Юнусов Тимур Юнусович – заслуженный энергетик Узбекистана, кандидат экономических наук. С 1967 года и по настоящее время Т.Ю.Юнусов является директором ОАО «Узбекэнерготаъмир».

Т.Ю.Юнусов – один из основоположников создания и развития энергоремонтного производства в Центральной Азии. Им опубликовано свыше 50 работ и статей на различные темы, относящиеся к внедрению новых технологий заводского ремонта, модернизации электроэнергетической отрасли и построению современных автоматизированных систем контроля и учета электроэнергии. Особую ценность представляют серия книг и статей, выпущенных за последние годы: «От дизеля к интеллектуальной электрической системе», «Структура ремонтного обслуживания энергосистемы Узбекистана. Анализ проблем и перспектива развития», «Модернизация системы учета электроэнергии – основа повышения энергоэффективности», «Развитие интеллектуальной энергетики в Узбекистане», «О роли возобновляемых источников энергии в стратегии совершенствования энергетики Узбекистана» и другие. Они написаны простым и понятным языком о сложных процессах и явлениях.

Т.Ю. Юнусов является активным сторонником внедрения в Узбекистане возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Благодаря уникальным климатическим условиям и богатым природным ресурсам в нашей Республике имеется огромный потенциал для использования ВИЭ. Уже создана солидная научная база и идет интенсивный поиск путей практического внедрения возобновляемых источников энергии.

ISBN 978–9943–10–605–5

Т.Ю. ЮНУСОВ

ПРОИЗВОДСТВО ЭНЕРГИИ – СОВРЕМЕННОСТЬ И БУДУЩЕЕ

ТАШКЕНТ

Т.Ю. ЮНУСОВ

ПРОИЗВОДСТВО ЭНЕРГИИ – СОВРЕМЕННОСТЬ И БУДУЩЕЕ

ТАШКЕНТ – 2012

BUXORO MUHANDISLIK-TEXNOLOGIYA INSTITUTI
ARM
REESTR № _____
"___" _____ 201___ y

УДК: 621.3 (575.1)
КБК 74.26
Ю22

Ю22 Юнусов Т.Ю. Производство энергии – современность и будущее. – Т.: «Fan va texnologiya». 2012, 204 стр.

ISBN 978–9943–10–836–3

Читателю предлагается достаточно оригинальная книга по энергетике. Автор поставил себе задачу: доступным языком описать современные традиционные (электро– тепло– и гидроэнергетику) и нетрадиционные (с применением возобновляемых источников энергии: ветра, солнечного излучения, волн, геотермальных и петротермальных источников и пр.), в том числе альтернативных источников энергии.

Главной особенностью книги является возможность ее чтения, начиная с любого раздела. Книга ориентирована на широкий круг читателей и позволяет овладеть необходимым минимумом знаний для того, чтобы разобраться с возникающими вопросами в области энергетики.

Она снабжена глоссарием, позволяющим объяснить используемые термины в энергетике.

Под редакцией академика АН РУз Т.Х. Насирова.

Печатается на основании решения технического Совета ОАО «Узбекэнерготаъмир»

ISBN 978–9943–10–836–3

© Изд-во «Fan va texnologiya», 2012.

Эта книга посвящается памяти основоположников энергетики Узбекистана – первому министру энергетики Узбекистана Азизу Хакимовичу Хамидову, первому академику АН Узбекистана Хосилу Фазыловичу Фазылову, первому инженеру–гидроэнергетику Узбекистана Саидакилхону Саидходжаеву

«В энергетическом плане Узбекистан является самодостаточной страной. Но это не дает нам права бесхозяйственно относиться к этим ценнейшим, жизненно важным ресурсам. Мы должны всегда помнить и думать о том, что мы оставим детям, внукам, правнукам»

Ислам Каримов

ПРЕДИСЛОВИЕ

История цивилизации – история новых изобретений, освоения новых источников энергии и история развития самих потребителей энергии.

Одно из важнейших условий развития человечества связано с использованием энергии. Поиск энергии, удобной для использования, всегда считался основным приоритетом в удовлетворении потребностей человека, в продлении самой жизни человека и улучшении ее качества, создании благоприятных для жизни условий. Это было доказано очень давно, когда в свое время первобытный человек, впервые получив искру от удара камней друг о друга, научился разводить огонь и готовить пищу, применять тепло огня в целях утепления своего жилья. В то время источником тепла служили дрова, а для механической работы использовалась мускульная энергия животных и самого человека. Следующий важнейший этап связан с изобретением простого колеса, изготовлением различных видов орудий труда и развитием кузнечного ремесла. К XV веку человек стал пользоваться энергией воды и ветра, по сравнению с первобытным человеком почти в 10 раз больше пользоваться дровами и, в незначительном объеме, углем. Особенно за последние 200 лет, в мировом масштабе, с начала развития индустрии потребность в потреблении энергии возросла в 30 раз и в 2001 году достигла 14,3 триллиона тонн так называемого условного топлива.

В современном мире энергетика является основой развития базовых отраслей промышленности, определяющих прогресс общественного производства. Во всех индустриально развитых странах темпы развития энергетики опережали и опережают темпы развития других отраслей.

При всех многочисленных достижениях комфорта, вносимых высокоразвитой энергетикой в жизнь человека, сама энергетика является также источником и негативного влияния на окружающую среду и здоровье человека. Негатив заключается во все увеличивающемся потреблении кислорода (для горения), растущих выбросах в атмосферу вредных газов, золы и твердых частиц. Загрязняется не только биосфера, но и гидросфера при выведении со станций теплых и загрязненных вод и жидких отходов; значительно увеличиваются расходы природной, чистой воды. Последнее время стало отмечаться негативное воздействие даже на литосферу, происходит изменение ландшафта из–за выведения топлива (угля, нефти, газа) из подземных выработок на поверхность земли.

Несмотря на негативное влияние энергетики на окружающую среду, начальные масштабы не создавали в обществе значительных опасений, потому что было известно, как с технической точки зрения уменьшить влияние этих факторов или совсем избавиться от них. Это продолжалось до 70-годов прошлого века, когда специалисты получили несколько доказательств, что сильное антропогенное давление в климатической системе, рост беспорядочного использования энергии может привести к глобальным проблемам. С тех пор все научные проблемы отошли в сторону, кроме проблемы изменения климата. И считают, что к этим изменениям в основном имеет прямое отношение энергетика.

Подводя итоги, можно сказать следующее: человечество использует добывающееся органическое топливо и в результате приводит к изменению климата, что чревато катастрофическими последствиями. Возникает вопрос, как избежать этого? Конечно же, за счет уменьшения использования органического топлива и уменьшения эмиссии углеродного диоксида. Подход

к этой задаче простым путем может нанести вред мировой экономике и уменьшить потребление энергии в развивающихся странах.

Для этого необходимо уделять больше внимания исследованию и внедрению возобновляемых источников энергии, альтернативных и нетрадиционных видов энергии.

Исторически сложилось так, что Узбекистану на заре независимости досталась мощная энергетическая база и избыточные по отношению к внутреннему потреблению мощности электрических станций.

Прошли годы, ситуация изменилась. Существующие тепловые и гидростанции устарели, оборудование износилось; стоимость производимой традиционными способами электро– и теплоэнергии значительно возросла; усилилось негативное воздействие энергопредприятий на окружающую среду. Выросла стоимость топлива, используемого для производства тепловой и электрической энергии, и, что существенно, имеет устойчивую тенденцию к дальнейшему росту.

Со временем появилась объективная необходимость модернизировать существующие станции и развивать применение нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (НВИЭ, ВИЭ).

В книге, с единой точки зрения, рассмотрен широкий круг источников энергии. Главное внимание уделено изложению материала о перспективных источниках энергии, подробно изложен материал, в том числе актуальный для условий нашей республики. Учитывая небольшой объем книги, автор сосредоточил внимание на рассмотрении лишь главных, теоретически и, как правило, практически доступных для освоения энергоисточников. В то же время определенное внимание уделено труднонспользуемым, в настоящее время, энергоисточникам: магнитогидродинамическим установкам, водородной энергетике и т.д.

О необходимости масштабного использования ВИЭ сегодня упоминается в государственных и международных программах, в специальной и популярной литературе, о них также

много говорится на различных форумах и конференциях. По инициативе государственных и международных организаций постоянно проводятся мероприятия, призывающие обратить внимание на необходимость и важность поддержки внедрения ВИЭ в практику. В целом энергообеспечение на основе ВИЭ имеет для каждой страны существенную целесообразность и актуальность.

Узбекистан обладает огромным потенциалом различных возобновляемых энергетических ресурсов: гидроэнергия, солнечная энергия, энергия ветра, энергия биотоплива и пр. Поэтому есть благоприятная возможность развивать использование различных электроустановок на основе нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, в том числе для энергообеспечения автономных потребителей в отдаленных и сельских районах, не охваченных централизованными линиями электропередачи.

Ученые Узбекистана накопили значительный опыт научно–исследовательских и опытно–конструкторских работ по использованию возобновляемых источников энергии. Основные работы сосредоточены в НПО «Физика–Солнце», Институте электроники, Институте энергетики и автоматики, НПО «Академприбор», Ташкентском государственном техническом университете.

Среди современных узбекских ученых проблемами ВИЭ занимаются Абдуллаев Д.А., Захидов Р.А., Авезов Р., Насиров Т.Х., Аллаев К.Р., Мухаммадиев М.М., Тешабаев Б.М., Сытдыков Р.А., Таджиев У.А., Одамов У.О., Мирзабаев А.М. и ряд других.

Совместная деятельность ученых и практиков, а также связь с зарубежными специалистами, могут дать большое усрокорение широкому внедрению современных нетрадиционных энергетических технологий в Узбекистане. При этом решились бы проблемы рационального и эффективного использования топливно–энергетических ресурсов республики и уменьшения вредного воздействия энергетического сектора на окружающую среду. Главным для этого считается необходимость соответст-

вующего государственного регулирования с целью создания благоприятных условий для привлечения инвестиций на развитие ВИЭ.

Понятно, что решить все проблемы, стоящие перед Узбекистаном в энергетической сфере, сосредоточившись исключительно на развитии возобновляемых источников энергии, не представляется возможным, учитывая её малую долю в энергетическом балансе. Но пренебрегать этим направлением и упускать имеющиеся возможности не стоит.

Автор

ВВЕДЕНИЕ [1,2]

Энергообеспеченность каждой страны является одной из главных для выполнения условий их социально–экономического развития и независимости.

Мировая экономика, её энергетическое хозяйство быстро развиваются, создаются и внедряются новые типы энергетических установок, совершенствуется структура энергетического баланса, используются различные традиционные (ископаемые топлива: уголь, нефть, природный газ и т.д.; гидроэнергия), альтернативные (водородная, ядерная и др. энергетика) и возобновляемые источники энергии (ветер, солнце, геотермальная энергия и др.).

Комплексный, разумный, системный подход к решению проблем энергетического обеспечения и охраны окружающей среды позволит в перспективе обеспечить энергоресурсами все страны мира, удовлетворить их требования социально–экономического развития.

В книге рассматриваются вопросы, связанные с использованием первичных источников энергии, их запасами в современном мире в целом и каждом государстве в отдельности; насколько хватит этих запасов, бережно ли они тратятся, каково развитие возобновляемых источников энергии.

Ископаемое топливо – не возобновляемый, истощающийся природный ресурс. Интересен вопрос: как долго имеющиеся запасы ископаемого топлива будут основным источником энергии?

Потенциал всех энергоресурсов Земли оценивается следующими величинами в тоннах условного топлива (т.у.т.)*:

– ядерная энергия – $0{,}67 \cdot 10^{14}$;

– химическая энергия органического топлива $1{,}77 \cdot 10^{13}$;

---

* 1 т.у.т. = 7 Гкал = 0,7 тонн нефтяного эквивалента (т.н.э.)

– термоядерная энергия – $1{,}22 \cdot 10^{17}$;
– геотермальная энергия – $1{,}0 \cdot 10^{14}$;
– энергия солнца на уровне Земли (за год) – $0{,}82 \cdot 10^{14}$;
– энергия приливов (за год) – $0{,}86 \cdot 10^{14}$;
– энергия ветра (за год) – $2{,}1 \cdot 10^{11}$;
– энергия рек (за год) – $0{,}4 \cdot 10^{10}$;
– биоэнергия лесов (за год) – $0{,}5 \cdot 10^{10}$.

Два основных фактора влияют на их расходование: потребление энергии на душу населения и рост его численности. Здесь необходимо знать соотношение между валовым внутренним продуктом (ВВП) и потреблением энергии на душу населения. Такие страны, как Япония, Германия, Франция, США, Канада и Норвегия имеют примерно одинаковый ВВП на душу населения. Зависимость между потреблением энергии и ВВП на душу населения связана с влиянием различных факторов, таких как климатические условия, географические и социальные факторы, исторические и культурные традиции и т.д.

За последние два века резко возросли как потребление энергии, так и численность населения. За последние 200 лет численность населения планеты возросла почти в 6 раз и превысила шесть миллиардов, а потребление энергии на душу населения увеличилось в 5 раз (рис.1).

В таблице ниже приведен мировой баланс потребления первичных энергоносителей за 200 лет и его прогноз. Абсолютные величины энергоносителей: 1900 г.– 700 млн. т.у.т., 1950 г.–3291 млн. т.у.т., 2001 г. –14321 млн. т.у.т. 2010 г.–17279 млн. т.у.т., и прогнозный 2030 г. –23276 млн. т.у.т. В раздел возобновляемых источников энергии входят: биомасса (дрова, растения, отходы животноводства), ветровые, геотермальные, солнечные и некоторые другие.

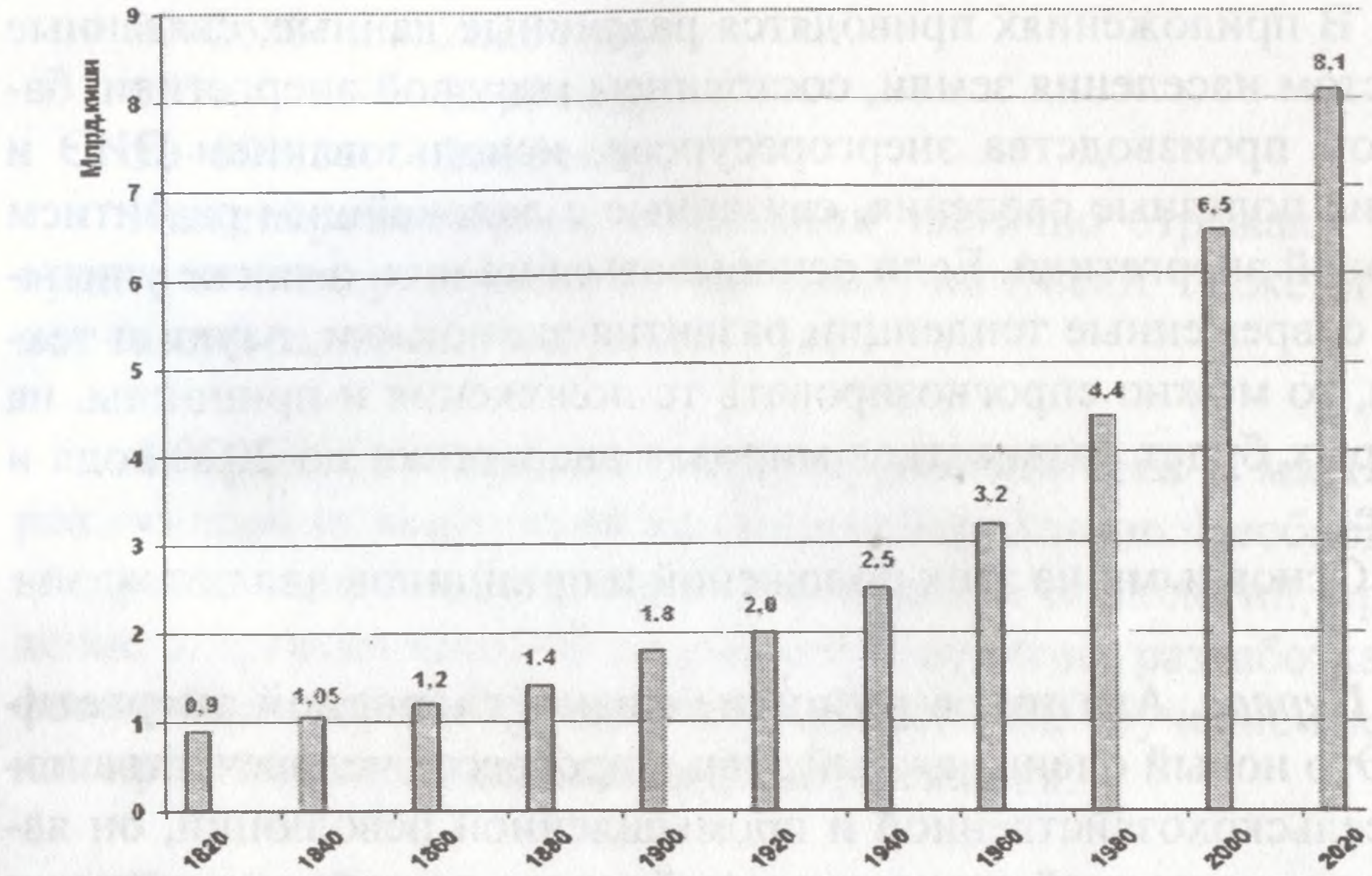


Рис. 1. Численность населения в мире и его прогноз.

Состояние и прогноз изменения структуры мирового потребления первичной энергии

	Рост 2010–2030 гг., % в год	Доля ресурса, %		
		2010	2020	2030
Нефть	1,2	36,3	34,6	32,7
Уголь	1,9	28,1	28,6	28,4
Газ	2,1	22,5	23,2	24,4
Ядерная энергия	1,4	6,5	6,2	6,2
Гидроэнергия	2,2	2,4	2,5	2,6
Биомасса	2,8	3,5	3,8	4,1
Другие виды ВИЭ	6,2	0,7	1,1	1,6
Всего, %	1,7	100	100	100
Всего, млн. т.н.э.	5576,0 т.у.т. за весь период	11720,0	13964,0	16389,0

В приложениях приводятся различные данные, связанные с ростом населения земли, состоянием мировой энергетики, балансом производства энергоресурсов, использованием ВИЭ и другие полезные сведения, связанные с дальнейшим развитием мировой энергетики. Если основываться на них, а также учитывать современные тенденции развития экономики, науки и техники, то можно спрогнозировать те положения и принципы, на которых будет развиваться мировая энергетика до 2020 года и далее.

Основными из этих положений и принципов являются:

Первое. **Активное развитие низкоуглеродной энергетики.** Это новый очень важный этап в прогрессе человечества после сельскохозяйственной и промышленной революций, он является реализацией стратегии устойчивого развития энергетики и связан с двумя главными проблемами:

– климатическим изменением,

– энергетическим обеспечением и энергетической безопасностью.

Низкоуглеродная энергетика объединяет множество понятий и целей:

– энергоэффективность и энергосбережение;

– использование новых чистых технологий при сжигании всех видов топлива, прежде всего угля;

– использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ);

– переработка промышленных и бытовых отходов, обеспечивающих резкое снижение вредных выбросов;

– снижение потребления нефти и газа ввиду роста цен и ограниченности их запасов;

– энергетическая безопасность, диверсификация источников;

– необходимость ограничить изменение климата;

– улавливание CO_2.

Цель стратегии низкоуглеродной энергетики – снизить выброс парниковых газов на:

20–25% к 2020 году:
40% – 2040 году,
50–60% – 2060 году.

Нижеперечисленные положения частично отражают идеи пункта о низкоуглеродной энергетике, но имеют также огромное самостоятельное значение.

Второе. **Повышение энергоэффективности и массовая реализация мероприятий по энергосбережению.** Необходимо внедрение новой энергетической техники и технологий, проведение энергетических обследований и аудитов, разработка эффективных энергосберегающих мероприятий, обучение населения практическим навыкам энергосбережения.

Третье. **Рост спроса на электроэнергию.** Электрическая энергия очень легко и просто преобразуется в другие виды: тепловую, механическую, световую и т.д. Поэтому спрос на электрическую энергию будет возрастать, особенно в развивающихся странах.

Четвертое. **Развитие возобновляемой энергетики.** Основной принцип использования возобновляемой энергии заключается в её извлечении из постоянно происходящих процессов в окружающей среде для технического использования. Возобновляемую энергию получают из природных ресурсов – таких как солнечное излучение, ветер, дождь, приливы, геотермальная теплота и т.д. Возобновляемые источники энергии являются экологически чистыми; они не приводят к дополнительному нагреву и загрязнению планеты.

Пятое. **Возрождение ядерной энергетики** на основе новых, безопасных технологий, в частности увеличения доли реакторов на быстрых нейтронах.

Ядерные технологии развиваются, становятся безопасней, решаются вопросы утилизации отходов. Поэтому страны, не имеющие больших природных запасов ископаемых топлив (уг-

ля, нефти, газа) будут использовать ядерные электрические станции. Тем более, что стоимость энергии на АЭС и ТЭС практически одинакова.

Шестое. **Улучшение структуры управления энергетикой. Создание «умных» электрических сетей (Smart Grid).** Остановимся на этом положении подробнее. При управлении энергосистемами обычно учитываются два активных субъекта: генераторы и потребители. При этом электрическим сетям отводится вспомогательная роль. Создание «умной» – интеллектуальной электрической сети (Smart Grid) – позволяет считать. её третьим активным субъектом энергосистем, т.к. представляет собой активно–адаптивную системную инфраструктуру. Интеллектуальная электрическая сеть имеет такие свойства как самодиагностика и самовосстановление, когда в автоматическом режиме выявляются все необходимые параметры для оптимизации функционирования энергосистемы совместно с потребителями.

Седьмое. **Усиление и развитие научных исследований в области энергетики.**

В третьем разделе книги описана роль научных исследований для решения энергетических проблем и основные направления и задачи энергетической науки.

При этом будем помнить, что, по мнению многих ученых и специалистов, а также исходя из вышеуказанных положений, основой энергетики является и в обозримой перспективе остаётся традиционная, базирующаяся на ископаемых источниках энергии, преимущественно углеводородных.

Кардинальное изменение технологии производства требует, как правило больших капитальных затрат и окупается за 5–7 лет и более, что требует значительных инвестиций. При ограниченности финансовых ресурсов в техническом соревновании за инвестиции особое место занимают энергетические технологии, так как они оказывают влияние на все другие технологии получения электрической энергии. К таким технологиям отно-

сятся газотурбинные и парогазовые технологии. Достижение высокой степени указанной выше энергетической эффективности – главная цель технического перевооружения электроэнергетики и прежде всего ее основной части – теплоэнергетики. Обновление технического ресурса, то есть переход на новый уровень энергетических технологий, обеспечивающих существенно более высокие показатели энергоэффективности и, как правило, защиты окружающей среды и надежности – единственный способ достижения этой цели.

Если коэффициент полезного действия (КПД) по выработке электроэнергии на обычных паросиловых и паротурбинных ТЭС, работающих на газе, обычно не превышает 39%, то на современных парогазовых установках (ПГУ) его величина составляет 55–60%, а выбросы в атмосферу вредных веществ, например окислов азота, в расчете на 1 кВт.ч, на порядок ниже, чем в паросиловых установках. Основу таких ПГУ составляют газовые турбины большой мощности с КПД, приближающимся к 40%, и температурой газа на входе в турбину до 1500°С.

Ежегодный ввод мощности парогазовых установок в мире в последнее десятилетие составил около 85 млн. кВт, а в текущем десятилетии составит более 107 млн. кВт, или практически половину всех вводимых в мировой электроэнергетике мощностей.

Применительно к угольной теплоэнергетике продвижение вперед означает также совершенствование и развитие термодинамических циклов на основе повышения параметров пара – давления и температуры. Этот процесс проходил в течение всего прошлого столетия и особенно интенсивно – во второй его половине. Теплоэнергетика в мире последовательно прошла низкие, высокие и сверхкритические параметры пара вплоть до 240 атм. и 545/565°С, которые были освоены в 60–х годах прошлого столетия.

В настоящее время в развитых странах освоены газовые и угольные энергоблоки на давление 300 атм. и температуру 600/620°С. Их КПД достигает 44–45%. В ближайшее время в

Европейском Союзе будет создан пылеугольный энергоблок с параметрами пара 350 атм. и 700–800°С с ещё большим КПД.

Можно сказать и о других технологиях и использовании полученного при переработке угля газа в высокоэффективных ПГУ, сжигании низкосортных топлив в кипящем и циркулирующем кипящем слое и т.д. Отставание в этих областях консервирует существующие устаревшие технологии и в ближайшие годы может болезненно отразиться на экономике тех стран, которые их используют.

Для большей информативности рассматриваются основные виды традиционной, альтернативной, возобновляемой энергетики, технологии получения энергии от различных источников, их роль в настоящем и будущем энергетики.

I. ТРАДИЦИОННАЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА
[1,3,6,8,19–21,24,26,32,34,41,51,53,55]

История цивилизации – история изобретений все более новых способов получения энергии, освоения ее новых источников и, в конечном итоге, увеличения энергопотребления. Потребление энергии является обязательным условием существования цивилизованного человечества. Наличие доступной энергии всегда было необходимо для удовлетворения потребностей человека, увеличения продолжительности и улучшения условий его жизни.

Традиционная энергетика использует невозобновляемые ископаемые виды топлива (уголь, нефть, природный газ и т.д.), которые сотни миллионов лет копились в недрах нашей планеты. Хотим мы этого или не хотим, использование традиционных невозобновляемых видов топлива заполняет окружающую среду различными выбросами, вызывает «тепловое» загрязнение – повышение температуры. Все это приводит к парниковому эффекту в атмосфере Земли, таянию ледников, изменению климата и другим отрицательным экологическим и катастрофическим последствиям. Необходим жесткий экологический контроль, в котором обязательно участие всех стран мира. К традиционным источникам энергии относится также возобновляемая гидроэнергетика в виде гидроэлектростанций (ГЭС).

Энергетика – область хозяйственно–экономической деятельности человека, совокупность больших естественных и искусственных подсистем, служащих для производства, преобразования, передачи, распределения и использования энергетических ресурсов всех видов. Её целью является обеспечение производства достаточного количества энергии путём преобразования первичной, природной энергии во вторичную, например, электрическую или тепловую энергию. Этот процесс чаще всего происходит в несколько стадий:

BUXORO MUHANDISLIK-TEXNOLOGIYA INSTITUTI
KITOB FONDI
REGISTR № _____
"___" _____ 201___ y

– получение и концентрация энергетических ресурсов, примером может послужить добыча, переработка и обогащение различных видов топлива;

– передача ресурсов к энергетическим установкам, например, доставка топлива на тепловую электростанцию;

– преобразование с помощью электростанций первичной энергии во вторичную, например химической энергии горения угля в электрическую и тепловую энергию;

– передача полученной энергии потребителям по линиям электропередачи;

– использование энергии потребителями.

Электроэнергетика – это подсистема энергетики, охватывающая производство электроэнергии на электростанциях и её доставку потребителям по линиям электропередачи. Важнейшими её элементами являются электростанции, которые принято классифицировать по виду используемой первичной энергии и виду применяемых для этого преобразователей. Необходимо отметить, что преобладание того или иного вида электростанций в определённом государстве зависит, в первую очередь, от наличия соответствующих ресурсов, по методам использования которых электроэнергетику принято делить на традиционную и нетрадиционную.

Все источники первичной энергии в виде энергоносителей и топлива можно разделить на коммерческие и некоммерческие.

Коммерческие виды топлива, как источники энергии выставляются на международных рынках и включают в себя твердые (каменный и бурый уголь, торф, горючие сланцы, битуминозные пески), жидкие (нефть и газовый конденсат), газообразные (природный газ) виды. К числу коммерческих видов относят электроэнергию, произведенную на тепловых, гидравлических, атомных, ветровых, геотермальных, солнечных, приливных и волновых электростанциях.

Некоммерческие виды топлива, как источники энергии – древесное топливо, сельскохозяйственные и промышленные

отходы, мускульная сила скота и собственно человека имеют индивидуальное, местное значение.

В то же время энергетика – один из источников неблагоприятного воздействия на окружающую среду и человека. Она влияет на атмосферу (потребление кислорода, выбросы газов, влаги и твердых частиц), гидросферу (потребление воды, создание искусственных водохранилищ, сбросы загрязненных и нагретых вод, жидких отходов), биосферу (выбросы токсичных веществ) и на литосферу (потребление ископаемых топлив, изменение ландшафта).

В основу классификации регионов и стран земного шара положены две характеристики, определяющие потребность в энергии: удельное энергопотребление на душу населения, дающее одновременно представление о степени экономического развития, и динамика изменения численности населения (годовой естественный прирост AGR *(*Annual (годовой) Growth (рост) Rate (показатель)) – интегральный демографический показатель, в известной мере отражающий социальное благополучие нации. AGR представляет собой разность между рождаемостью и смертностью (без учета миграции, которая для многих стран, таких, как США, Австралия, Израиль, может искажать истинную картину).

Еще в 40–50–х годах XX века американским социологом Л.А. Уайтом было доказано, что соотношение потребления энергии и численностью населения (Приложение 1) является важнейшим экономическим и социальным детерминантом, полностью определяющим не только уровень жизни конкретной страны, но и этап исторического развития, на котором эта страна находится. В наиболее богатых странах мира на душу населения приходится сейчас 10–14 т.у.т/год (США, Канада, Норвегия), в беднейших этот показатель едва достигает 0,3–0,4 т.у.т/год (Бангладеш, Мали, Чад).

Уровень, на котором стабилизируется потребление энергии в постиндустриальном обществе, зависит от основополагающих природных факторов: климата, размера территории страны, ее рельефа и других. В частности, оказывается, что оп-

тимальное энергопотребление на душу населения (Приложение 2) линейно возрастает с убыванием среднегодовой температуры воздуха T_a. Это легко понять хотя бы потому, что в высокоширотных странах затраты энергии на отопление жилых, коммунальных и производственных зданий достигают 40–50 % от общего энергопотребления. Поэтому в Исландии, где средняя годовая температура составляет 0,9°С, на каждого жителя приходится почти 9 т.у.т/год, в то время как на Мальте с T_a = 18,5°С потребление энергии составляет всего 2,5 т.у.т/год.

Оказалось также, что потребность в энергии возрастает не только в странах, где климат холоднее, но и там, где обширнее территория; точнее, это происходит в тех случаях, когда размер государства превосходит «критическую» величину в 500 тыс. км^2. Интересно, что это почти в точности соответствует максимальному исторически сложившемуся размеру государства в современной Европе (Франция – 551 тыс. км^2, Испания – 505 тыс. км^2), т.е. там, где индустриальная стадия развития повсеместно завершена. Интересно, что площадь Узбекистана составляет 447 400 км^2.

В настоящее время мировая традиционная электроэнергетика основана на использовании энергии органических топлив (теплоэнергетика), потенциальной энергии воды (гидроэнергетика) и ядерного горючего (атомная энергетика). Характерная черта традиционной электроэнергетики – хорошая освоенность на основе длительной проверки в условиях эксплуатации. Основную долю электроэнергии во всём мире получают именно на традиционных электростанциях, их единичная электрическая мощность очень часто превышает 1000 МВт. Традиционная электроэнергетика делится на несколько направлений, таких как тепловая энергетика, гидроэнергетика и др.

Преобразование энергии

Преобразование энергии, как показывает классификация, может быть прямым, одно– или многоступенчатым. Наименее распространены системы с прямым преобразованием. Для

большинства систем с преобразованием энергии справедливы следующие условия их построения:

– в преобразовании участвует один или несколько видов при многоступенчатом преобразовании энергии;

– преобразование энергии прямое или многоступенчатое для систем с непрямым преобразованием энергии;

– основной вид преобразования – механический;

– источник первичной энергии – окружающая среда;

– геометрические размеры преобразователей ограничены (конечны);

– масштаб времени преобразования и потребления одновременны или соизмеримы.

Например, в соответствии с этими условиями, системы с прямым преобразованием механической энергии потребляют механическую энергию извне, концентрируют ее, распределяют между потребителями и используют в том же виде. Разумеется, в этом процессе могут быть произведены преобразования формы энергии, например, поступательное, возвратно–поступательное или колебательное движение среды преобразуется во вращательное движение преобразователя и наоборот. На основе этого могут быть построены различные устройства, которые будут иметь одинаковую структурно–функциональную модель (рис. 2).

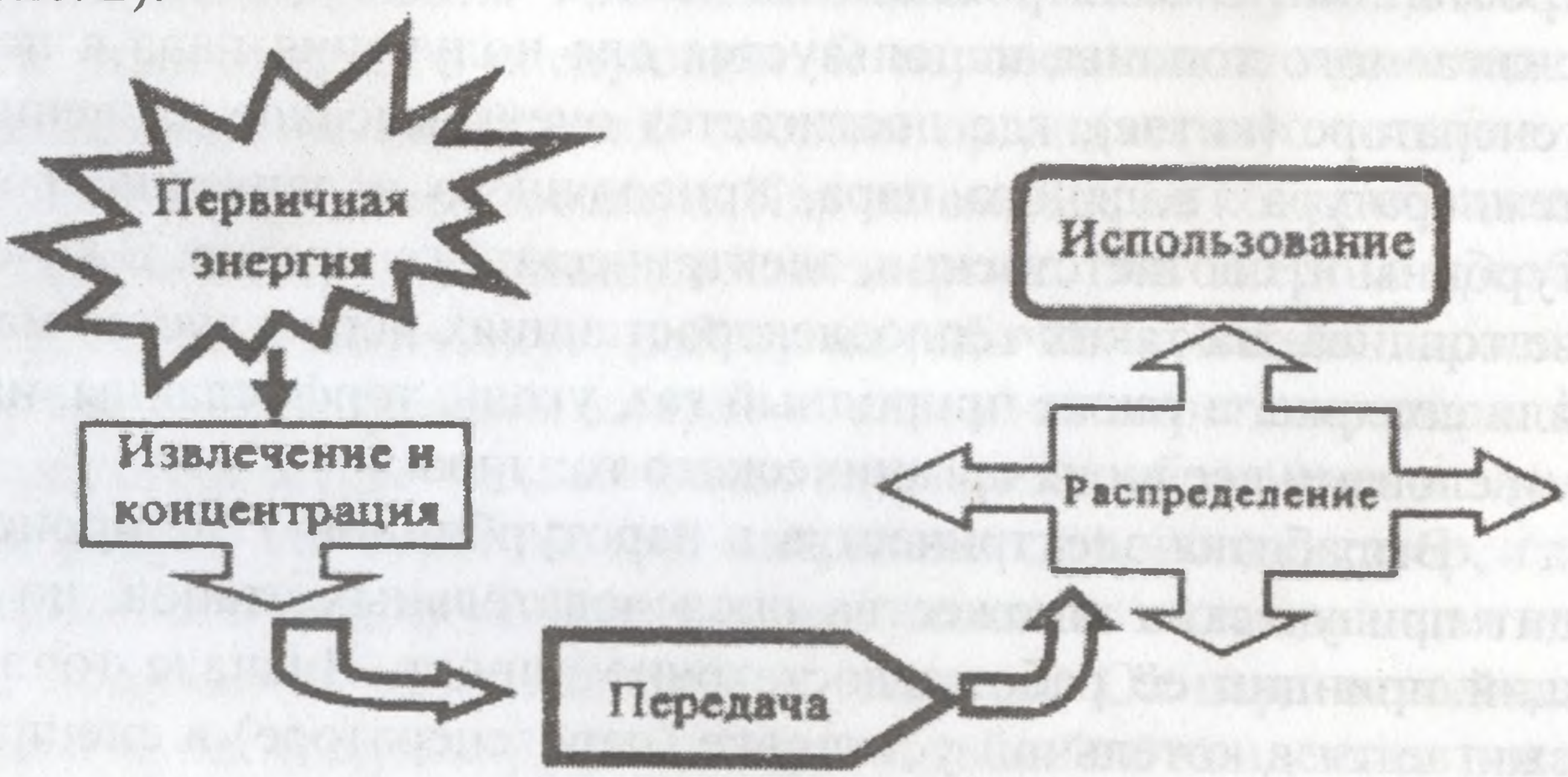


Рис.2. Общая модель преобразования энергии.

ТЕПЛОВАЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

В этой отрасли производство электроэнергии производится на тепловых электростанциях (ТЭС), использующих для этого химическую энергию горения органического топлива.

Традиционные ТЭС делятся на:

– конденсационные (КЭС) – производство только электрической энергии;

– теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), в которых наряду с электрической энергией вырабатывается тепловая.

По типу установок:

– паротурбинные электростанции, на которых энергия преобразуется с помощью паротурбинной установки;

– газотурбинные электростанции, на которых энергия преобразуется с помощью газотурбинной установки;

– парогазовые электростанции, на которых энергия преобразуется сочетанием газотурбинной и паротурбинной установок.

Принцип работы паротурбинных ТЭС

Среди ТЭС больше всего тепловых паротурбинных электростанций. В электростанциях такого типа, тепловая энергия сжигаемого топлива используется для получения пара в парогенераторе (котле), где достигается очень высокое давление и температура водяного пара, приводящего в движение ротор турбины и, соответственно, электрический генератор. В качестве топлива, на таких теплоэлектростанциях используется мазут или солярка, а также природный газ, уголь, торф, сланцы, иными словами все виды органического топлива.

Выработка электричества в паротурбинной ТЭС происходит при участии множества последовательных этапов, но общий принцип её работы достаточно прост. Вначале топливо сжигается в котельной установке (парогенераторе) в специальной камере сгорания под паровым котлом, при этом выделяется большое количество тепла, которое превращает воду, циркули-

рующую по специальным системам труб расположенным внутри котла, в пар. Пар по паропроводу передается к паровой турбине. Поток пара вращает ротор паровой турбины, которая передает энергию вращения на вал электрического генератора, и в котором вырабатывается электрическая энергия.

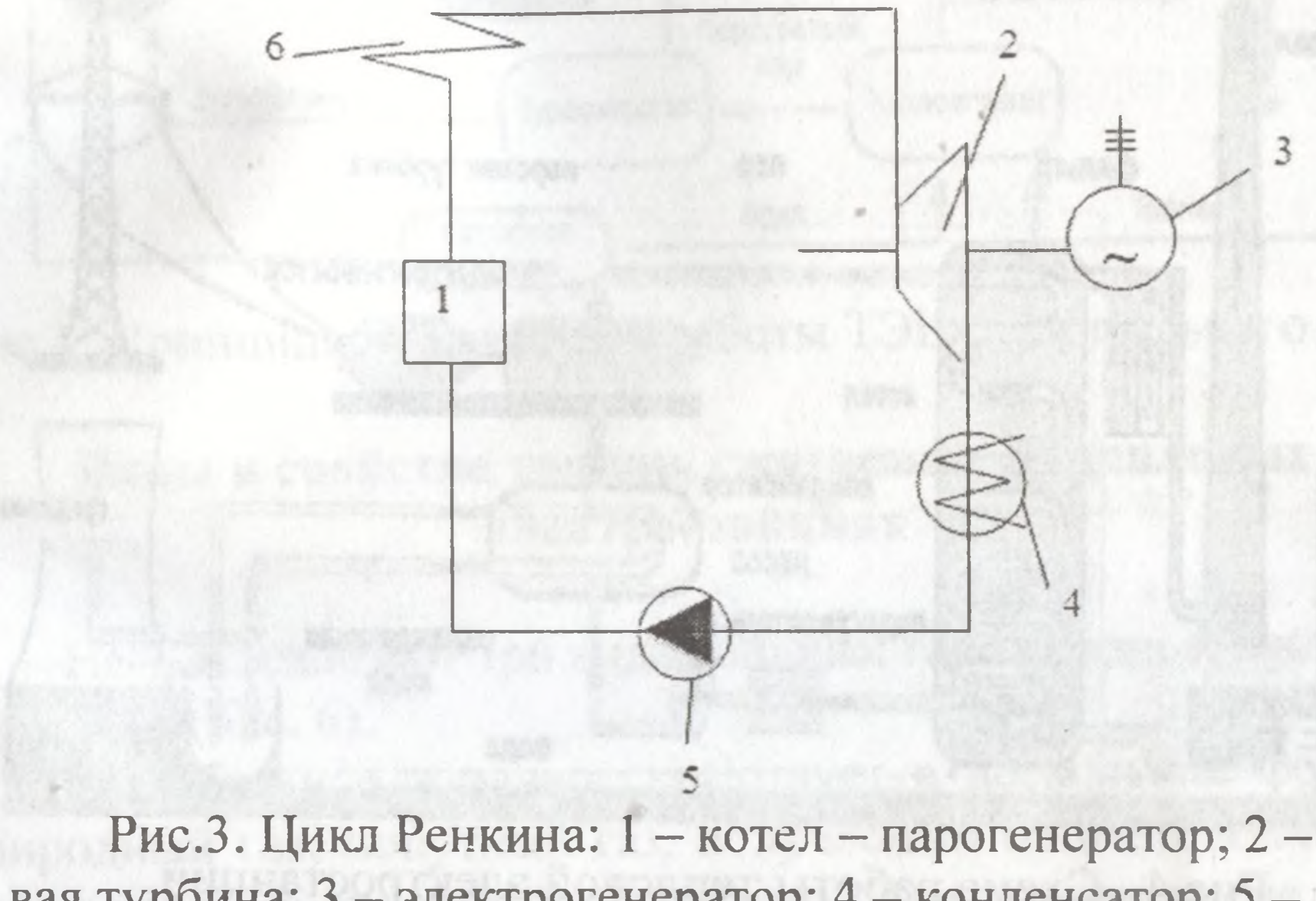


Рис.3. Цикл Ренкина: 1 – котел – парогенератор; 2 – паровая турбина; 3 – электрогенератор; 4 – конденсатор; 5 – водяной насос; 6 – пароперегреватель.

В основе работы ТЭС лежит цикл Ренкина (рис.3), который заключается в следующем. В паровом котле происходит преобразование химической энергии органического топлива в потенциальную энергию пара. Пар на выходе из котла обладает большим запасом потенциальной энергии. Эта энергия преобразуется в механическую работу на рабочих лопатках паровой турбины. Вал турбины связан с валом электрогенератора. В электрогенераторе механическая энергия преобразуется в электрическую. Из турбины пар направляется в конденсатор, где находится пучок труб, по которым протекает охлаждающая вода, подаваемая циркуляционным насосом. От пара отводится тепло и он конденсируется. Образовавшийся конденсат питательным насосом подается в котел. Цикл повторяется вновь.

Есть два вида паровых тепловых электростанций. Больше распространены тепловые паротурбинные электростанции конденсационного типа – конденсационные (КЭС). На таких ТЭС вырабатывается только электрическая энергия. КПД этих электростанций составляет 32–38% (рис. 4).

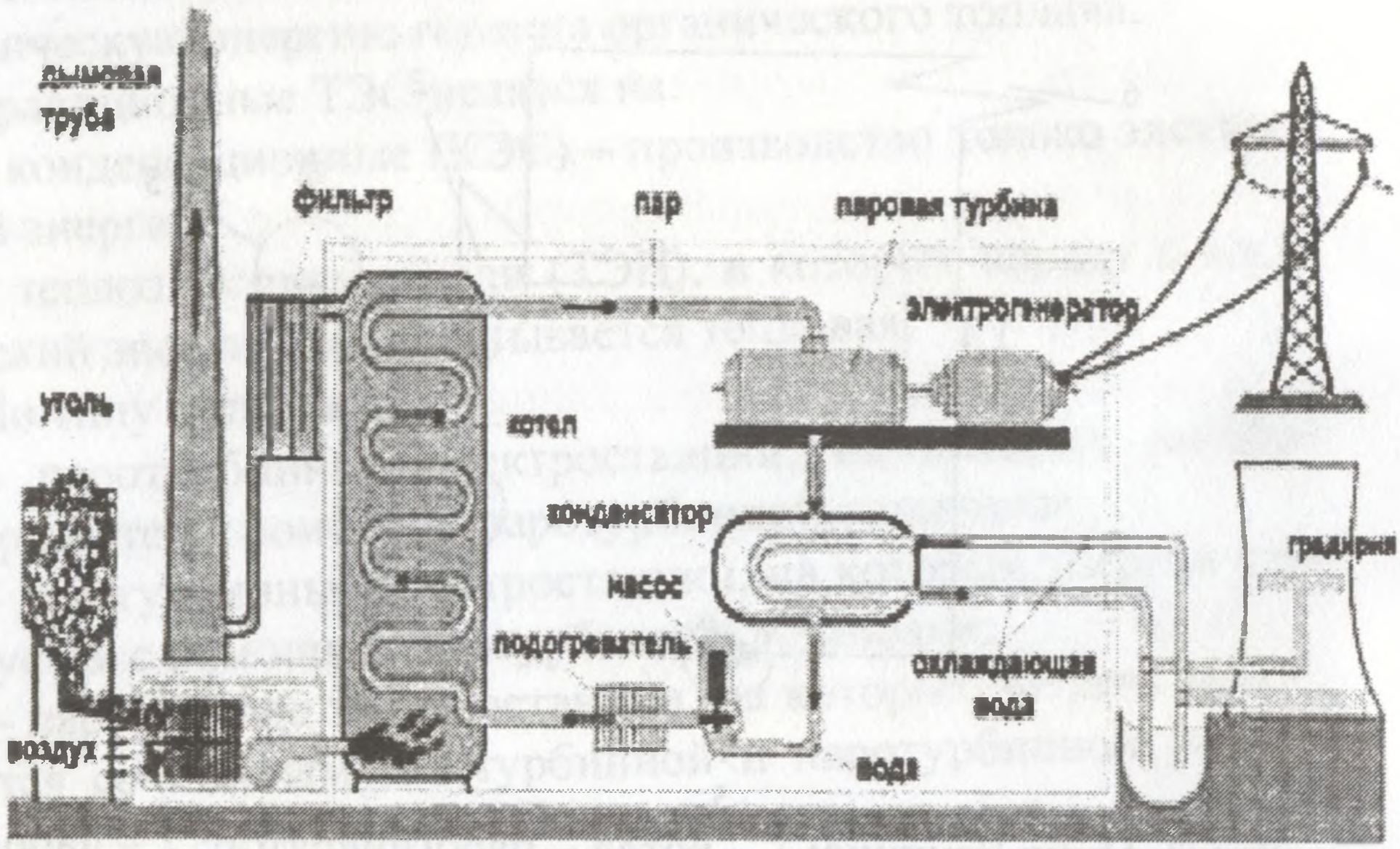


Рис.4. Схема работы тепловой электростанции.

