 | 10-30 |
| Номинальная производительность, м ³ /ч | 0,8 | 0,25-0,5 | 1,0 | 2 | 4-8 |
| Диаметр ветроколеса, м | 2,4 | 2 | 3 | 4 | 6 |
| Диапазон рабочих скоростей, м/с | 3-40 | 3-40 | 2,5-40 | 4-10 | 5-40 |
| Рабочая скорость ветра, м/с | 8 | 6 | 6 | 6 | 7 |
| Среднегодовая скорость ветра в районах использования, м/с | 3,5 | 4 | 3,5 | 4 | 5 |
| Масса установки, кг | 130 | 215 | 250 | 750 | 1300 |
| Стоимость установки, р. | 1100 | 700 | 830 | 2580 | 6000 |
| Удельное капиталовложение с учетом строительно-монтажных и пусконаладочных работ, р/м ³ | 1788 | 1820 | 1162 | 1803 | 1353 |
| Себестоимость подъема воды, к./м ³ | 5 | 6 | 6 | 6 | 5 |
| Ориентировочный экономический эффект, тыс.р. | 0,7-1,1 | 0,5-0,8 | 0,8-1,3 | 1,3-2,1 | 1,4-2,3 |
| Срок окупаемости, лет | 2 | 1 | 2,2 | 3 | 4 |
| Срок службы, лет | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Срок начала серийного выпуска, год | 1988 | 1987 | 1988 | 1987 | 1987 |

в реакторе при мезофильном режиме (30-40°C) работы установки составляет 15-30 сут, а при термофильном (52+53°C) - 5+10 сут; выход газа - 1,5 м³ с 1 м³ реактора в сутки; выход товарного биогаза - 50% полного выхода; затраты на собственные нужды - 45+50%.

Сброженный субстрат - наиболее эффективное биоудобрение и применяется для подкормки различных сельскохозяйственных культур. Он может также использоваться для производства белково-витаминных кормовых препаратов. При анаэробном сбраживании навоза осуществляется полное обеззараживание утилизируемых отходов (погибают личинки гельминтов, патогенная микрофлора, семена сорняков), деструкция органических веществ минерализует азот, фосфор, калий. Биогаз можно конвертировать в тепловую и электрическую энергию, использовать в двигателях внутреннего сгорания, для получения "синтез-газа" и искусственного газа.

Фундаментальными исследованиями в этой области занимается Институт биохимии им. А.И. Баха и Институт микробиологии АН СССР, Институт микробиологии им. А.Кирхенштейна АН ЛатССР, Институт микробиологии и вирусологии им. Заболотного АН УССР, Институт микробиологии АН АрмССР, НПО "Солнце" АН ТССР, ВНИИКОМЖ Госагропрома СССР. В настоящее время построено более 10 опытных биоэнергетических установок по переработке отходов животноводства и птицеводства. Изучение основных характеристик этих установок (табл. 13) и их сопоставление с достижениями западных стран показывает, что созданные модульные установки уступают по своим техническим характеристикам мировым образцам, имеют неоправданно высокую стоимость оборудования и продукта (биогаза). Итак, стоимость 1 м³ реактора в рассмотренных установках (см. табл. 4) лежит в пределах 274+1557 р., а биогаза - 153+1435 р. на 1 т условного топлива. Только в одной из установок 1 т условного топлива ниже 200 р., для остальных - выше 500 р. (для сопоставления: замыкающие затраты на природный газ в Туркмении - 50,5, мазута - 69,5 р. т. у. г.).

Таким образом, использование биогазовых установок только для получения топлива пока убыточно. По данным ВНИИЭнергопрома СССР, при создании более крупных промышленных биогазовых установок (объемом реактора более 500 м³) для выработки топлива, удобрений и кормовых добавок, а также охраны окружающей среды можно получить от одной головы скота (птицы) следующие экономические эффекты в год: крупного рогатого скота - 6+63, свиней - 1,5+11 и птицы (кур) - 0,25+2,45 р. Причем, достигаемый эффект распределяется следующим образом: от производства удобрений и кормовых