Кроме того, существуют тепловые электрические централи (ТЭЦ), которые утилизируют тепло после паровой турбины и выдают ее в виде тепловой энергии, идущей на промышленные предприятия и отопление зданий. Таким образом, ТЭЦ вырабатывает, наряду с электрической, и тепловую энергию. Коэффициент использования топлива (КИТ) ТЭЦ составляет 55–70% (рис. 5). На современных ТЭЦ с комбинированным парогазовым циклом КИТ составляет 90% и более.

Доминирующим недостатком таких тепловых электростанций является то, что в них используются виды топлив, которые являются невозобновляемыми природными ресурсами и, которые, к большому сожалению, когда-нибудь исчерпают себя. То есть сжигание природных ресурсов (уголь, нефть, газ) – невосполнимые потери!

Рис.5. Принципиальная схема работы ТЭЦ отопительного типа

Виды и свойства топлив, сжигаемых на тепловых электростанциях

На ТЭС сжигают три вида топлива: газообразное, жидкое и твердое (рис. 6).

Газообразное топливо существует в нескольких формах: природный газ; попутный газ, получаемый из недр земли при добыче нефти; доменный и коксовый газы, получаемые в металлургическом и других производствах. Природный газ в основном состоит из метана CH_4, который при правильной организации процесса горения сжигается полностью, превращаясь в воду и двуокись углерода CO_2.

Главное преимущество природного газа состоит в его относительной экологической безопасности: при его сжигании, кроме CO_2, не возникает вредных выбросов, если не считать образования оксидов азота, с которыми можно бороться соответствующей организацией процесса горения. Поэтому его используют для котельных и ТЭЦ крупных городов. Дополнительное преимущество – легкость транспортировки по газопроводам с помощью газоперекачивающих станций. Организация сжигания природного газа на электростанциях также сравнительно проста: перед подачей в топки котлов необходимо сни-

зить его давление до 0,2–0,3 МПа (2–3 атм) в газораспределительном пункте.

Рис.6. Виды энергетического топлива.

Из многочисленных жидких видов топлив на ТЭС используют мазут и дизельное топливо. Мазут – это в основном смесь тяжелых углеводородов, остаточный продукт перегонки нефти, остающийся после отделения бензина, керосина и других легких фракций. Мазут сжигают в топках энергетических котлов газомазутных энергоблоков в периоды недостатка газа (например, при сильных длительных холодах и временной нехватке природного газа, заготовленного в подземных хранилищах). Часто его используют для так называемой «подсветки» – добавки к сжигаемому твердому топливу при некоторых режимах

работы для обеспечения устойчивого горения. Сжигать мазут постоянно сегодня нерентабельно из–за большей его стоимости по сравнению и с газом, и твердыми топливами.

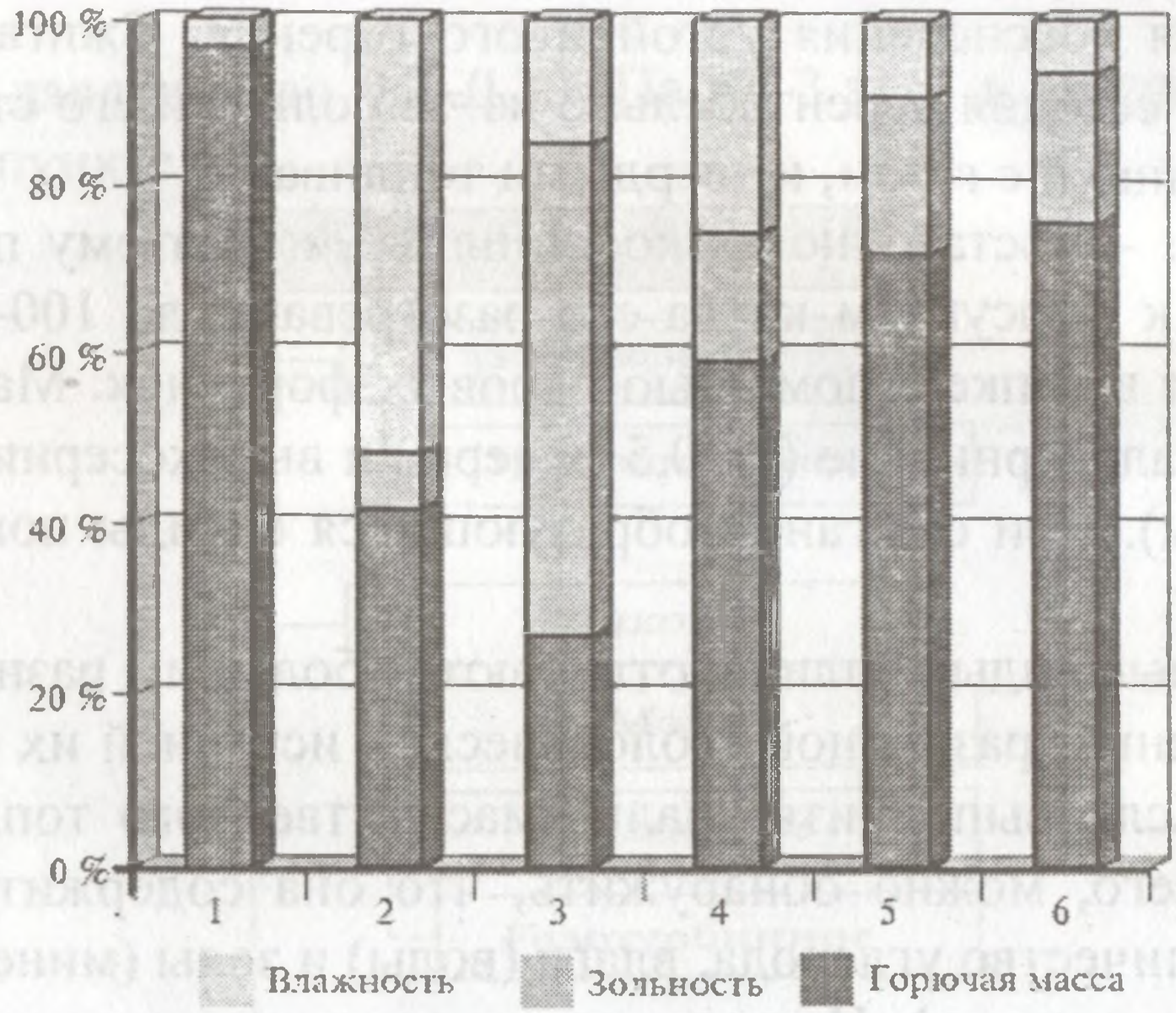
Мазут – достаточно вязкое топливо, и поэтому перед подачей его к форсункам котла его разогревают до 100–120°С и распыляют в топке с помощью паровых форсунок. Мазуты делятся на малосернистые (до 0,5 % серы) и высокосернистые (2–3,5 % серы). При сжигании образующиеся оксиды попадают в атмосферу.

Твердые виды топлива отличаются большим разнообразием, вызванным различной геологической историей их месторождений. Если выполнить анализ массы твердого топлива, то, прежде всего, можно обнаружить, что она содержит определенное количество углерода, влаги (воды) и золы (минеральных негорючих веществ). И влага, и зольность серьезно ухудшают потребительские и технические качества твердых топлив. Прежде всего, это балласт, который необходимо перевозить, перерабатывать вместе с горючими элементами топлива, а затем выбрасывать в горячем состоянии либо в дымовую трубу, либо в золовые отвалы. Если из рабочей массы вычесть влажность и зольность (рис. 7 а), то останется так называемая горючая масса топлива. Основным «горючим» элементом в твердом топливе является углерод.

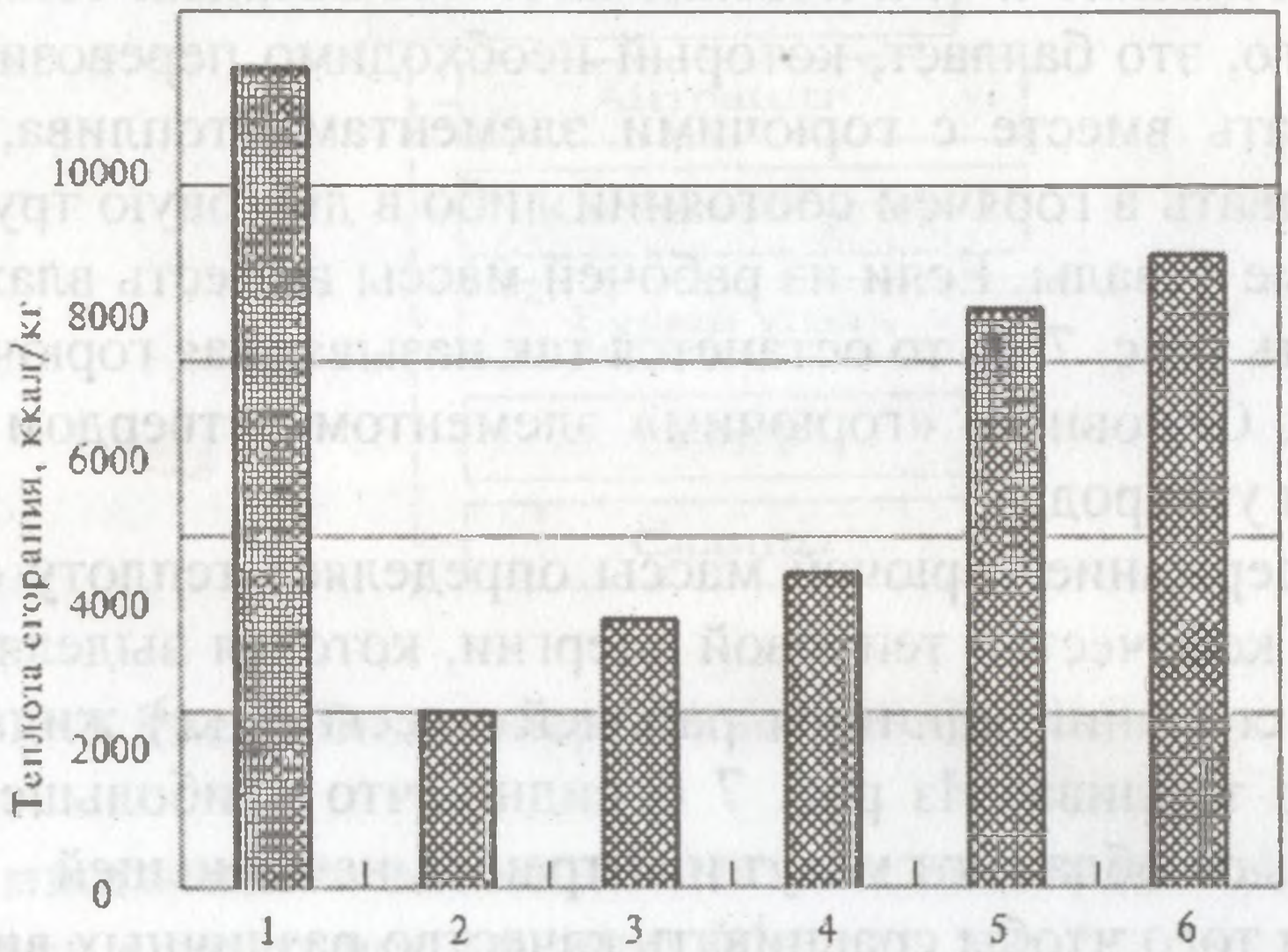
Содержание горючей массы определяет теплоту сгорания $Q_{сг}$ – то количество тепловой энергии, которая выделяется при полном сгорании единицы рабочей массы (1 кг) жидкого или твердого топлива. Из рис. 7 б видно, что наибольшей «калорийностью» обладают мазут и антрацит, наименьшей – торф.

Для того чтобы сравнивать качество различных видов топлива на ТЭС, вводят понятие условного топлива (сокращенно – у.т.) – топлива с теплотой сгорания 7000 ккал/кг = 7 Гкал/т. Если, например, ТЭС сожгла 1000 тонн бурого угля с $Q_{сг}$ = 3500 ккал/кг, то, значит, она использовала 500 т.у.т.

Теплоту сгорания природного газа относят к 1 $нм^3$ (кубический метр при нормальных условиях 1 атм). Например, для типичного природного газа $Q_{сг}$ = 8400 ккал/$нм^3$.



а)



б)

Рис. 7. Сравнительные характеристики мазута и твердых топлив:

1 – мазут; 2 – торф; 3 – сланец; 4 – бурый уголь; 5 – каменный уголь; 6 – антрацит.

Принцип работы газотурбинных и парогазовых ТЭС

В процессе развития энергетики всё больше внимания уделяется газотурбинным электростанциям различной мощности. Области применения газотурбинных электростанций практически не ограничены: нефтегазодобывающая промышленность, промышленные предприятия, муниципальные образования и т.д.

В зависимости от потребностей газотурбинная электростанция дополнительно комплектуется паровыми и/или водогрейными котлами–утилизаторами, что позволяет, кроме электроэнергии, получать либо пар (низкого, среднего, высокого давления) для вращения паровых турбин и технологических нужд, либо горячую воду с температурой выше 140°С. Выработанная энергия может быть использована для производства холода. В этом случае, как потребителя тепловой нагрузки, подключают абсорбционную холодильную машину (АБХМ). В составе комплексной выработки различных видов энергии (электричество, тепло, холод) общий КПД станции возрастает до 90% и более. Максимальная эффективность использования такой газотурбинной электростанции обеспечивается при длительной работе с максимальной электрической нагрузкой. В диапазоне различных мощностей существуют газотурбинные электростанции комбинированного цикла (рис. 8), использующие совместно как газовые, так и паровые турбины.

Это позволяет существенно повысить эффективность использования газотурбинной электростанции, увеличивая электрический КПД до 60%. Такие станции называются парогазовыми (ПГУ).

Газотурбинная электростанция (ГТУ) имеет только газовую турбину и предназначена для эксплуатации в любых климатических условиях как пиковый или резервный источник электроэнергии для объектов производственного или бытового назначения. Пиковый источник необходим для покрытия максимальной пиковой части графика суточного потребления энергии (рис. 9).

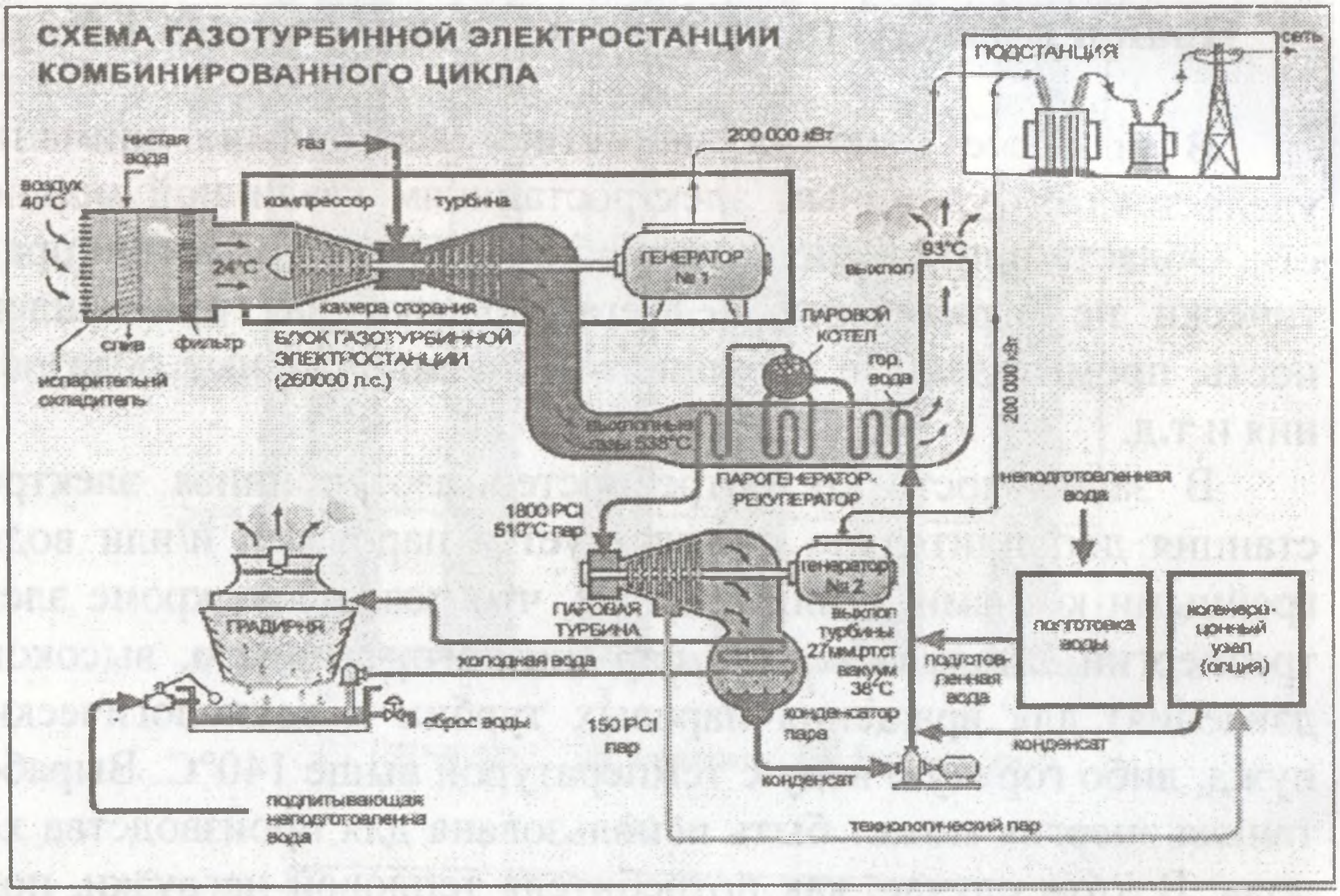


Рис. 8. Схема газотурбинной электростанции комбинированного цикла – парогазовой установки.

Рис.9. Пример суточного графика потребления с пиковой частью.

При работе газотурбинной установки в таком цикле, станция вырабатывает только электрическую энергию. Выхлопные газы в ГТУ выбрасываются в атмосферу, поэтому КПД таких станций составляет 30–33%.

Особенности парогазовых станций

Структура парогазовых станций включает в себя две части: газотурбинную и паротурбинную, т.е. такая станция включает газотурбинную (ГТУ) и паросиловую (ПС) установки. В ГТУ вращение вала турбины обеспечивается образовавшимися в результате сжигания природного газа или дизельного топлива продуктами горения – газами. Образовавшиеся в камере сгорания газотурбинной установки продукты горения вращают ротор турбины, а турбина приводит в движение вал первого генератора. В первом, газотурбинном, цикле КПД составляет чуть больше 30%. Отработавшие в ГТУ продукты горения, сохраняющие высокую температуру, поступают в так называемый котел–утилизатор (парогенератор) (рис. 10). Там они нагревают пар до температуры 500 градусов по Цельсию и давления 80 атмосфер, достаточных для работы паровой турбины, к которой подсоединен еще один генератор. Во втором, паросиловом цикле, используется еще около 20–30% энергии сгоревшего топлива. В сумме КПД всей установки по выработке электроэнергии составляет более 60%.

Использование такой комбинированной технологии значительно снижает расход топлива, требуемого для производства электрической энергии по сравнению с установкой, работающей на традиционном паросиловом цикле.

Таким образом, эффективность парогазовой установки (ПГУ) значительно выше, чем паросиловой: 50–60 процентов против 32–38 процентов, соответственно. Удельный расход условного топлива на выработку электроэнергии в новейших парогазовых установках составляет 200–240 г/кВт.ч, по сравнению с 320–360 г/кВт.ч в традиционной паросиловой. Кроме того, выбросы оксидов азота и оксида углерода от парогазовой электростанции в два раза меньше, чем от традиционных ТЭС.

Необходимо отметить, что обе части ПГУ могут работать автономно, т.е. как обычные ГТУ и конденсационные ТЭС. Это может происходить в период ремонтов одной из частей станции.

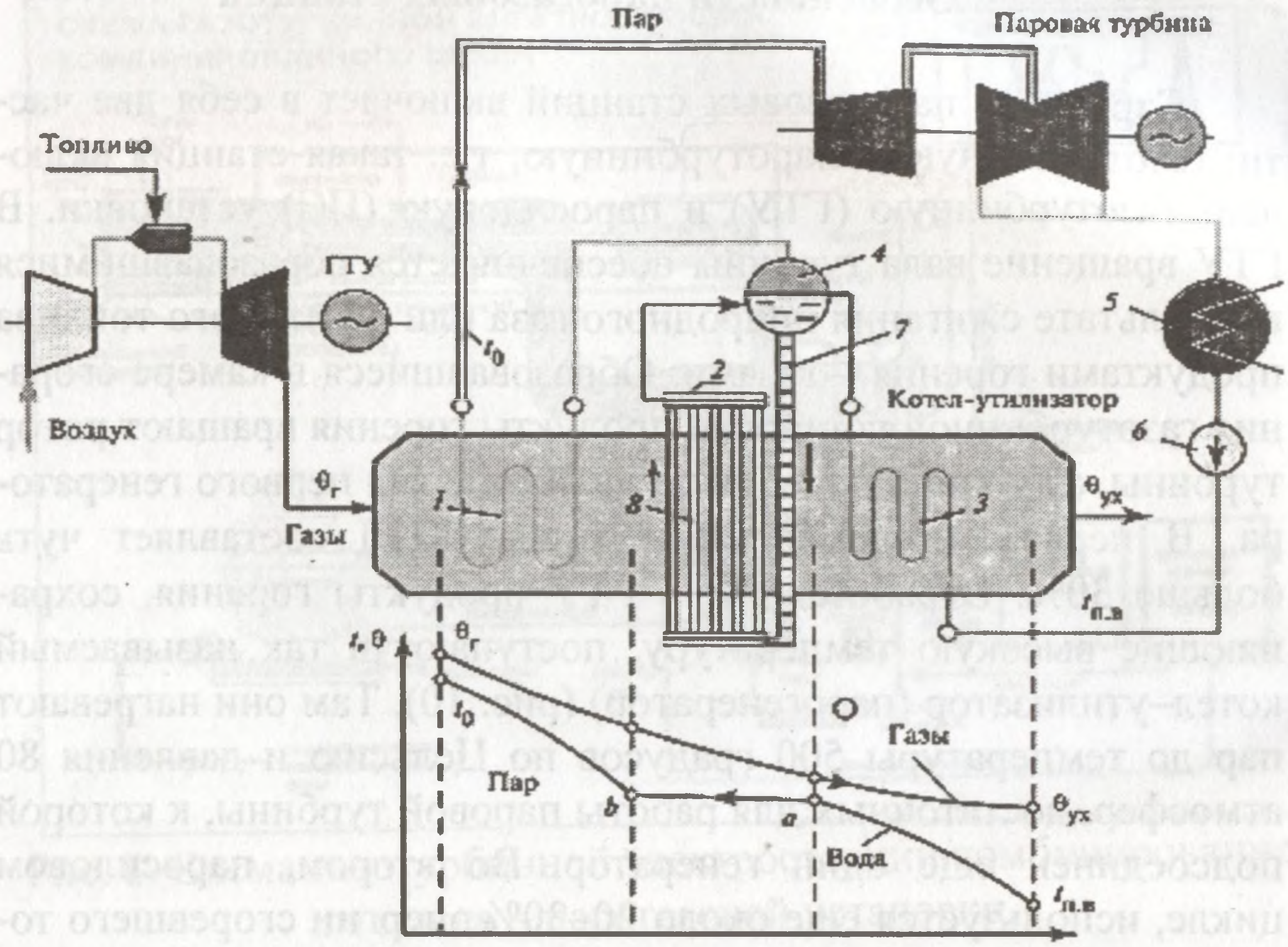


Рис.10. Принципиальная схема ПГУ утилизационного типа.

Если на ПГУ производить утилизацию тепла после паросилового цикла (как на ТЭЦ), то КПД станции возрастает, как было сказано выше, до 90–95%. В этом – еще одно преимущество ПГУ.

Парогазовые установки практически не имеют недостатков, скорее следует говорить об определенных ограничениях и требованиях к оборудованию и топливу. Установки, о которых идет речь, требуют использования природного газа или дизельного топлива. Попытки использования тяжелых сортов жидкого и тем более твердого топлива требуют сложных систем подготовки топлива и очистки образующегося газа, что приводит к существенному уменьшению КПД (до 42–50 %).

АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

На атомных электростанциях (АЭС) электроэнергия производится путем использования энергии цепной управляемой ядерной реакции, чаще всего урана.

По доле АЭС в выработке электроэнергии первенствует Франция, около 80%. Преобладает она также в Бельгии, Республике Корея и некоторых других странах. Мировыми лидерами по производству электроэнергии на АЭС являются США, Франция и Япония.

Принцип работы атомной электростанции (рис. 11)

При исследовании процесса распада атомных ядер оказалось, что каждое ядро весит меньше, чем сумма масс его протонов и нейтронов. Это объясняется тем, что при этом выделяется много энергии. При распаде одного килограмма ядер урана выделяется столько энергии, сколько при сгорании примерно двух с половиной тысяч тонн угля. Поэтому не удивительно, что исследователи приложили все силы, стремясь найти ключ, который позволил бы «открыть» атомное ядро и высвободить скрытую в нем огромную энергию.

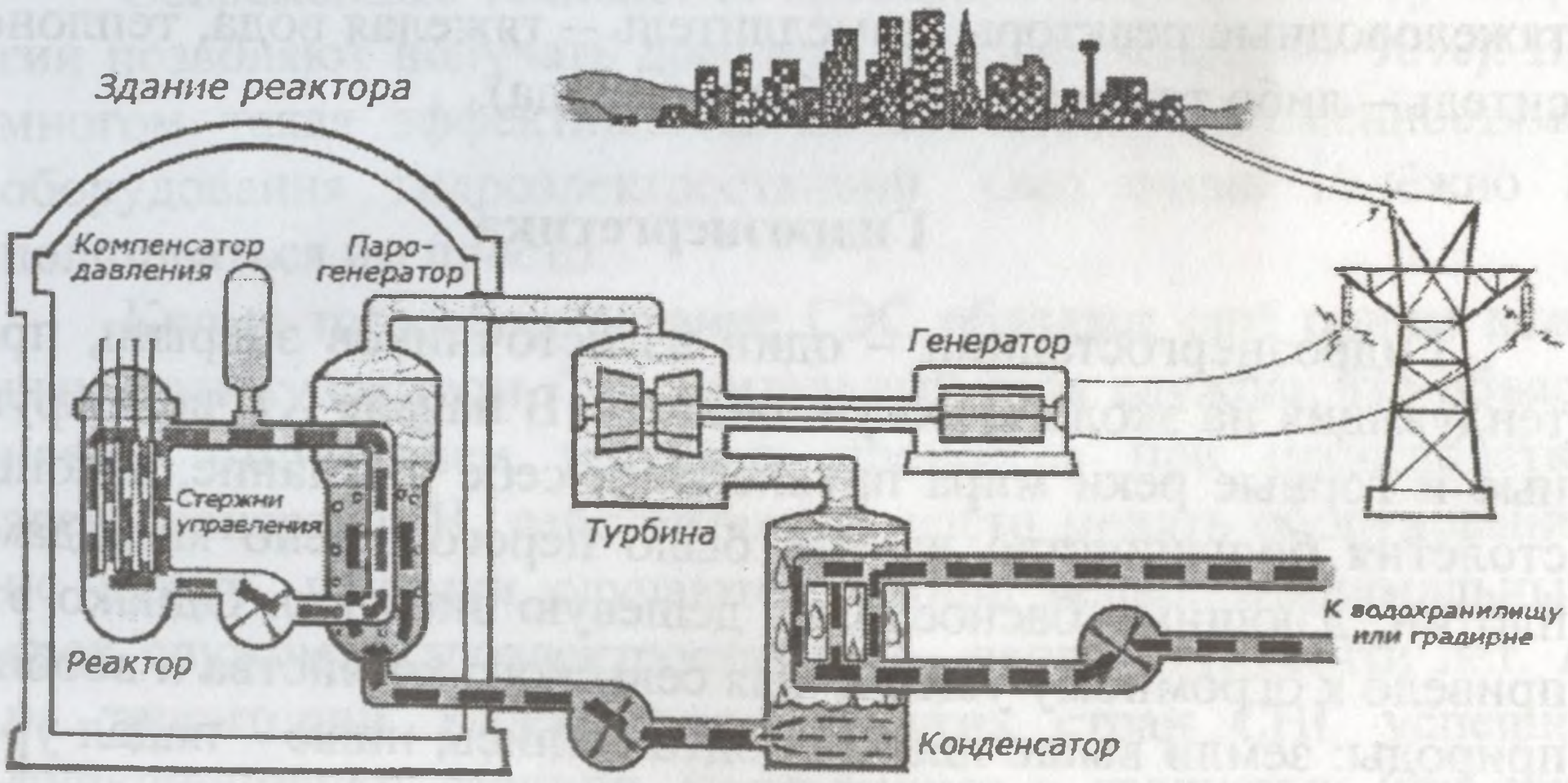


Рис.11. Принцип работы атомной электростанции.

Вначале эта задача казалась неразрешимой. В качестве инструмента ученые не случайно выбрали нейтрон. Эта частица электрически нейтральна, и на нее не действуют электрические силы отталкивания. Поэтому нейтрон легко может проникнуть в атомное ядро. Нейтронами бомбардировали ядра атомов различных элементов. Когда же очередь дошла до урана, обнаружилось, что этот тяжелый элемент ведет себя иначе, чем другие. Кстати, следует напомнить, что встречающийся в природе уран содержит три изотопа: уран–238 (238U), уран–235 (235U) и уран–234 (234U), причем цифра означает так называемое массовое число.

Атомные реакторы на тепловых нейтронах различаются между собой главным образом по двум признакам: какие вещества используются в качестве замедлителя нейтронов, какие в качестве теплоносителя, с помощью которого производится отвод тепла из активной зоны реактора. Наибольшее распространение в настоящее время имеют водо–водяные реакторы, в которых обычная вода служит и замедлителем нейтронов, и теплоносителем, уран–графитовые реакторы (замедлитель – графит, теплоноситель – обычная вода), газографитовые реакторы (замедлитель – графит, теплоноситель – газ, часто углекислота), тяжеловодные реакторы (замедлитель – тяжелая вода, теплоноситель – либо тяжелая, либо обычная вода).

Гидроэнергетика

Гидроэнергостанции – один из источников энергии, претендующих на экологическую чистоту. В начале XX века крупные и горные реки мира привлекли к себе внимание, а концу столетия большинство из них было перегорожено каскадами плотин, дающими баснословно дешевую энергию. Однако это привело к огромному ущербу для сельского хозяйства и вообще природы: земли выше плотин подтоплялись, ниже – падал уровень грунтовых вод, терялись огромные пространства земли, уходившие на дно гигантских водохранилищ, прерывалось естественное течение рек, загнивала вода в водохранилищах, па-

дали рыбные запасы и т.д. На горных реках все эти минусы сводились к минимуму, зато добавлялся еще один: в случае землетрясения, способного разрушить плотину, катастрофа могла привести к тысячам человеческих жертв. Поэтому современные крупные ГЭС не являются действительно экологически безопасными.

Работа гидроэлектростанций основана на использовании кинетической энергии падающей воды. Для преобразования этой энергии применяются гидротурбина и генератор. Сначала гидротурбина вырабатывает механическую энергию, а затем уже при помощи генератора преобразуется в электроэнергию. Турбины и генераторы могут устанавливаться непосредственно в плотине или возле неё. В некоторых случаях используется трубопровод, посредством которого вода, находящаяся под давлением, подводится к нижнему уровню, т.е. к гидротурбине.

Индикаторами мощности гидроэлектростанций являются две переменные: расход воды, который измеряется в кубических метрах и гидростатический напор. Последний показатель представляет собой разность высот между начальной и конечной точками падения воды.

Современные технологии производства гидроэлектроэнергии позволяют получать довольно высокий КПД (80–90%). Во многом такая эффективность обеспечивается особенностями оборудования гидроэлектростанций. Оно очень надёжно и пользоваться им просто.

Кроме того оборудование ГЭС обладает ещё одним важным преимуществом. Это длительный срок службы, что объясняется отсутствием тепловых процессов при производстве электроэнергии. И, действительно, часто менять оборудование не нужно, поломки случаются крайне редко. Минимальный срок службы гидроэлектростанций – около пятидесяти лет. А на территории Узбекистана и других стран СНГ успешно функционируют станции, построенные в двадцатых или тридцатых годах прошлого века.

Принцип работы ГЭС

Принцип работы ГЭС достаточно прост (рис. 12). Гидротехнические сооружения обеспечивают необходимый напор воды, поступающей на лопасти гидротурбин, которые приводят в действие генераторы, вырабатывающие электроэнергию.

Необходимый напор воды образуется посредством строительства плотины, и, как следствие, перегораживаниям реки в определенном месте, или деривацией – естественным током воды. В некоторых случаях для получения необходимого напора воды используют совместно и плотину, и деривацию.

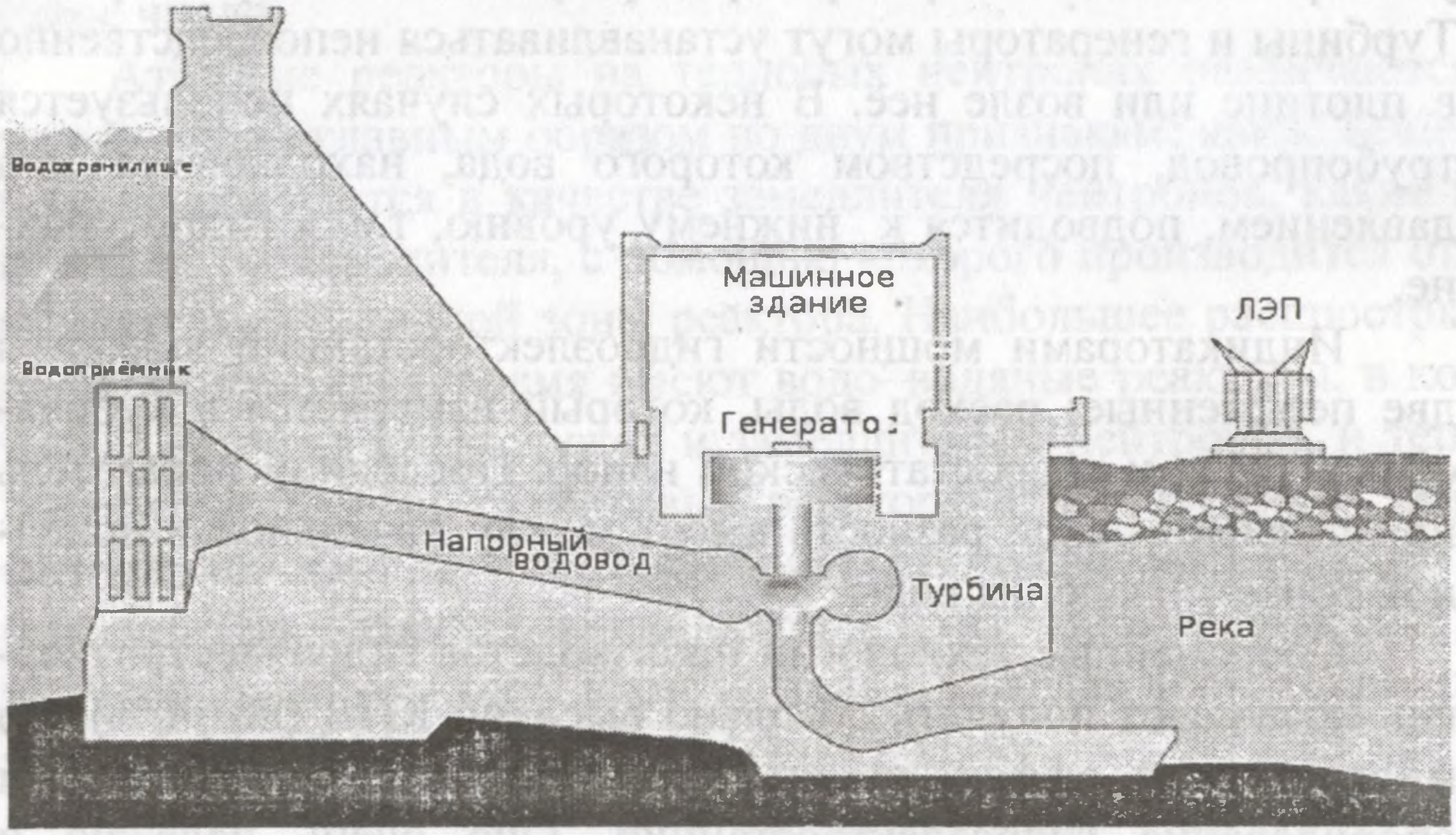


Рис.12. Принцип работы гидроэлектростанции.

Непосредственно в здании гидроэлектростанции располагается все энергетическое оборудование. В зависимости от назначения, оно имеет свое определенное деление. В машинном зале расположены гидроагрегаты, преобразующие энергию тока воды в электрическую энергию. Есть еще всевозможное дополнительное оборудование, устройства управления и контроля над работой ГЭС, трансформаторная станция, распределительные устройства и другое.

Гидроэлектрические станции разделяются в зависимости от вырабатываемой мощности:

– мощные – мощностью от 25 МВт и выше;
– средние – от 5 до 25 МВт;
– малые гидроэлектростанции – до 5 МВт;
– «микро–ГЭС» – до 1000 кВт.

Мощность ГЭС пропорциональна напору воды, а также от коэффициента полезного действия (КПД) используемого генератора. Это происходит из–за того, что по природным законам уровень воды постоянно меняется, в зависимости от сезона, а также еще по ряду других причин. Поэтому различают годичный, месячный, недельный и суточный циклы работы гидроэлектростанции.

«Мини–ГЭС» могут располагаться на небольших реках или даже ручьях, их гидротурбины работают при небольших перепадах воды или движимые лишь силой течения. Эти же мини–ГЭС могут быть установлены и на крупных реках с относительно быстрым течением.

Детально разработаны центробежные и пропеллерные энергоблоки рукавных переносных гидроэлектростанций мощностью от 0,1 до 30 киловатт. При поточном производстве унифицированного гидротурбинного оборудования «мини–ГЭС» способны конкурировать с «макси» по себестоимости киловатт–часа. Несомненным плюсом является также возможность их установки в самых труднодоступных уголках страны: все оборудование можно перевезти на одной вьючной лошади, а установка или демонтаж занимает всего несколько часов.

Примером перспективной разработки, не получившей пока широкого применения, является недавно созданная геликоидная турбина Горлова (по имени ее создателя). Ее особенность заключается в том, что она не нуждается в сильном напоре и эффективно работает, используя кинетическую энергию водяного потока – реки, океанского течения или морского прилива.

Гидроаккумулирующие электростанции

Гидроаккумулирующая электростанция (ГАЭС) – это комплекс сооружений и оборудования, предназначенный для пре-

образования электрической энергии, получаемой от других электростанций, в потенциальную энергию воды и обратно в электрическую.

ГАЭС, работая в насосном режиме, накапливает запас воды в верхнем бассейне для дальнейшей выработки электроэнергии по мере необходимости. Гидротехнические сооружения ГАЭС состоят, как правило, из двух бассейнов, расположенных в разных уровнях и соединённых трубопроводом. Верхний бассейн ГАЭС может быть искусственным или естественным (например, озеро). Нижним бассейном часто служит водоём, образованный перекрытием реки плотиной. У нижнего конца трубопровода в здании ГАЭС устанавливают обратимые гидроагрегаты. В режиме накопления они перекачивают воду из нижнего бассейна в верхний; в режиме генерирования электроэнергии они работают как на обычных ГЭС, преобразуют энергию потока воды, свободно перетекающей из верхнего водоёма в нижний, в электрическую энергию. Время пуска и смены режимов работы гидроагрегатов составляет несколько минут, что предопределяет высокую эксплуатационную манёвренность ГАЭС. Способность ГАЭС потреблять избыточную электроэнергию в ночные часы и отдавать её в энергосистему в часы наибольшего потребления делает их действенным потребителем–регулятором, т.е. средством для выравнивания электроэнергетического режима энергосистемы, основу которой составляют крупные паротурбинные и атомные электростанции. Средний КПД ГАЭС с учётом потерь в электрических сетях составляет 66%.

Наиболее экономичны мощные ГАЭС с напором воды в несколько сотен метров, сооружённые на скальных основаниях вблизи центров потребления электроэнергии. Крупные ГАЭС построены за рубежом: Том–Сок (США) мощностью 350 МВт, напор 253 м (введена в 1963 г.); Вианден (Люксембург) – 900 МВт, напор 280 м (1964); Хоэнварте–II (Германия) – 320 МВт, напор 305 м (1965); Круахан (Великобритания) – 400 МВт, напор 440 м (1966) и др. Первая ГАЭС на территории СНГ мощ-

ностью 225 МВт была сооружена под Киевом в 1972 г.; под Москвой построена Загорская ГАЭС мощностью 1600 МВт.

Гидроаккумулирующие электростанции обычно располагают вблизи крупных потребителей энергии и в районе мощных тепловых и атомных электростанций с благоприятными топографическими, геологическими и гидрологическими условиями, допускающими устройство верхнего бассейна и нижнего водохранилища в непосредственной близости друг к другу.

Принцип работы ГАЭС

Гидроаккумулирующие электростанции могут работать в двух режимах – насосном и генераторном. В насосном режиме гидроаккумулирующая электростанция, потребляя избыточную энергию от тепловых электростанций в часы наименьших нагрузок в системе (обычно 7–12 часов в сутки), перекачивает воду из нижнего питающего водохранилища в верхний аккумулирующий бассейн (зарядка станции). В режиме генерации, т.е. выработки электроэнергии гидроаккумулирующая электростанция работает в часы максимального потребления энергии в системе (2–6 часов в сутки). Расходуя воду из верхнего бассейна, она вырабатывает электроэнергию в систему (разрядка станции).

ГАЭС используют в своей работе либо отдельные комплексы генераторов и насосов, либо обратимые гидроэлектроагрегаты, которые способны работать как в режиме генераторов, так и в режиме насосов (рис. 13). Во время ночного провала энергопотребления ГАЭС получает из энергосети недорогую электроэнергию и расходует её на перекачку воды в верхний бьеф (насосный режим). Во время утреннего и вечернего пиков энергопотребления ГАЭС сбрасывает воду из верхнего бьефа в нижний, вырабатывает при этом дорогую пиковую электроэнергию, которую отдаёт в энергосеть (генераторный режим).

Поскольку оба режима имеют коэффициент полезного действия, меньший 100 %, то в среднем ГАЭС потребляет электроэнергию, то есть формально является убыточной. Однако в

крупных энергосистемах большую долю могут составлять мощности тепловых и атомных электростанций, которые не могут быстро снижать выработку электроэнергии при ночном снижении энергопотребления или же делают это с большими потерями. Этот факт приводит к установлению существенно большей коммерческой стоимости пиковой электроэнергии в энергосистеме, по сравнению со стоимостью электроэнергии, вырабатываемой в ночной период. В таких условиях использование ГАЭС экономически очень выгодно и повышает как эффективность использования других мощностей (в том числе и транспортных), так и надёжность энергоснабжения.

Опыт использования ГАЭС в целях регулирования электрических режимов показал, что они являются не только генерирующим источником, но и источником оказания системных услуг, способствующих как оптимизации суточного графика нагрузок, так и повышению надёжности и качества электроснабжения.

■ *Схема ГАЭС*

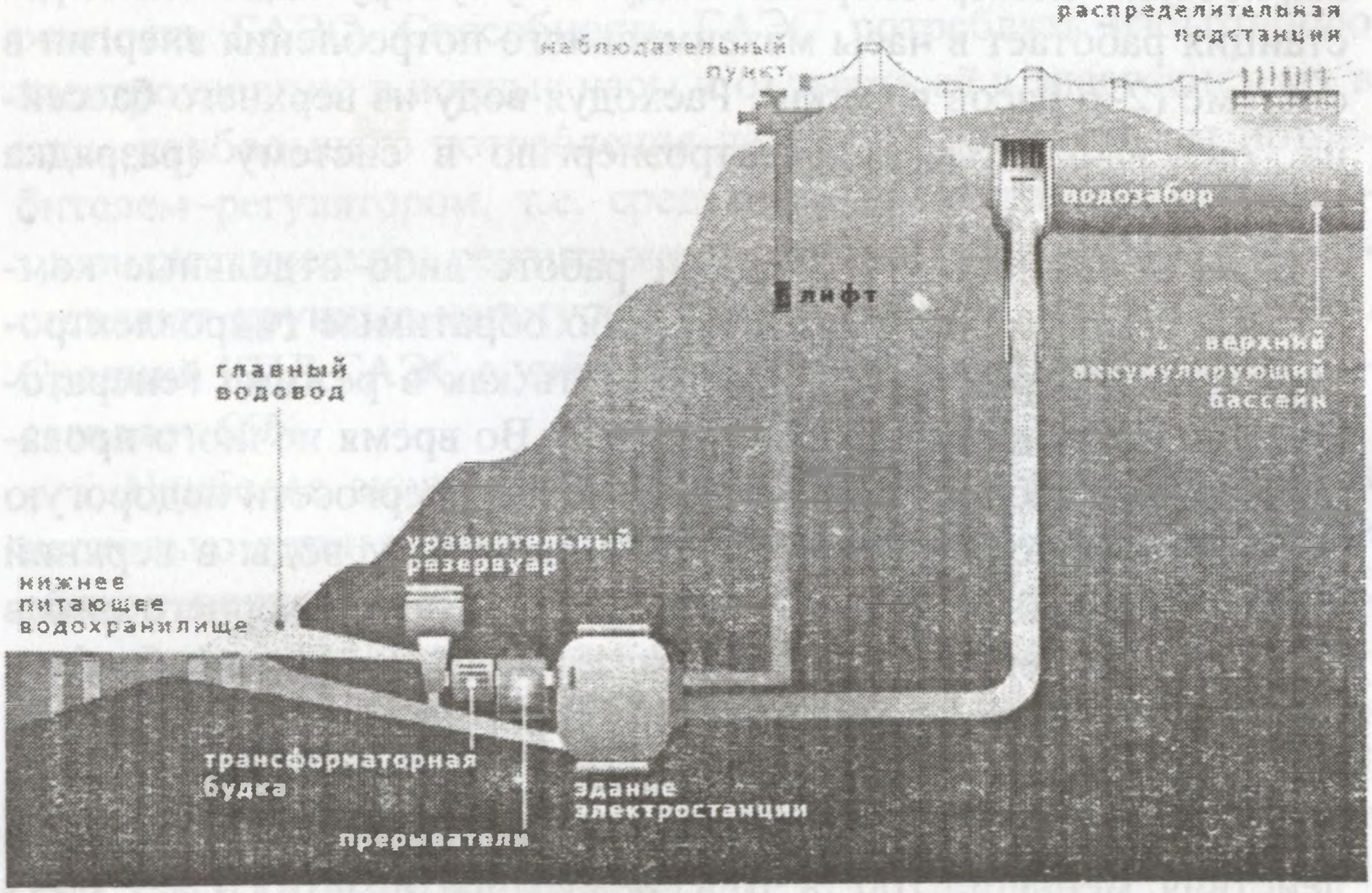


Рис.13. Схема работы ГАЭС.

II. НЕТРАДИЦИОННАЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА [4,5,12–18,25,27–30,37,38,40,54,55]

Нетрадиционная (альтернативная) энергетика опирается, в основном, на возобновляемые и другие источники энергии. Большинство направлений нетрадиционной электроэнергетики основаны на вполне традиционных принципах, но первичной энергией в них служат либо источники локального значения, например, горючие сланцы, ветровые, геотермальные, либо источники, находящиеся в стадии освоения, например топливные элементы или источники, которые могут найти применение в перспективе, например, термоядерная и водородная энергетика. Как правило, характерными чертами нетрадиционной энергетики являются их относительная экологическая чистота, а в некоторых случаях чрезвычайно большие затраты на капитальное строительство (например для солнечной электростанции мощностью 1000 МВт требуется покрыть весьма дорогостоящими зеркалами площадь около 4–х км²) и малая единичная мощность.

Источники энергии и направления нетрадиционной энергетики:

– энергия приливов и отливов;
– энергия волн;
– геотермальная энергетика;
– гидротермальная энергетика;
– петротермальная энергетика;
– низкопотенциальная тепловая энергетика;
– ветровая энергетика;
– энергия биомассы;
– солнечная энергетика;
– водородная энергетика

и другие виды.

разведанные запасы каменного и бурого угля, вместе взятые. Проекты приливных гидроэлектростанций (ПЭС – приливные электростанции) детально разработаны в инженерном отношении, экспериментально опробованы в нескольких странах. Продумана даже стратегия оптимальной эксплуатации ПЭС: накапливать воду в водохранилище за плотиной во время приливов и расходовать ее на производство электроэнергии, когда наступает «пик потребления» в единых энергосистемах, ослабляя тем самым нагрузку на другие электростанции.

Под действием гравитационных сил притяжения со стороны Луны и Солнца уровень воды в Мировом океане меняется дважды в сутки, поэтому у побережья каждый день возникают приливы и отливы. Они перемещают огромное количество воды, поэтому её механическую энергию вполне можно преобразовывать в электрическую энергию.

Для получения энергии за счёт колебаний уровня воды строят приливные плотинные ГЭС (гидроэлектростанции с плотинами). Они работают при высоком приливе – не менее пяти метров. Поэтому подходящих бухт (природных бассейнов) для такого строительства в мире немного. Сооружается плотина, отделяющая от моря или океана необходимый бассейн. В отверстии плотины устанавливается гидротурбина, вращающая электрогенератор. Гидротурбину в целях большей эффективности работы электростанции делают «обратимой». То есть агрегат может вырабатывать электроэнергию при протекании воды в обе стороны: как справа налево, так и слева направо (рис. 14).

Рис.14. Схема работы приливной электростанции.

В последнее время на смену плотинным приливным ГЭС пришли подводные, состоящие из большого числа подводных гидроагрегатов, для которых необходимая скорость потока воды – всего 7–10 км/ч. Такие гидроагрегаты экономичнее, так как их можно устанавливать непосредственно в открытом море без постройки дорогостоящих плотин, изменяющих природную экосистему в районе постройки, а также препятствующих судоходству.

На рис. 15 наглядно показана приливная электростанция, основанная на инженерных решениях, принятых в ветроэнергетике. Примерно в километре от берега на трубчатых стальных опорах под водой должны быть установлены турбины с двухлопастными винтами диаметром 15–20 метров. Для осмотра и обслуживания турбину можно время от времени поднимать на поверхность, двигая по опоре. Мощность одной турбины составит от 600 до 1000 кВт, энергия передается на берег по подводному кабелю.

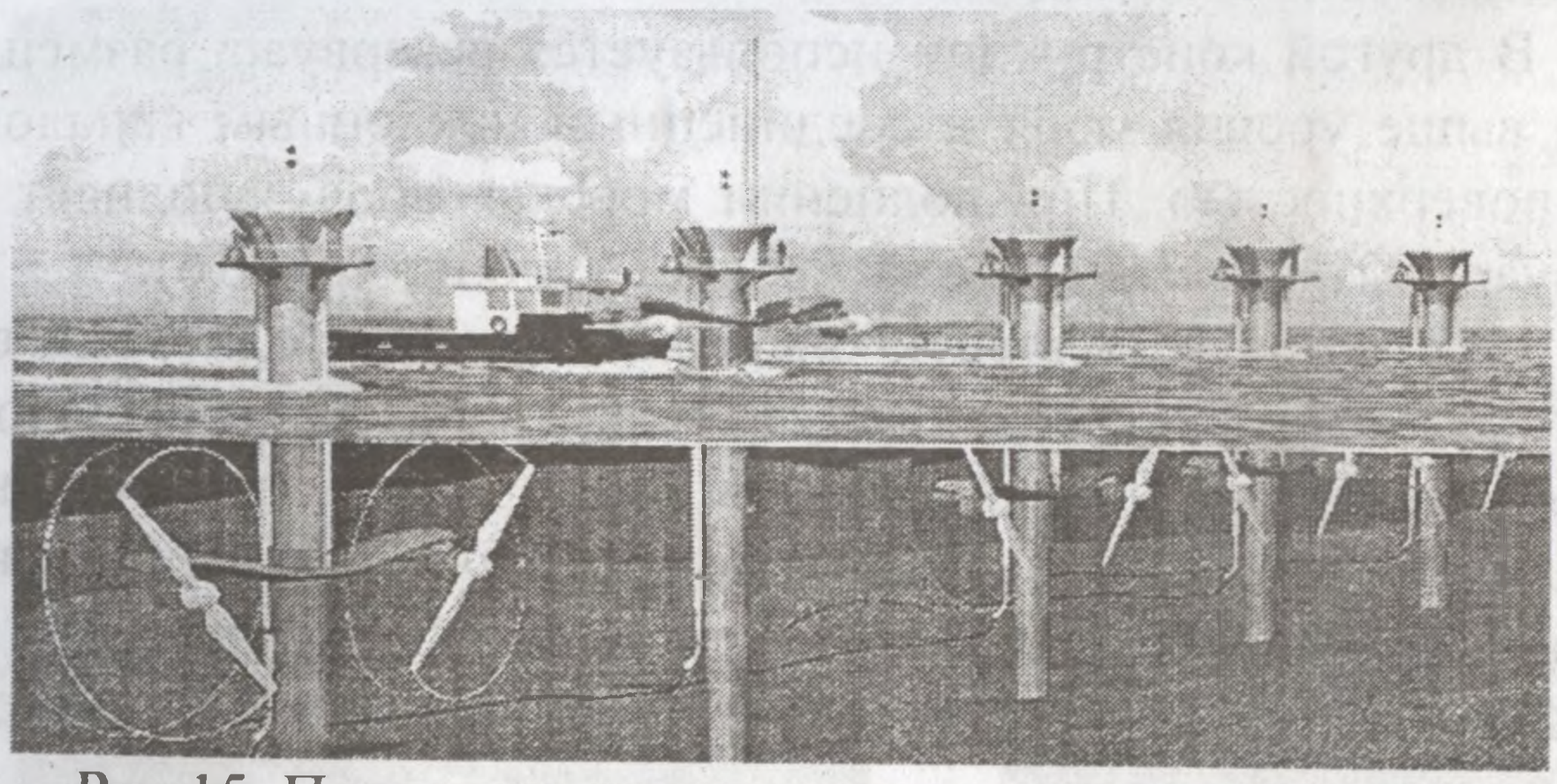


Рис.15. Приливная электростанция, основанная на инженерных решениях, принятых в ветроэнергетике.

К сожалению, приливные электростанции (как плотинные, так и подводные) обладают серьёзными недостатками: 1. Во время штормов возникает мощнейший напор воды, а гидрогенераторы, способные его выдержать, стоят очень дорого; 2. Время работы с максимальной мощностью составляют 4–5

часов с перерывами 1–2 часа четыре раза в сутки; 3. Экологические последствия связаны с изменением флоры и фауны региона.

Несмотря на все минусы, приливы и отливы являются очень перспективными источниками энергии. В ближайшие годы они станут более доступными.

Энергия волн

Один из вариантов волновой электростанции таков: морские волны периодически сжимают воздух, находящийся внутри вертикально расположенной камеры. Выходя из камеры, воздух приводит в движение лопасти турбины. Опускаясь, волна создает внутри цилиндра вакуум, в результате чего извне засасывается воздух, который продолжает вращать турбину. Главная трудность заключается в том, чтобы обеспечить вращение турбины в одном и том же направлении при прямом и обратном токе воздуха.

В другой конструкции используется резервуар, размещаемый выше уровня моря и соединенный наклонным каналом с его поверхностью. При волнении морская вода заполняет резервуар, вытекая из него, она вращает турбину (рис.16).

Рассматривая волновую энергию в качестве одного из возможных энергоресурсов, следует указать на значительную ее неравномерность, связанную с изменением интенсивности воздушного потока над поверхностью морских вод. Тем не менее, имеющийся способ эксплуатации волновых электростанций небольшой мощности свидетельствует о полезности их применения.

Мировые запасы мощности волновой энергии составляют около 2,7 млрд.кВт. Проблема состоит в том, чтобы найти эффективные по стоимости способы преобразования энергии движущихся волн в механическую или пневматическую форму, которую можно использовать для приведения в действие генераторов. Поскольку у морских волн широкий диапазон длин и амплитуд, любое эффективное устройство либо должно быть

широкополосным, либо иметь частотную регулировку. Такое решение этой технической задачи в некотором смысле сходно с задачей использования ветровой энергии.

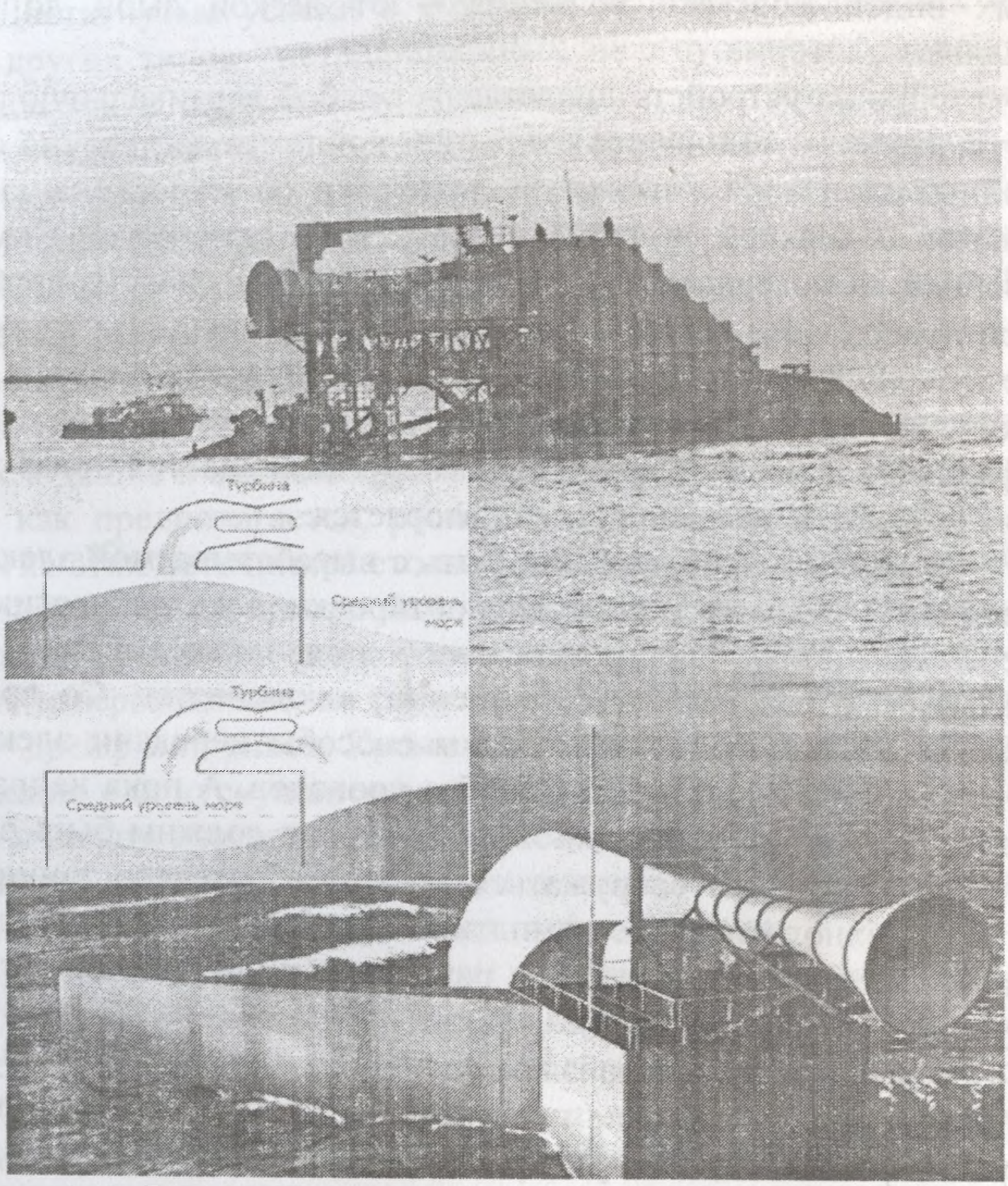


Рис.16. Принцип получения энергии волн.

Проблема использования энергии волн стала особенно актуальна в последние 10–15 лет. Широкие исследования с «практическим выходом» создания установок не только опытных, но и для повседневной практики проводятся, например, в Японии. Здесь на энергии морских волн действуют свыше 300

морских буев и маяков. В Англии также начата соответствующая программа. В Эдинбургском университете создана специальная лаборатория с опытным бассейном для имитации разных видов морского волнения – от легкой зыби до 10–балльного шторма.

Одно из устройств представляет собой вертикальную трубу, погруженную нижним открытым концом в достаточно спокойные слои моря и закрытую сверху. Труба закреплена на поплавке. В верхней ее части, в «волновой» камере, вода имеет свободную поверхность. При подъеме волны уровень свободной поверхности в «волновой» камере поднимается и сжимает воздух, который приводит в действие воздушную турбину, соединенную с электрогенератором. При спаде волны через атмосферный клапан в «волновую» камеру засасывается новая порция воздуха. И далее процесс повторяется.

Возникает проблема: как быть с вырабатываемой электроэнергией? Возможность транспортировки электроэнергии на берег по линиям электропередачи – подводным кабелям – за дальностью расстояния, естественно, исключается. Со временем, очевидно, будут отработаны способы передачи электроэнергии на дальние расстояния без проводов. А пока напрашивается вывод: потребители электроэнергии должны быть здесь же, на месте, т.е. сооружаться не просто электростанции, а электротехнологические комплексы, производящие на базе вырабатываемой электроэнергии различные виды вторичной продукции.

Крупные океанские электростанции мощностью 200–400 МВт, смонтированные на плавучих платформах, по мнению их проектировщиков, найдут применение в качестве фабрик по добыче полезных ископаемых из океана. Малые станции мощностью 40–50 МВт будут полезны для развивающихся стран тропического пояса, так как, помимо электроэнергии, они способны опреснять воду. Использованием процессов электролиза можно получать из воды водород и кислород.

Геотермальная энергетика

Подземное тепло планеты – достаточно известный и уже применяемый источник «чистой» энергии.

Достигнутые успехи в создании ветровых, солнечных и ряда других типов нетрадиционных энергоустановок широко освещаются в журнальных публикациях, но геотермальным энергоустановкам и, в частности, геотермальным электростанциям не уделяется того внимания, которого они по праву заслуживают. Перспективы использования энергии тепла Земли поистине безграничны, поскольку под поверхностью нашей планеты, являющейся, образно говоря, гигантским естественным энергетическим котлом, сосредоточены огромнейшие резервы тепла и энергии. Их основными источниками являются происходящие в земном ядре и мантии превращения, вызываемые, как предполагается, распадом радиоактивных изотопов. Энергия этих источников столь велика, что она ежегодно сдвигает литосферные пласты Земли, вызывает землетрясения, извержения вулканов, (из которых действующих, т. е. периодически извергавшихся за последние 500 лет, насчитывается 486), дрейф материков. Кроме действующих, различают также потухшие или «уснувшие» вулканы, которые могут «проснуться» и начать извергаться в любой момент, как это, например, случилось в 79 году нашей эры с вулканом Везувий, который до этого пребывал в состоянии длительного покоя.

К сожалению, человечество еще не научилось использовать энергию вулканов. А вот рассматриваемые далее скрытые, на первый взгляд незаметные проявления энергии земных недр уже давно эффективно используются людьми для получения тепловой, а в течение последних почти 100 лет также и электрической энергии. Одним из таких скрытых проявлений этой энергии является рост температуры земной коры и мантии по мере приближения к ядру Земли.

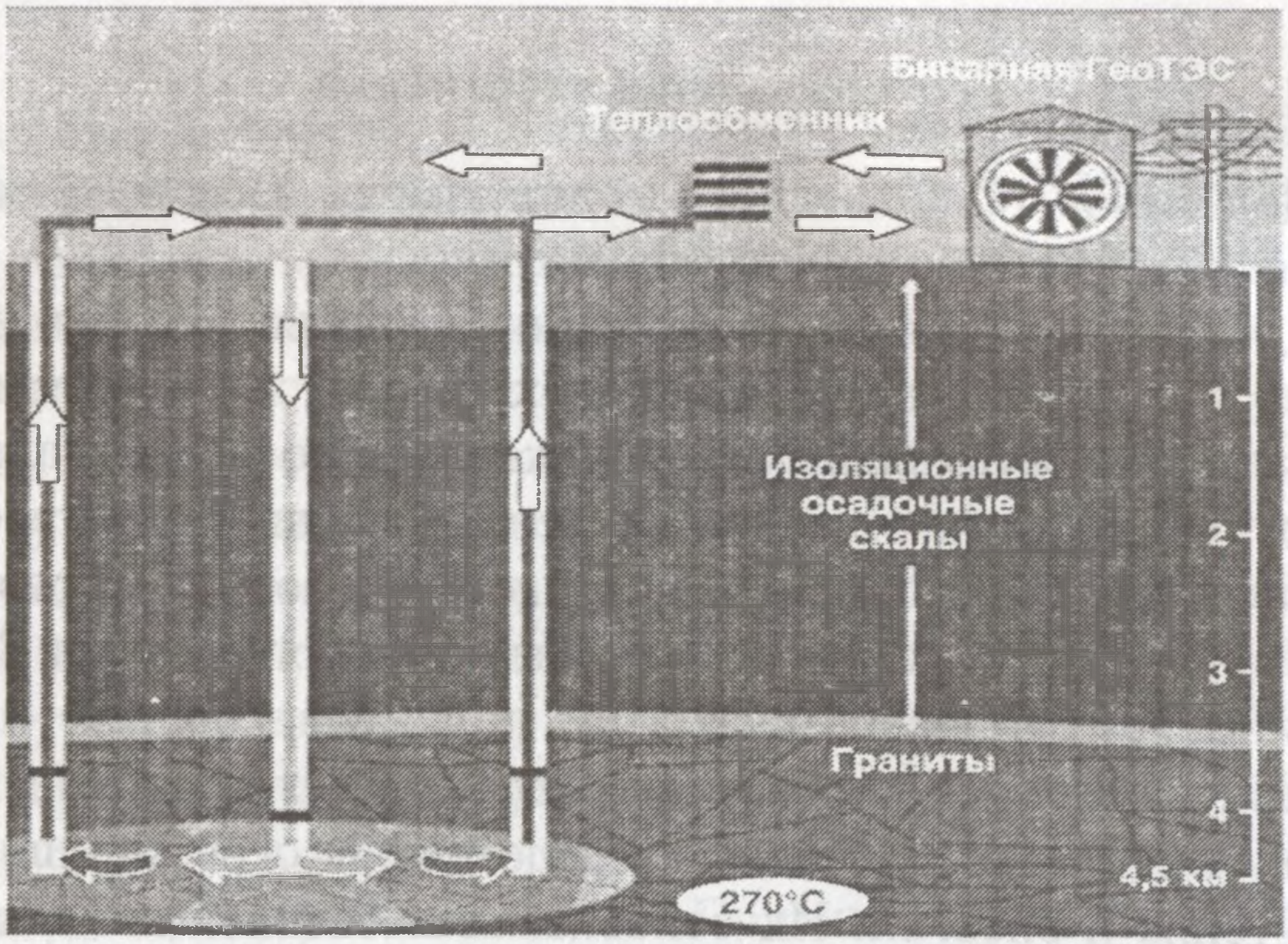


Рис. 17. Принципиальная схема получения геотермальной Энергии.

Эта температура с глубиной повышается в среднем на 20°С на 1 км, достигая на уровне 2 – 3 км от поверхности Земли более 100, а на глубине 100 км даже 1300 – 1500°С, что вызывает нагрев воды, циркулирующей на больших глубинах, до значительных температур. В вулканических регионах нашей планеты эта вода поднимается на поверхность по трещинам в земной коре в виде гейзеров, а в сейсмически спокойных регионах ее можно выводить на поверхность по пробуренным скважинам. Для этого достаточно закачивать в эти скважины вниз холодную воду, получая при этом по пробуренным рядом скважинам поднимающуюся вверх перегретую геотермальную воду и образовавшийся из нее пар (рис. 17).

Несмотря на кажущуюся простоту получения перегретой геотермальной воды и образующегося из нее пара и последующего преобразования энергии этой воды и пара в электроэнергию с помощью турбин и подсоединенных к ним турбогенераторов, техническая реализация такого способа получения электроэнергии является достаточно сложной научно–технической проблемой.

Особенности

Востребованность геотермальной энергии как одного из видов возобновляемой энергии обусловлена: истощением запасов органического топлива и зависимостью большинства развитых стран от его импорта (в основном импорта нефти и газа), а также с существенным отрицательным влиянием топливной и ядерной энергетики на среду обитания человека и на дикую природу. Применяя геотермальную энергию, следует в полной мере учитывать ее достоинства и недостатки.

Главным достоинством геотермальной энергии является возможность ее использования в виде геотермальной воды или смеси воды и пара (в зависимости от их температуры) для нужд горячего водо– и теплоснабжения, для выработки электроэнергии (ГеоТЭС), либо одновременно для всех трех целей, ее практическая неиссякаемость, полная независимость от условий окружающей среды, времени суток и года. Тем самым использование геотермальной энергии (наряду с использованием других экологически чистых возобновляемых источников энергии) может внести существенный вклад в решение следующих неотложных проблем:

– обеспечение устойчивого тепло– и электроснабжения населения в тех зонах нашей планеты, где централизованное энергоснабжение отсутствует или обходится слишком дорого;

– обеспечение гарантированного минимума энергоснабжения населения в зонах неустойчивого централизованного энергоснабжения из–за дефицита электроэнергии в энергосистемах, предотвращение ущерба от аварийных и ограничительных отключений и т.п.;

– снижение вредных выбросов от энергоустановок в регионах со сложной экологической обстановкой.

При этом в вулканических регионах планеты высокотемпературное тепло, нагревающее геотермальную воду до значений температур, превышающих 140 – 150°С, экономически наиболее выгодно использовать для выработки электроэнергии. Подземные геотермальные воды со значениями температур, не

превышающими 100°С, как правило, экономически выгодно использовать для нужд теплоснабжения, горячего водоснабжения и для других целей.

Значительно повышается эффективность применения термальных вод при их комплексном использовании. При этом в различных технологических процессах можно достичь наиболее полной реализации теплового потенциала воды, в том числе и остаточного, а также получить содержащиеся в термальной воде ценные компоненты (йод, бром, литий, цезий, кухонная соль, глауберова соль, борная кислота и многие другие) для их промышленного использования.

Основной недостаток геотермальной энергии – необходимость обратной закачки отработанной воды в подземный водоносный горизонт. Другой недостаток этой энергии заключается в высокой минерализации термальных вод большинства месторождений и наличии в воде токсичных соединений и металлов, что исключает возможность сброса этих вод в расположенные на поверхности природные водные системы. Отмеченные выше недостатки геотермальной энергии приводят к тому, что для практического использования теплоты геотермальных вод необходимы значительные капитальные затраты на бурение скважин, обратную закачку отработанной геотермальной воды, а также на создание коррозийно–стойкого теплотехнического оборудования.

Однако в связи с внедрением новых, менее затратных технологий бурения скважин, применением эффективных способов очистки воды от токсичных соединений и металлов, капитальные затраты на отбор тепла от геотермальных вод непрерывно снижаются. К тому же следует иметь в виду, что геотермальная энергетика в последнее время существенно продвинулась в своем развитии. Так, последние разработки показали возможность выработки электроэнергии при температуре пароводяной смеси ниже 80°С, что позволяет гораздо шире применять ГеоТЭС для выработки электроэнергии. В связи с эти ожидается, что в странах со значительным геотермальным по-

тенциалом и первую очередь в США мощность ГеоТЭС в самое ближайшее время удвоится.

В России первая ГеоТЭС мощностью 5 МВт была построена в 1966 г. на юге Камчатки, в долине реки Паужетки. В 1980 г. ее мощность составляла уже 11 МВт. В Италии, в районах Ландерелло, Монте–Амиата и Травеле, работают 11 таких станций общей мощностью 384 МВт. ГеоТЭС действуют также в США (Калифорния, Долина Больших Гейзеров), Исландии (у озера Миватн), Новой Зеландии, Мексики и Японии. Столица Исландии Рейкьявик получает тепло исключительно от горячих подземных источников. Но потенциальная мощность геотермальной энергетики намного выше.

Гидротермальная энергетика

Кроме подземного существует и водное тепло, не так распространенное в качестве источника энергии (рис. 18). Вода – это всегда хотя бы несколько градусов тепла, а летом она нагревается до 25°С и более.

Рис. 18. Гидротермальный источник.

Наиболее эффективны гидротермальные установки при больших перепадах температур, как, например, в морях: на глубине вода очень холодна – около 4°С, а на поверхности на-

гревается до 25°С, т.е. разница температур составляет целых 21 градус!

К категории гидротермальных конвективных систем относят подземные бассейны пара или горячей воды, которые выходят на поверхность земли, образуя гейзеры, сернистые грязевые озера и фумаролы. Образование таких систем связано с наличием источника теплоты горячей или расплавленной скальной породы, расположенной относительно близко к поверхности земли. Над этой зоной высокотемпературной скальной породы находится формация из проницаемой горной породы, содержащая воду, которая поднимается вверх в результате ее подстилающей горячей породой. Проницаемая порода, в свою очередь, сверху покрыта непроницаемой скальной породой, образующей «ловушку» для перегретой воды. Однако наличие в этой породе трещин или пор позволяет горячей воде или пароводяной смеси подниматься к поверхности земли. Гидротермальные конвективные системы обычно размещаются по границам тектонических плит земной коры, которым свойственна вулканическая активность.

Остановимся на самой основе перспективного метода – гидротермальных источниках. Такой источник представляет разлом в земной коре, где близко к поверхности протекают лавовые потоки. Вода, находящаяся в толще пород рядом с такими разломами, нагревается и, расширяясь, выталкивается наружу под большим напором. Учитывая близость земной мантии, высокое давление и температуру, такая вода содержит в растворенном виде огромное количество самых разнообразных химических элементов. Если такую воду можно пить, мы называем ее минеральной. Самый яркий пример таких горячих источников – американский Парк Еллоустоун, облюбованный сценаристами фильмов–катастроф за близость к этой самой земной мантии.

Однако на поверхности такие источники распространены не настолько, чтобы строить на их основе электростанции, способные конкурировать с обычными электростанциями, да и масштабы у них не подходят для промышленного освоения по-

лезных ископаемых или извлечения нужных элементов из воды, не говоря про ее опреснение. Картина радикально меняется, если спуститься под воду. На океанском дне таких источников больше в разы, что обусловлено тем, что возникают они на стыке тектонических плит земной коры и в местах вулканической активности. Если мы вспомним, что 70% поверхности нашей планеты покрыто водой в виде мирового океана, то это не удивительно.

На сегодня достоверно такие источники обнаружены на глубине от нескольких сотен метров до 5 километров и в настоящее время активно изучаются. С энергетической точки зрения наиболее интересны так называемые «курильщики». Условно их делят на «черные» и «белые». Курильщиками эти образования названы за счет длинных цилиндрических структур, напоминающих сигары или дымоходы, образующиеся под водой в местах контакта разогретой до нескольких сот градусов воды (с растворенными в ней минералами, преимущественно – сульфидами) с холодной водой океанского дна. В местах такого контакта растворенные минералы выпадают в осадок и формируют эти самые цилиндрические структуры.

Учитывая, что процесс идет непрерывно, из таких труб продолжает выходить горячая вода с растворенными минералами, что со стороны похоже на дым. Цвет ее зависит от растворенных в ней веществ, и, в результате, поток приобретает либо темный (черный курильщик), либо светлый (белый курильщик) цвет. Температура потока воды в черных курильщиках (рис. 19) считается чуть выше, чем в белых – до 400 градусов Цельсия против до 350 у «белых». Трубы со временем обрушиваются, формируя россыпи руды, богатой практически всеми известными химическими элементами. Многие считают, что добыча руды, образованной от таких обрушившихся труб – сырьевое будущее человечества.

С энергетической точки зрения, процесс такого «курения» представляет «мощный» механизм. Подсчитано, что в одном таком «черном курильщике» вода, разогретая до температуры в 350°С, вытекая из трубы диаметром 3 м., на глубине в 2,3 км. со

скоростью 3 м/сек. под давлением более чем в 200 атмосфер, образует поток более 21 000,0 литра в секунду. Мощность для формирования такого потока для его нагрева до заданной температуры составляют около 30 000,0 МВт чистой энергии. Самая большая атомная электростанция США вырабатывает «всего» 4 000 МВт. Правда, компьютерное моделирование показывает, что после вычета затрат на преобразование в электричество, энергетическая плотность такого потока составит 1 МВт на 10 кв.см. площади выходящей горячей воды.

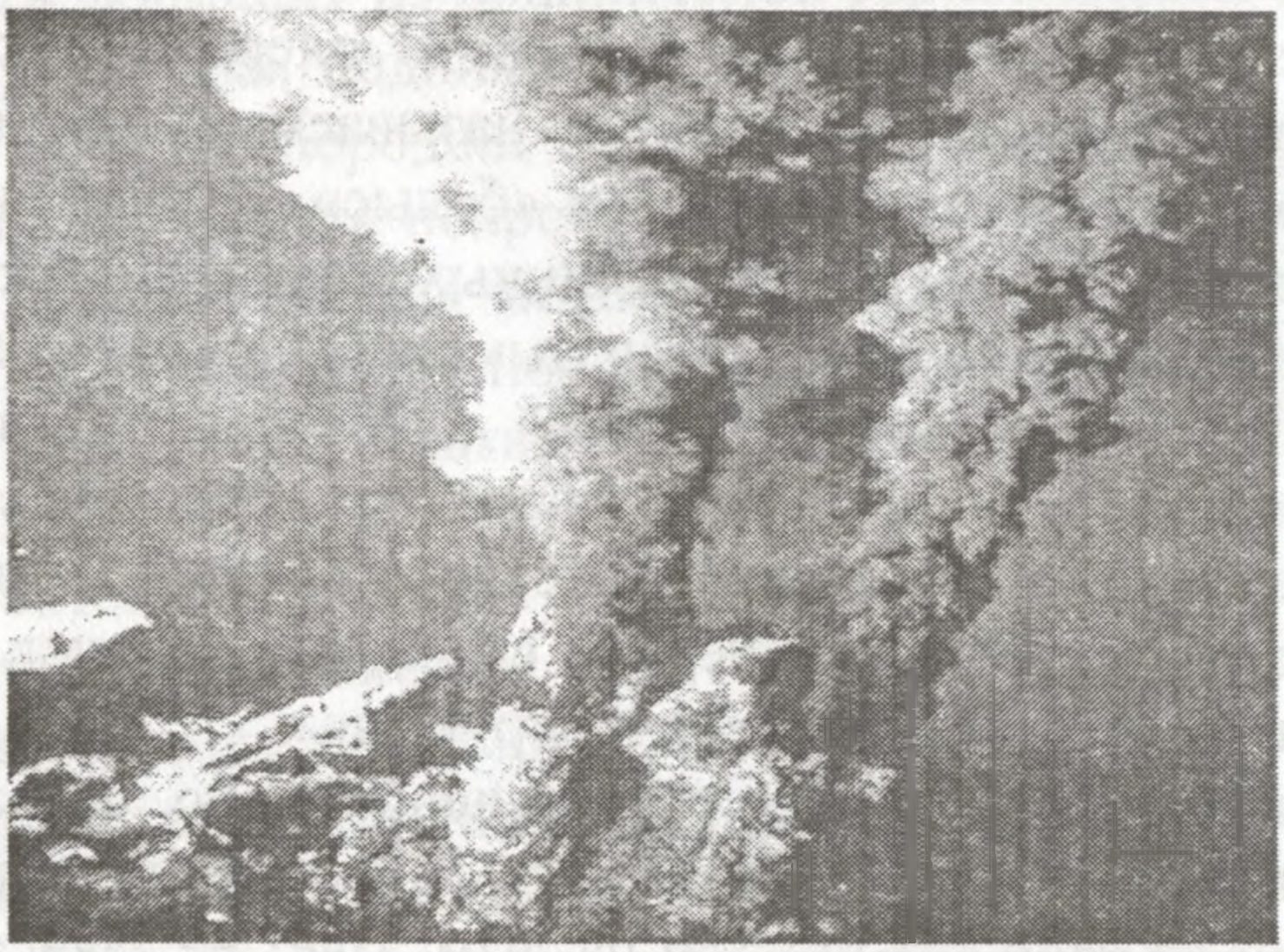


Рис.19. «Черные курильщики» в океане.

Сам процесс генерации электричества не блещет оригинальностью. Предлагается закольцевать трубу такого «курильщика» внешней трубой, по которой горячая вода будет подниматься на поверхность, к специальной перерабатывающей платформе. Труба должна быть выполнена из материалов, устойчивых к воздействию кислот и щелочей (будет зависеть от состава воды), иметь мощную теплоизоляцию, чтобы доставляемая на поверхность вода сильно не охлаждалась, а так же выдерживать высокое давление глубины источника и давление

собственного веса. Как видим, требований к такой трубе много, но все технологии для ее изготовления уже имеются.

Дальше все просто – поднятая горячая вода направляется в теплообменник, где нагревает рабочую жидкость, обеспечивающую вращение приводов традиционных электрогенераторов, расположенных на судне–генераторе, либо на плавучей платформе – электростанции, вроде тех, что применяются для глубоководного бурения. Платформы для бурения и выкачивания нефти на большой глубине вовсе не стационарны и не уходят под воду на километры. На самом деле они углублены «всего» на несколько десятков метров, чтобы обеспечить устойчивость конструкции во время шторма. За нахождение на одном месте отвечает сложная система навигации и балластов. Так и здесь – либо плавучая платформа, либо судно–генератор вырабатывает электричество, которое передается на сушу потребителям.

И с этой передачей возникает очередная проблема – кроме использования толстых проводов и кабелей иных способов передачи электроэнергии от электростанции потребителям у человечества пока нет. Если кабель не порвется под собственным весом еще при его прокладке (придется класть частями), то сможет передать всего 750 МВт. Чтобы достичь среднего для атомных электростанций показателя в 2 200 МВт, потребуется 3 таких кабеля, стоимостью в $800 млн. каждый. Добавим к этому стоимость плавучей платформы без трубы и оборудования примерно в $1 млрд. и еще $1 млрд. стоимость генераторов и вспомогательного оборудования. В сумме получаем почти $4,5 млрд., что конечно же меньше стоимости строительства ядерной электростанции в США аналогичной мощности в $6,2 млрд. При этом нет затрат на топливо для самой электростанции.

С точки зрения наличия ресурсов гидротермальной энергетики проблем нет. Но решение практических задач использования термальных вод в теплоэнергетических целях сегодня осложняется многими причинами, которые можно свести к 2–м группам: необходимость разработки безопасной с точки зрения

экологии утилизации отработанных вод (главным образом на основе обратной закачки), а также высокий риск получения скважин с недостаточной водоспособностью и связанное с этим удорожание работ. Таким образом, использование энергии геотермальных вод представляет пока еще определенную сложность, связанную со значительными капитальными затратами на бурение скважин и обратную закачку отработанной воды, создание стойкого к коррозии теплотехнического оборудования.

Петротермальная энергетика

Петротермальная энергетика является частью геотермальной энергетики и считается одним из перспективных направлений использования нетрадиционных источников энергии. В петротермальной энергетике энергия извлекается из петрогеотермальных ресурсов твердых горячих пород земных недр. Этих температур достаточно для отопления и горячего водоснабжения различных видов потребителей. Производство электроэнергии на базе глубинного тепла Земли возможно при температуре не менее 250°С при извлечении его с глубины примерно 10 км, а в зонах аномально высоких температур – и с меньших глубин.

Технологии извлечения тепла из горячих сухих подземных коллекторов (рис. 20) получили название HDR–технологии (Hot–горячий; Dry – сухой; Rock – скала). Сегодня ими занимаются в 65 странах мира и уже успешно используют для отопления и кондиционирования воздуха во Франции, США, Японии, Германии и других странах. Для производства электроэнергии планируется использовать аномально горячие сухие породы, залегающие на относительно небольшой глубине, как, например, в бассейне реки Купер (Южная Австралия). Здесь на глубине 3,5–4,5 км обнаружены сухие породы температурой 240–300°С; намечается построить электростанцию мощностью более 1 тыс. мегаватт.

При извлечении тепла Земли с недостаточными для прямого использования в паровой турбине температурами предполагается использовать бинарные схемы с низкокипящими жидкостями. Но такое решение требует разработки и производства специального оборудования, что существенно удорожает строительство станций и производство электроэнергии.

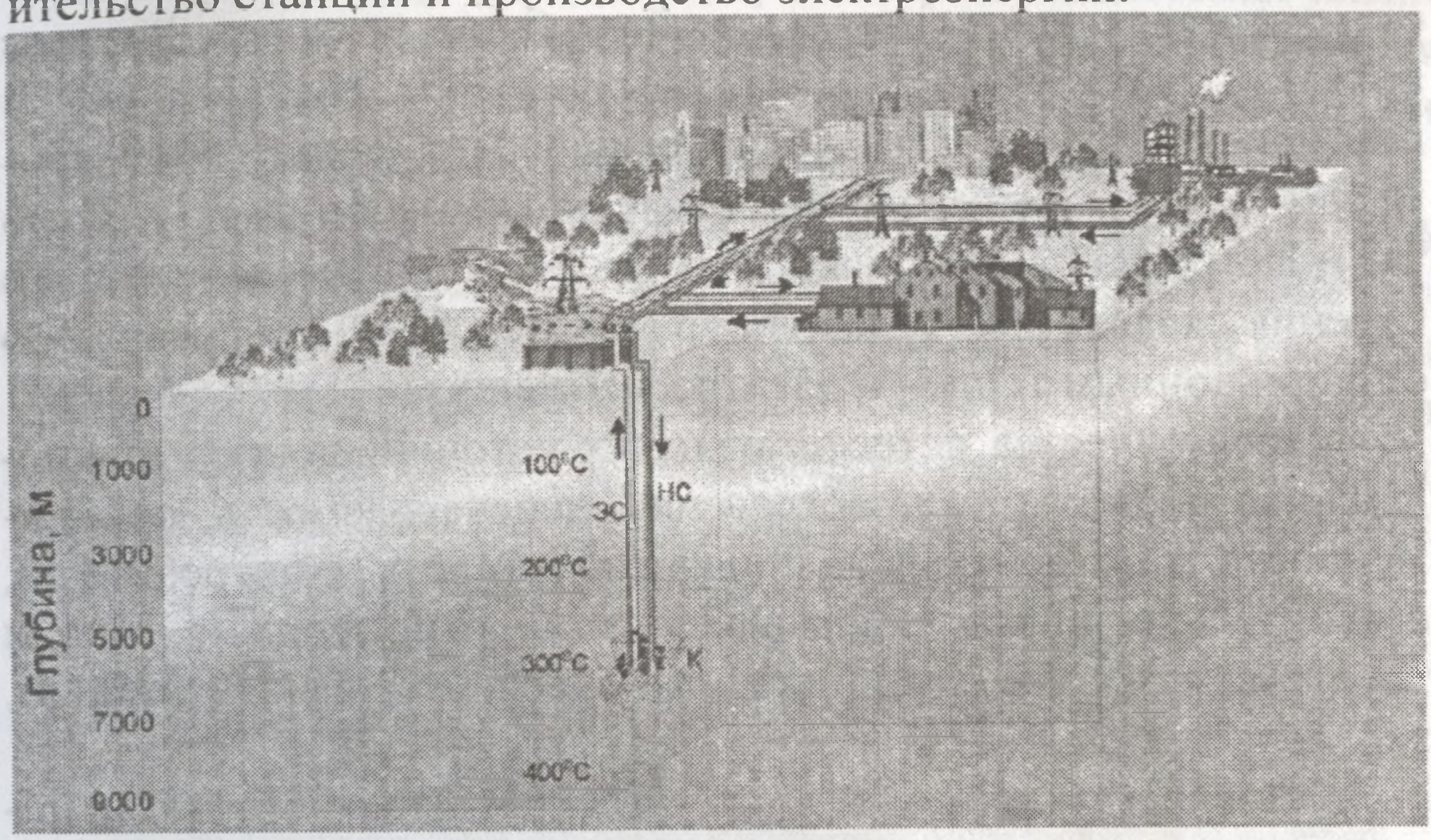


Рис.20. Схема петротермальной выработки электроэнергии, тепла и их поставки потребителю. Модель распределения температур и расположения циркуляционной системы извлечения геотермальной энергии твердых горных пород с естественным проницаемым коллектором для выработки электроэнергии, тепла и их поставки потребителю. НС — нагревательная скважина; ЭС — эксплуатационная скважина; К — коллектор.