13. Экономические показатели отечественных биогазовых установок

| Показатель | Пяруская свиноферма, СССР | Свиноферма с/за "Огра" ЛатССР | Свиноферма "Украина" Крымс. обл. | Свиноферма "Ириновка" Ленинградскай обл. | "Кобос-1" КРС, Запорожская обл. | "Биогаз-301" свиноферма Сумского маш.объед. |
|--|---------------------------|-------------------------------|----------------------------------|--|---------------------------------|---|
| Производительность по товарному биогазу, м ³ /сут | 24,22 | 1224 | 1000 | 550 | 450 | 400 |
| То же, т/усл.топлива в год | 631 | 319 | 260 | 152 | 117 | 104 |
| Объем реактора, м ³ | 7500 | 2800 | 1500 | 300 | 250 | 310 |
| Выход товарного биогаза, с/м ³ реактора в сутки, м ³ | 0,32 | 0,44 | 0,60 | 1,80 | 1,80 | 1,29 |
| Температура сбраживания, °С | 38 | 55 | | | 40+2 | 40+1 |
| Товарный биогаз, % | 60,6 | | | | 59,3 | 55,2 |
| Число обслуживающего персонала, чел. | 15 | | | | 4 | 4 |
| Сметная стоимость, тыс.р. | 2500 | 1700 | 1250 | 467 | 350 | 85 |
| Стоимость 1 м ³ реактора, р. | 333 | 607 | 833 | 1557 | 1400 | 274 |
| Годовые эксплуатационные расходы, тыс.р. | 198 | 101 | 110 | 66 | - | - |
| Годовые расчетные затраты, тыс.р. | 573 | 356 | 287 | 136 | 70 | 17 |
| Стоимость биогаза, р. на 1 т усл.топлива | 908 | 1116 | 1104 | 1435 | 600 | 163 |

обавок-27+80%, топлива-13+44%, охраны окружающей среды-0,1+68%.

В 13-й пятилетке предполагается организация промышленно-производства типоразмерного ряда биоэнергетических установок их комплектующих элементов (теплообменники, подогреватели и аккумуляторы, насосы-дозаторы, насосы для транспортировки стуженных осадков, вакуум-компрессоры, центрифуги, мотор-генераторы, работающие на биогазе) на Шумихинском машиностроительном заводе буродования животноводческих ферм Минавтосельхозмашина СССР, Омском машиностроительном заводе Минхимпрома СССР и на других заводах. Все это позволит снизить капиталовложения метанотанка до 350-400 р /м³ объема реактора и повысить удельную производительность установки до 2,0 м³ газа на 1,0 м³ объема метанотанка в сутки.

Таким образом, уже сегодня в ряде случаев можно проектировать опытные животноводческие и птицеводческие комплексы с биоэнергетическими установками. Решая эту задачу, можно в каждом хозяйстве улучшить экологические условия, производство удобрений иметь автономный источник энергии, который может быть использован в производственно-бытовых нуждах самого хозяйства.

При использовании комбинированных гелиоветроэнергетических установок возникает необходимость оценки их экономической эффективности и конкурентоспособности по сравнению с существующими энергоисточниками. Как известно, до сих пор, в основном, обобщающим фактором при оценке эффективности этих систем принимается только стоимость производимой энергии и ее сравнение со стоимостью замещаемого традиционного топлива. При этом, как правило, удельные капиталовложения новой техники выше, чем традиционной при низких ценах на органическое топливо, действующих в настоящее время в стране, не компенсирует повышенные затраты на создание солнечно-, ветро- и биогазовых установок. В результате в большинстве случаев применение новых установок экономически не эффективно. Такой подход не соответствует реальности и не отвечает современным требованиям технико-экономической оценки энергетических установок.

Эта задача должна быть решена на основе многофакторного анализа и системного подхода с учетом: природно-климатических условий, наличия, отсутствия и удорожания в перспективе местного топлива; запаса и стоимости замещаемого топлива; начального капиталовложения и эксплуатационных расходов рассматриваемых систем

энергоснабжения; надежности, долговечности, требования к обслуживанию и ремонту; стоимости получаемой энергии на традиционных и альтернативных установках; совпадения графиков выработки и потребления энергии на местах; социального эффекта и обеспечения охраны окружающей среды и других факторов. Первые попытки решения этой задачи имеются, однако, комплексный учет вышеперечисленных факторов до конца еще не изучен, не отработан и официально не принят.