При сооружении петротеплоснабжающих станций (Петро ТС) для обеспечения социальных и промышленных нужд потребителей от систем централизованного теплоснабжения необходимо иметь на поверхности температуру до 150°С. Эта температура пара достигается на глубине 3 км при градиенте температур породы в 5°С/100м. Сооружение только одной такой скважины оценивается в среднем около 4 млн. долл. При градиенте температур в два раза меньшем потребуется скважи-

экологии утилизации отработанных вод (главным образом на основе обратной закачки), а также высокий риск получения скважин с недостаточной водоспособностью и связанное с этим удорожание работ. Таким образом, использование энергии геотермальных вод представляет пока еще определенную сложность, связанную со значительными капитальными затратами на бурение скважин и обратную закачку отработанной воды, создание стойкого к коррозии теплотехнического оборудования.

Петротермальная энергетика

Петротермальная энергетика является частью геотермальной энергетики и считается одним из перспективных направлений использования нетрадиционных источников энергии. В петротермальной энергетике энергия извлекается из петрогеотермальных ресурсов твердых горячих пород земных недр. Этих температур достаточно для отопления и горячего водоснабжения различных видов потребителей. Производство электроэнергии на базе глубинного тепла Земли возможно при температуре не менее 250°С при извлечении его с глубины примерно 10 км, а в зонах аномально высоких температур – и с меньших глубин.

Технологии извлечения тепла из горячих сухих подземных коллекторов (рис. 20) получили название HDR–технологии (Hot–горячий; Dry – сухой; Rock – скала). Сегодня ими занимаются в 65 странах мира и уже успешно используют для отопления и кондиционирования воздуха во Франции, США, Японии, Германии и других странах. Для производства электроэнергии планируется использовать аномально горячие сухие породы, залегающие на относительно небольшой глубине, как, например, в бассейне реки Купер (Южная Австралия). Здесь на глубине 3,5–4,5 км обнаружены сухие породы температурой 240–300°С; намечается построить электростанцию мощностью более 1 тыс. мегаватт.

При извлечении тепла Земли с недостаточными для прямого использования в паровой турбине температурами предполагается использовать бинарные схемы с низкокипящими жидкостями. Но такое решение требует разработки и производства специального оборудования, что существенно удорожает строительство станций и производство электроэнергии.

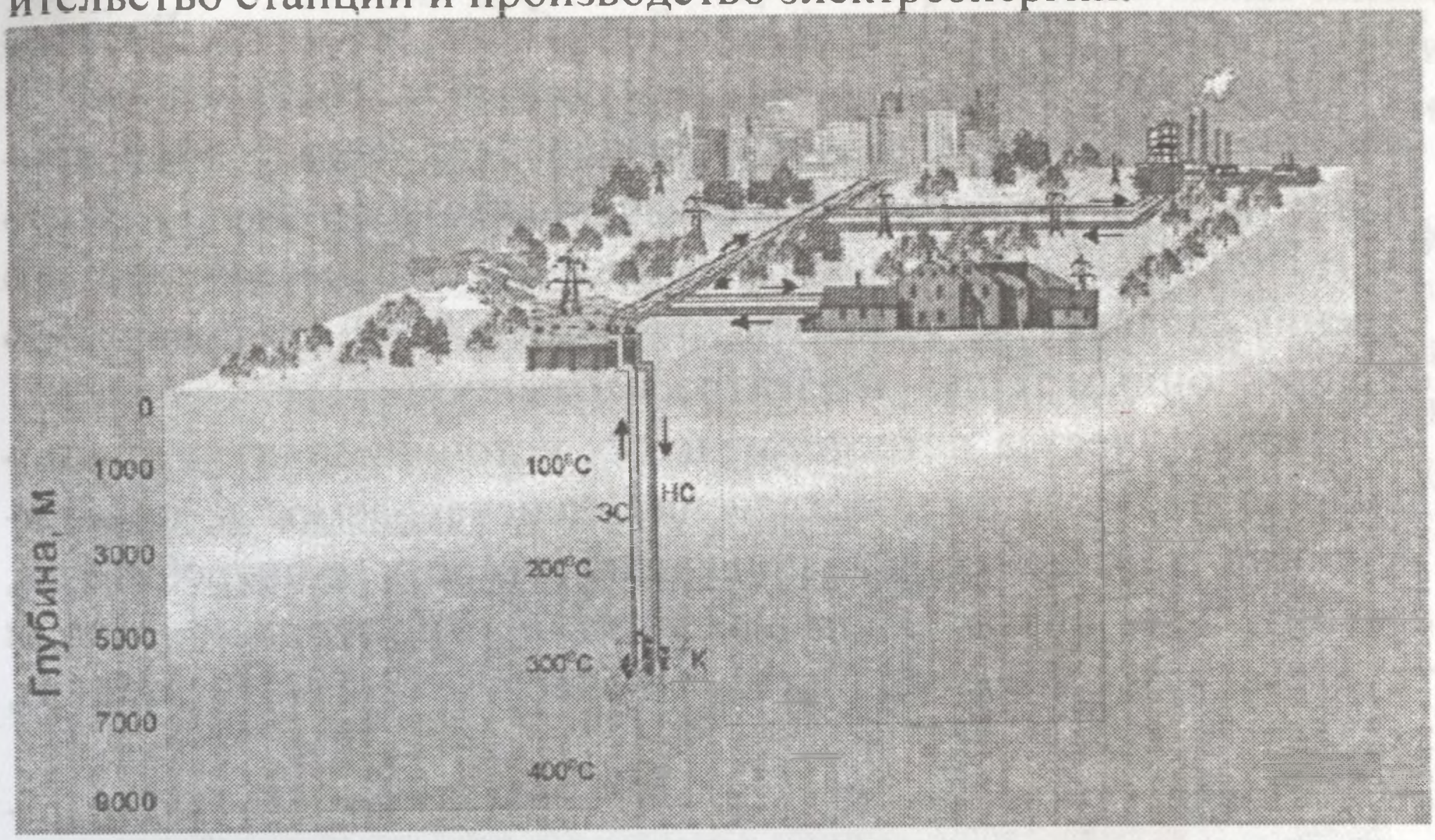


Рис.20. Схема петротермальной выработки электроэнергии, тепла и их поставки потребителю. Модель распределения температур и расположения циркуляционной системы извлечения геотермальной энергии твердых горных пород с естественным проницаемым коллектором для выработки электроэнергии, тепла и их поставки потребителю. НС — нагревательная скважина; ЭС — эксплуатационная скважина; К — коллектор.

При сооружении петротеплоснабжающих станций (Петро ТС) для обеспечения социальных и промышленных нужд потребителей от систем централизованного теплоснабжения необходимо иметь на поверхности температуру до 150°С. Эта температура пара достигается на глубине 3 км при градиенте температур породы в 5°С/100м. Сооружение только одной такой скважины оценивается в среднем около 4 млн. долл. При градиенте температур в два раза меньшем потребуется скважи-

на глубиной 6 км, а стоимость ее сооружения возрастет до 10 миллионов.

Для надежного обеспечения турбин ПетроЭС теплом необходимых параметров нужна температура до 250°С. При градиенте температур породы 2,5°С/100 м для этого должны быть сооружены скважины глубиной до 10 км. Фактических стоимостных данных для скважин такой глубины пока нет. Расчеты показали, что стоимость скважины для HDR глубиной 10 км при использовании HDR–технологии может быть равной примерно 20 млн. долларов. Это означает, что сооружение Петро ТС и ПетроЭС на базе существующих способов механического бурения скважин будет неконкурентоспособным по сравнению с традиционным тепло– и электроснабжением.

Преимущества петротермальных источников энергии следующие: широкое распространение, неисчерпаемость, приближенность к потребителю, приспособляемость к потребителю, сравнительно низкая капиталоемкость, относительно низкая трудоемкость, безотходность, безопасность в эксплуатации, экологическая чистота.

К недостаткам можно отнести сравнительно низкий потенциал на незначительных глубинах до 3 км, нетранспортабельность, невозможность складирования, отсутствие промышленного опыта.

Низкопотенциальная тепловая энергетика

Рациональное использование топливно–энергетических ресурсов представляет сегодня собой одну из глобальных мировых проблем, успешное решение которой, по–видимому, будет иметь определяющее значение не только для дальнейшего развития мирового сообщества, но и для сохранения среды его обитания. Одним из перспективных путей решения этой проблемы является применение новых энергосберегающих технологий, использующих нетрадиционные возобновляемые источники энергии (НВИЭ). Истощение запасов традиционного ископаемого топлива и экологические последствия его сжигания

обусловили в последние десятилетия значительное повышение интереса к этим технологиям практически во всех развитых странах мира. Преимущества технологий теплоснабжения, использующих нетрадиционные источники энергии, по сравнению с их традиционными аналогами связаны не только со значительными сокращениями затрат энергии в системах жизнеобеспечения зданий и сооружений, но и с их экологической чистотой, а также с новыми возможностями в области повышения степени автономности систем жизнеобеспечения.

Одним из стратегических путей решения проблемы получения энергии может быть экстракция низкопотенциальной энергии окружающей среды (рис. 21). В окружающей нас среде имеются неограниченные запасы энергии на макроуровне (энергия тел и процессы от размеров, видимых человеком до планет и галактик) и микроуровне (энергия тел и процессы, происходящие на молекулярном, атомарном уровне и ниже).

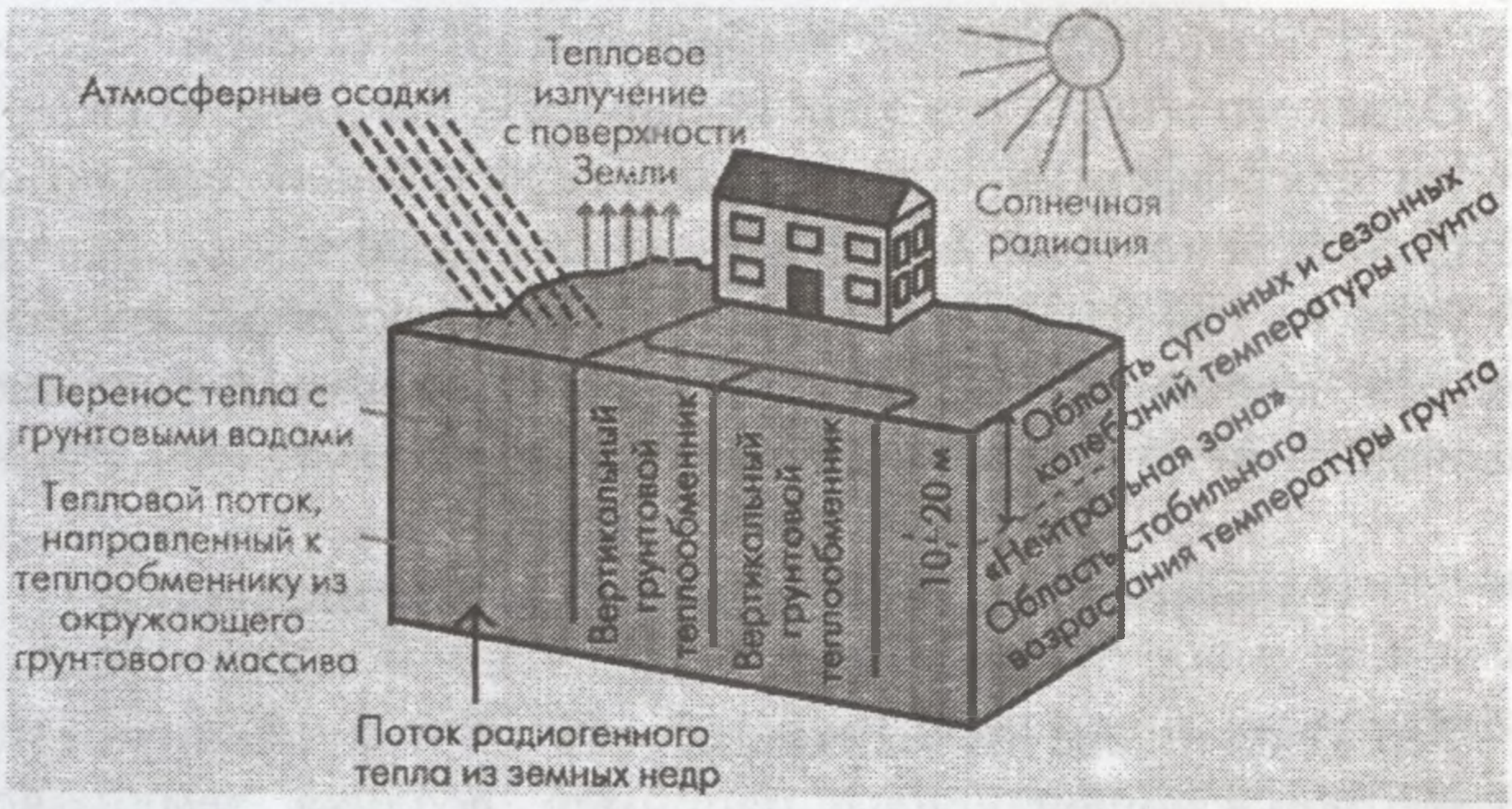


Рис. 21. Использование низкопотенциальной тепловой энергии земли в теплонасосных системах.

Низкопотенциальная энергия находится в окружающей нас среде в различных видах (рис. 22), при ее равномерном и неравномерном распределении в пространстве.

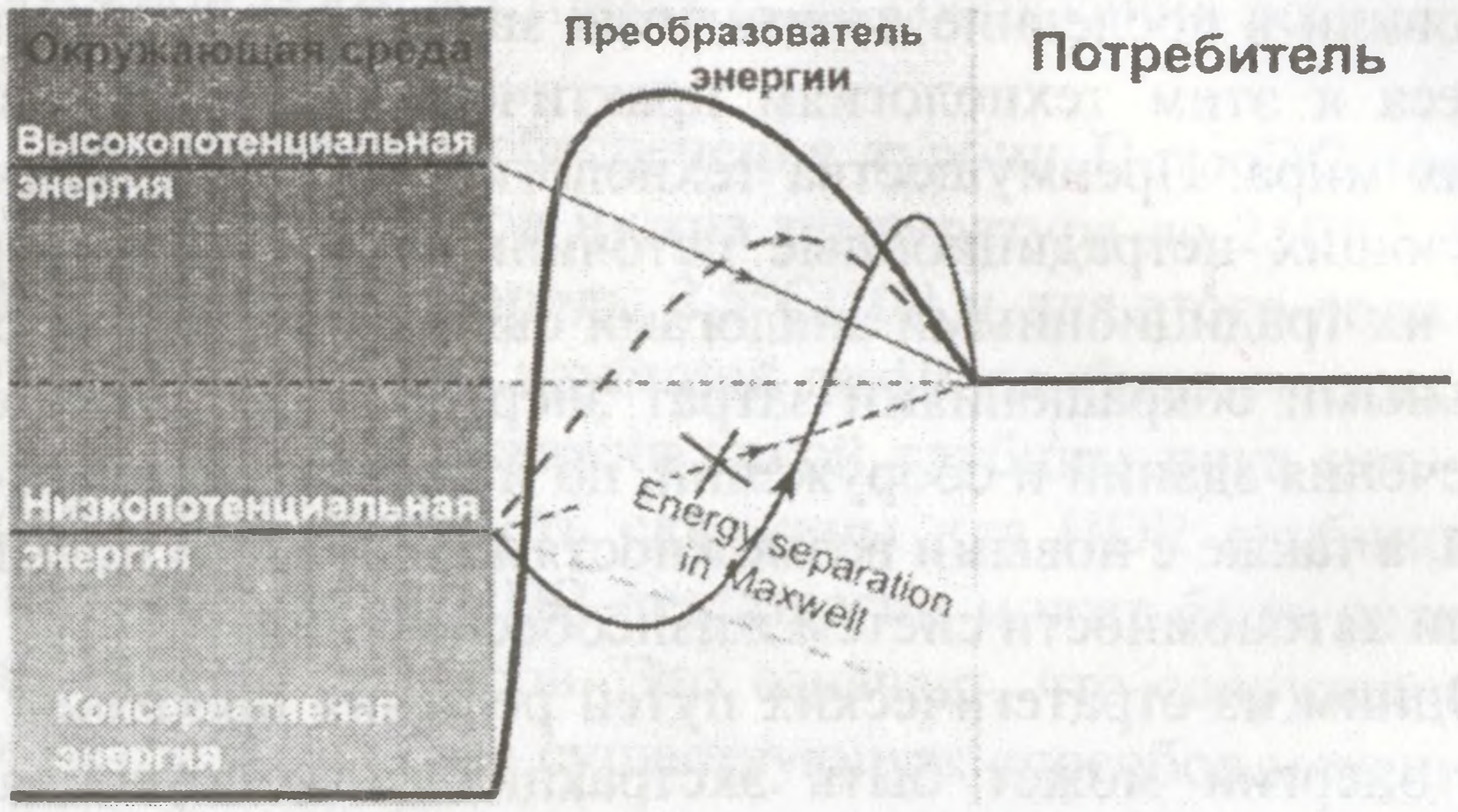


Рис.22. Источники энергии окружающей среды (Energy separation in Maxwell – энергетическое разделение по Максвеллу).

Перспективным направлением является использование энергии, накапливаемой в водоемах, грунте, геотермальных источниках, технологических выбросах (воздух, вода, стоки и др.). Однако температура этих источников довольно низкая (0–25°С) и для эффективного их использования необходимо осуществить перенос этой энергии на более высокий температурный уровень (50–100°С). Реализуется такое преобразование тепловыми насосами (ТН), которые, по сути, являются парокомпрессионными холодильными машинами.

Принцип работы и виды тепловых насосов

Тепловой насос перекачивает низкопотенциальную энергию из окружающей среды, например, воздуха, земли, воды внутрь дома, на что затрачивается определенное количество энергии. В свою очередь электроэнергии тратится в среднем в 3–4 раза меньше, чем например, для получения такого же количества тепла электронагревательным элементом. Одно из основных преимуществ теплового насоса – это экологичность, он не производит никаких вредных выбросов.

Принцип действия и типовая схема теплового насоса приведены на рис. 23–24.

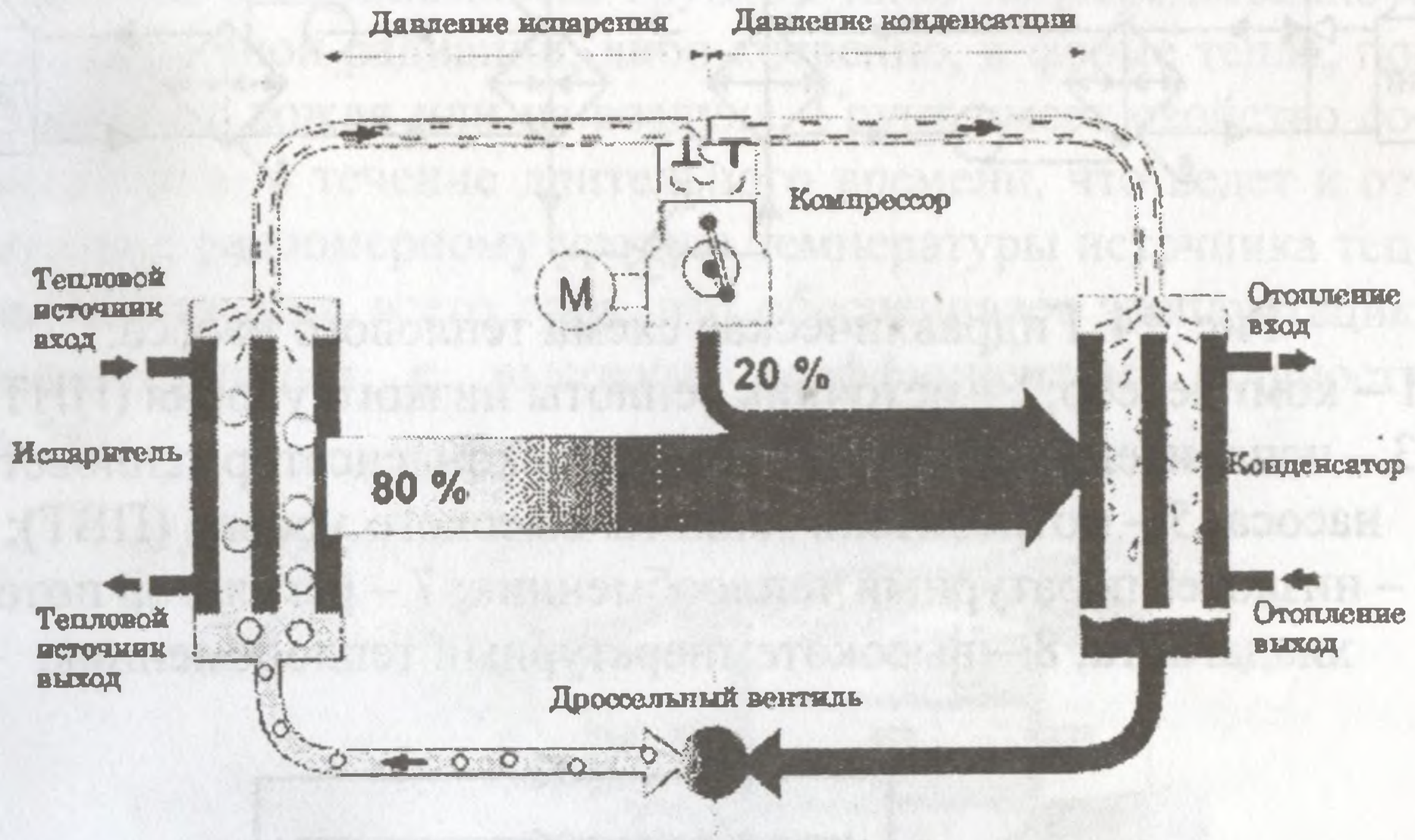


Рис. 23. Принцип действия теплового насоса.

Низкотемпературный источник (ИНТ) нагревает испаритель (3), в котором хладагент кипит при температуре –10°С…+5°С. Далее тепло, переданное хладагенту, переносится классическим парокомпрессионным циклом к конденсатору (4), откуда поступает к потребителю (ПВТ) на более высоком уровне.

Тепловой насос с гидравлической обвязкой (водяными насосами, теплообменниками, запорной арматурой и др.) называют тепловой насосной установкой. Если среда, охлаждаемая в испарителе, такая же, как и среда, нагреваемая в конденсаторе (земля–вода, вода–вода, воздух–вода), то путем изменения потоков этих сред можно изменить режим ТН на обратный (охлаждение на нагрев и наоборот). Если среды – газы, то такое изменение режима называют обратимым пневматическим циклом, если жидкости – обратимым гидравлическим циклом (рис.25).

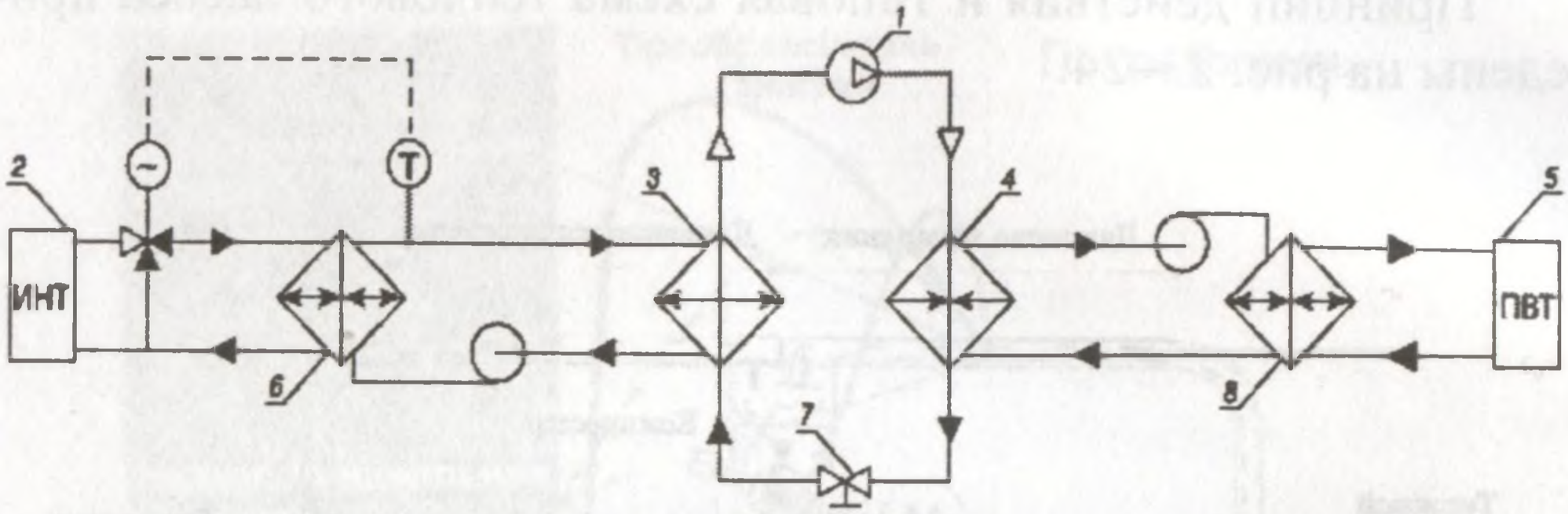


Рис. 24. Гидравлическая схема теплового насоса:
1 – компрессор;2 – источник теплоты низкого уровня (ИНТ);
3 – испаритель теплового насоса; 4 – конденсатор теплового насоса; 5 – потребитель теплоты высокого уровня (ПВТ);
6 – низкотемпературный теплообменник; 7 – регулятор потока хладагента; 8 – высокотемпературный теплообменник.

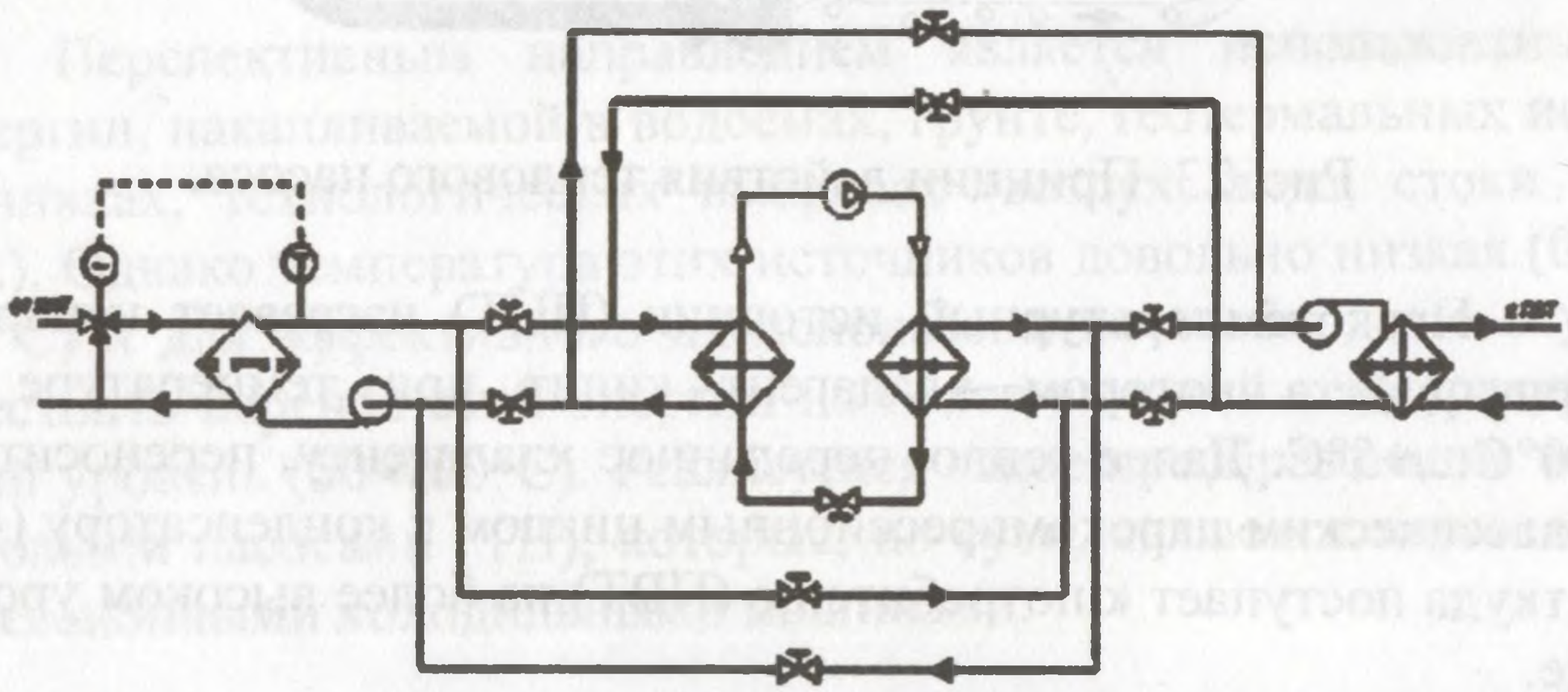


Рис.25. Схема теплового насоса с обратимым гидравлическим циклом.

В случае, когда обратимость цикла осуществляется изменением направления хладагента, используют термин «тепловой насос, работающий в обратимом холодильном цикле» (аппараты «зима–лето»).

Различают следующие тепловые насосы: воздух–воздух, воздух–вода, вода–воздух, вода–вода, грунт–воздух, грунт–вода, где первым указывается источник тепла.

Источник тепла – грунт

Грунт аккумулирует солнечную энергию или тепло Земли. Эта энергия воспринимается грунтом либо непосредственно в форме солнечной радиации, либо косвенно, в форме тепла, получаемого от дождя или из воздуха. Грунт имеет свойство сохранять тепло в течение длительного времени, что ведет к относительно равномерному уровню температуры источника тепла на протяжении всего года, это обеспечивает эксплуатацию теплового насоса с высоким коэффициентом мощности (рис. 26).

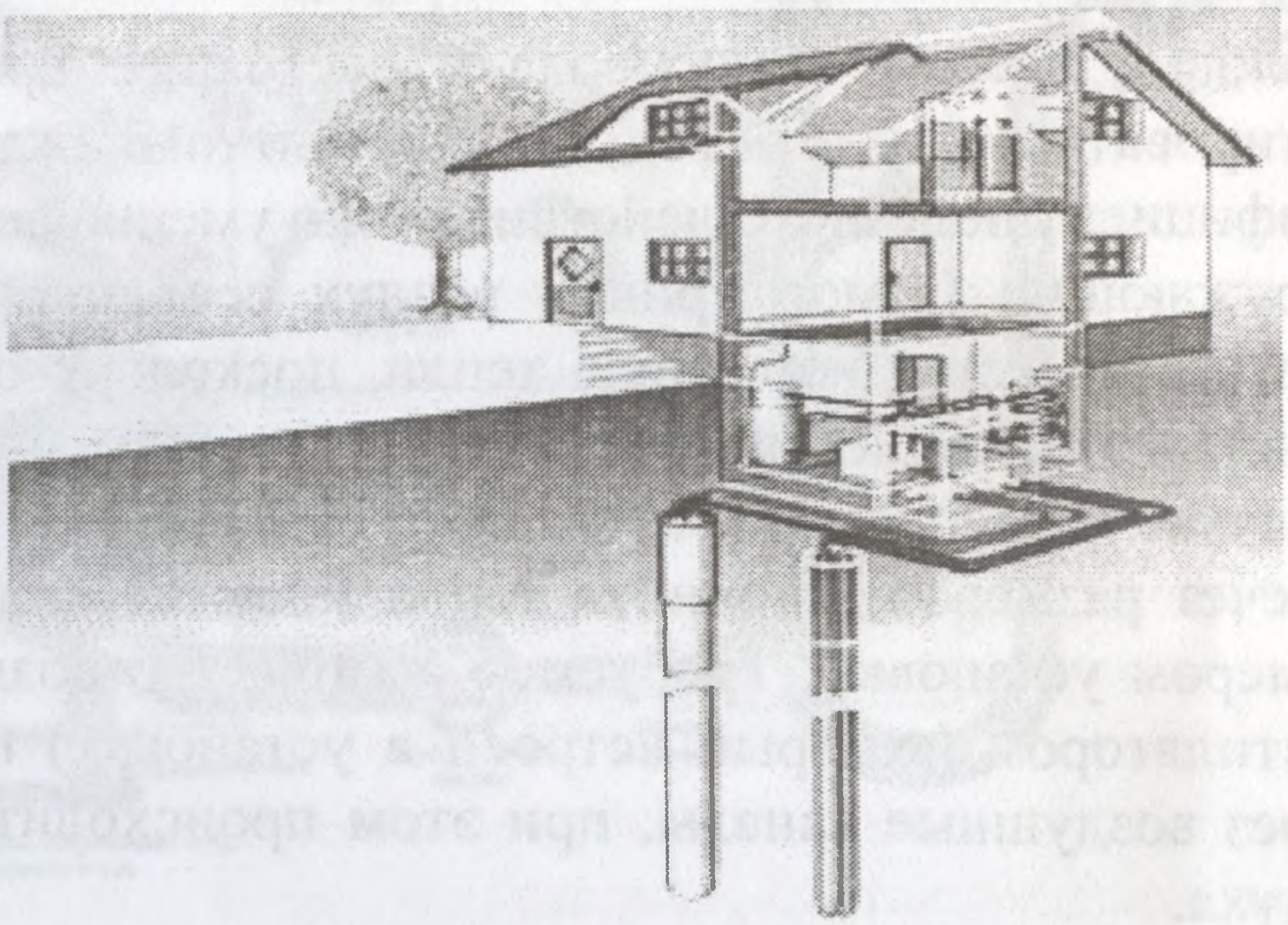


Рис.26. Грунтовый тепловой насос.

Аккумулированное грунтом тепло передается вместе со смесью из воды и антифриза, точка замерзания которой должна находиться примерно на уровне –15°С, через горизонтально проложенные грунтовые теплообменники или через вертикально расположенные грунтовые зонды.

Источник тепла – грунтовые воды

Грунтовые воды – хороший аккумулятор солнечного тепла. Температура грунтовых вод составляет от +7 до +12°С даже

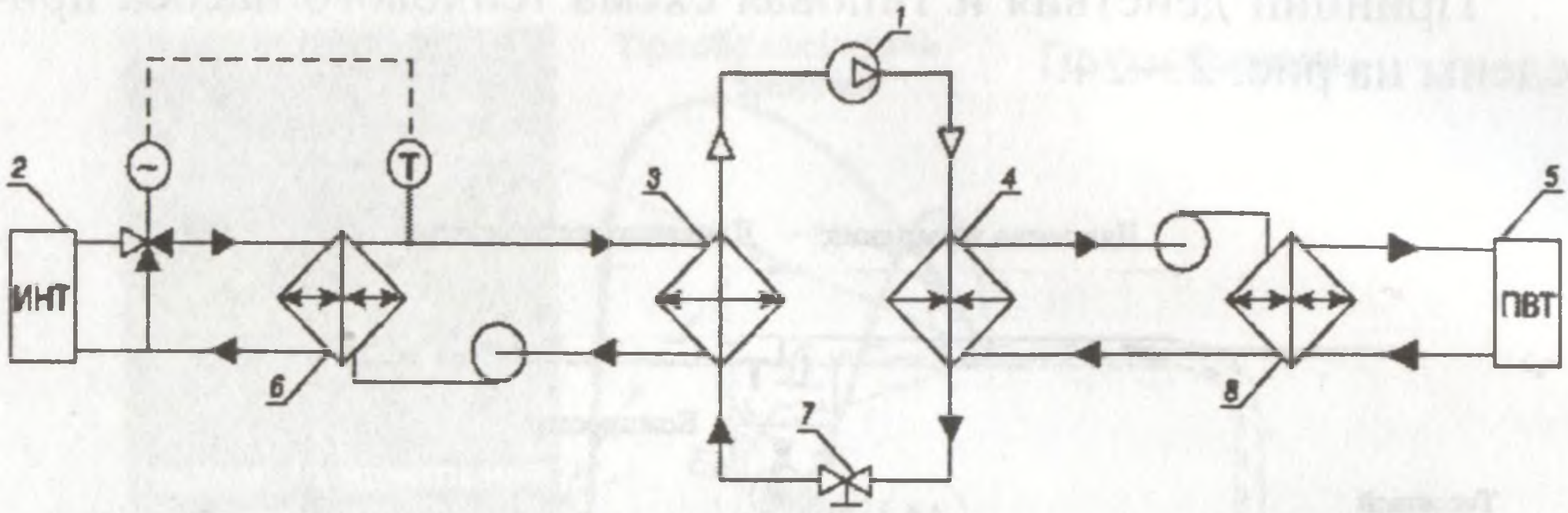


Рис. 24. Гидравлическая схема теплового насоса:
1 – компрессор;2 – источник теплоты низкого уровня (ИНТ);
3 – испаритель теплового насоса; 4 – конденсатор теплового насоса; 5 – потребитель теплоты высокого уровня (ПВТ);
6 – низкотемпературный теплообменник; 7 – регулятор потока хладагента; 8 – высокотемпературный теплообменник.

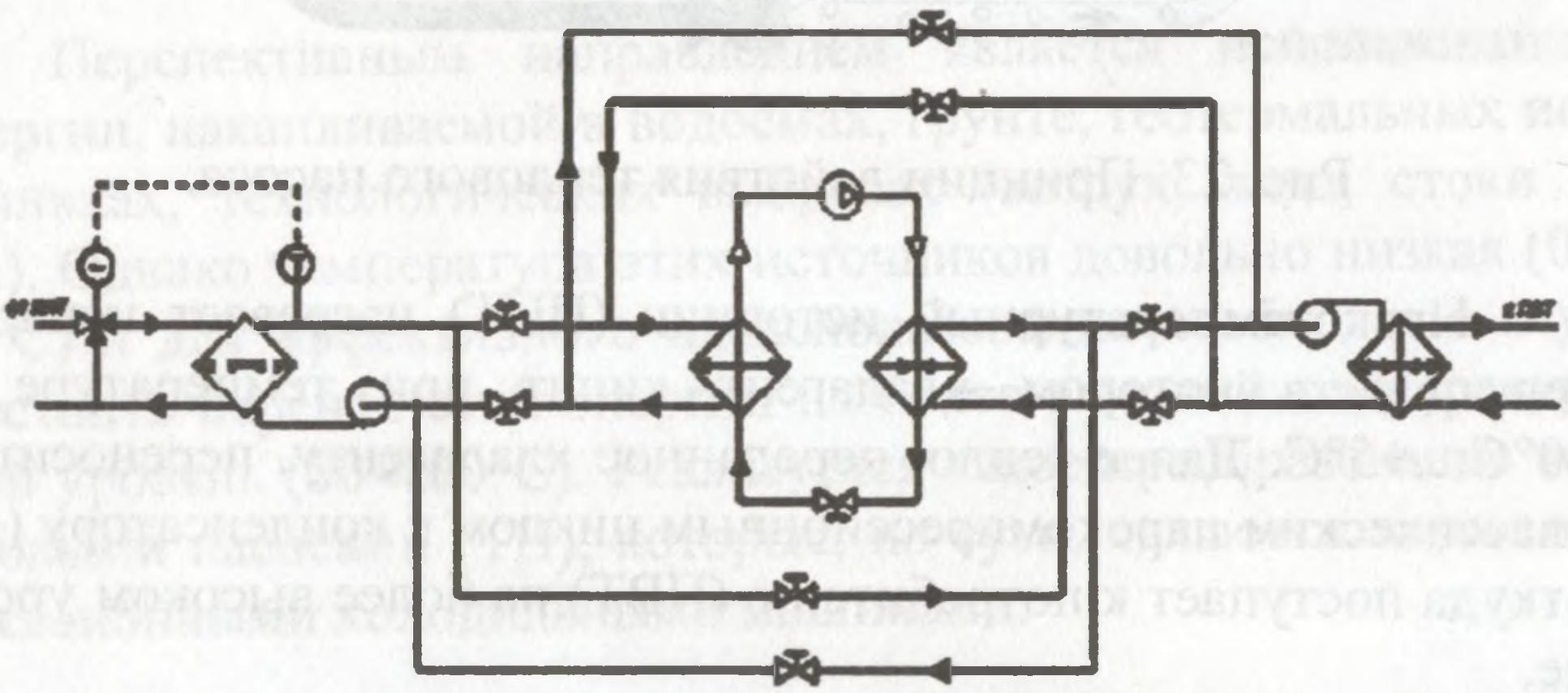


Рис.25. Схема теплового насоса с обратимым гидравлическим циклом.

В случае, когда обратимость цикла осуществляется изменением направления хладагента, используют термин «тепловой насос, работающий в обратимом холодильном цикле» (аппараты «зима–лето»).

Различают следующие тепловые насосы: воздух–воздух, воздух–вода, вода–воздух, вода–вода, грунт–воздух, грунт–вода, где первым указывается источник тепла.

Источник тепла – грунт

Грунт аккумулирует солнечную энергию или тепло Земли. Эта энергия воспринимается грунтом либо непосредственно в форме солнечной радиации, либо косвенно, в форме тепла, получаемого от дождя или из воздуха. Грунт имеет свойство сохранять тепло в течение длительного времени, что ведет к относительно равномерному уровню температуры источника тепла на протяжении всего года, это обеспечивает эксплуатацию теплового насоса с высоким коэффициентом мощности (рис. 26).

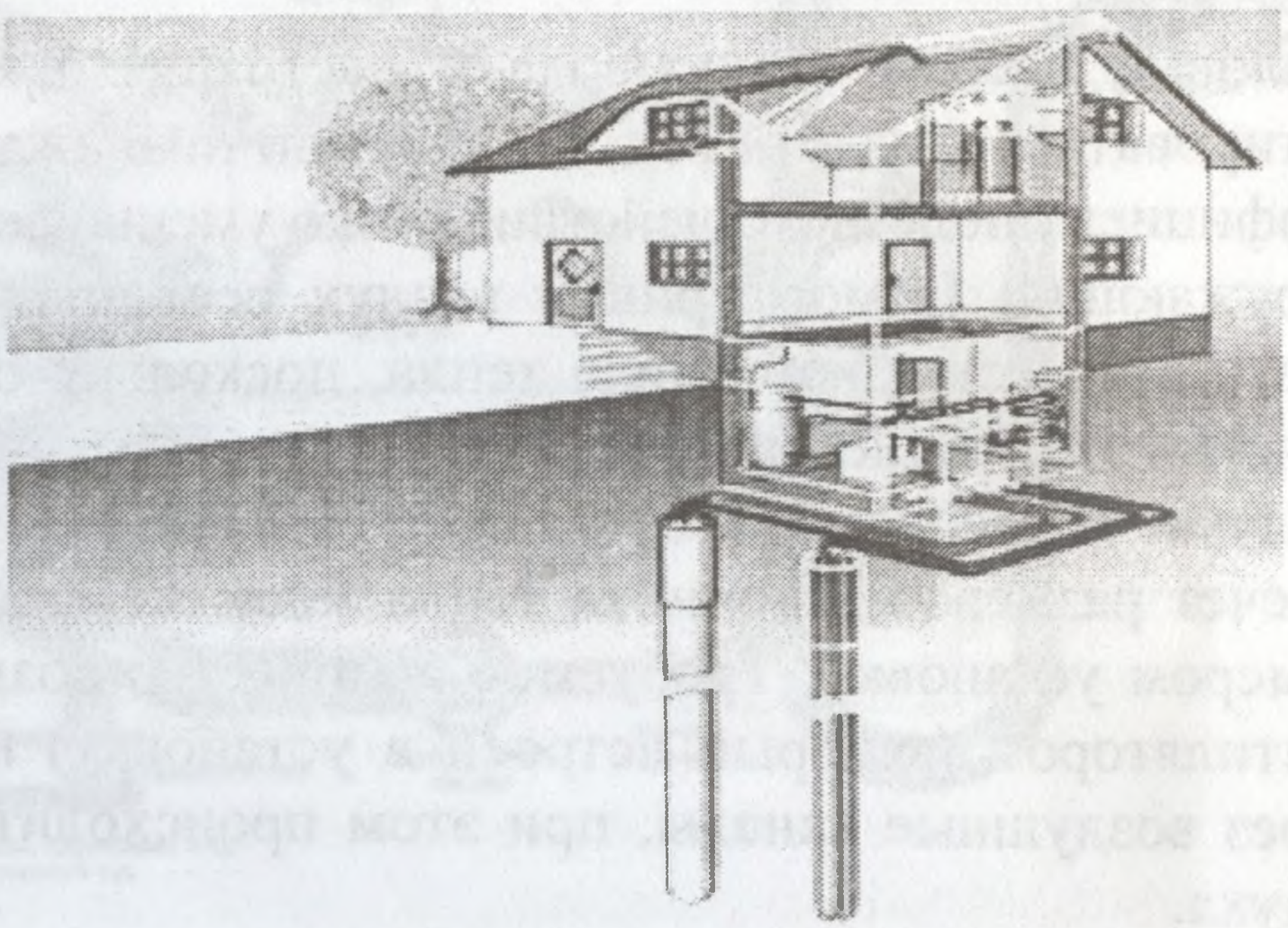


Рис.26. Грунтовый тепловой насос.

Аккумулированное грунтом тепло передается вместе со смесью из воды и антифриза, точка замерзания которой должна находиться примерно на уровне –15°С, через горизонтально проложенные грунтовые теплообменники или через вертикально расположенные грунтовые зонды.

Источник тепла – грунтовые воды

Грунтовые воды – хороший аккумулятор солнечного тепла. Температура грунтовых вод составляет от +7 до +12°С даже

в самые холодные дни. Грунтовые воды выбираются из колодца добычи и поступают в испаритель теплового насоса, который забирает тепло из воды. Вода, охлажденная до температуры +5°С, возвращается в поглотительный колодец. По причине неизменного температурного уровня источника тепла, коэффициент мощности теплового насоса остается высоким в течение всего года. Главное, чтобы качество воды соответствовало требованиям. Расстояние между этими колодцами должно составлять 10-15 метров.

Источник тепла – воздух

Тепловые насосы воздух/вода в настоящее время могут эксплуатироваться круглый год, однако при низких температурах коэффициент полезного действия резко уменьшается.

Окружающий (атмосферный) воздух особенно легко использовать в качестве источника тепла, поскольку он имеется везде и в неограниченном количестве.

В случае насосов, использующих тепло окружающего воздуха, расчет размеров источника тепла задается конструкцией или размером установки. Требуемое количество воздуха подается вентилятором (который встроен в установку) на испаритель через воздушные каналы, при этом происходит охлаждение воздуха.

Принцип работы теплового насоса на геотермальном тепле

Геотермальный тепловой насос по принципу работы похож на обычный, но имеет расширенные функции. В отличие от обычных, геотермальный тепловой насос адаптирован для работы при любых погодных условиях и минусовых температурах.

Принцип отопления геотермальным тепловым насосом основан на сборе тепла из природы, окружающей здание, и выбросе собранного тепла в систему отопления (или горячего водоснабжения) здания (рис. 27).

Для сбора тепла незамерзающая жидкость течет по трубе, расположенной в почве или водоеме возле здания, к тепловому насосу. Тепловой насос отбирает тепло и, соответственно, охлаждает жидкость приблизительно на 5°С. Отобранные тепловым насосом градусы отдаются системе отопления и/или на подогрев горячей воды. Жидкость снова течет по трубе в наружном грунте или воде, восстанавливает свою температуру, и снова поступает к тепловому насосу.

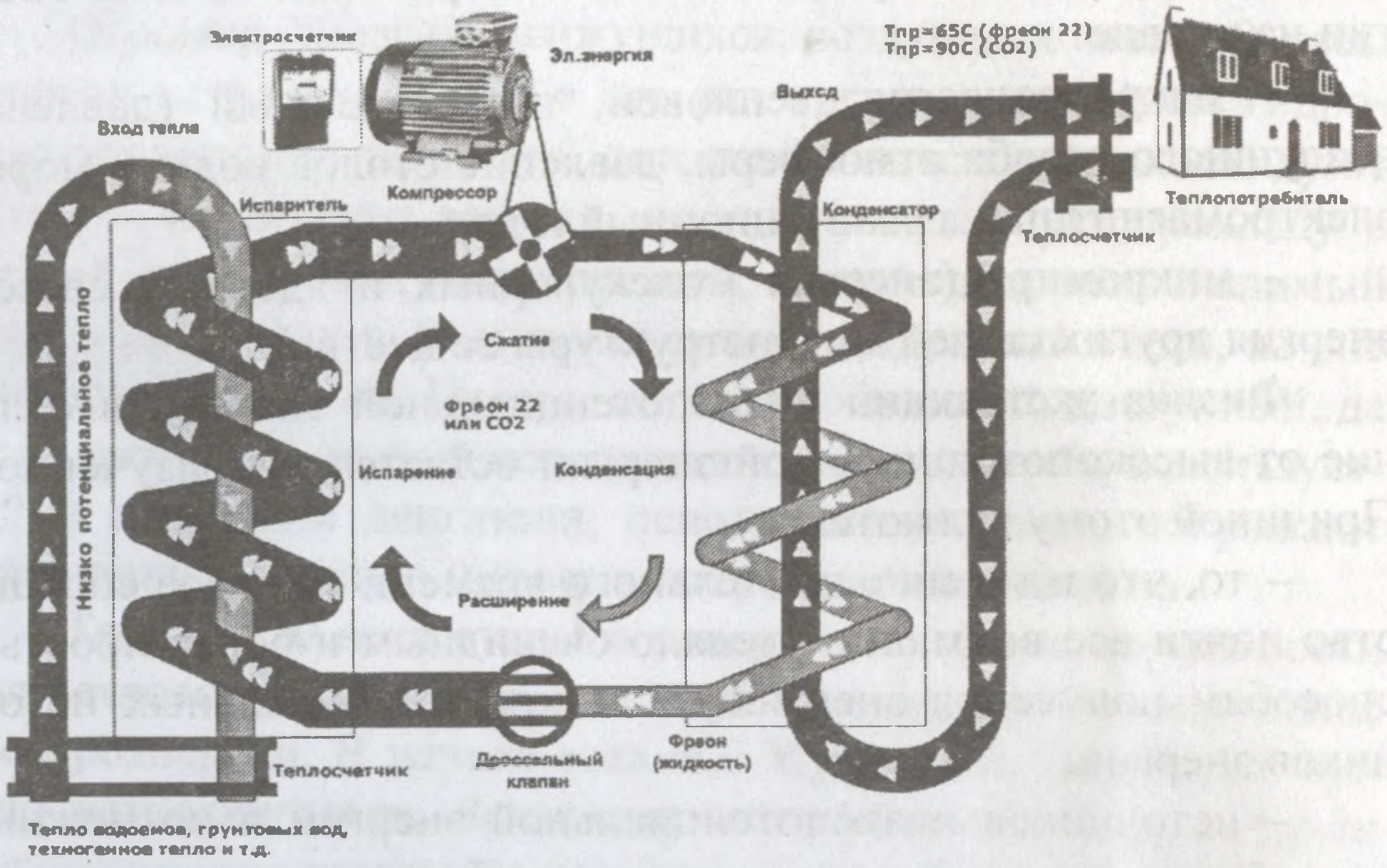


Рис.27. Принципиальная схема работы теплового насоса.

Тепловая энергия есть у любого предмета с температурой выше – 273°С – так называемого «абсолютного ноля». То есть тепловой насос может отобрать тепло у любого предмета – земли, водоема, льда, подземной скалы, плывуна и т.д.

Очевидно, что тепловой насос одновременно может выполнять вытекающие функции – греть воду для горячего бытового водоснабжения, кондиционировать через фанкойлы, греть бассейн, охлаждать например ледовый каток, подогревать крыши и дорожки от наледи, т.д.

Один комплект оборудования может выполнить все функции по тепло–холодоснабжению здания.

Особенности

Процессы с низким потенциалом окружающей энергии на фоне процессов с высоким потенциалом остаются до настоящего времени малоиспользуемыми. В тоже время, низкопотенциальная окружающая среда имеет неисчерпаемые запасы энергии на уровне:

– макропроцессов: тепловой, потенциальный (давление воздушного столба атмосферы, давление столба воды в море), электромагнитный, гравитационный и др.;

– микромира (энергия молекулярных и ядерных связей, энергия других связей микроструктуры вещества).

Физика экстракции низкопотенциальной энергии в отличие от высокопотенциальной энергии остается малоизученной. Причиной этому являются:

– то, что в течение длительного времени мировое сообщество почти все внимание уделяло очевидным и более простым способам получения энергии от высокопотенциальных источников энергии;

– источников низкопотенциальной энергии и возможных способов экстракции энергии оказалось большое количество;

– физика экстракции низкопотенциальной энергии оказалась запредельно сложной и в ряде случаев современная наука не располагает полными знаниями для объяснения ряда эффектов;

– почти не разработаны общие принципы экстракции низкопотенциальной энергии;

– до настоящего времени в этой области пытаются вести исследования и изобретать устройства люди, не имеющие обычных и специальных высокопрофессиональных знаний; в результате этого рождается множество сенсационных заявлений о создании «вечных двигателей» и т.п.; это дискредитирует

исследования по экстракции низкопотенциальных источников энергии.

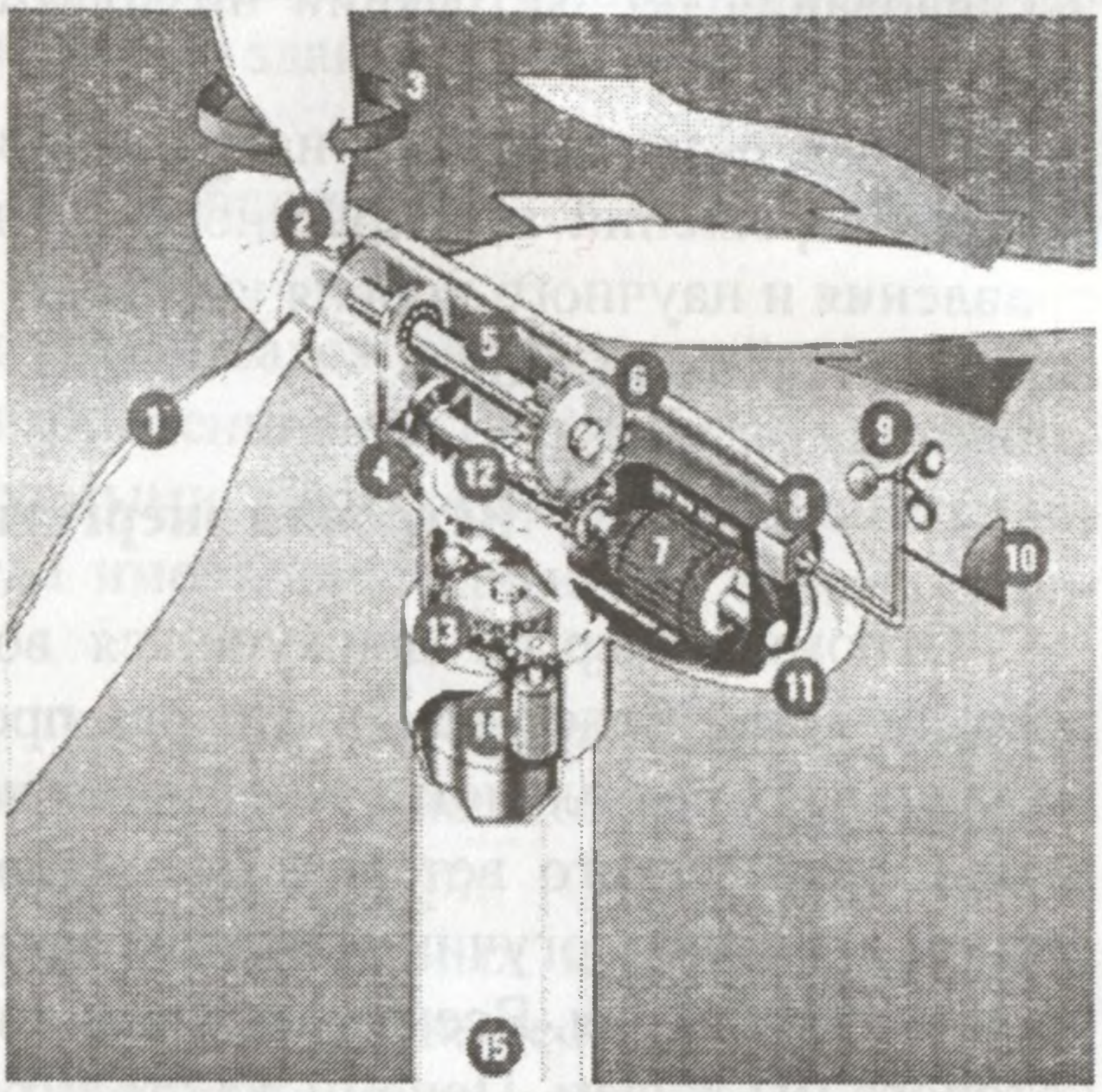
Успех развития этого направления энергетики зависит от принятия решений по серьезному финансированию этого направления и научного уровня ученых и конструкторов, которые занимаются этой работой.

Ветровая энергетика

Огромна энергия движущихся воздушных масс. Запасы энергии ветра более чем в сто раз превышают запасы гидроэнергии всех рек планеты. Постоянно и повсюду на земле дуют ветры – от легкого ветерка, несущего желанную прохладу в летний зной, до могучих ураганов, приносящих неисчислимый урон и разрушения. Всегда неспокоен воздушный океан, на дне которого мы живем. Почему же столь обильный, доступный, да и экологически чистый источник энергии так слабо используется? В наши дни двигатели, использующие ветер, покрывают всего одну тысячную мировых потребностей в энергии.

Техника 20 века открыла совершенно новые возможности для ветроэнергетики, задача которой стала другой – получение электроэнергии. В начале века Н.Е.Жуковский разработал теорию ветродвигателя, на основе которой могли быть созданы высокопроизводительные установки, способные получать энергию от самого слабого ветерка. Появилось множество проектов ветроагрегатов, несравненно более совершенных, чем старые ветряные мельницы. В новых проектах используются достижения многих отраслей знания.

В наши дни к созданию конструкций ветроколеса – сердца любой ветроэнергетической установки привлекаются специалисты–самолетостроители, умеющие выбрать наиболее целесообразный профиль лопасти, исследовать его в аэродинамической трубе. Усилиями ученых и инженеров созданы самые разнообразные конструкции современных ветровых установок.



1. Лопасти турбины.
2. Ротор.
3. Направление вращения лопастей.
4. Демпфер.
5. Ведущая ось.
6. Механизм вращения лопастей.
7. Электрогенератор.
8. Контроллер вращения.
9. Анемоскоп и датчик ветра.
10. Хвостовик анемоскопа.
11. Гондола.
12. Ось электрогенератора.
13. Механизм вращения турбины.
14. Двигатель поворота.
15. Мачта.

Рис. 28. Устройство ветрогенератора.

Энергия ветра – это косвенная форма солнечной энергии, являющаяся следствием разности температур в атмосфере земли. В 80–е гг. стоимость 1 кВт.ч ветровой энергии была снижена на 70%, что делает ее конкурентоспособной по отношению к энергии, получаемой на новых тепловых электростанциях, сжигающих уголь. Специалисты уверены, что ветровые турбины скоро будут усовершенствованы и станут эффективными. Ветроэнергия при скоростях более 5 м/сек используется для выработки электроэнергии (рис. 28).

Принцип работы ветрогенератора

Ветроколесо крыльчатого ветродвигателя работает за счет подъемной силы *R*, возникающей на крыле при попадании на него воздушного потока (рис. 29).

Эта сила аналогична силе, возникающей на крыле самолета при движении его в воздухе под действием винта, вращаемого мотором. Силу *R* можно разложить на две: силу *Ру* перпендикулярную потоку, другую – *Рх* по потоку. Силу *Ру*, направленную вверх, называют подъемной силой, а силу *Рх* направленную по потоку, называют силой сопротивления. Подъемная сила *Ру* несет полезную работу, сила же *Рх* никакой полезной работы не дает, а наоборот, вызывает потери энергии воздушного потока. Поэтому необходимо стремиться получить такое крыло, которое в работе могло бы давать возможно большую подъемную силу *Ру* и минимальную силу сопротивления *Рх*. Это соотношение между *Ру* и *Рх* будет зависеть от формы крыла и угла наклона α его поверхности к потоку.

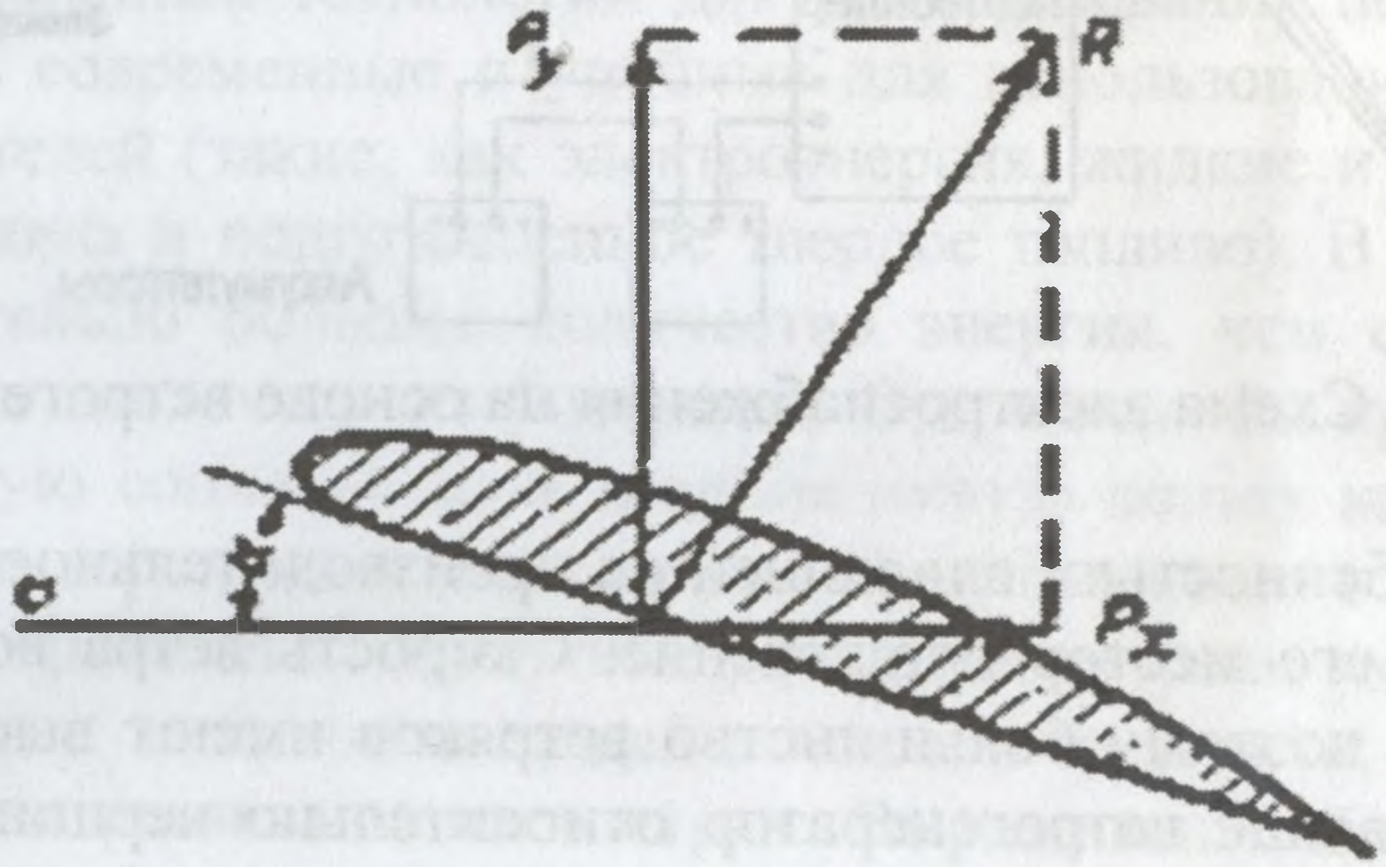


Рис.29. Подъемная сила на крыле.

Ветрогенераторы современных конструкций позволяют экономически эффективно использовать энергию ветра. С помощью ветрогенераторов сегодня можно не только поставлять электроэнергию в «сеть» (рис. 30), но и решать задачи электро-

снабжения локальных или островных объектов большой мощности.

Устройство автоматического ввода резерва (АВР) позволяет переключить питание объекта при отсутствии ветра и полном разряде аккумуляторов на электросеть. Эта же схема может использоваться и наоборот – ветрогенератор, как резервный источник питания. В этом случае АВР переключает питание на аккумуляторные батареи ветрогенератора при потере питания от электросети.

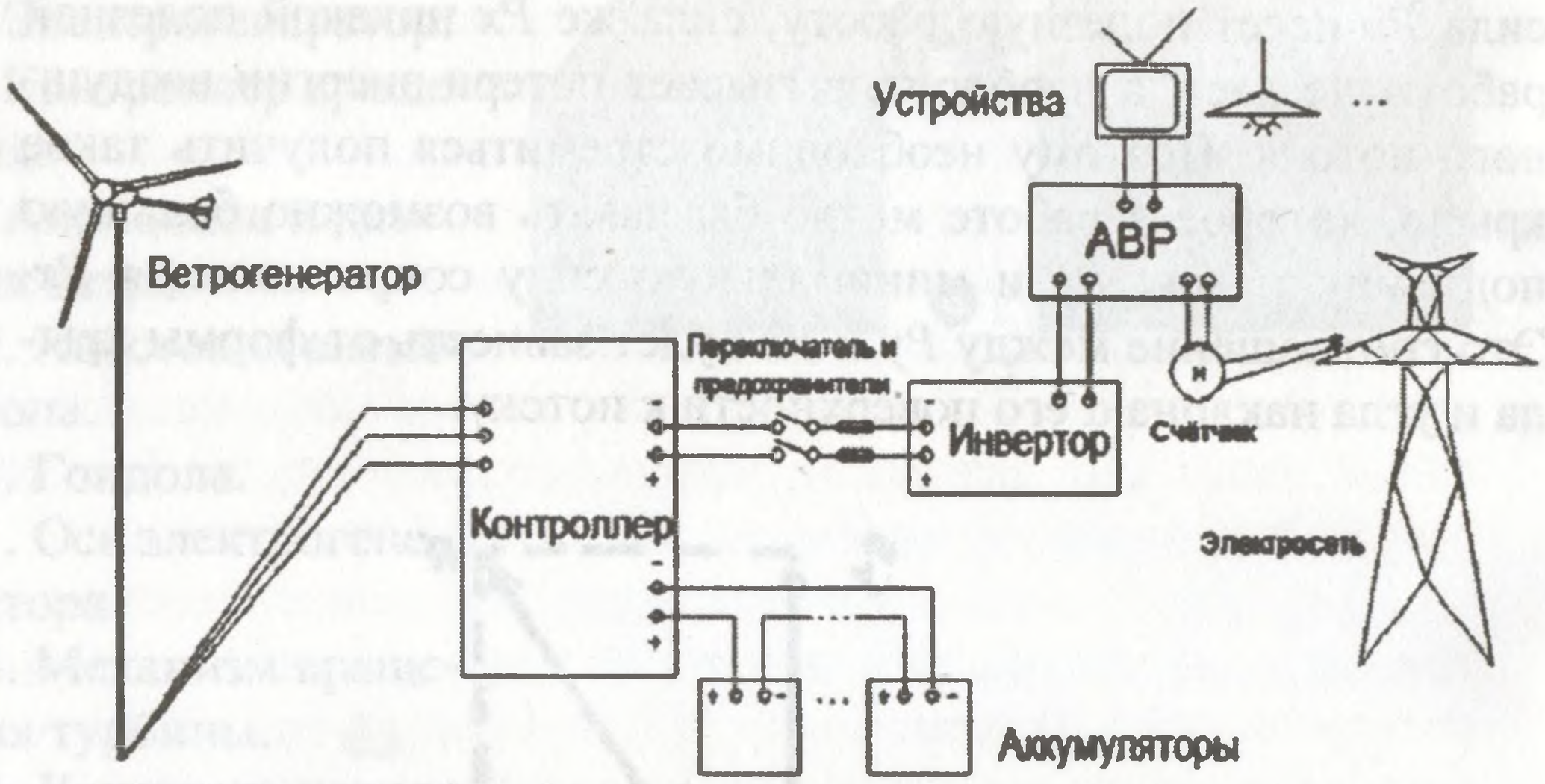


Рис. 30. Схема электроснабжения на основе ветрогенератора.

Особенностью, влияющей на производительность ветряка, является его месторасположение. Скорость ветра возрастает с высотой, поэтому большинство ветряков имеют высокие башни. Чем выше ветрогенератор относительно вершин соседних препятствий, тем меньше они заслоняют ветер. Однако, в некоторых случаях, влияние препятствий может ощущаться на расстоянии от земли, в пять раз превышающем их высоту. Если препятствие выше всего лишь на половину высоты ветряка, то определить его влияние трудно из–за сложной геометрии взаимодействия с ветром. Ограничения по пределу прочности некоторых материалов, используемых в конструкции башни, огра-

ничили высоту большинства башен (приблизительно до 30 м). На ветростанциях ветряки устанавливаются на расстоянии, равном от 5 до 15 диаметров лопастей турбины. Это необходимо для того, чтобы избежать взаимного влияния турбулентности, возникающей на лопастях соседних ветряков.

Энергия биомассы

Первичная биомасса является продуктом преобразования энергии солнечного излучения при фотосинтезе. Коэффициент полезного действия (КПД) фотосинтеза весьма низок (2–5%). В зависимости от свойств образованного в процессе фотосинтеза «органического сырья» возможны различные технологии его энергетического использования.

Существует огромный потенциал биомассы, который может быть задействован в случае улучшения использования существующих ресурсов и увеличения продуктивности растений. Биоэнергетика может быть модернизирована путем использования современных технологий для преобразования исходной биомассы в современные и удобные для использования виды энергоносителей (такие, как электроэнергия, жидкие и газообразные топлива и подготовленное твердое топливо). В результате значительно большее количество энергии, чем сегодня, могло быть извлечено из биомассы. Это могло бы принести существенную социальную и экономическую пользу как сельскому, так и городскому населению. Существующее в настоящее время ограничение доступа к удобным ресурсам ухудшает уровень жизни миллионов людей в мире, в частности, в сельских районах развивающихся стран. Выращивание биомассы представляет собой сельскохозяйственный процесс, требующий больших трудовых затрат. В случае его развития могут быть созданы многочисленные рабочие места в сельскохозяйственных районах и ограничена миграция сельского населения в города. В то же время, выращивание биомассы может обеспечить развивающуюся в сельских районах промышленность удобным энергоносителем.

Биомасса растительного происхождения обычно содержит поглощенную и конденсированную влагу, различные типы органических и некоторые неорганические соединения. Состав биомассы зависит от ее происхождения (рис. 31).

Для растительной ткани характерно наличие в стенках клеток клетчатки, или целлюлозы, а также больших полостей (вакуолей). Протоплазма живых клеток, например, зеленой листвы, содержит некоторые протеины и значительное количество воды. Влага снижает эффективность и транспортабельность топлива.

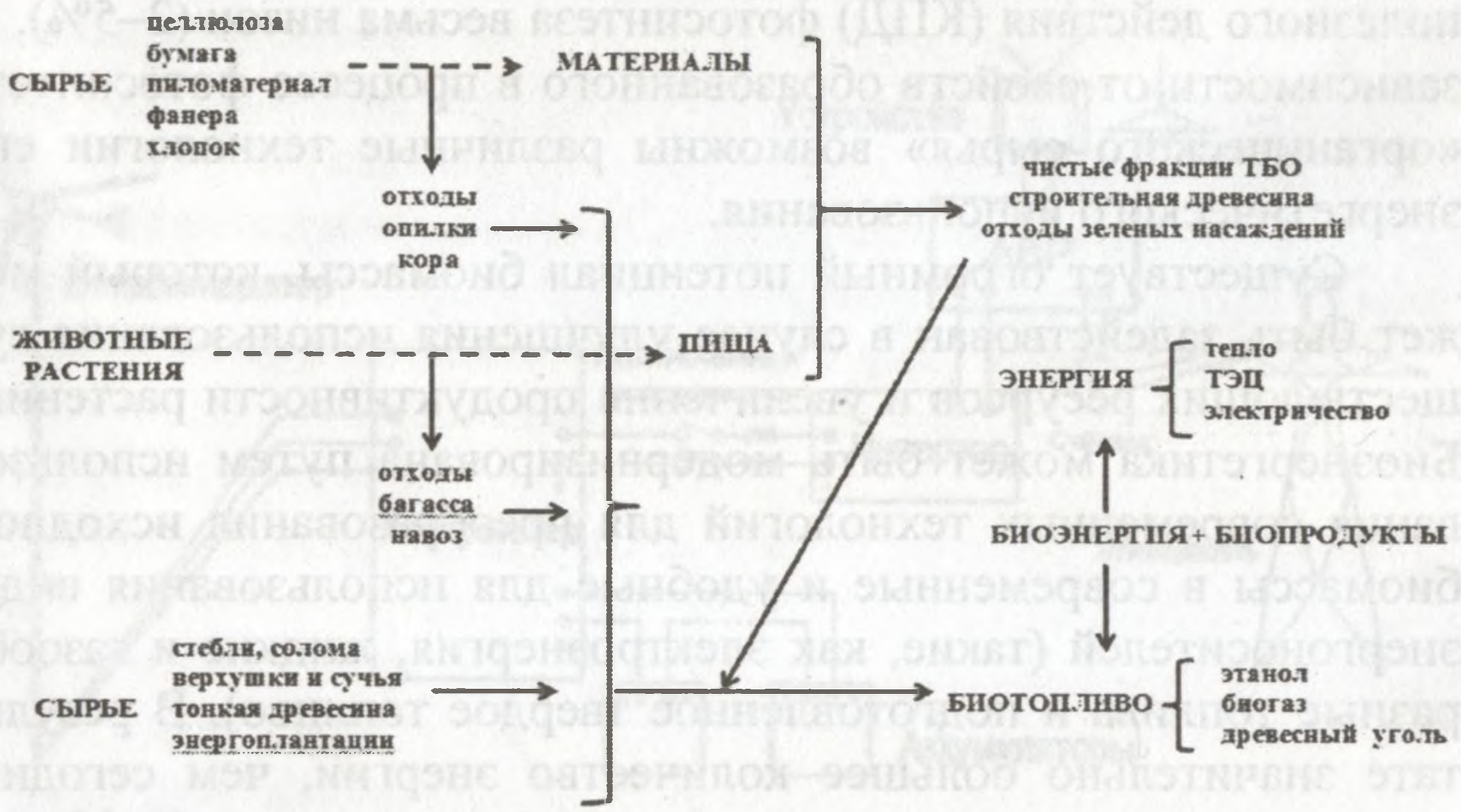


Рис.31. Получение энергии из биомассы.

Химический состав биомассы (рис. 32) может различаться в зависимости от ее вида. Обычно растения состоят из 25% лигнина и 75% углеводов и/или сахаридов. Углеводородная фракция состоит из множества молекул сахаридов, соединенных между собой в длинные полимерные цепи. К наиболее важным категориям углеводородов можно отнести целлюлозу.

Лигниновая фракция состоит из молекул несахаридного типа. Природа использует длинные полимерные молекулы целлюлозы для образования тканей, обеспечивающих прочность растений.

Рис.32. Химический состав биомассы (без учета воды).

Лигнин представляет собой «клей», который связывает молекулы целлюлозы между собой. Для использования сухой биомассы наиболее эффективны термохимические технологии (прямое сжигание, газификация, пиролиз и т.п.). Для влажной биомассы – биохимические технологии переработки с получением биогаза (анаэробное разложение органического сырья) или жидкого биотоплива (процессы сбраживания).

Сжигание биомассы

Технология прямого сжигания представляет собой наиболее очевидный способ извлечения энергии из биомассы. Она проста, хорошо изучена и доступна. Существует множество типов и размеров систем прямого сжигания, в которых можно сжигать различные виды топлива: помет животных, соломенные тюки, дрова, муниципальные отходы, старые автомобильные шины и пр. Тепло, получаемое при сжигании биомассы, может использоваться для отопления и горячего водоснабжения, для производства электроэнергии и в промышленных процессах. Одной из проблем, связанных с непосредственным сжи-

ганием, является его низкая эффективность. В случае использования открытого пламени большая часть тепла теряется.

Например, сжигание древесины может быть разбито на несколько фаз.

Кипение воды, содержащейся в древесине. Даже древесина, высушенная в течение нескольких лет, содержит от 15 до 20% воды в клеточной структуре. При горении осуществляется выделение газовой (летучей) составляющей. Очень важно, чтобы эти газы сгорали, а не «вылетали в трубу».

Выделяющиеся газы смешиваются с атмосферным воздухом и сгорают под воздействием высокой температуры.

При хорошем сжигании энергия выделяется полностью. Единственным остатком является небольшое количество золы.

Для эффективного сжигания необходимы три условия:

– достаточно высокая температура;

– достаточное количество воздуха;

– достаточное время для полного сгорания.

Если количество поступающего воздуха недостаточно, сгорание происходит не полностью. При этом образуется черный дым, состоящий из несгоревшего углерода, а в результате образуются отложения сажи в дымоходе. Если количество поступающего воздуха слишком велико, то температура в зоне горения снижается и газы покидают ее несгоревшими, унося тепло. Соответствующее количество воздуха приводит к оптимальному использованию топлива. Регулирование количества воздуха зависит от конструкции дымохода и тяги, которую он может обеспечить.

Прямое сжигание является простейшим и наиболее распространенным методом получения энергии, содержащейся в биомассе.

Пиролиз

Пиролиз представляет собой простейший и, по–видимому, самый старый способ преобразования одного вида топлива в другой с лучшими показателями. Разные виды высокоэнергети-

ческого топлива могут быть получены с помощью нагрева сухой древесины и даже соломы. Процесс использовался в течение столетий для получения древесного угля. Традиционный пиролиз заключается в нагреве исходного материала (который часто превращается в порошок или измельчается перед помещением в реактор) в условиях почти полного отсутствия воздуха, обычно до температуры 300 – 500°C до полного удаления летучей фракции. Остаток, известный под названием древесный уголь, имеет двойную энергетическую плотность по сравнению с исходным материалом и сгорает при значительно более высоких температурах. В зависимости от влажности и эффективности процесса, для производства 1 тонны древесного угля требуется 4–10 тонн древесины. В случае если летучие вещества не собираются, древесный уголь содержит две трети энергии исходного сырья.

Пиролиз может проводиться в присутствии малого количества кислорода (газификация), воды (паровая газификация) и водорода (гидрогенизация). Одним из наиболее полезных продуктов в этом случае является метан, представляющий собой топливо для производства электроэнергии с помощью газовых турбин.

Газификация

Базовые принципы газификации изучаются и развиваются с начала девятнадцатого века. Во время Второй мировой войны около миллиона автомобилей приводились в движение с помощью газификаторов на биомассе. Интерес к газификации вновь возрос во время энергетического кризиса 70–х годов, а затем упал вместе со снижением цен на нефть в 80–х годах XX века. По оценкам Мирового Банка лишь 1000–3000 газификаторов установлено в мире, преимущественно в Южной Америке для производства древесного угля.

В процессе газификации древесины образуется горючий газ, представляющий собой смесь водорода, угарного газа (монооксида углерода), метана и некоторых негорючих сопутст-

вующих компонентов. Это достигается частичным сжиганием и частичным нагревом биомассы (с использованием тепла ограниченного горения) в присутствии древесного угля (естественного продукта сжигания биомассы). Газ может использоваться вместо бензина. При этом мощность автомобильного двигателя снижается на 40%. Возможно, что в будущем этот вид топлива станет важным источником энергии.

Синтетические топлива

В газификаторах, использующих кислород вместо воздуха, можно получать газ, состоящий преимущественно из H_2, CO и CO_2. Представляет интерес то обстоятельство, что после удаления CO_2 можно получить так называемый синтез–газ, из которого в свою очередь можно синтезировать практически любое углеводородное сырье. В частности, при взаимодействии H_2 и CO получается чистый метан. Другим возможным продуктом является метанол – жидкий углеводород с теплотворной способностью 23 ГДж/т. Производство метанола требует организации сложного химического процесса с высокими температурами и давлением и дорогого оборудования. Несмотря на это, интерес к производству метанола объясняется тем, что он представляет собой ценный продукт – жидкое топливо, способное непосредственно заменить бензин. В настоящее время производство метанола с использованием синтез–газа не является коммерческим.

Анаэробное сбраживание

Природа обладает средством разрушения и удаления отходов, а также мертвых растений и животных. Работу по разрушению производят бактерии. Навоз и компост, использующиеся в качестве удобрения, также получаются в процессе декомпозиции органических материалов. Если части отмирающих растений и животных попадают в воду, то впоследствии на поверхности воды можно заметить пузырьки, поднимающиеся со

дна. Газ, содержащийся в пузырьках, способен возгораться. Этот загадочный феномен известен человеку многие века. Секрет был раскрыт учеными около 200 лет тому назад. Процесс представляет собой разложение органики в отсутствии воздуха (кислорода). Газ, образование которого обычно отмечалось на болотах, был назван и до сих пор называется болотным газом. Этот газ, также называемый биогазом, представляет собой смесь метана (CH_4) и двуокиси углерода (CO_2). Впервые биогаз был исследован и описан Александро Вольта (Alessandro Volta) в 1776 году. Хемфри Деви (Humphery Davy) впервые в начале 1800 года показал, что горючий газ метан содержится в навозе. В дальнейшем были развиты биогазовые технологии, позволяющие получить биогаз из любых биодеградирующих материалов в искусственно созданных условиях.

Анаэробное сбраживание реализуется при отсутствии воздуха. В этом случае, процесс происходит под воздействием бактерий, а не высоких температур, как при пиролизе. Это процесс, происходящий практически во всех биологических материалах и ускоряющийся в теплых и влажных условиях (естественно, при отсутствии воздуха). Часто он имеет место при разложении растений на дне водоемов.

Анаэробное сбраживание также происходит в условиях, создаваемых в процессе человеческой деятельности. Например, биогаз образуется в местах концентрации сточных вод, навозных стоков ферм, а также твердых бытовых отходов на свалках и полигонах. В обоих случаях биогаз представляет собой смесь, преимущественно состоящую из метана и двуокиси углерода. Основные отличия заключаются в природе исходного материала, масштабах и темпе образования биогаза, приводящие к весьма отличающимся технологиям для этих источников.

Химия процесса образования биогаза достаточно сложна. Сложная популяция бактерий разлагает органические материалы в сахара, а затем в различные вещества, из которых в свою очередь получается биогаз. При этом остается инертный остаток, состав которого зависит от типа установки и исходного

сырья. Этот остаток как правило является неплохим удобрением для сельского хозяйства.

Биогаз

Биогаз представляет собой ценное топливо. Для его производства во многих странах строятся специальные резервуары – метантанки, которые наполняются навозными стоками. Метантанки варьируются в размерах от одного кубического метра (в индивидуальных хозяйствах) до тысяч кубометров, используемых в больших коммерческих установках. Загрузка может быть постоянной или порционной, а процесс сбраживания может занимать от десяти дней до нескольких недель. В процессе деятельности бактерий образуется тепло, однако в условиях холодного климата необходим подвод дополнительного тепла для поддержания оптимальной температуры (по крайней мере, 35° С). Источником тепла может быть биогаз. В предельном случае весь газ может быть использован для нагрева. Хотя в этом случае выход энергии в процессе будет нулевым, все равно его существование будет оправдано экономией ископаемого топлива, необходимого для переработки отходов.

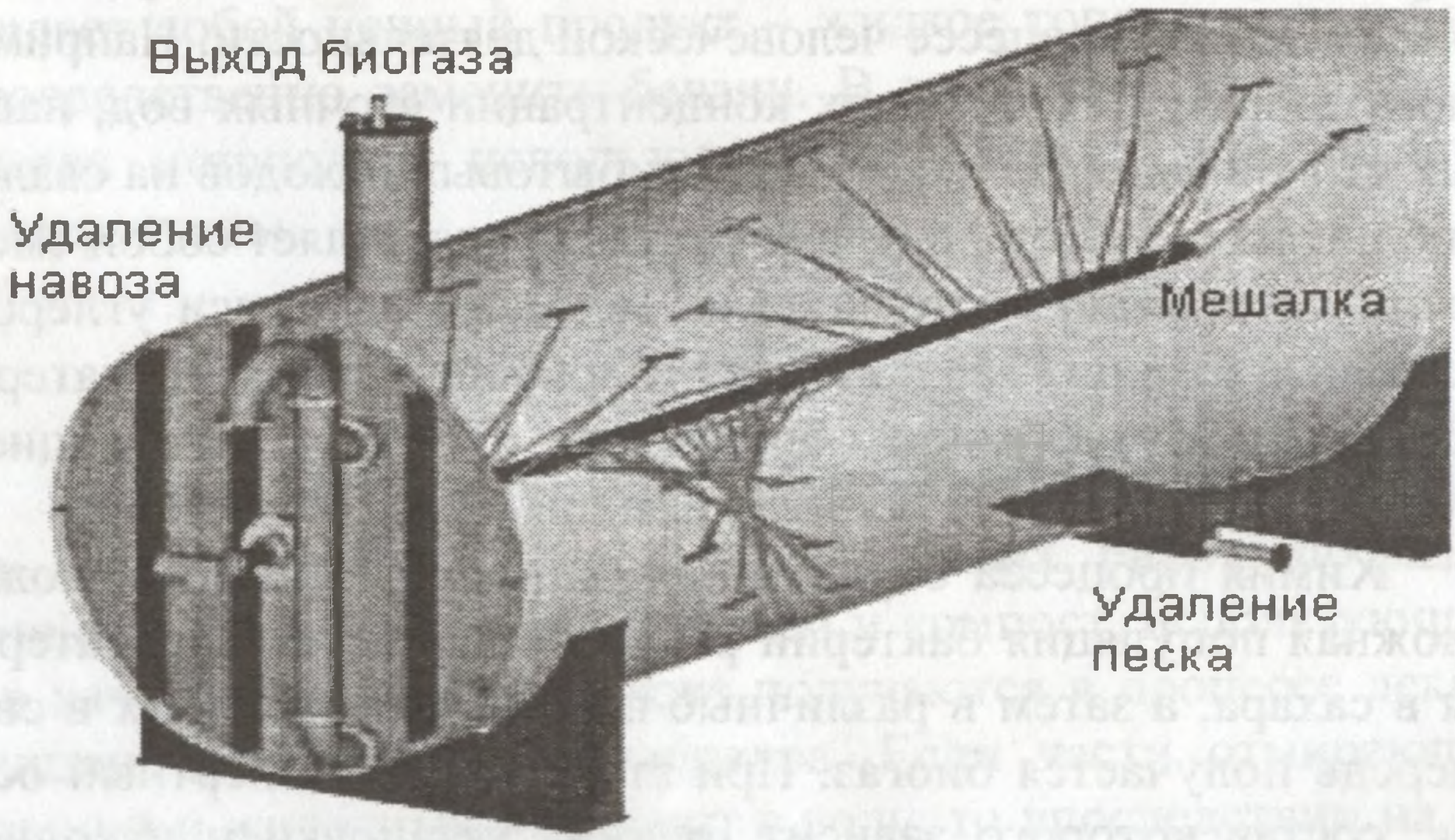


Рис.33. Биогазовая установка.

Хорошие биогазовые установки (рис. 33) могут производить 200–400 $м^3$ биогаза с содержанием метана от 50 до 75% из каждой тонны сухого органического вещества.

Биогаз полигонов твердых бытовых отходов (свалочный газ)

Большая часть городских отходов – твердых бытовых отходов (ТБО) – представляет собой биологические материалы, а их вывоз на полигоны – свалки создает пригодные условия для анаэробного сбраживания. То, что полигоны и свалки ТБО генерируют метан, известно в течение десятилетий. Потенциальная опасность метана заставляла в некоторых случаях строить системы для принудительного сжигания метана. Только в 70–х годах 20 века серьезное внимание уделено идее полезного использования этого «нежелательного» продукта.