Таким образом, эффективная реализация программы освоения новой техники требует: во-первых, определения приоритетных направлений работ по использованию энергии Солнца, ветра и биомассы, комплексно учитывающих научно-техническую и практическую значимость решаемых задач, наличие научного задела по данному направлению, его конкретность и возможность практического освоения результатов исследования в короткий срок; во-вторых, создание конкретных научно-технических программ с указанием ожидаемых результатов (по этапам), сформулированных в виде, позволяющем контролировать их выполнение, и в-третьих, применение прогрессивной формы организации труда.

Рекомендуемые к внедрению гелио-, ветро- и биоэнергетические установки и их комбинации должны обладать высокими потребительскими свойствами - максимальной простотой конструкции, технологичностью в изготовлении, монтаже и эксплуатации, высокой надежностью и длительным гарантированным ресурсом работы при достаточно низкой стоимости электроэнергии, тепла, холода и другой продукции. При этом особое значение имеет разработка принципиально новых конструкционных материалов, технологии серийного производства, монтажа унифицированных комплектующих элементов и установки в целом. Необходимо также создание совместных предприятий и объединений со сторонами - членами СЭВ, а также с капиталистическими странами.

Еще не решенным остается вопрос экономического стимулирования как предприятий, занятых разработкой и внедрением, так и предприятий - потребителей солнечно-, ветро- и биогазовых установок, путем выплаты государственных дотаций, освобождении от платы за фонды и амортизационные отчисления, уменьшения платежей в бюджет из прибыли, установления лимитов на использование традиционных видов топлива.

Коренным образом необходимо изменить подход к формированию

отбору государственных научно-технических заданий, включаемых в решения той или иной задачи использования ВИА. Необходимо совместно переходить к финансированию конкретной разработки, программам на конкурсной основе, новой форме организации и оплате труда по конечным результатам. Все это позволит значительно повысить ответственность и заинтересованность исполнителей, научно-технический уровень разработки, сократить сроки выполнения цикла "наука - производству", экономить трудовые и материально-технические ресурсы. Большую роль в расширении использования ВИА должны сыграть республиканские, областные и местные советские и партийные органы.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

| | |
|--|-----|
| ВВЕДЕНИЕ | 3 |
| I. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ И РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННЫХ ГЕ- ЛИОВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ | 4 |
| Энергетика: экология и технология | 4 |
| Постановка задачи исследования комбинированных гелиовет- роэнергетических систем | 10 |
| Комбинированные гелиоветроэлектрические агрегаты (КГВЭА) | 19 |
| Комбинированные гелиоветротеплососные установки (КГВТНУ) | 22 |
| 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМБИНИРОВАННЫХ ГЕЛИОВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ | 26 |
| Постановка задачи исследования | 26 |
| Исследование энергетических режимов Солнца и ветра | 29 |
| Разработка математической модели и оптимизация основных параметров КГВЭА | 42 |
| Создание и натурные испытания КГВЭА | 49 |
| 3. ОПТИМИЗАЦИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ КГВТНУ | 57 |
| Постановка задачи исследования | 57 |
| Энергетическая эффективность системы низкотемпературного отопления с теплососной установкой | 60 |
| Разработка методики теплотехнического расчета КГВТНУ | 66 |
| Система уравнений функционирования и оптимизация КГВТНУ | 70 |
| КГВТНУ с сезонным аккумулярованием тепла | 74 |
| КГВТНУ с пиковым источником тепла | 78 |
| Создание и испытания опытно-промышленных КГВТНУ для теп- лохладоснабжения индивидуальных потребителей | 86 |
| 4. ОПЫТ СОЗДАНИЯ, ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ПЕРСПЕК- ТИВЫ РАЗВИТИЯ КГВЭС | 98 |
| Постановка задачи исследования | 98 |
| Основные характеристики и опыт создания КГВЭС | 99 |
| Технико-экономические показатели КГВЭС | 104 |
| Перспективы и проблемы развития КГВЭС | 108 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 125 |
| ЛИТЕРАТУРА | 129 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ | 135 |