ТБО имеют более сложный состав, чем сырье в биогазовых установках. Сбраживание происходит медленнее, обычно в течение нескольких лет, а не недель. Конечный продукт, известный под названием «свалочный газ», также представляет собой смесь преимущественно CH_4 и CO_2. Теоретически выход газа в течение «жизни» полигона может составить 150–300 $м^3$ на тонну ТБО при концентрации метана от 50 до 60 объемных процентов. Это соответствует 5–6 ГДж энергии на тонну ТБО. На практике выход биогаза меньше.

Преимуществами использования биомассы является: широкое распространение и возобновление; она может генерировать энергию, используя отходы.

Недостатки: сжигание биомассы может создавать загрязнение воздуха; производство биоэнергии может быть нерентабельно.

Солнечная энергетика

К настоящему времени основными способами использования солнечной энергии являются преобразование ее в тепловую и электрическую.

Солнечные коллекторы (СК) являются техническими устройствами, предназначенными для прямого преобразования солнечного излучения в тепловую энергию в системах теплоснабжения для нагрева воздуха, воды или других жидкостей. Системы теплоснабжения принято разделять на пассивные и активные. Самыми простыми являются пассивные системы теплоснабжения, которые для сбора и распределения солнечной энергии используют специальным образом сконструированные архитектурные или строительные элементы зданий, сооружений и не требуют дополнительного специального оборудования.

В настоящее время наибольшее распространение получают активные системы теплоснабжения со специально установленным оборудованием для сбора, хранения и распространения энергии солнца, которые по сравнению с пассивными позволяют значительно повысить эффективность использования солнечной энергии, обеспечить большие возможности регулирования тепловой нагрузки и расширить область применения солнечных систем теплоснабжения в целом.

Плоские солнечные коллекторы являются простейшим и наиболее недорогим способом использования солнечной энергии. Плоский солнечный коллектор представляет собой теплоизолированный с тыльной стороны и боков ящик, внутри которого помещена тепловоспринимающая металлическая или пластиковая панель, окрашенная для лучшего поглощения солнечного излучения в темный цвет и закрытая сверху светопрозрачным ограждением (один или два слоя стекла или прозрачного стойкого к воздействию ультрафиолета пластика). Панель является теплообменником, по каналам которого прокачивается нагреваемая вода. Вода направляется в теплоизолированный бак–аккумулятор гидравлически соединенный с солнечным коллектором. За день вода из бака может несколько раз проходить через коллектор, нагреваясь до расчетного уровня температуры, зависящего от соотношения между объемом бака и площадью солнечного коллектора, а также от климатических условий. Циркуляция воды в замкнутом контуре «солнечный коллектор -

-бак – солнечный коллектор» может осуществляться принудительно с помощью небольшого циркуляционного насоса или естественным образом за счет разности гидростатических давлений в столбах холодной и нагретой воды. В последнем случае бак должен располагаться выше верхней отметки солнечного коллектора.

Имеются солнечные установки, осуществляющие прямое преобразование энергии солнечного излучения в электроэнергию с помощью фотопреобразователей.

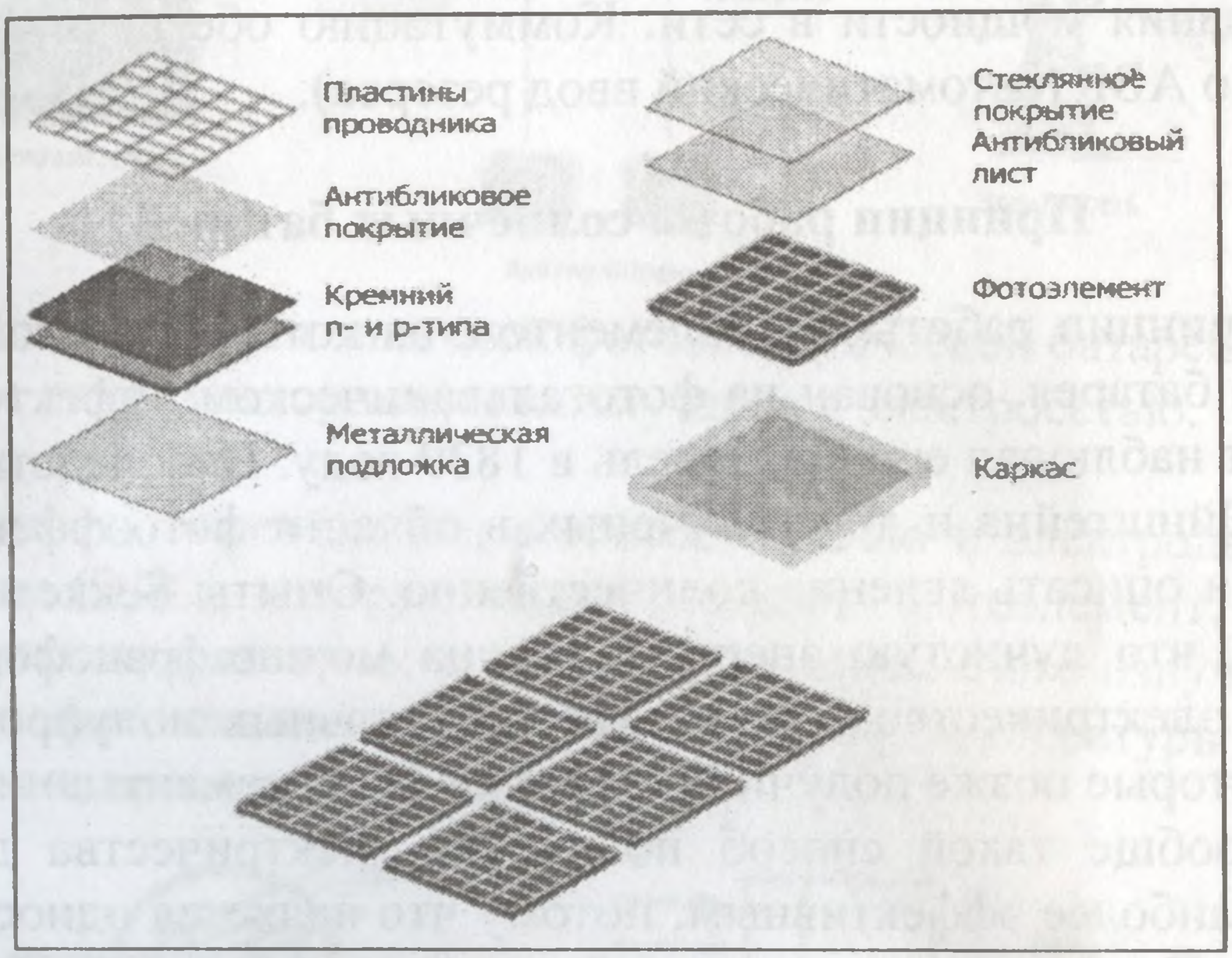


Рис.34. Солнечная батарея состоит из фотоэлементов, соединенных последовательно и параллельно. Все фотоэлементы располагаются на каркасе из непроводящих материалов. Такая конфигурация позволяет собирать солнечные батареи требуемых характеристик (тока и напряжения). Кроме того, это позволяет заменять вышедшие из строя фотоэлементы простой заменой.

Такая солнечная фотоэлектрическая установка состоит из солнечных батарей в виде плоских прямоугольных поверхностей (рис. 34), работа которых заключается в преобразовании энергии солнечного излучения в электрическую энергию. Элек-

трический ток в фотоэлектрическом генераторе возникает в результате процессов, происходящих в полупроводниковых фотоэлементах при попадании на них солнечного излучения. Наиболее эффективны фотоэлектрические генераторы, основанные на возбуждении электродвижущей силы (ЭДС) на границе между проводником и светочувствительным полупроводником (например, кремний) или между разнородными проводниками.

В случае отсутствия питания от солнечной батареи, включится электропитание от электросети (рис. 35). Схему можно использовать и наоборот – для резервного питания в случае пропадания мощности в сети. Коммутацию обеспечивает устройство АВР (автоматический ввод резерва).

Принцип работы солнечных батарей

Принцип работы фотоэлементов, из которых состоит солнечная батарея, основан на фотогальваническом эффекте. Этот эффект наблюдал еще Беккерель в 1839 году. Впоследствии работы Эйнштейна и других ученых в области фотоэффекта позволили описать явление количественно. Опыты Беккереля показали, что лучистую энергию солнца можно трансформировать в электричество с помощью специальных полупроводников, которые позже получили название фотоэлементы.

Вообще такой способ получения электричества должен быть наиболее эффективным, потому что является одноступенчатым. По сравнению с другой технологией преобразования солнечной энергии через термодинамический переход (лучи → нагревание воды → пар → вращение турбины → электричество), меньше энергии теряется на переходы.

Когда лучи света попадают на n–слой полупроводника, за счет фотоэффекта образуются свободные электроны. Кроме этого, они получают дополнительную энергию и способны «перепрыгнуть» через потенциальный барьер p–n–перехода. Концентрация электронов и дырок изменяется и образуется разность потенциалов. Если замкнуть внешнюю цепь, через нее начнет течь ток (рис. 36).

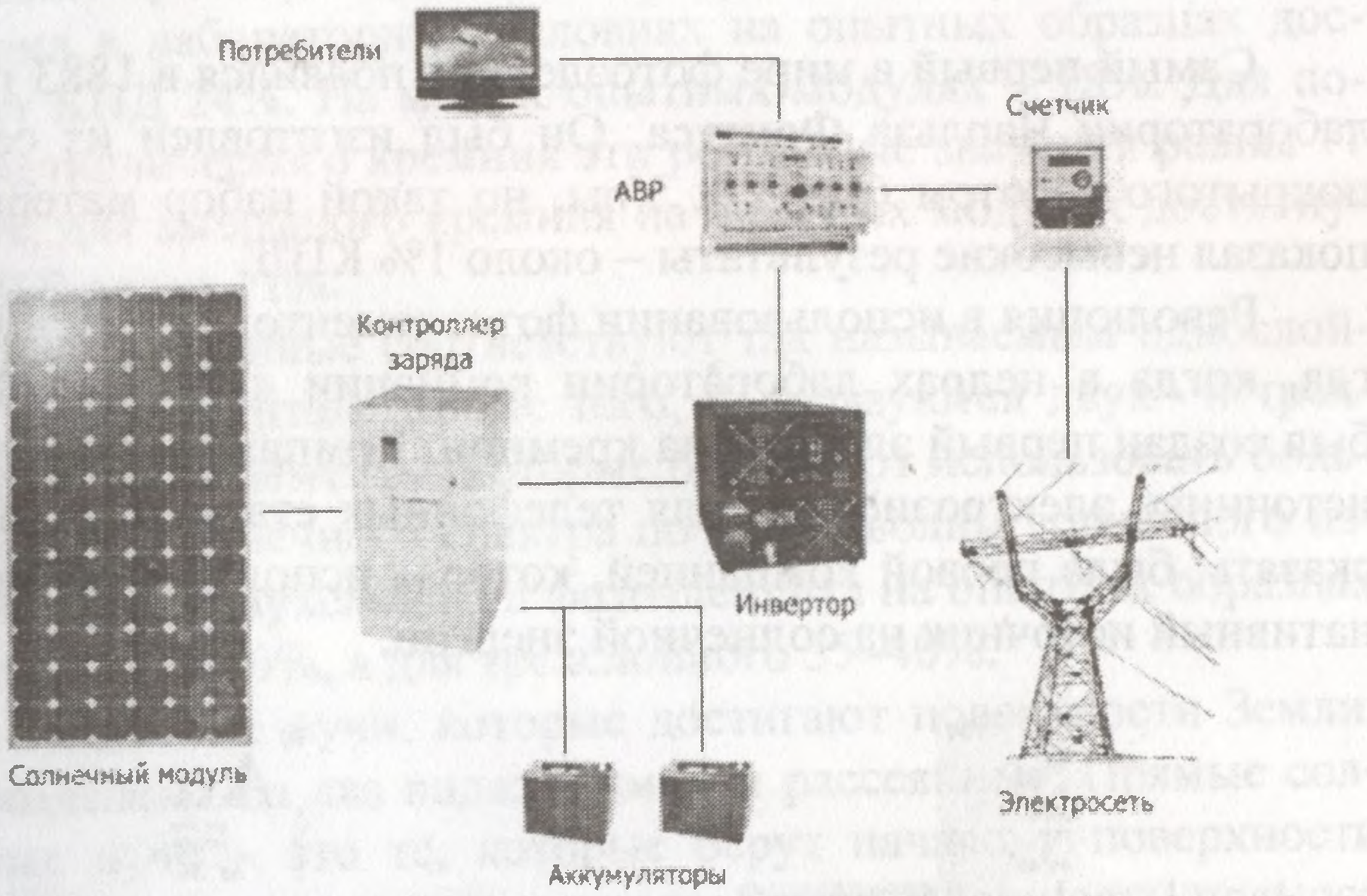


Рис.35. Схема солнечной фотоэлектрической батареи (с аккумуляторами) и коммутация с электросетью.

Разность потенциалов, а соответственно и электродвижущей силы (ЭДС), которую может создавать фотоэлемент, зависит от многих факторов: интенсивности солнечного излучения, площади фотоэлемента, КПД конструкции, температуры (при нагревании проводимость падает).

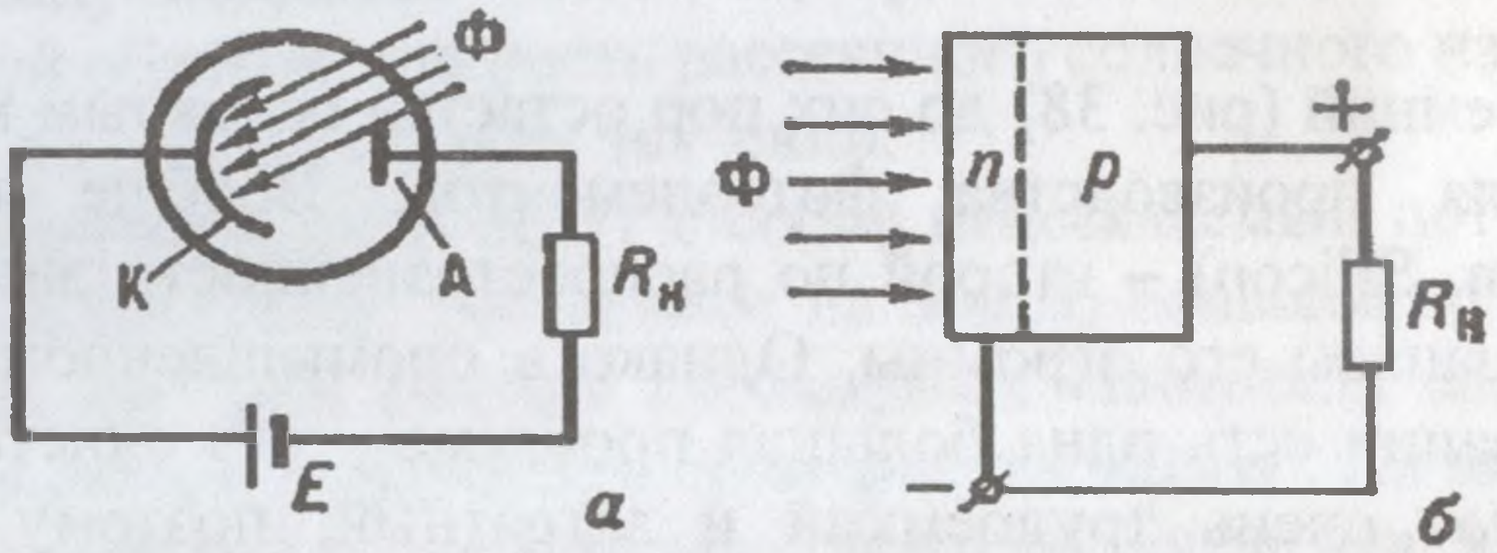


Рис.36. Фотоэлемент на основе полупроводников состоит из двух слоев с разной проводимостью. К слоям с разных сторон подпаиваются контакты, которые используются для подключения к внешней цепи. Роль катода играет слой с n-проводимостью (электронная проводимость), роль анода — p-слой (дырочная проводимость).

Самый первый в мире фотоэлемент появился в 1883 году в лаборатории Чарльза Фриттса. Он был изготовлен из селена, покрытого золотом (рис.37). Увы, но такой набор материалов показал невысокие результаты – около 1% КПД.

Революция в использовании фотоэлементов произошла тогда, когда в недрах лаборатории компании «Bell Telephone» был создан первый элемент на кремнии. Компания нуждалась в источнике электроэнергии для телефонных станций, и, можно сказать, была первой компанией, которая использовала альтернативный источник на солнечной энергии.

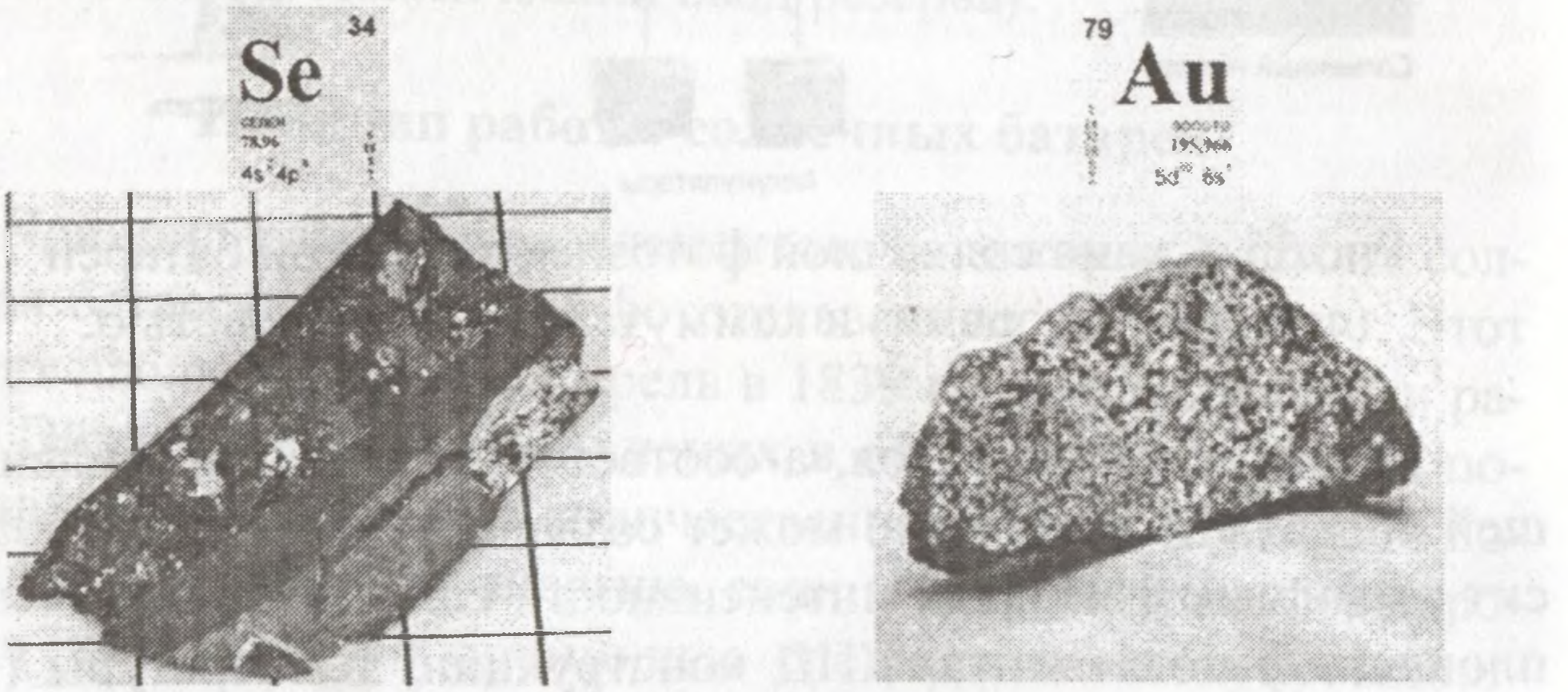


Рис. 37. Химические элементы – селен и золото.

Кремний (рис. 38) до сих пор остается основным материалом для производства фотоэлементов. Вообще кремний (Silicium, Silicon) – второй по распространенности элемент на Земле, запасы его огромны. Однако в промышленном его использовании есть одна большая проблема – его очистка. Процесс этот очень трудоемкий и затратный, поэтому чистый кремний стоит дорого. Сейчас ведется поиск аналогов, которые бы не уступали кремнию по КПД. Перспективными считаются соединения меди, индия, селена, галлия и кадмия, а также органические вещества.

Наибольшее распространение получили солнечные фотоэлектрические установки на основе кремния трех видов: монокристаллического, поликристаллического и аморфного.

Для фотопреобразователей из монокристаллического кремния в лабораторных условиях на опытных образцах достигнут КПД 24%. На малых опытных модулях – 18%. Для поликристаллического кремния эти рекордные значения равны 17 и 16%, для аморфного кремния на опытных модулях достигнуты КПД около 11%.

Все эти данные соответствуют так называемым однослойным фотоэлементам. Кроме того, используются двух– и трехслойные фотоэлементы, которые позволяют использовать большую часть солнечного спектра по длине волны солнечного излучения. Для двухслойного фотоэлемента на опытных образцах получен КПД 30%, а для трехслойного 35–40%.

Солнечные лучи, которые достигают поверхности Земли, подразделяют на два вида: прямые и рассеянные. Прямые солнечные лучи – это те, которые берут начало у поверхности Солнца и достигают поверхности Земли. Мощность прямого солнечного излучения зависит от чистоты (ясности) атмосферы, высоты Солнца над линией горизонта (зависит от географической широты и времени дня), а также от положения поверхности по отношению к Солнцу. Рассеянные солнечные лучи поступают из верхних слоев атмосферы и зависят от того, каким образом прямые солнечные лучи отражаются от Земли и окружающей среды. Благодаря повторяющемуся процессу отражения между покрытой снегом поверхностью Земли и нижней стороной облаков мощность рассеянного солнечного излучения может достигать больших значений.

Солнечные лучи несут с собой неиссякаемый поток энергии. Они постоянно доставляют на Землю большее количество энергии, чем нам сегодня необходимо. Плотность солнечных лучей в космосе составляет примерно 1,4 кВт/м^2. Из них около 30% отражается назад в космос, так и не достигнув Земли. На земной поверхности плотность солнечных лучей составляет около 1 кВт/м^2. Солнечная энергия, достигшая поверхности Земли, несет с собой тепло, испаряет воду, образует ветер и движение воды в морях и океанах, дает жизнь растениям.

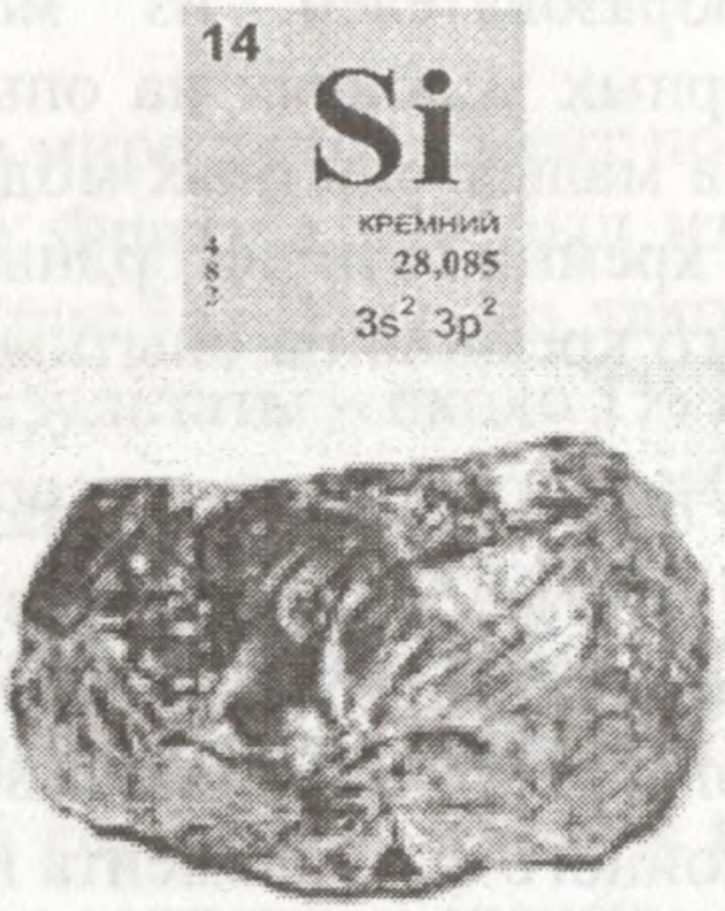


Рис.38. Химический элемент – кремний.

Та солнечная энергия, которая непосредственно не поглощается на Земле, отражается в космос. Земля находится в постоянном тепловом балансе с окружающей ее средой. Если бы этого не происходило, то Земля нагревалась бы все сильнее и в результате всякая жизнь на ней оказалась бы невозможной.

Особенности применения солнечной энергии

Ресурсы солнечной энергии велики, если не сказать неограниченны. Проблема заключается в том, что наибольшее количество солнечной энергии поступает летом, то есть в то время, когда потребность в ней минимальна. Зимой же, когда требуется большое количество энергии, Солнце светит только короткое время днем, да и то под низким углом. Выход один: надо накапливать энергию летом и использовать ее зимой. Необходимо сооружение накопительных (аккумулирующих) и запасных мощностей.

III. НАУКА И ТЕХНИКА ДЛЯ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ [12,31–33,36,39,42,43,44–47,50–52,55]

В разделе производится анализ дальнейшего развития электроэнергетики и приводятся данные о вкладе научных исследований в развитие энергетики; новых, традиционных, нетрадиционных и возобновляемых источниках энергии.

Исследования свойств веществ и процессов

Изучение свойств веществ, применение которых может быть эффективно использовано в энергетике, представляет собой важную задачу фундаментальной науки. Знание ряда таких свойств подчас открывает совершенно неожиданные перспективы.

Набор новых веществ для изучения почти беспределен, если исходить из возможностей их синтезирования. Однако существует довольно широкий ряд веществ, возможности применения которых в энергетике уже сегодня представляются перспективными.

Например, углерод. Казалось бы, мы все о нем знаем. Однако это далеко не так. Даже фазовая диаграмма углерода (рис.39) до сих пор не уточнена.

Нет полной ясности о характере плавления углерода, и даже величина температуры плавления не уточнена. Если такие фазы углерода, как графит и алмаз, хорошо изучены, то недавно синтезированные новые структуры углерода, как, например, фуллерены и карбин, изучены пока недостаточно, а по карбину вообще у ряда исследователей, по существу, имеется много неясностей.

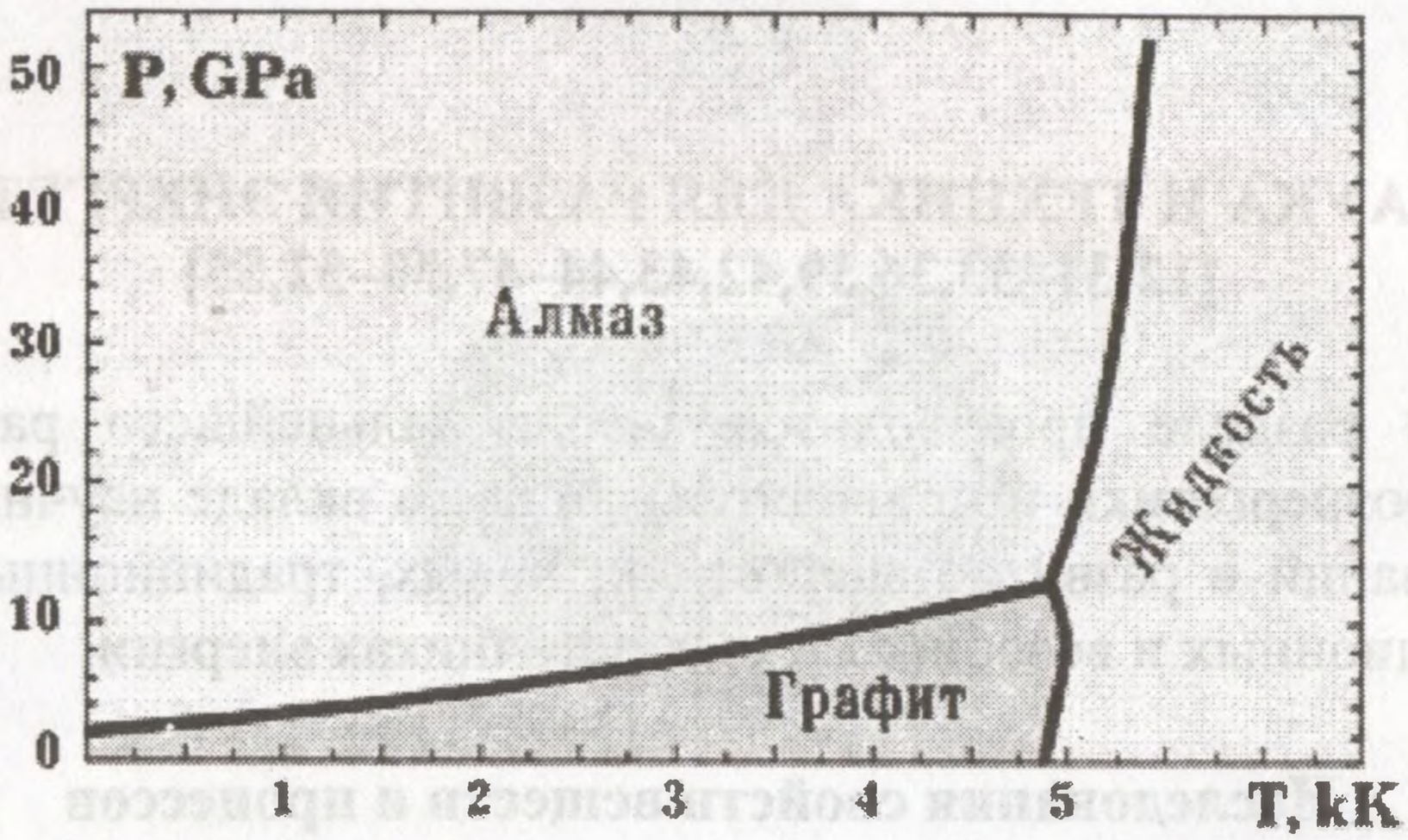


Рис. 39. Приблизительная фазовая диаграмма углерода.

А ведь уже сейчас новое в использовании углерода в энергетике активно просматривается. Соответствующей обработкой углерода представляется возможным достичь такой структурной его особенности, при которой образовываются так называемые нанотрубки, которые позволяют затем применять этот материал, например, для эффективной сорбции водорода. Это может обеспечить решение проблемы хранения водорода при использовании его в водород–воздушных топливных элементах.

Другой пример необходимости проведения широких научных исследований относится к весьма перспективному ядерному топливу на основе нитрида урана. Как известно, в настоящее время в ядерной энергетике широко используется ядерное топливо на основе диоксида урана.

Нитрид урана и другие нитридные соединения обладают большей, чем диоксид урана, теплопроводностью, и уже только это существенно благоприятно влияет на работу тепловыделяющих элементов (ТВЭЛ) и всю активную зону реактора.

Однако если диоксид урана и его конкретное применение в ядерной энергетике хорошо изучены, то это нельзя сказать о нитриде урана. Во многих странах проводятся широкие иссле-

дования в этой области, в том числе и с облученным материалом в горячих камерах.

Как известно, наиболее эффективными теплоносителями для перспективных энергетических установок – в первую очередь для установок атомной энергетики с реакторами на быстрых нейтронах – являются жидкие металлы.

Уникально высокая теплопроводность металлов определяет наилучшие теплосъемные характеристики жидкометаллического теплоносителя, а низкое давление насыщенного пара обеспечивает преимущества в конструкции оборудования и удобство в его эксплуатации.

Максимально близкой перспективой применения в качестве теплоносителей обладают щелочные металлы (литий, натрий, калий, рубидий, цезий), характеризующиеся низкими температурами плавления и плотностью.

Особенно интересными в этом плане являются двойные и тройные сплавы щелочных металлов. Варьирование компонентного состава этих сплавов дает возможность, во–первых, регулировать их свойства в зависимости от требований эксплуатации установок, а во–вторых, максимально расширить рабочий температурный диапазон жидкой фазы как в сторону высоких, так и в сторону предельно низких температур.

В качестве примера можно взять диаграмму фазового равновесия тройной системы Na–K–Cs. Эвтектическая точка этой системы имеет температуру плавления T = 195 K (t = – 78 °C) и является самой низкотемпературной из известных на Земле металлических жидкостей, оставаясь жидкой практически в любых земных условиях. Одно из технологических преимуществ таких сплавов состоит в отсутствии необходимости расплавления теплоносителя, что крайне существенно ввиду изменения объема металла при плавлении.

Наряду с созданием теплоносителей с широким температурным интервалом существования жидкой фазы представляют интерес эвтектики многокомпонентных систем как фазопереходные аккумуляторы тепла. На основе 3– и 4–х компонентных систем, состоящих из Li, Na, K, Mg\F, Cl, Br удается создать

эвтектические системы, которые плавятся в интервале температур 500–600°С, наиболее интересном для использования в солнечных электростанциях. Важно, что эти эвтектики имеют высокую теплоту плавления/затвердевания – на уровне 500 кДж/кг.

Очень интересно изучение целой группы веществ с так называемыми необычными свойствами, например вещества с сохранением памяти состояния и другие.

Говоря об интересных задачах в области фундаментальных исследований процессов, могущих иметь большое значение для энергетики, можно назвать в качестве примеров множество таких процессов, связанных с состоянием вещества.

Как известно, прикладное значение науки в области магнитной гидродинамики для энергетики связано, в частности, с возможностями создания высокоэффективных плазменных МГД–генераторов (МГД – магнитогидродинамический). Основными трудностями при этом являются сравнительно низкая эффективная электропроводность рабочего тела (плазмы) и требуемая высокая напряженность магнитного поля.

Представляет большой интерес и продолжается изучение различных процессов получения нужных высоких значений эффективной электропроводности плазмы путем создания нужной для этой цели неравновесности с минимальной затратой энергии.

Другие, важные для энергетики процессы, изучаются при применении принципиально новых рабочих тел в различных поисковых видах термодинамических циклов, а также ряда новых теплоносителей в перспективных энергетических установках. Примером таких исследований является широкое изучение гидродинамики, теплообмена и коррозионных характеристик свинца с соответствующими добавками. Этот теплоноситель предлагается рядом специалистов для применения в имеющем определенные перспективы новом виде ядерного реактора – на быстрых нейтронах.

Сказанное выше иллюстрирует подход к проведению крайне необходимых для энергетической науки фундаментальных и

соответствующих прикладных широких исследований, без которых нельзя говорить о необходимом совершенствовании энергетики.

РАЗВИТИЕ ТРАДИЦИОННЫХ И ДРУГИХ ТЕХНОЛОГИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ

Природный газ

Говоря об использовании природного газа, можно высказать мысль о том, что многие страны понимают необходимость уменьшения или даже прекращения ориентации на использование природного газа как основного топлива в электроэнергетике. В электроэнергетике должны быть разработаны и осуществляться программы перехода электроэнергетики, прежде всего, на уголь и другие сравнительно малоценные первичные источники энергии – отходы от газонефтепереработки, сланцы, бытовые отходы, топливо с выработанных и малодебитных месторождений, попутные газы при нефтедобыче и т.п.

При обсуждении рационального использования природного газа в энергетике речь идет не только о повышении эффективности его использования, но и о поиске новых его технико–экономически оправданных источников.

Чрезмерная привлекательность природного газа для потребителей при убыточности его поставок на внутренние рынки по действующим ценам создает растущую напряженность баланса газа. Поскольку он обеспечивает во многих странах от половины до 90% внутреннего потребления энергоресурсов. Дефицит газа при этом означает прямую угрозу энергетической безопасности многих стран.

Ядерная энергетика

В развитых странах ядерно–энергетические комплексы, включают в себя и собственно атомные электростанции и ог-

ромное число специализированных атомных научных центров, часто в виде наукоградов, развитую атомную промышленность, в том числе заводы по подготовке ядерного топлива, атомное машиностроение, систему подготовки кадров многое и другое, связанное с проблемами ядерной техники.

Все это представляет собой огромный технико–экономический потенциал развитых стран, требующий сохранения и хорошо продуманного развития. Таким образом, часто возникающий вопрос о том, надо ли продолжать строительство ядерных электростанций, во многих странах не возникает. Такие страны безусловно считают, что следует сохранять и развивать ядерную энергетику. А вопрос лишь в том, в каких масштабах и в каких направлениях.

В настоящее время доля ядерной энергетики в электроэнергетике многих развитых стран составляет в основном от 10% до 70%. Тем самым ядерная электроэнергетика, если и не определяет в некоторых странах нужды электроэнергетики, но, тем не менее, является ее важной компонентой. Поэтому многие полагают, что в соответствии с вышеизложенным следует, безусловно, сохранять ядерную энергетику, позволяющую не только обеспечивать производство электроэнергии в заметных объемах, но и сохранить и развивать упомянутый выше научно–технический потенциал.

В то же время считается, что масштаб строительства новых крупных ядерных электростанций должен быть ограничен. Эти ограничения касаются, прежде всего, строительства атомных электростанций с реакторами на тепловых нейтронах. Нужно сосредоточить внимание на проблеме создания эффективных ядерных реакторов на быстрых нейтронах и рассматривать это направление развития ядерной энергетики как наиболее перспективное и безопасное (опыт Франции).

Другой важнейшей задачей считается исполнение программ закрытия ядерных реакторов, исчерпавших ресурс работы, а также хранение и утилизация отходов ядерных станций.

Наконец, необходимо отметить, что для ряда труднодоступных районов разных стран весьма важным могло бы быть

строительство малых ядерных электростанций, работающих в автоматическом режиме, а также плавучих атомных электростанций.

О возобновляемых источниках энергии

Из вышеописанного ясно, что понятие «возобновляемые источники энергии» (ВИЭ) объединяет очень широкий круг потенциальных источников энергии:

– солнечная энергия;
– энергия ветра;
– энергия биомассы, включая различные отходы;
– геотермальная энергия;
– энергия малых рек;
– энергия приливов;
– волновая энергия;
– энергия, определяемая разностью температур по глубине земли и океана и другие.

В настоящее время в мировом производстве электроэнергии доля возобновляемых источников энергии мала. Без крупных ГЭС в целом по миру она сейчас составляет всего около 2%. Однако в ряде развитых стран доля ВИЭ в производстве электроэнергии значительно больше: Дания – около 20%; Италия – 4%; Испания – 4%; Германия – 5%; Чили – 4%; Швеция – 3%; Великобритания – 4%; США – 3%. В приложении 4 приводятся данные о состоянии и развитии использования ВИЭ в мире.

Недостатком, присущим большинству ВИЭ, является непостоянство поступающей энергии во времени. Как было сказано, автономная энергоустановка с ВИЭ должна иметь либо аккумуляторы, либо дублирующую установку, работающую на традиционном топливе. Если установка с ВИЭ присоединена к сети, то сеть должна взять на себя компенсацию непостоянства поступления энергии, для чего она должна иметь достаточные емкость и маневренность.

Энергия, получаемая от ВИЭ, как правило, дороже традиционной, что существенно влияет на сегодняшнее отношение к ним. Поэтому, если в 70–е – 80–е годы прошлого века для развитых стран стимулом применения ВИЭ явились известные нефтяные кризисы и опасение, что век дешевых традиционных топлив закончился, то сегодня основным аргументом в пользу применения ВИЭ в этих странах является их экологическая чистота и социальная составляющая.

Для многих стран сегодня и в будущем, несмотря на высокую стоимость энергии, использование ВИЭ в благоприятных случаях может оказаться экономически конкурентоспособным. Это относится к территориям, не обеспеченным централизованным энергоснабжением и использующим дорогое привозное топливо.

Ветровая энергетика

Использование энергии ветра – сегодня динамично развивающаяся отрасль мировой энергетики. Если суммарная установленная мощность ВЭУ в мире в 2000 году составляла 17,8 ГВт, то в 2004 году она достигла 41,1 ГВт и продолжает быстро расти.

Тенденцией последних десятилетий является непрерывный рост единичной мощности сетевых ВЭУ. Еще 10 лет назад типичной ВЭУ в составе ветровых ферм была установка мощностью 300–500 кВт. В 2000–2002 гг серийной стала ВЭУ мощностью 1 – 1,2 МВт. Сейчас серийно выпускаются более мощные ветровые установки, вплоть до 50 – 100 МВт. Это приводит к снижению стоимости установленного киловатта, которая сегодня находится на уровне 1000 долл./кВт. При благоприятных характеристиках ветра стоимость электроэнергии, вырабатываемой крупной ветровой установкой, приближается к стоимости на топливных электростанциях. В некоторых странах развитию ветроэнергетики уделяется большое внимание (Дания, Германия, Украина, Китай и др.). Здесь разработана соответст-

вующая нормативно–правовая база стимулирования развития и использования ветровой энергии.

Малая гидроэнергетика

К малым ГЭС условно относят гидроэнергетические агрегаты мощностью от 100 кВт до 10 МВт. Меньшие агрегаты относятся к категории микро–ГЭС. Суммарная мощность малых ГЭС в мире сегодня достигла 80 ГВт.

Малая гидроэнергетика за последние десятилетия заняла устойчивое положение в электроэнергетике многих стран мира. В ряде развитых стран установленная мощность малых ГЭС превышает 1 млн. кВт (США, Канада, Швеция, Испания, Франция, Италия). Лидирующая роль в развитии малой гидроэнергетики принадлежит КНР, где суммарная установленная мощность малых ГЭС превышает 15 млн. кВт. В развивающихся странах создание малых ГЭС как автономных источников электроэнергии в сельской местности имеет огромное социальное значение. При сравнительно низкой стоимости установленного киловатта и коротком инвестиционном цикле малые ГЭС позволяют производить электроэнергию в удаленных от сетей поселениях, т.е. имеют большое социальное значение.

Например, в России очень велик энергетический потенциал малых рек. Число малых рек превышает 2,5 млн., их суммарный сток превышает 1000 км^3 в год. Сегодняшними доступными средствами в России на малых ГЭС можно производить около 500 млрд. кВт.ч электроэнергии в год. В 90–е годы в России проблема производства оборудования для малых и микро–ГЭС в основном была решена. Особенно привлекательно создание малых ГЭС на базе ранее существовавших, где сохранились гидротехнические сооружения. Сегодня их реконструируют и технически перевооружают. Считается, что целесообразно также использовать в энергетических целях существующие малые водохранилища, которых, например, в России более 1000.

Солнечная энергия

Наиболее просто использовать солнечную энергию для получения тепла горячего водоснабжения. Основным элементом солнечных водонагревательных установок (СВУ) является плоский солнечный коллектор, воспринимающий солнечную радиацию и преобразующий ее в полезное тепло. Поэтому обычно масштаб использования СВУ оценивают площадью установленных солнечных коллекторов. Суммарная площадь коллекторов, установленных сегодня в мире, оценивается в 60–70 млн. $м^2$, что обеспечивает получение тепловой энергии, эквивалентной 7–10 млн т.у.т. в год.

В некоторых странах на сегодня СВУ не нашли сколько–нибудь значительного распространения, что, с одной стороны, связано с относительно низкой стоимостью традиционных топлив в части стран, а с другой – с недостаточной инсоляцией в северных регионах.

Для преобразования солнечной энергии в электроэнергию могут быть использованы как термодинамические методы, так и прямое преобразование с помощью фотоэлектрических преобразователей (ФЭП).

Сегодня в США работают несколько электростанций общей мощностью более 500 МВт, использующие параболоцилиндрические концентраторы солнечной радиации и термодинамический метод преобразования. Известны сооружения и проекты подобных СЭС в ряде стран так называемого солнечного пояса (Мексика, Испания, Египет, Марокко и др.). Для северных стран – с учетом характеристик солнечной радиации – подобные СЭС сегодня не представляют значительного интереса.

Фотоэлектрические преобразователи, напротив, находят все большее применение в самых разных регионах. В отличие от СЭС с концентраторами ФЭП используют не только прямое, но и рассеянное излучение и не требуют дорогостоящих устройств слежения за солнцем.

Рынок ФЭП развивается весьма динамично. Суммарная мощность установленных в мире ФЭП превысила 800 МВт. Это обусловлено принятием и выполнением в ряде стран национальных программ, предусматривающих широкое внедрение ФЭП («100 тысяч солнечных крыш» в Германии, «100 тысяч солнечных крыш» в Японии, «1 млн. солнечных крыш» в США). Быстрыми темпами растет и производство ФЭП, превысившее 1 ГВт в год. Япония и Германия прогнозируют в ближайшие годы выход на годовые объемы производства ФЭП до 600–800 МВт каждая. Массовое производство ФЭП ведет к их удешевлению. Сегодня модули ФЭП на мировом рынке стоят около 2–4 долл. за пиковый ватт, что при хорошей инсоляции приводит к стоимости электроэнергии в 12–15 цент/кВт.ч. Особенно велик рынок ФЭП в развивающихся странах. Установки сравнительно небольшой мощности, в единицы кВт, представляют сегодня практически единственную возможность приобщить отдаленное сельское население этих стран к современной цивилизации.

Несмотря на положительные тенденции мирового рынка, высокая стоимость электроэнергии от ФЭП сдерживает их более широкое применение. Эта высокая стоимость обусловлена дороговизной основного материала (как правило, кремния высокой чистоты) и дороговизной технологического процесса. Поэтому в мире (в том числе и Узбекистане) ведутся интенсивные исследования и разработки, направленные на удешевление ФЭП. Одним из перспективных направлений является создание высокоэффективных ФЭП с концентраторами солнечного излучения. Наиболее интенсивно исследования в этой области проводятся в США, Японии, России и других странах. КПД разработанных в США солнечных элементов (СЭ) на основе монокристаллического кремния, достигает 20–25% при концентрации в 10–100 солнц (т.е. в 10-100 раз превышающей излучение солнца) и рабочей температуре 25°С. Для работы при концентрации в 300–1000 солнц более перспективны СЭ на основе системы арсенид галлия–арсенид алюминия, впервые разработанной в России. Значения КПД каскадных СЭ на основе арсе-

нида галлия, достигнутые в США и России, составляют около 30% при концентрации в 500–1000 солнц и при реальных рабочих температурах 60–80°С. (Арсенид галлия, GaAs – химическое соединение галлия и мышьяка, важный полупро-водник, третий по масштабам использования в промышленности после кремния и германия; используется для создания сверхвысокочастотных интегральных схем и транзисторов, све-тодиодов, лазерных диодов, диодов Ганна, туннельных диодов, фотоприёмников, детекторов ядерных излучений и т.д.). Поэтому, несмотря на более высокую стоимость арсенида галлия, цены на энергоустановки с концентрацией солнечного излучения, по оценкам, окажутся приблизительно в 2–3 раза ниже плоских кремниевых.

Энергия биомассы

В настоящее время вклад биомассы в мировой энергетический баланс составляет около 12–13%, хотя значительная доля биомассы, используемой для энергетических нужд, не является коммерческим продуктом и, как результат, не учитывается официальной статистикой.

Первичной биомассой являются растения, произрастающие на суше и в воде. Биомасса образуется в результате фотосинтеза, за счет которого солнечная энергия аккумулируется в растущей массе растений. Энергетический КПД зависит от рода растений и климатической зоны произрастания, что приводит к различной продуктивности в расчете на единицу площади, занятой растениями. Для северных медленно растущих лесов продуктивность составляет 1 т прироста древесины в год на 1 га. Для сравнения: урожай кукурузы (вся зеленая масса) в штате Айова, США, в составляет около 50 т/га.

Для энергетических целей первичная биомасса используется в основном как топливо, замещающее традиционное ископаемое топливо. Причем речь, как правило, идет об отходах лесной и деревоперерабатывающей промышленности, а также об отходах полеводства (солома, сено). Сжигание биомассы

обычно требует либо ее предварительной подготовки, либо специальных топочных устройств.

В некоторых странах (Россия) использование отходов лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно–бумажной промышленности для коммерческого производства электроэнергии и тепла незначительно.

Значительный энергетический потенциал содержится в отходах животноводства, твердых бытовых отходах (ТБО) и отходах различных отраслей промышленности. Использование этого потенциала возможно термохимическими или биохимическими методами. В первом случае речь идет в основном о твердых бытовых отходах, которые либо сжигаются, либо газифицируются на мусороперерабатывающих фабриках. Во втором случае сырьем является навоз или жидкие бытовые стоки, которые перерабатываются в биогаз. Например, в России ежегодно образуется около 60 млн. т ТБО; около 130 млн. т в год – отходов животноводства и птицеводства и 10 млн. т в год осадков сточных вод. Их энергетический потенциал – 190 млн. т.у.т. Этот потенциал используется пока совершенно недостаточно.

В основе биохимической переработки отходов животноводства и птицеводства лежит анаэробное сбраживание. В результате этого процесса органическая масса отходов определенными штаммами бактерий превращается в биогаз. Обычный состав биогаза: до 70% метана и 30% диоксида углерода.

Геотермальная энергия

Из недр Земли на ее поверхность постоянно поступает тепловой поток, интенсивность которого в среднем по земной поверхности составляет около 0,03 Вт/м^2. Под воздействием этого потока, в зависимости от свойств горных пород, возникает вертикальный градиент температуры – так называемая геотермальная ступень. В большинстве мест она составляет небольшую величину. Однако в местах молодого вулканизма, вблизи разломов земной коры геотермальная ступень повышается в несколько раз, и уже на глубинах в несколько сот метров, а

иногда нескольких километров находятся либо сухие горные породы, нагретые до 100°С и более, либо запасы воды или пароводяной смеси с такими температурами.

Принято считать, что, если температура в геотермальном месторождении превышает 100°С, оно пригодно для создания геотермальной электростанции (ГеоЭС). При более низкой температуре геотермальный флюид целесообразно использовать для теплоснабжения. Если температура флюида для непосредственного теплоиспользования слишком низка, ее можно поднять, применяя тепловые насосы (ТН).

В настоящее время в мире суммарная мощность действующих ГеоЭС составляет около 12 ГВт. Суммарная мощность существующих геотермальных систем теплоснабжения оценивается в 18 ГВт.

Запасы геотермальной энергии в мире чрезвычайно велики. Практически на территории всех стран есть запасы геотермального тепла с температурами в диапазоне от 30 до 200°С. Сегодня на территориях многих стран пробурены множество скважин на глубину до 5000 м, которые позволяют перейти к широкомасштабному внедрению самых современных технологий для локального теплоснабжения территорий этих стран. С учетом того, что скважины уже существуют, энергия, получаемая из них, в большинстве случаев может быть экономически выгодной.

Особенно велики и практически повсеместно распространены запасы термальных вод со сравнительно невысокой температурой, недостаточной для непосредственного теплоиспользования. Интерес представляет и использование тепла поверхностных слоев грунта, температура которых на глубине в несколько десятков метров круглый год практически постоянна и равна среднегодовой температуре воздуха в этом месте. Зимой грунт может служить низкопотенциальным источником тепла для отопления с помощью тепловых насосов.

Магнитогидродинамическое (МГД) преобразование энергии

Один из наиболее разработанных к настоящему времени способов прямого преобразования тепловой (плазменной) энергии в электрическую – магнитогидродинамическое (МГД) преобразование. В его основе лежит известный закон Фарадея.

Особенность преобразования состоит в том, что роль проводника в постоянном магнитном поле играет поток ионизированного газа или плазмы. Источником газа или плазмы может быть источник тепловой энергии, такой как котел тепловой электростанции или ядерный реактор.

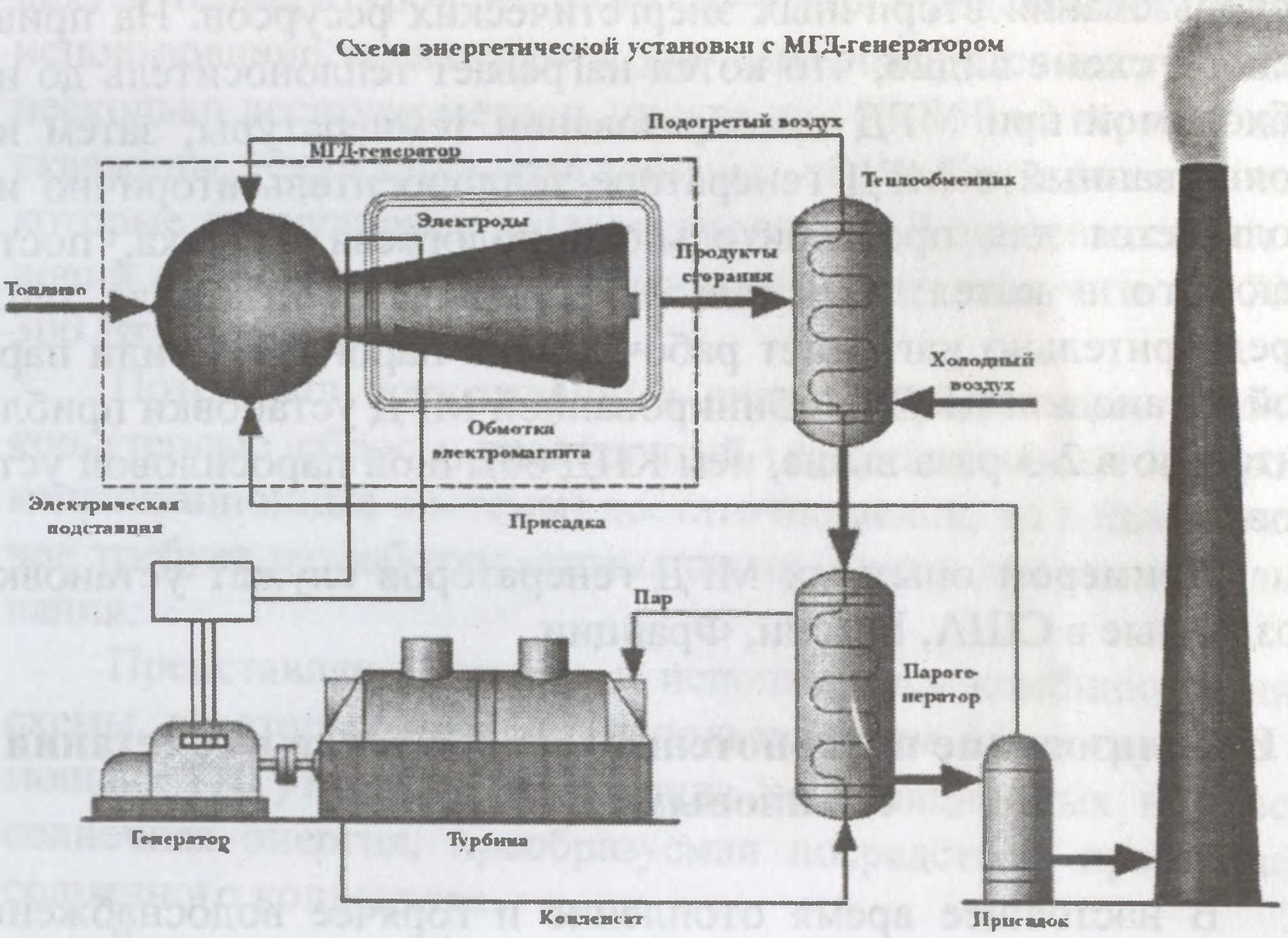


Рис. 40. Схема МГД установки.

Среди мнюжества проблем, связанных с реализацией МГД - преобразования, можно назвать необходимость подведения большой энергии, создающей условия для перехода вещества в требуемое агрегатное состояние; преодоление эффекта откло-

нения частиц плазмы от осевого течения под действием силы Лоренца, и действие которой показано на схеме (рис. 40).

Существует ряд инженерных решений, направленных на компенсацию отрицательного действия физических эффектов, сопутствующих преобразованию. Однако, они не позволяют компенсировать их полностью, что сделало создание промышленного МГД генератора весьма проблематичным.

Тем не менее в разных странах, существует ряд проектов построения МГД генераторов и гибридных теплоэнергетических установок на их основе.

В основе МГД установки и теплоэнергетического генератора энергии лежит уже известный нам принцип комплексного использования вторичных энергетических ресурсов. На приведенной схеме видно, что котел нагревает теплоноситель до необходимой при МГД преобразовании температуры; затем использованный в МГД генераторе теплоноситель вторично используется для предварительного подогрева воздуха, поступающего в котел; неиспользованное в первом цикле тепло предварительно нагревает рабочее тело парогазовой или паровой установки. КПД комбинированной МГД установки приблизительно в 2-3 раза выше, чем КПД обычной паросиловой установки.

Примером опытных МГД генераторов служат установки, созданные в США, России, Франции.

Использование низкопотенциального тепла в сочетании с тепловыми насосами

В настоящее время отопление и горячее водоснабжение (ГВС) городских объектов осуществляется, как правило, от городских ТЭЦ, районных или индивидуальных котельных, работающих на традиционных топливах. Автономные потребители (коттеджи, дачи, садовые домики) часто используют для отопления и горячего водоснабжения либо углеводороды, либо электроэнергию.

Вместе с тем имеется множество источников низкопотенциального тепла, как природных, так и искусственных, которые в сочетании с тепловыми насосами (ТН) могут составить конкуренцию традиционным топливам. ТН нашли широкое применение для теплоснабжения жилых и административных зданий в США, Швеции, Канаде и других странах.

В качестве природных низкопотенциальных источников тепла наибольший интерес представляют незамерзающие водоемы или источники геотермального тепла. В большом количестве регионов на умеренных глубинах имеются геотермальные флюиды (водный раствор переменного химического состава и фазового состояния, циркулирующего в нагретых горных породах) с температурой не ниже 20–30°С. Представляет интерес использование тепла грунта, для чего создаются неглубокие (в несколько десятков метров, иногда до 100–150 м) вертикальные скважины, служащие подземными теплообменниками, через которые циркулирует теплоноситель ТН. В зависимости от условий с 1 м длины теплообменника можно получить от 70 до 300 Вт тепла.

Потенциал искусственных низкопотенциальных источников (теплые сбросы предприятий, вентиляционные выбросы, канализационные системы) достаточно велик, но в каждом случае требует разработки оптимальных систем для его использования.

Представляют интерес и используются комбинированные схемы, в которых наряду с использованием тепла грунта с помощью ТН утилизируются тепло вентиляционных выбросов, солнечная энергия, преобразуемая посредством простейшего солнечного коллектора.

Для анализа эффективности применения различных схем с ТН используются два подхода. Во–первых, выясняется, приводит ли применение ТН к экономии первичной энергии (топлива). Как известно, для получения потребителем с помощью ТН тепловой мощности Q на привод ТН надо затратить электрическую мощность N, определяемую соотношением $N=Q/m$, где m – коэффициент преобразования ТН. В свою очередь, для полу-

чения электрической мощности N на тепловой электростанции надо затратить $Q_1 = N/h$ тепла, где h – КПД электростанции. В результате Q_1 и Q связаны соотношением $Q_1 = Q/hm$. Ясно, что если произведение h m>1, то $Q_1 < Q$, т.е. схема с ТН приводит к экономии первичной энергии. Если принять КПД тепловой электростанции за 40%, то ТН выгодны при m>2,5, что для большинства приложений выполняется с запасом.

Однако сама по себе экономия первичной энергии еще не является решающим экономическим критерием. Важно, дает ли схема с применением ТН денежную экономию по сравнению, например, с получением тепла от котельной, рабстающей на том или ином топливе. Этот показатель помимо коэффициента преобразования ТН зависит от его стоимости, которая сегодня все еще высока. Для снижения стоимости важен масштаб производства. Сегодня во многих странах производятся в основном компрессионные ТН тепловой мощностью от 10 кВт до 5 МВт. Для удовлетворения рынка ТН с тепловой мощностью менее 200 кВт (средняя мощность 20 кВт) требуется, по оценкам, выпуск сотен тысяч агрегатов в год, а для этого необходимо значительное развитие производственной базы. Особенно это касается производства компрессоров для ТН, которые в настоящее время выпускаются в развитых странах.

О широком применении тепловых насосов речь идет уже давно, однако их использование в развивающихся странах весьма ограничено из-за необходимости их импорта. Необходима большая работа по совершенствованию этой технологии, которая должна привести к уменьшению стоимости тепловых насосов и расходов на их эксплуатацию, а также ознакомление широких кругов потенциальных потребителей этого во многих случаях весьма перспективного метода теплоснабжения.

Сверхпроводимость

Использование в энергетике явления сверхпроводимости сразу же после его сравнительно недавнего открытия всегда казалось весьма перспективным.

Даже при первоначальном применении сверхпроводников, работающих при гелиевых температурах, были созданы – помимо их приборного применения – вполне успешно работающие крупные магнитные системы для создания высоконапряженных магнитных систем (в том числе для МГД–генераторов), индукционные накопители энергии с запасенной энергией, пилотные разработки линий электропередачи и электрических машин.

Однако особых перспектив в использовании сверхпроводимости следует ожидать в результате открытия и последующей разработки, так называемых высокотемпературных сверхпроводников, работающих при водородных температурах и, возможно, в ближайшем будущем и при азотных температурах.

Уверенное достижение возможности работы таких особенно важных для энергетики силовых сверхпроводников с большими плотностями тока при азотных температурах является многообещающим.

Использование сверхпроводимости уже в достаточно близкой перспективе целесообразно в линиях электропередач так называемого их глубокого ввода в крупные мегаполисы и другим потребителям электроэнергии. Естественно, в более далекой перспективе может оказаться технически и экономически оправданным создание и подобного рода протяженных линий электропередач.

Вторым весьма эффективным способом использования высокотемпературных силовых сверхпроводников может быть создание на их основе крупных накопителей энергии для хранения и борьбы с нежелательными флуктуациями в протяженных линиях электропередач. Здесь свое слово должна сказать электротехническая наука, объединяющая проблематику работы самого накопителя энергии, соответствующих преобразовательных систем, линий электропередач, устройств, генерирующих и потребляющих электроэнергию.

ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ ЭНЕРГИИ

Водородная энергетика

Водород, самый простой и легкий из всех химических элементов, можно считать идеальным топливом. Он имеется всюду, где есть вода и углеводороды. При сжигании водорода образуется вода, которую можно снова разложить на водород и кислород, причем этот процесс не вызывает никакого загрязнения окружающей среды. Водородное пламя не выделяет в атмосферу продуктов, которыми неизбежно сопровождается горение любых других видов топлива: углекислого газа, окиси углерода, сернистого газа, углеводородов, золы, органических перекисей и т. п. Водород обладает очень высокой теплотворной способностью: при сжигании 1 г водорода получается 120 Дж тепловой энергии, а при сжигании 1 г бензина – только 47 Дж.

Водород можно транспортировать и распределять по трубопроводам, как природный газ. Трубопроводный транспорт топлива – самый дешевый способ дальней передачи энергии. К тому же трубопроводы прокладываются под землей, что не нарушает ландшафта. Газопроводы занимают меньше земельной площади, чем воздушные электрические линии. При выработке большого количества водорода, передача энергии в форме газообразного водорода по трубопроводу диаметром 750 мм на расстояние свыше 80 км обойдется дешевле, чем передача того же количества энергии в форме переменного тока по подземному кабелю. На расстояниях более 450 км трубопроводный транспорт водорода дешевле, чем использование воздушной линии электропередачи постоянного тока.

Водород для промышленных целей – синтетическое топливо. Его можно получать из угля, нефти, природного газа либо путем разложения воды. Согласно оценкам, сегодня в мире производят и потребляют около 20 млн. т водорода в год. Половина этого количества расходуется на производство аммиака

и удобрений, а остальное – на удаление серы из газообразного топлива, в металлургии, для гидрогенизации угля и других топлив. Но в современной экономике водород остается скорее химическим, нежели энергетическим сырьем.

Сейчас водород производят главным образом (около 80%) из нефти. Но это неэкономичный для энергетики процесс, потому что энергия, получаемая из такого водорода, обходится в несколько раз дороже, чем энергия от сжигания бензина. К тому же себестоимость такого водорода постоянно возрастает по мере повышения цен на нефть.

Небольшое количество водорода получают путем электролиза. Производство водорода методом электролиза воды обходится дороже, чем выработка его из нефти, но оно будет расширяться и с развитием атомной энергетики станет дешевле. Вблизи атомных электростанций можно разместить станции электролиза воды, где вся энергия, выработанная электростанцией, пойдет на разложение воды с образованием водорода. Правда, цена электролитического водорода останется выше цены электрического тока, зато расходы на транспортировку и распределение водорода будут меньше. Поэтому окончательная цена для потребителя будет вполне приемлема по сравнению с ценой электроэнергии.

Сегодня исследователи интенсивно работают над удешевлением технологических процессов крупнотоннажного производства водорода за счет более эффективного разложения воды, используя высокотемпературный электролиз водяного пара, применяя катализаторы, полунепроницаемые мембраны и т. п.

Большое внимание уделяют термолитическому методу, который (в перспективе) заключается в разложении воды на водород и кислород при температуре 2500°С. Но такой температурный предел инженеры еще не освоили в больших технологических агрегатах, в том числе и работающих на атомной энергии (в высокотемпературных реакторах пока рассчитывают лишь на температуру около 1000°С). Поэтому исследователи стремятся разработать процессы, протекающие в несколько

стадий, что позволило бы вырабатывать водород в температурных интервалах ниже 1000°С.

Существенный прогресс водородной энергетики, особенно в больших мегаполисах, возможен только за счет реального получения больших объемов водорода. Производство его методом электролиза воды в больших масштабах пока не получается, но есть метод риформинга – каталитического разделения природного и попутного нефтяного газа, который на начальном этапе поможет получить промышленные потоки водорода и практически отработать остальные элементы водородной концепции.

Водород можно эффективно получать путем разложения воды с использованием высокотемпературной солнечной установки. Весьма положительный опыт в этом направлении получения водорода в Узбекистане накоплен при проведении пилотных исследований на солнечной электрической печи мощностью 1 МВт, проведенные в НПО «Солнце», Паркент.

Неоспоримым достоинством водородного топлива являются относительная экологическая безопасность его использования, приемлемость для тепловых двигателей без существенного изменения их конструкции, высокая калорийность, возможность долговременного хранения, транспортировки по существующей транспортной сети, нетоксичность и т.д. Однако существенной непреодолимой проблемой до сегодняшнего дня остается неэкономичность его промышленного производства (рис.41).

Термин «водородная энергетика», который иногда заменяют более общим понятием «водородная экономика», предполагает широкое использование водорода в энергетических системах и во многих других секторах экономики. Сегодня водород для целей энергетики практически не применяется.

Действительно важным аргументом для внедрения водорода в энергетику является охрана окружающей среды – при энергетическом использовании водорода в атмосферу сбрасывается только водяной пар, но присутствует «тепловое» загрязнение среды.

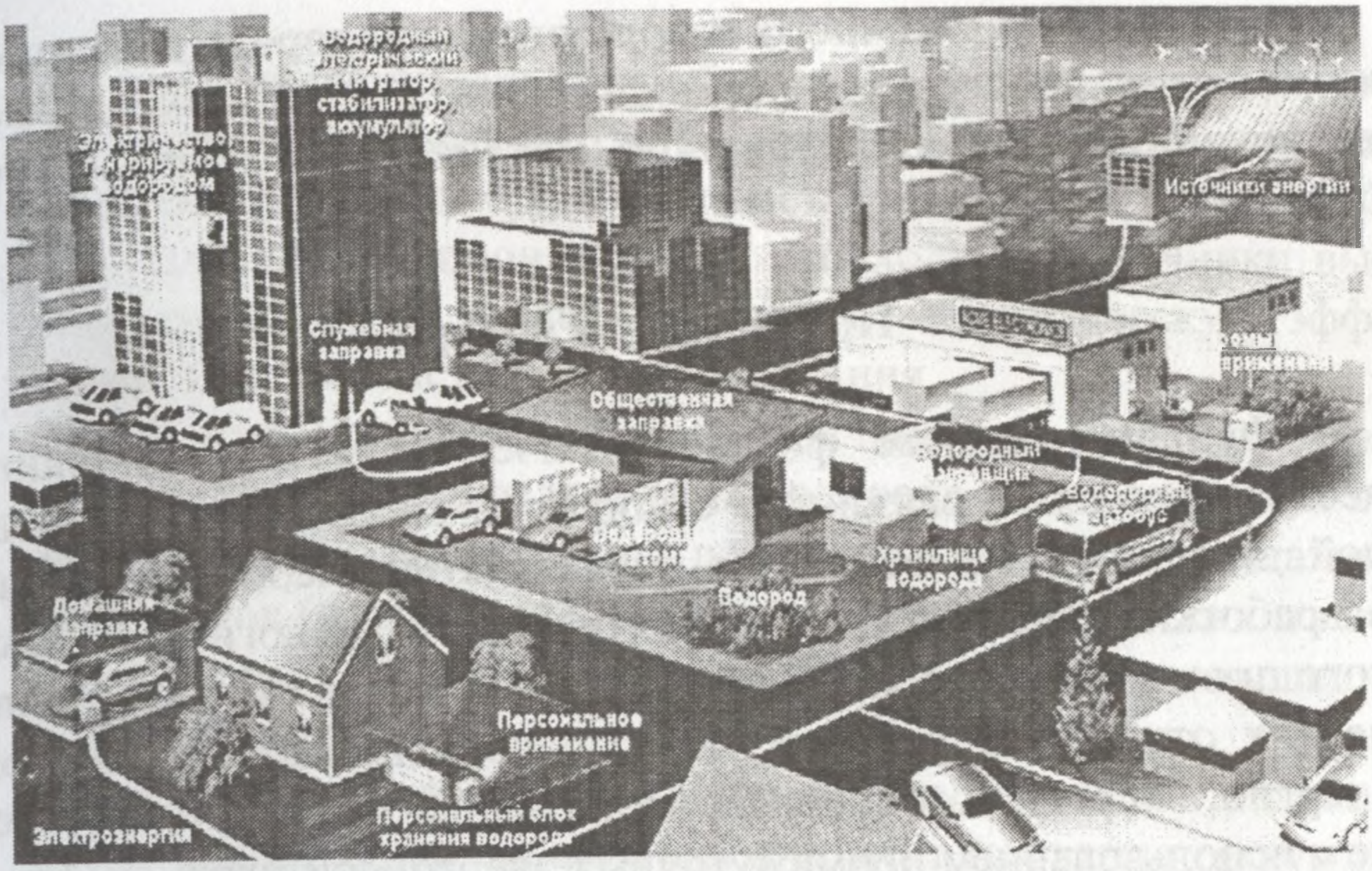


Рис. 41. Принципиальная схема распределения водородной энергии (водородного топлива).

Особенно активно в последнее время водород предлагается как идеальное топливо для автомобилей. Сторонники использования водорода в сочетании с топливными элементами (ТЭ) для автомобилей отмечают, что водородный автомобиль в отличие от автомобилей с бензиновыми или дизельными двигателями не только не загрязняет атмосферу городов, но и приводит к экономии первичного топлива.

Водород можно и нужно называть альтернативным источником энергии. В природе он находится в связанном виде, входя в состав воды, тех или иных природных углеводородов, биомассы, различных органических отходов. Получение водорода из этих химических соединений требует затрат энергии. Поэтому водород следует рассматривать как искусственный промежуточный энергоноситель, и для его широкого использования в энергетике должны быть решены проблемы:

– эффективного производства водорода, в частности с использованием солнечной энергии;

– методов его хранения и транспортировки;

энергоустановок различных типов в значительной степени будет определяться уровнем их мощностей. При относительно низких мощностях до 0,1–1,0 МВт для автономных потребителей более эффективными могут оказаться топливные элементы, при более высоких – водородсжигающие: паротурбинного, газотурбинного и парогазового циклов, а также водородные дизель–генераторы.

Как показывает технико–экономический анализ различных вариантов использования водорода в стационарных и мобильных энергоустановках, наиболее оправданным, в том числе и с точки зрения безопасности, является регулируемое производство водорода в одном агрегате с электрохимическим генератором, что исключает большие затраты на его аккумулирование и транспортировку и существенно улучшает массово–габаритные характеристики ЭХГ (электрохимический генератор). В этом случае, в качестве источника для производства водорода можно использовать такие промежуточные энергоносители, как алюминий и его сплавы, боро–, алюмогидриды и т.д., которые при химическом и электрохимическом окислении имеют наибольший выход водорода.

Таким образом, в настоящее время многие ученые считают водород наиболее перспективным энергоносителем будущей энергетики. Основным и очень доступным его источником является вода. При сжигании водорода образуется опять вода – совершенно безопасное вещество. Поэтому считается, что по экологической безопасности у водорода нет конкурентов, если не считать тепловыделение. Однако реализация этой задачи сдерживается большими энергозатратами на получение водорода из воды. Если нефть, газ и уголь – это готовые энергоносители, то водород в чистом виде на Земле практически отсутствует. Для того чтобы водородная энергетика состоялась, нужно, чтобы полученная энергия при сжигании водорода превышала затраченную энергию на его получение.

При помощи электроэнергии воду можно разложить на водород и кислород. Когда вода подвергается воздействию электрического поля с частотой, совпадающей с ее своей молеку-

лярной частотой методом, созданным не так давно компанией Xogen Power, вода разлагается на кислород и водород при минимальных издержках электроэнергии. Внедрение разных электролитов (добавок, увеличивающих электрическую проводимость воды) резко увеличивает эффективность процесса. Наряду с этим, различные геометрические формы и текстуры поверхности благоприятно влияют на увеличение эффективности процесса разложения воды. И, конечно, ещё раз вспомним об использовании солнечной энергии для производства водорода. Такой технологический процесс представляется технически осуществимым и очень экономичным в перспективе.

Топливные элементы (ТЭ)

В отличие от ТЭС, в которых химическая энергия топлива вначале преобразуется в тепло, а уж затем в электроэнергию, в ТЭ происходит непосредственное преобразование химической энергии в электрическую. В ТЭ реализуется разомкнутый процесс (близкий к изотермическому), а не цикл, и ограничения, связанные с КПД цикла, здесь неприменимы. Теоретически вся химическая энергия топлива (убыль энергии Гиббса соответствующей реакции топлива с окислителем) может быть превращена в ТЭ в электроэнергию.

Теоретический КПД водород–кислородного ТЭ, рассчитанный как отношение произведенной электроэнергии к теплоте реакции близок к единице. При всей заманчивости идеи использования ТЭ в энергетике, ее реализация наталкивается на серьезные трудности. Именно поэтому, несмотря на то, что принцип ТЭ известен уже более 150 лет, практическое применение ТЭ и по сей день весьма ограниченно.

Основная трудность реализации ТЭ состоит в необходимости осуществить реакцию топлива с окислителем электрохимическим путем, для чего в общем случае оба компонента реакции должны быть вначале превращены в ионы. В ТЭ ионизация топлива и окислителя осуществляется при умеренных тем-

пературах за счет применения активных катализаторов, включающих металлы платиновой группы.

Сегодня для энергетических приложений рассматривается несколько типов ТЭ с КПД от 40% до 70%, различающихся, прежде всего, типом электролита – переносчика ионов, и наличием промежуточных реакций:

1. ТЭ со щелочным электролитом (ЩТЭ).
2. ТЭ с фосфорной кислотой (ФТЭ).
3. ТЭ с твердо–полимерными мембранами (ТПТЭ).
4. ТЭ с расплавом карбонатов (РКТЭ).
5. ТЭ с твердооксидным электролитом (ТОТЭ).

Топливом для этих ТЭ служит водород, а окислителем – либо кислород, либо воздух. Принципиальная схема каждого из перечисленных ТЭ включает водородный (анод) и кислородный (катод) электроды и электролит, проводящий те или иные ионы. Теоретическая ЭДС ТЭ при стандартных условиях составляет 1,23 В.

Принцип действия ТЭ проще всего проиллюстрировать на примере ЩТЭ, который являлся первым типом ТЭ, примененным как источник энергии для космических аппаратов. На аноде такого ТЭ, к которому подводится газообразный молекулярный водород, происходят его диссоциация и ионизация:

В качестве электролита обычно используется раствор щелочи КОН с концентрацией 30–50%. ЩТЭ работает при температуре 100–250 °С. При высоких температурах концентрацию щелочи доводят до 85% (масс.). Образовавшиеся ионы водорода за счет разности потенциалов анода и катода диффундируют через слой электролита к катоду. Электроны, образовавшиеся на аноде, при замыкании внешней электрической цепи перетекают к катоду, совершая полезную работу. На катоде происходит реакция, т.е. единственным продуктом при работе ЩТЭ является вода (водяной пар).

Эффективность реального ТЭ во многом зависит от каталитических свойств электродов, обеспечивающих ионизацию реагентов. Для ЩТЭ в качестве катализаторов используются никель, серебро, металлы платиновой группы и др. Раствор электролита в ЩТЭ обычно содержится в матрице из, напри-

мер, асбеста, плотно прилегающего и смачивающего электроды. Водород для питания ЩТЭ должен быть весьма чистым и, в частности, не содержать даже малых количеств CO, отравляющего катализаторы, и CO_2, образующего с электролитом карбонат калия K_2CO_3.

Для транспортной энергетики наибольший интерес представляет ТПТЭ, в котором проводником ионов водорода служит тонкая твердая полимерная мембрана. Рабочая температура ТПТЭ существенно ниже, чем для других ТЭ и составляет 60–80°C. Так же, как у ЩТЭ, примеси CO в газах отравляют катализаторы электродов. Одной из проблем для ТПТЭ является организация отвода воды, образующейся при реакции водорода с кислородом.

Для стационарной энергетики рассматривается высокотемпературный твердооксидный ТЭ, в котором перенос заряда осуществляется отрицательным ионом кислорода, а электролитом служит твердая двуокись циркония ZrO_2, стабилизированная окисью иттрия Y_2O_3. Рабочая температура ТОТЭ лежит в интервале 800–1000°C, что позволяет рассматривать схемы с внутренним риформингом природного газа и комбинированные циклы. Электродом для анода служит цирконат кобальта Co–ZrO_2 или никеля Ni–ZrO_2, а для катода – манганит лантана $LaMnO_3$, легированный стронцием. В последние годы рядом фирм были созданы демонстрационные установки на базе ТОТЭ мощностью от 1 до 200 кВт.

Каждый из описанных выше типов ТЭ имеет свою предпочтительную нишу применения. Однако для широкого применения ТЭ требуется, во всяком случае, не меньше чем на порядок снизить их сегодняшнюю стоимость. Именно в этом направлении развиваются научно–исследовательские и опытно–конструкторские работы в области ТЭ.

В настоящее время водород–кислородные (воздушные) ТЭ применяются в качестве бортовых источников электроэнергии для космических аппаратов, разрабатываются опытные и демонстрационные образцы наземных транспортных средств с такими ТЭ и электродвигателями. Делаются попытки применить ТЭ в стационарной энергетике.

IV. РАЗВИТИЕ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ И ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В УЗБЕКИСТАНЕ [2,7,9–11,22,23,35,48–50,53,55]

Современное состояние энергетики Узбекистана

Дефицит углеводородного сырья и рост цен на них обусловили тенденцию стремительного роста использования альтернативных и возобновляемых источников энергии в развитых и во многих развивающихся странах.

Несмотря на расширяющееся использование нетрадиционных источников энергии в мировой практике, в Узбекистане энергетика страны построена на использовании преимущественно углеводородного сырья. Запасов угля в Узбекистане при нынешней добыче хватит на ближайшие 400–500 лет, нефти – на 10–15 лет, природного газа – на 28–30 лет. Кроме того, Узбекистан осуществляет значительные экспортные поставки газа в северном направлении и с 2012 года начнет поставлять газ в восточном направлении. Таким образом, Узбекистан богат традиционными энергетическими ресурсами: природным газом, углем, нефтью, горючими сланцами, ураном, ресурсами для гидроэнергетики. Кроме урана и горючих сланцев, все остальные источники энергетических ресурсов активно используются в энергобалансе страны (см.таблицу).

Структура потребления первичных энергетических ресурсов Узбекистана 2000–2010 гг.*

Виды первичных энергетических ресурсов	2000 год		2005 год		2010 год	
	тыс.т.н.э.**	%	тыс.т.н.э.	%	тыс.т.н.э.	%
Всего	53765,1	100	55344,2	100	58282,6	100
Природный газ	45752,5	85,1	49091,2	88,7	53499,5	91,8

Нефть и газовый конденсат	7575,2	14,1	5611,1	10,1	4058,2	7,0
Уголь	0,831	0,002	0,846	0,002	0,793	0,001
Крупная гидро-энергетика	365,242	0,7	519,4	0,9	563,1	1,0
Малая гидроэнер-гетика	69,316	0,1	119,9	0,2	159,238	0,3
Прочие источники	2,064	0,004	1,720	0,003	1,720	0,003

* Коэффициенты пересчета в нефтяной эквивалент для Узбекистана:
нефть – 1,005; природный газ – 0,8112; бурый уголь – 0,3007; каменный уголь – 0,594; электроэнергия – 0,86.
**т.н.э. – тонна нефтяного эквивалента (1 т.у.т. = 0,7 т.н.э.)

Структура производства электроэнергии (%)

Источники генерации	2000 год	2005 год	2010 год
Тепловые электростанции	89,2	84,4	83,8
Гидроэлектростанции	10,8	15,6	16,2
из них – средние и малые гидроэлектростанции	1,7	2,9	3,6
Всего	100	100	100

Узбекистан создает благоприятные условия использования собственных углеводородных ресурсов, общие запасы месторождений которых по опубликованным данным составляют 2,2–5,1 млрд. т.н.э., в том числе 82–245 млн. т.н.э. нефти, 1476–1979 млн. т.н.э. природного газа и 639–2851 млн. т.н.э. угля.

К 2010 году добыча нефти и газового конденсата в стране несколько упала и составила по сравнению с 2000 годом 53,6%. По прогнозам, объемы добычи нефти будут падать в связи с истощением главного месторождения его добычи – Кокдумалак-

ским и незначительностью запасов вновь открываемых месторождений.

Анализ показывает, что невозобновляемые топливно–энергетические ресурсы в стране используются неэффективно. Энергоемкость ВВП страны по расчетам Министерства экономики республики в 4,7 раз превышает уровень развитых стран мира и в 1,4 раза уровень развивающихся стран.

Основные потери-расчетно более 3 млн. тонн н.э., или 5,2% всех потребляемых первичных энергетических ресурсов происходят при первичной добыче и транспортировке энергетических ресурсов, при их использовании на предприятиях в качестве топливно–энергетических ресурсов и сырья, а также в бытовом секторе.

К примеру, на производство 1 кВт.ч электроэнергии на действующих тепловых электростанциях страны используется около 400 грамм условного топлива, в то время, как на современных тепловых электростанциях этот показатель составляет 200-300 грамм условного топлива (гут/ кВт.ч). Если применять парогазовые установки (ПГУ) для выработки электроэнергии, то эффективность производства может быть существенно увеличена.

Эффективность парогазовых установок значительно выше, чем паросиловых: 50–56% против 32–38%, соответственно. Удельный расход условного топлива на выработку электроэнергии в новейших установках составляет 200–240 гут/ кВт.ч по сравнению с 320–400 гут/кВт.ч в традиционных паросиловых. В настоящее время в стране принята Программа модернизации, предусматривающая замену устаревшего оборудования на тепловых электростанциях и строительства на них современных парогазовых (ПГУ) и газотурбинных установок (ГТУ), что позволит значительно сократить удельные затраты природного газа на производство электроэнергии.

Кроме того, предусмотрен поэтапный полный перевод Ново–Ангренской ТЭС на использование угля, что позволит высвободить более 700 млн. куб.м. природного газа в год.

Среди других мер по энергосбережению предусмотрены:

– широкая техническая модернизация на металлургических, химических, цементных предприятиях, позволяющая устанавливать энергосберегающее оборудование взамен устаревшего;

– модернизация электрических, газопроводных сетей, компрессорных станций и т.п., обеспечивающая снижение потерь энергетических ресурсов при их транспортировке и доставке потребителям;

– замена котлов в экономике и бытовом секторе;

– повсеместное внедрение современных приборов учета расхода электроэнергии, газа, воды и тепла.

Расчеты показывают, что за счет указанных мер возможно снизить потребление первичных источников энергии почти на 20% и сэкономить более 11,3 млн. т условного топлива в год.

Электроэнергетика Узбекистана является базовой отраслью народного хозяйства республики и, обладая значительными производственными и научно–техническим потенциалом, оказывает весомое воздействие на развитие всего народно–хозяйственного комплекса. Энергосистема Узбекистана полностью обеспечивает потребность народного хозяйства и населения республики в электроэнергии. Не зря говорят: «Энергия – хлеб промышленности». Чем больше развивается промышленность и техника, тем больше энергии нужно для них. Существует даже специальное понятие – «опережающее развитие энергетики».

Это значит, что ни одно промышленное предприятие, ни один новый город или просто дом нельзя построить до того, как будет определён или создан необходимый источник энергии, которую они станут потреблять. Вот почему по количеству добываемой и используемой энергии можно довольно точно судить о технической и экономической мощи, а проще говоря – о развитии любого государства.

В природе запасы энергии огромны. Однако важен не столько потенциал источников энергии, а их грамотное и рациональное использование. Разразившийся мировой экономический кризис предъявил новые требования экономикам мно-

гих стран в части добычи, переработки и транспортировки энергоресурсов. Поэтому Президентом Республики Узбекистан при первых симптомах мирового экономического кризиса, была утверждена антикризисная программа на 2009–2012 годы. В ней четко прописана необходимость «реализации мер по модернизации электроэнергетики, сокращению энергоемкости и внедрению эффективной системы энергосбережения. Дальнейшее повышение конкурентоспособности нашей экономики, рост благосостояния населения во многом зависят от того, насколько бережно, экономно мы научимся использовать имеющиеся ресурсы, и в первую очередь, электро– и энергоресурсы». Это означает перевод нашей экономики на новые «технологические рельсы», замену и модернизацию устаревшего энергетического оборудования. Снижение энергоемкости в цепочке «производство – потребитель» позволит промышленности Узбекистана успешно конкурировать в мировой экономике. Предварительная проработка проекта Программы по реализации важнейших проектов, направленных на модернизацию, техническое и технологическое обновление позволит за счет внедрения инновационных и энергосберегающих технологий и освоения новых видов востребованных на мировом рынке товаров обеспечить производство дополнительной продукции в объеме 10,4 млрд. долл. ежегодно, рост годового экспорта – на 6,5 млрд. долларов.

Сегодня проектируется установка современных парогазовых установок вместо существующих неэкономичных газовых установок на трех тепловых электростанциях – Ташкентской, Навоийской и Талимарджанской. Для реализации этих проектов необходимы серьезные инвестиции. Однако сам факт, что достигаемый эффект от снижения удельного энергопотребления на производство тепловой энергии до уровня мировых стандартов полностью окупит себя во всех отношениях, настоятельно требует ускорить реализацию этих проектов.

Узбекистан обладает большим потенциалом для использования альтернативных источников энергии, которые, по оценкам экспертов в три раза превышают ресурсы органического

невозобновляемого топлива. Основными причинами низкого уровня использования альтернативных источников энергии являются: высокая удельная стоимость их производства по сравнению с традиционными источниками энергии; наличие недорогих традиционных источников энергии; отсутствие механизма формирования финансовых ресурсов для ускоренного инвестирования в альтернативную энергетику. Развитие альтернативной энергетики создаст дополнительно десятки тысяч новых рабочих мест в высокотехнологичных отраслях.

О решении энергетических проблем в Республике Узбекистан

В последние годы в электроэнергетике страны обострился процесс физического и морального старения электростанций, котельных, электрических и тепловых сетей, которые сооружались по проектам 50–60–летней давности и в настоящее время не соответствуют ужесточившимся требованиям к энергоустановкам в области экологии, эффективности топливоиспользования, надежности и безопасности. Поэтому из всего спектра проблем, накопившихся в электроэнергетике, на первый план вышли задачи ее технического перевооружения и модернизации.

Достижение высокой степени энергетической эффективности – главная цель технического перевооружения электроэнергетики и прежде всего ее основной части – теплоэнергетики. Обновление технического ресурса, переход на новый уровень энергетических технологий, обеспечивающих существенно более высокие показатели энергоэффективности и, как правило, защиты окружающей среды и надежности – единственный способ достижения этой цели.

Важнейшим направлением в повышении энергоэффективности и рационализации энергосбережения является внедрение возобновляемых и альтернативных источников энергии во всех отраслях экономики с наращиванием их доли в энергобалансе страны, соответствующей динамике исчерпания ископаемых

видов топлива. Если это не проходит при существующих технологиях ВИЭ и тарифах на энергоносители, то выход следует искать в грантовых/беспроцентных инвестициях (японских, корейских и др.) в т.ч. в рамках механизма чистого развития (МЧР). В этом случае одновременно решаются проблемы повышения энергоэффективности и снижения экологической нагрузки на окружающую среду.

Изучение зарубежного опыта управления энергетикой, включая ВИЭ и повышения энергоэффективности, показало общность существующих подходов рационального использования энергетических ресурсов. Использование зарубежного опыта управления энергетическими затратами приобретает особое значение в условиях реформирования энергетики Узбекистана для повышения ее энергоэффективности.

Для привлечения зарубежного капитала целесообразно создавать демонстрационные зоны высокой энергоэффективности, что успешно реализовано во многих странах Восточной Европы, Азии и России в рамках соответствующих программ.

Для эффективного решения этих проблем необходимы:

1. Совершенствование и создание соответствующей нормативно–правовой базы.

2. Создание специальных полномочных структур, ответственных в масштабе страны за проведение государственной политики в области повышения энергоэффективности и энергосбережения.

Высокая энергоемкость производства и низкая его энергоэффективность в Узбекистане являются серьезным препятствием устойчивого экономического развития страны и поэтому проблема повышения эффективности производства входит в разряд первоочередных задач переходного периода.

Это отмечено в решениях Правительства Узбекистана «Об итогах социально–экономического развития и важнейших приоритетах углубления экономических реформ». Ниже приводятся данные по энергетике Узбекистана, подтверждающие вышесказанное (рис. 42–43).

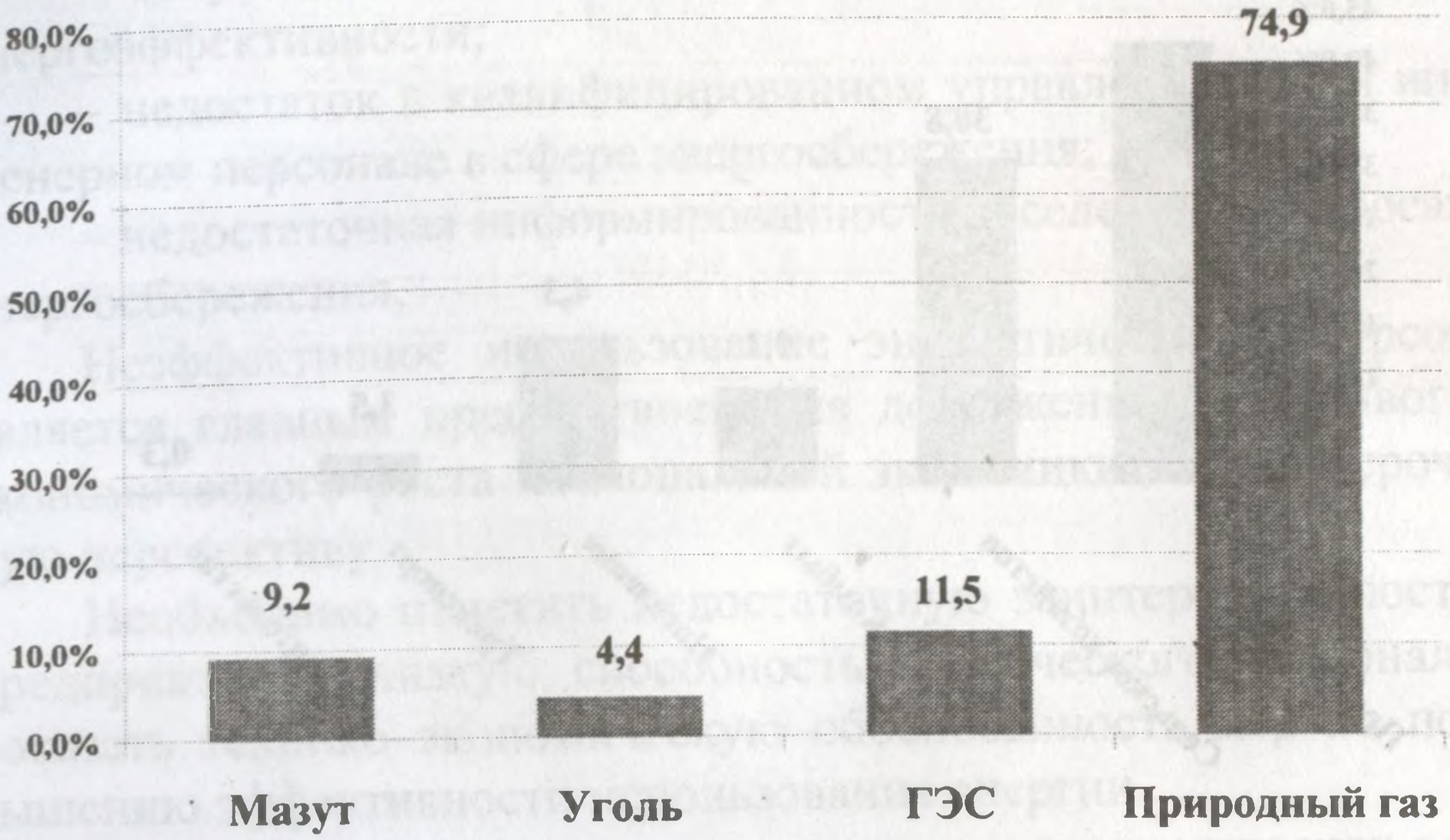


Рис.42. Выработка электроэнергии в Узбекистане (2010).

Прогноз структуры потребления ТЭР на ТЭС Узбекистана, %

Годы Энергоноситель	2005	2010	2020
Природный газ	88,3	78,9	77,2
Нефть	6,6	7,6	7,8
Уголь	4,8	5,2	14,7
Газ ПГУ	0,3	0,3	0,3

Выработка электроэнергии в Республике Узбекистан в 2000–2010 годы, ежегодно составляла 48–50 млрд.кВт.ч.

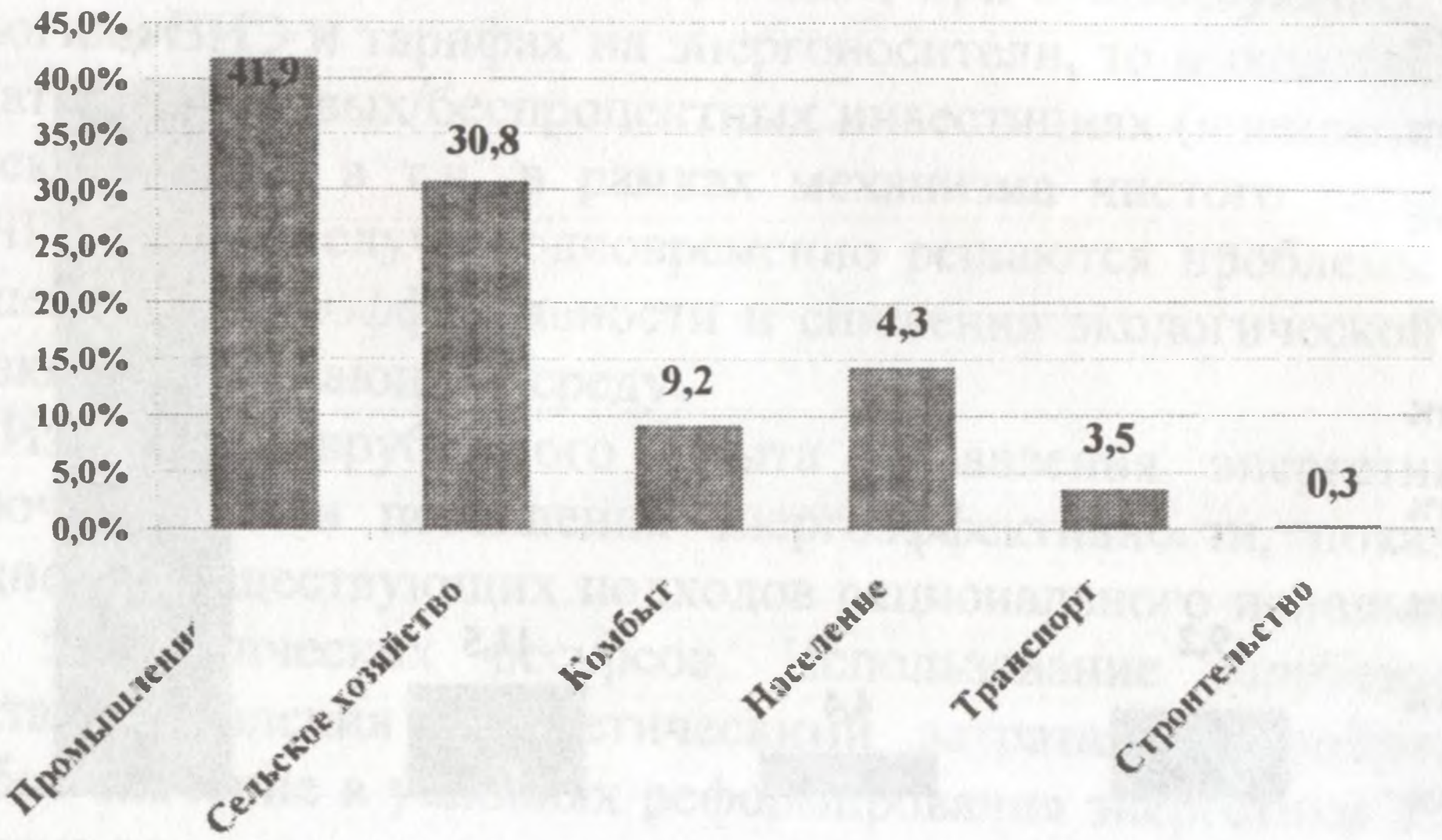


Рис.43. Структура потребления электроэнергии в Узбекистане.

Как было сказано, энергоемкость ВВП в Узбекистане приближается к 1т.н.э./1000 долл. США, что в 4 – 5 раз больше, чем в развитых странах мира. В то же время потребление первичной энергии в Узбекистане на 1 человека примерно в 5 раз меньше, чем в США, и в 2,5 раза меньше, чем в России. Причинами столь высокого современного уровня энергоемкости экономики являются:

– неэффективность существующих экономических стимулов энергосбережения;

– относительно низкий уровень внутренних цен на энергетическое сырье и продукты его переработки и вытекающая из этого слабая заинтересованность на всех уровнях управления энергетикой, а у населения в рациональном использовании и экономном расходовании топлива и энергии;

– низкая оснащенность энергопотребителей техническими средствами учета и недостаточность контроля расходования энергоресурсов;

– высокая энергозатратность производственных процессов из–за большой доли устаревшего основного оборудования;

– отсутствие единого полномочного центра повышения энергоэффективности;

– недостаток в квалифицированном управленческом и инженерном персонале в сфере энергосбережения;

– недостаточная информированность населения в вопросах энергосбережения.

Неэффективное использование энергетических ресурсов является главным препятствием для достижения устойчивого экономического роста национальной экономики на долгосрочную перспективу.

Необходимо отметить недостаточную заинтересованность предприятий и низкую способность технического персонала показать технико–экономическую обоснованность мер по повышению эффективности использования энергии.

Среди проблем переходного периода и экономических реформ повышение энергоэффективности и снижение энергоемкости ВВП рассматривается как одна из стратегических задач.

Что необходимо сделать в этом направлении в первую очередь?

Практика развитых стран показывает, что когда меры по сбережению энергии являются составной частью всеобъемлющей государственной программы управления предприятием – отраслью – экономикой, только тогда результаты сбережения энергии являются значительными и устойчивыми.

Вопросы экономии топлива, тепла и электроэнергии следует рассматривать в связи с реконструкцией и модернизацией оборудования, со сбережением совокупных производственных ресурсов, т.е. как элемент ресурсосбережения, а эффективность и приоритетность энергосберегающих мероприятий определять на основе не только энергетической, но и социальной, экологической и экономической оценок.

По степени значимости следующей компонентой стратегии эффективного использования энергии после ценообразования считается институциональный аспект, обеспечивающий

координацию и мотивацию всех заинтересованных в эффективном использовании энергии структур (производителей, проектировщиков, строителей, инвесторов и потребителей).

3–ей компонентой является обучение персонала и населения методам энергосбережения и распространение информации об эффективном использовании энергии.

Все компоненты должны иметь механизмы финансового и экономического стимулирования.

Потенциал и направления энергосбережения

Возрастающее значение энергосбережения определяется еще и тем, что затраты на прирост производства единицы энергии в 3 – 5 раз выше, чем на ее экономию.

Энергоэффективность комбинированных циклов производства энергии

Система генерации и когенерации	Эффективность (%)		
	Электричество	Тепло	В целом
газовый двигатель	25 – 35	50 – 60	80 – 90
дизельный двигатель	35 – 45	35 – 45	75 – 80
газотурбина	15 – 35	40 – 50	70 – 80
паротурбина с противодавлением	10 – 30	40 – 50	75 – 80
теплофикационно / конденсационная паротурбина	20 – 40	40 – 60	70 – 80
комбинированный цикл	30 – 40	40 – 50	80 – 90

Потенциал энергосбережения в Узбекистане оценивается в 15–18 млн.т.н.э., а технический её потенциал составляет примерно 50%. Повышения энергоэффективности можно достигнуть путем применения комбинированных циклов при производстве электроэнергии.

Проблемы эффективного использования органического топлива

Природный газ

Необходимо постепенно сокращать использование природного газа как основного топлива в электроэнергетике. В электроэнергетике должна быть разработана и осуществляться государственная программа перехода электроэнергетики, прежде всего, на уголь и другие, сравнительно малоценные первичные источники энергии: отходы от газонефтепереработки, сланцы, бытовые отходы, топливо с выработанных и малодебитных месторождений, попутные газы при нефтедобыче и т.п.

При обсуждении разумного использования природного газа в энергетике речь должна идти не только о повышении эффективности его использования, но и о поиске новых технико–экономически оправданных его источников.

Что касается первого, то здесь необходимо прежде всего снова упомянуть о все более внедряемых парогазовых установках. Примером второго, как уже сказано выше, упомянем большое число малодебитных и выработанных неиспользуемых газовых месторождений.

Чрезмерная привлекательность природного газа для потребителей при убыточности его поставок на внутренний рынок по действующим ценам создает растущую напряженность баланса газа. Поскольку он обеспечивает большую часть внутреннего потребления энергоресурсов, дефицит газа означает прямую угрозу энергетической безопасности страны. Такое положение с позиций энергетической безопасности и эффективности использования природного газа не может считаться нормальным и требует исправления.

Должна быть проведена оценка возможности эффективной эксплуатации типичных малых месторождений, обеспечивающих работу обустроенной на этом месторождении небольшой электростанции. Необходим анализ, что для выбранного малого месторождения его освоение для выработки электроэнергии

представляется весьма перспективным и вполне технико–экономически оправданным. Таких, часто абсолютно неперспективных с точки зрения того или иного газового монополиста, месторождений достаточно, однако в интересах страны они должны осваиваться.

Весьма эффективным может быть и более широкое применение природного газа, например, пропан–бутановых его фракций в транспортных, прежде всего автомобильных двигателях. Крайне важным для всей проблематики использования природного газа является для нашей страны задача широкого освоения технологий ожижения природного газа, что, в частности, может решить ряд кардинальных вопросов транспортировки газа в перспективных экспортных направлениях.

Нефть

Использование в энергетике жидких углеводородов, полученных при переработке нефти, связано, прежде всего, с потребностями транспорта. Полученные при глубокой переработке нефти бензин и дизельное топливо являются такими видами. Структура расходуемого на ТЭС топлива должна измениться в сторону уменьшения доли мазута к 2020–2025 годам, что корреспондирует с увеличением глубины переработки нефти.

Нефть, как и природный газ, является топливом, проблемы технико–экономической обоснованности добычи и использования которого являются жизненно важными для страны вопросами самого ближайшего будущего. Например, для нашей страны, по некоторым данным, обеспеченность разведанными запасами сегодняшних уровней добычи составляет по нефти лишь несколько больше чем на 15 лет, по газу – на 30 лет, тогда как по углю (Ангрен) на многие сотни лет.

Помимо интенсификации разведки месторождений нефти, так же как природного газа, следует обратить большое внимание на освоение малодебитных нефтеместорождений и разработку технологий, позволяющих достаточно эффективно осу-

ществлять нефтедобычу на ранее выработанных месторождениях.

Уголь

Уголь должен стать основным видом органического топлива для крупной энергетики. Одной из основных причин является не имеющий аналогов в мире перекос цен на взаимозаменяемые энергоносители (газ, уголь и мазут), что искажает мотивации потребителей, ориентируя их на завышенный спрос на природный газ.

Говоря об использовании угля, запасы которого у нас в стране исключительно велики, следует обратить особое внимание на наблюдаемое за последние 10–20 лет практическое прекращение фундаментальных исследований и новых технологических разработок по эффективному использованию угля в энергетике. Здесь и работа по эффективному, экологически чистому сжиганию угля, энергетическому его использованию, переработке угля для получения синтетического жидкого и газообразного топлива, его обогащению вплоть до брикетирования, решение сопутствующих экологических проблем его широкого применения.

Представляются необходимыми решительные меры перевода тепловой электроэнергетики с преимущественной ориентировки на природный газ, на уголь. В этом отношении кардинальным фактором является правильная инвестиционная политика. Аккумуляция собственных и привлечение внешних инвестиций в топливно–энергетические отрасли невозможны без радикального изменения ценовой политики. Речь идет не о ценах на нефть и нефтепродукты (они адекватны сложившимся правилам рынка) и не о ценах на угль – они выйдут на разумные уровни при развитии рыночных отношений. Ценовую политику нужно в корне менять в естественных монополиях – газовой отрасли, дающей почти половину приходного топливно–энергетического баланса, в электроэнергетике и теплоснабжении, на которые приходится 60–70% его расходной части.

Теплофикация

В Узбекистане успешно в широких масштабах развивалась теплофикация. В 40–50–х годах прошлого века по различным причинам были приняты и затем осуществлены решения по массовому строительству крупных котельных, а также теплоэлектростанций с комбинированной выработкой электроэнергии и тепла.

Научно–техническое обоснование такого решения в те годы было вполне оправданным. КПД тогдашних электростанций, работающих с паротурбинной техникой невысоких параметров пара, составлял величину порядка 32–35%, и тем самым, имели место огромные потоки не используемого низкопотенциального тепла, т.е. тепловых потерь.

Теплофикационный режим работы электростанций типа ТЭЦ путем системы отборов пара в турбинах, использования турбин с противодавлением, или того и другого позволял резко увеличить эффективность использования топлива. Теплофикация обеспечивала возможность экономически весьма эффективного теплоснабжения (отопления) соответствующих районов населенных пунктов, где размещены электростанции.

Естественно, для передачи тепла от теплофикационной электростанции к его потребителю – зданиям и сооружениям – требовалась разветвленная трубопроводная система подвода горячей воды. Такая трубопроводная система, как правило, прокладывалась под землей, нуждалась в эффективной теплоизоляции и, наконец, в соответствующем резервировании и управлении работой. Все это с учетом особенностей тогдашней политической системы с жестким планированием и централизацией было осуществлено с большим размахом в пределах всей страны.

Так, например, более 70% всей тепловой энергии и до настоящего времени производится централизованными источниками (мощностью более 10 Гкал/час). Однако их техническое состояние сегодня и достигнутая степень совершенства элек-

троэнергетики и энергетического оборудования, требуют иного подхода.

Протяженность трубопроводных систем составляет огромную величину. При этом, по некоторым оценкам, около 80% сетей требуют замены или капитального ремонта и не менее 15% находится в аварийном состоянии. На каждые 100 км тепловых сетей ежегодно регистрируется в среднем 50–60 повреждений. Теплопотери в тепловых сетях достигают 30% и более.

Кроме того практически все котельные построены по «открытому» циклу, что приводит к большому (до 60% и более) расходу качественной воды. Тем самым напрашивается необходимость пересмотра установившихся ранее взглядов на широкую теплофикацию со строительством крупных котельных и ТЭЦ. Следует самым серьезным образом рассмотреть вопрос о прекращении строительства крупных котельных и теплоэлектроцентралей и обратить внимание на широкое внедрение малых теплоцентралей, работающих по комбинированному циклу. При этом прекращается массовое строительство трудно реконтируемых и практически незаменяемых (в крупных населенных пунктах) тепловых сетей, уменьшаются теплопотери, а иногда и потери электроэнергии в распределительных сетях. Перевод таких мини–ТЭЦ на «закрытый» цикл позволит экономить значительные тепловые и водные ресурсы.

Установка такого рода малых электростанций требует, естественно, подвода топлива, в этом случае предпочтительно природного газа, что несоизмеримо проще по сравнению с проблемами прокладки и эксплуатации протяженных тепловых сетей.

Таким образом, целесообразно решение следующей задачи – оптимизация топливно–энергетического баланса регионов с одновременным улучшением качества жизни населения. Эта задача будет решаться также с помощью широкого использования ВИЭ и местных видов топлива. Потенциал ВИЭ достаточно точно определен количественно, а его стратегическое использование определено в качестве одного из приоритетов развития нашей республики.

Энергетики всего мира работают над новейшими путями внедрения и включения отрасли ВИЭ в энергосистему своих стран. Для Узбекистана актуальными являются технологии возобновляемых источников, использующих энергию солнца, ветра и биомассы, а также малые гидроэлектростанции и геотермальные установки.

Использование ВИЭ позволит оперативно и с минимальными затратами решать вопросы энерго– и теплоснабжения населения и небольших предприятий в отдаленных населенных районах, лишенных централизованного энергоснабжения или испытывающих его дефицит. Стратегическая важность данного направления для Узбекистана заключается в том, что от реализации конкретных проектов в сфере ВИЭ зависит обеспечение страны и всего региона энергией в долгосрочной перспективе, поскольку традиционные ресурсы энергии не возобновляются и ограничены. При условии дальнейшего развития и освоения ВИЭ в Узбекистане, вполне возможно, будет наблюдаться значительная диверсификация электроэнергетической системы.

Общий потенциал и направления использования возобновляемой энергетики в Узбекистане

Согласно экспертным оценкам потенциал возобновляемых источников энергии Узбекистана составляет около 51 млрд. т.н.э., технический потенциал – 182,32 млн. т.н.э., что в 3,1 раза превосходит текущий годовой объем добычи первичных энергетических ресурсов (см.таблицу ниже).

Потенциал возобновляемых источников энергии в Узбекистане (млн. т.н.э.)

Виды ВИЭ	Валовой	Технический	Освоенный
Гидроэнергия, всего	9,2	2,32	0,72
в т.ч. крупных рек	8,0	1,81	0,56
малых рек, водохранилищ и каналов	1,2	0,51	0,16

Солнечная энергия	50973	176,8	
Ветровая энергия	2,2	0,4	
Биомасса		0,5	
Геотермальные воды	0,2	0	0
Петротермальные ресурсы*	6700000	0	0
Всего	50993,8 **	182,32	0,72

* Тепло сухих горных пород.

** Без учета петротермальных ресурсов, по которым отсутствует технология использования.

Как видно из расчетов, около 97% (т.е. 176,8 млн. т.н.э.) потенциала приходится на солнечную энергию. На остальные виды ВИЭ приходится всего 3 процента технического потенциала. Вместе с тем, наиболее освоенным является потенциал малой гидроэнергетики (31,3% от технического потенциала и 13,3% от валового потенциала), что связано с более высокой экономической эффективностью этого вида альтернативной энергии.

Вместе с тем, низкая степень освоения потенциала ВИЭ связана и с объективными причинами. Во–первых, такие источники энергии могут заменить углеводородное сырье в электроэнергетике, приготовлении пищи и теплоснабжении, моторном топливе, но не могут заменить в промышленной переработке. Альтернативы углеводородному сырью для производства химической и нефтегазохимической продукции (в настоящее время забирает 8,13 млн. т.н.э. из используемых 58,3 млн. т.н.э.) пока практически нет (см.таблицу ниже).

Альтернативные и возобновляемые источники энергии по направлениям рационального использования углеводородного сырья

Направление использования углеводородного сырья	Виды сырья, используемые в настоящее время	Предполагаемая альтернатива для Узбекистана
Производство электроэнергии	Природный газ, уголь, мазут, дизельное топливо	1. Средняя и малая гидроэнергетика 2. Комбинированное использование газа, угля и солнечной энергии 3. Малая ветровая энергетика
Отопление (производство горячей воды и пара)	Природный газ, уголь, мазут, печное топливо	Комбинированное использование природного газа и солнечной энергии
Моторное топливо	Нефть и газовый конденсат	Переработанный природный газ, биотопливо, электроэнергия, аккумулированная в батареях
Промышленная переработка (химическая, нефтегазохимическая промышленность)	Нефть, природный газ	Нефть, природный газ

С другой стороны, это свидетельствует о том, что меры по энергосбережению и вводу возобновляемых источников энергии необходимы не только в связи с дефицитом углеводородов для обеспечения энергетических потребностей страны, но и для независимой сырьевой обеспеченности химической и нефте-

газохимической промышленности на длительную перспективу.

Во–вторых, при производстве электроэнергии невозможно использовать только солнечную энергию в силу неустойчивости источника в зимнее время при существующих технологиях. Поэтому основной остается традиционная энергетика и в настоящее время в Узбекистане намечена крупномасштабная техническая модернизация тепловых электростанций со строительством парогазовых установок. Объемы производимой электроэнергии за счет всех существующих источников будут достаточны на период до 2030 года не только для нужд собственной экономики, но и поставки на экспорт не менее 1 млрд. кВт.ч в год.

Гидроэнергетика в Узбекистане

Для Узбекистана валовой потенциал 656 рек с притоками общей площадью водосбора 83369 км^2 оценивается по мощности в 12 231 МВт и среднемноголетней выработке энергии 107 000,0 млн. кВт. ч в год.

Существующие на сегодняшний день техника и технологии (технический потенциал) позволяют использовать только часть валового потенциала, т.е. около 7200 МВт установленных мощностей с годовой выработкой 27 млрд. кВт.час.

Валовой потенциал малых рек, водохранилищ и крупных каналов относительно невысок. Он составляет всего 2% от общего объема первичных энергетических ресурсов и 13% от общего валового потенциала гидроэнергетических ресурсов страны. Одновременно он не обладает достаточной устойчивостью, поскольку сильно зависит от климатических условий и уровня так называемой «водности» года.

Из 13 административно–территориальных единиц страны гидроэнергетический потенциал, в той или иной степени, имеется лишь в 8 регионах, а в значимых объемах – лишь в Ташкентской, Сурхандарьинской и Наманганской областях.

Помимо малых рек определенным потенциалом производства гидроэнергии обладают водохранилища, а также магистральные каналы.

Технический потенциал малых гидроэлектростанций демонстрирует потенциальную возможность дополнительного строительства 14 малых ГЭС мощностью до 10–20 МВт каждая суммарной мощностью 87 МВт при водохранилищах.

Солнечная энергетика в Узбекистане

Данные многолетних наблюдений на сети метеорологических станций Узбекистана показывают, что продолжительность солнечного сияния для различных регионов республики изменяется до 3000 часов в году, с колебаниями в течение суток и сезонов. Также существует разница поступления сумм солнечной радиации, составляющая 27 МДж/м^2 в сутки летом и около 7 МДж/м^2 зимой.

По количеству солнечных дней в году Узбекистан превосходит южную Испанию, в которой солнечная энергетика является чрезвычайно развитой. Только одна треть года может считаться холодным временем года с небольшим уровнем солнечного излучения и иногда снегом. Остальное время года отличается чрезвычайно высоким уровнем солнечного излучения. Валовой потенциал солнечной энергии, ежегодно приходящей на территорию Узбекистана, значителен и превышает энергетический потенциал всех разведанных запасов углеводородного сырья страны (см.таблицу ниже).

Прогнозная оценка технического потенциала энергии солнечного излучения в Узбекистане произведена на основе оценки валового потенциала и с учетом достигнутого в мире и Узбекистане развития технологий преобразования, созданных технических средств для массового изготовления, возможностей их применения в промышленно значимых масштабах.

Оценки показали, что технический потенциал, рассчитанный при условии использования 1% территории, составляет для размещения:

– солнечных установок с КПД солнечного коллектора 60% – 133,0 млн. т.н.э. в год, или 0,26% от валового потенциала;

– солнечных фотоэлектрических модулей серийного изготовления с КПД преобразования 16% – оценивается в 42,0 млн. т.н.э. в год, или 0,08% валового потенциала;

– солнечно–тепловых электростанций с общей установленной мощностью 8000 МВт – 1,29 млн. т.н.э. в год, или 0,002% валового потенциала.

Валовой потенциал солнечной энергии по регионам Узбекистана*

Область	млн.т.н.э.
Андижанская	129
Бухарская	4747
Ферганская	215
Джизакская	2090
Кашкадарьинская	3027
Хорезмская	542
Наманганская	241
Навоийская	14388
Самаркандская	1703
Сырдарьинская	327
Сурхандарьинская	2554
Ташкентская	1462
Каракалпакстан	19548
Всего	50973

* Оценка валового потенциала солнечной энергии произведена с учетом данных каждой актинометрической станции, репрезентативных для территорий с однотипными физико–географическими условиями, и солнечной радиации при реальной облачности.

В республике начинает развиваться производство солнечных установок. Например, ООО «Mir Solar» успешно занимается разработкой, изготовлением и установкой «под ключ» комбинированных фотоэлектрических станций, солнечных водонагревательных установок и других изделий. Это «первая ласточка» в производстве оборудования для возобновляемой и альтернативной энергетики. Специально для Сурхандарьинской области ООО «Mir Solar» сконструировало один из видов фотоэлектрических станций, пригодных для работы в отдаленных селениях.

Таким образом, общий технический потенциал использования солнечной энергии на настоящем этапе составляет 176,0 млн. т н.э., или лишь 0,34% его валового потенциала. Однако даже этот показатель в 3 раза больше годового производства углеводородов в стране.

Энергия ветра в Узбекистане

В силу географического положения Узбекистана и вызванных этим сложных климатических процессов, происходящих в приземном слое атмосферы, энергия ветра в республике имеет сезонный характер.

Удельная мощность ветрового потока в среднем по республике равна 84,0 Вт/м^2 и варьирует от 20,0 Вт/м^2 в Андижанской до 104,0 Вт/м^2 в Навоийской областях.

Распределение по территории общей продолжительности энергоактивных (3 м/с и более) скоростей ветра аналогично распределению средних скоростей. Максимальная длительность (6–8 тыс. ч в год) характерно для побережий и гребневой зоны горных хребтов. В пустынных районах такие скорости наблюдаются в течение 3–4 тыс. ч, в Ферганской долине около 1500 часов в год (см.таблицу ниже).

Общая продолжительность (ч) энергоактивных скоростей ветра на некоторых метеостанциях Центральной Азии в течение года

Станция	Скорость ветра, м/с		
	›3	›5	‹3
Андижан	1760	790	7000
Каракуль	3960	1760	4800
Муйнак	5540	2960	3220
Нурата	3170	1320	5590
Тамды	5010	2550	3750
Тойтепа	1320	880	7440
Чимбай	4400	1760	4360
Янгиер	4660	2730	4100
Нарын	1670	400	7090
Хайдаркан	2630	980	6130

Валовой потенциал энергии ветра, оцененный на основании данных многолетних метеонаблюдений (более 10 лет) за скоростью ветра на 88 метеостанциях Узбекистана, равен 2,20 млн. т.н.э в год. Технический потенциал энергии ветра в республике оценивается в 0,43 млн. т.н.э. в год. Экономический потенциал хотя и не оценен, однако в связи с малым техническим потенциалом и более высокой стоимостью установок по сравнению с традиционными источниками энергии, является незначительным. В последние годы получен некоторый опыт использования ветроэнергетических установок (ВЭУ) серийного изготовления небольшой мощности (3,0 и 6,0 кВт) в составе пилотной солнечно–ветровой системы электроснабжения объекта телекоммуникации в предгорной зоне, а также ВЭУ мощностью 6 кВт на равнинной местности. Так как оценка потенциала энергии ветра проводилась по данным наблюдений скоростей ветра метеостанциями Узбекистана только на небольшой высоте (до 10 метров), то для определения возможности установки современных ветрогенераторов на конкретной площадке требуется проведение более детальных исследований

воды, – это действительно экологически чистая комплексная технология.

Поэтому задачи ученых и специалистов в развитии водородной энергетики состоят в поиске новых перспективных материалов, исследованиях по эффективному применению экологически чистых технологий, направленных на получение водорода электролитическим способом с применением возобновляемых источников энергии.

Для развития в республике водородной энергетики приоритетными являются разработка технологии по производству водорода электролизом воды с применением для этого энергии солнца, разработка комплексов по его производству, хранению и транспортировке, создание высокоэффективных экологически чистых энергетических установок и электрохимических генераторов на основе водородных топливных элементов.

Исследования, проводимые в республике с учетом имеющихся местных условий, показывают, что водород остается практически единственным экологически чистым топливом для автомобильного транспорта, а в более широком плане – и для любых объектов энергетики будущего. В рамках программы Государственного комитета Республики Узбекистан по охране природы в течение последних лет ведутся работы по созданию опытной пилотной установки по получению водорода экологически чистым путем. В ней для разложения молекул воды применяется электрическая энергия, выработанная с помощью фотопреобразователей. Уже достигнуты обнадеживающие результаты, показывающие жизнеспособность выбранной технологии, поскольку себестоимость электрической энергии, выработанной фотоэлементами, практически та же, что и полученной по традиционной технологии. Наблюдается тенденция дальнейшего снижения себестоимости электрической энергии, выработанной фотоэлементами.

В нашей стране в лабораторных условиях разработана перспективная технологическая схема и комплексная установка, где ведутся экспериментальные работы по получению водорода. Установка состоит из нескольких отдельных самостоя-

тельных технологических узлов, в частности, фотопреобразователя, установки электролиза воды и других. Основной акцент при ведении экспериментальных работ обращен на процесс электролиза. Полученный водород после осушки и очистки анализировался на степень чистоты, и было установлено, что достигнут практически чистый водород, положительно отличающийся от полученного другими методами.

Применение водорода в криогенной технологии даст новый толчок развитию промышленности нашей страны, предоставит уникальную возможность совершенствования и внедрения энергосберегающих технолэгий в промышленности, получения современных фотопреобразующих сплавов, новых химических термостойких материалов, производства химических удобрений взамен действующих в настоящее время с применением энергоемких технологий.

Таким образом, рассмотренные возобновляемые и альтернативные источники энергии позволяют говорить о том, что для точной оценки энергетического потенциала республики, например, биомассы необходимо провести тщательное исследование. При этом следует учесть, что, к примеру, стебли хлопчатника традиционно используются в сельских районах для приготовления пищи, а отходы от зерновых и других сельскохозяйственных культур – в качестве фуража для животноводства, строительного материала; отходы животноводства и птицеводства используются в качестве местного удобрения, а в высушенном естественным путем виде – местного топлива.

Одной из важнейших задач не только для энергетики, но и для экономики региона в целом является реализация рационального и эффективного подхода к использованию имеющегося топливно–энергетического потенциала и вовлечение в энергобаланс новых экологически чистых видов энергии.

Ниже в таблице перечислена часть проектов, реализованных в Республике Узбекистан по изучению и развитию применения ВИЭ.

В рамках разрабатываемой в Узбекистане программы развития возобновляемых источников энергии экспертами прово-

дится подготовка внедрения в энергетическую систему страны интегрированных солнечно–тепловых электростанций комбинированного цикла.

Проекты по изучению потенциала ВИЭ в Узбекистане

В Узбекистане было осуществлено достаточно много проектов, связанных с изучением возможностей использования ВИЭ. Эти пилотные проекты осуществлялись, как правило, с помощью стран Европейского Союза или ООН. Ниже, в таблице, приводится перечень некоторых из проектов, осуществленных в Узбекистане и показавших положительный результат.

По этим направлениям ГАК «Узбекэнерго» начаты фундаментальные исследования для выбора проектных участков с наибольшей солнечной радиацией, на которых возможно осуществление строительства солнечно–тепловых электростанций.

Кроме того, планируется модернизация 12 действующих ГЭС с увеличением мощности на 55,8 МВт, строительство опытной ветровой энергоустановки мощностью 750 кВт в районе Чарвакского водохранилища.

В республике выполнен ряд проектов в рамках государственных программ, результатом их выполнения стали освещение жилых домов в отдаленных сельских районах, автоматический водоподъем для целей ирригации и животноводства, применение более дешевого варианта капельного орошения, обеспечение ретрансляций радио и телевизионных передач.

Наименование проектов	Год	Рассмотренные вопросы
Программа ЕС INCO: Проект использования солнечной энергии в Узбекистане и странах Центральной Азии	1996	Возможности солнечной энергии. Юридические и экономические барьеры. Возможности местного производства – текущая ситуация

ПРООН/ГЭФ: Устранение барьеров к энергетической эффективности в централизованном теплоснабжении и горячем водоснабжении	2000	Интеграция различных вариантов солнечного теплоснабжения в варианты перспективного развития для города Ташкента
ПРООН/ГЭФ: Реструктуризация районной системы централизованного теплоснабжения в Ташкенте	2001	Изучение возможностей использования солнечного теплоснабжения в г. Ташкенте. Потенциал для местного производства. Обоснования по возможностям передачи ноу–хау и создания совместных предприятий по производству солнечных коллекторов
Проект Азиатского Банка Развития: «Стимулирование использования возобновляемых источников энергии, эффективного использования энергии и снижения выбросов парниковых газов (PREGA)»	2002	Обзор потенциальных возможностей ВИЭ, рекомендации по поддержке ВИЭ и использованию соответствующих технологий
ПРООН: Обзорные исследования по разработке национальной стратегии развития возобновляемой энергетики в Узбекистане	2006	Исследование законодательных, институциональных и экономических условий развития ВЭ, анализ эффективности затрат, подготовка рекомендаций по технологиям, финансовым схемам и схемам государственной поддержки развития ВЭ

Кроме того:

– освоена технология сборки и производство ФЭС мощностью 100–300 Вт на заводе «Фотон»;

– организовано производство солнечных коллекторов по обогреву воды;

– освоена методика проектирования и технология монтажа гелиоустановок.

Положительными следствиями выполненных проектов стали:

– подготовка программы децентрализованного обеспечения сельских районов электроэнергией;

– обсуждение в Законодательной палате Олий Мажлиса Республики Узбекистан вопросов энергосбережения и использования ВИЭ;

– формирование рынка ВИЭ;

– производство и реализация ФЭС и солнечных коллекторов на коммерческой основе;

– обзорные исследования по разработке национальной стратегии развития возобновляемой энергетики в Узбекистане;

– организация первой в Узбекистане международной выставки «Чистая энергия. Энергосбережение».

Существующие в нашей стране технологии ВИЭ позволяют получить энергию, эквивалентную 179 млн. тонн нефти. Их применение предотвратит выбросы в атмосферу 447 млн. тонн углекислого газа, оксида азота и частиц других веществ.

Реализуется проект по строительству опытной ветроэнергетической установки «Шамол». Перспективным местом расположения является Бостанлыкский район Ташкентской области. По данным «Узгидромета», среднегодовая скорость ветра в этом районе составляет 4,3 м/с, в зимний период этот показатель достигает 6,6–7,1 м/с. В течение прошлого и этого года уже выполнены геологический надзор и топографическая съемка, изготовлены металлоконструкции. Для бесперебойной работы метеооборудования и блока накопления информации были проведены две линии электропитания; смонтированы 9 различных датчиков. Реализация проекта ВЭУ «Шамол» позволит до-

полнительно вырабатывать 1,3 млн. кВт.ч электроэнергии в год, ежегодно экономить до 0,5 млн. $м^3$ природного газа, или 1,8 тыс. тонн угля.

С 2007г. еще одна из узбекских компаний – ООО «Интеллект–Диалог» занимается возобновляемой и альтернативной энергетикой. Специалистами было разработано и введено в эксплуатацию оборудование фотоэлектрических и ветроэнергетических установок и сопутствующее им оборудование, системы мониторинга и диагностики. Также ими введены в эксплуатацию гибридные системы альтернативного энергоснабжения более 40 объектов в 6 регионах Узбекистана. А на 2011–2020гг. намечено разработать комплекс альтернативного энергоснабжения для водоподъема со скважин глубиной до 100 м. для фермерских хозяйств и небольших поселков. В планах – освоить производство солнечных батарей и микро–ГЭС мощностью до 30 кВт.

В республике все большую популярность приобретает еще один источник возобновляемой энергии – биогаз. По расчетам специалистов, общий его потенциал только отходов животноводства составляет более 8,5 млрд.$м^3$. Не меньшие объемы биогаза можно получить и от твердых бытовых отходов. На территории Узбекистана функционирует более 180 свалок–полигонов для сбора и хранения твердых бытовых отходов, занимающих площадь более 2,0 тыс. га, из них более 90% свалок находятся в неудовлетворительном состоянии. Их освоение позволит дополнительно создать рабочие места в регионах, получить дополнительную продукцию, улучшить экологическую обстановку как на территории полигона, так и в целом в регионе.

Пока банки страны практически не проявляют интереса к данной актуальной проблеме, не проработан механизм привлечения частного капитала. Отсутствуют также нормативно–правовая база, государственные программы, не определен государственный орган, который бы отвечал за выполнение таких работ или координировал их, к тому же оставляет желать луч-

шего информированность о новых технологиях использования ВИЭ.

Чтобы устранить все недостатки, необходимо возложить на энергоснабжающие и энергопотребляющие организации такие требования, чтобы они были вынуждены использовать ВИЭ в своем энергобалансе, разрабатывать формы предоставления стимулов для вовлечения частного капитала. Необходимо внедрить схему финансового обеспечения индивидуальным пользователям ВИЭ, например семьям на селе, на основе предоставления микрокредитов на льготных условиях.

Предложено разработать Национальную стратегию развития ВИЭ, расширить подготовку в вузах страны специалистов в данном направлении, а также создать соответствующую нормативно–правовую базу. Важно принять законы, стимулирующие использование таких источников через предоставление доступа к централизованной энергосистеме производителям энергии, а также ввести таможенные и налоговые льготы на деятельность и использование ВИЭ.

Практическое внедрение и вовлечение ВИЭ в общий энергобаланс страны будет способствовать обеспечению энергетической, экологической безопасности страны, служить развитию и повышению благосостояния нашего народа. Все это нацелено на сохранение окружающей среды, решение социальных задач, улучшение качества жизни, сохранение запасов собственных энергоресурсов для будущих поколений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ [1,9–11,48,49,53,55]

Мировая энергетика находится на перепутье. Экономика требует все больше энергии, а запасы ископаемого топлива, на котором основана традиционная энергетика, не безграничны. Рост стоимости ископаемого топлива усугубляется и тем, что достигшее колоссальных размеров использование углеводородов наносит ощутимый вред окружающей среде, что отражается на качестве жизни населения.

Использование ВИЭ – огромный растущий рынок с нынешним ежегодным оборотом более 65 млрд. долл., с мощным мультипликативным эффектом в сфере образования, науки и производства.

В мире расширяется и ускоряется процесс перехода к новой технологической платформе глобальной энергетики, в котором ВИЭ (без ГЭС) займет значительное место с долей в 30–35%, а все безуглеродные технологии будут составлять не более 60%.

Развитие и совершенствование энергетики в мире проводятся на основе достижений фундаментальной и прикладной науки, разработки новых технологий, позволяющих создавать высокоэффективное энергетическое оборудование, и, наконец, с учетом огромной роли энергетики для всех стран, возможности на основе технико–экономического анализа принимать соответствующие решения, в том числе социально–политические, экономические, природоохранные и другие.

В развитии мировой энергетики, регионов и отдельных стран наблюдаются тенденции, вызванные объективными процессами, взаимосвязью и взаимовлиянием, основными из которых являются: глобализация, либерализация, диверсификация, разумная децентрализация и модернизация.

Глобализация означает усиление интеграционных процессов, в результате которой повышается эффективность, надежность и качество энергоснабжения.

Либерализация связана с уменьшением или отменой мер, сдерживающих свободную конкуренцию на энергетических и других рынках.

Диверсификация означает разнообразие, увеличение степени использования разных видов топлива и энергоносителей, различных технологий и видов энергоустановок, в том числе ВИЭ, что придаёт большую гибкость при решении проблем энергоснабжения и увеличивает энергетическую безопасность каждого региона и государства.

Децентрализация означает разумный, связанный с повышением энергоэффективности, отказ от излишней централизации: сооружения крупных энергетических объектов, монополизации и т.д. В каждом случае необходим оптимальный подход к единому процессу: централизация и децентрализация.

Модернизация означает применение новых технологий и энергоустановок, обеспечивающих повышение их энергоэффективности.

Энергетика и в большой степени ее электроэнергетическая составляющая во многом определяют безопасность любого государства. Каждое государство основывает развитие энергетики, исходя из наличия своих возможностей и ресурсов: ископаемых, научно–интеллектуальных, технологических, технико–экономических, финансовых и т.д.

Неравномерное распределение этих ресурсов на земном шаре создаёт политические, экономические, социальные, технологические, природоохранные и другие проблемы в различных странах и регионах. Создание межгосударственных союзов, интеграция государств для решения этих проблем позволяет уменьшить их остроту.

Долговременной тенденцией развития мировой энергетики все ещё является ориентация на ископаемые энергоносители. При производстве энергии применяются технологии комбинированного производства различных её видов, что значительно

повышает эффективность использования первичных энергоресурсов.

Решение любых задач энергоснабжения и повышения энергоэффективности производства основывается на энергосбережении, создании и функционировании четкой системы энергоуправления (энергоменеджмента). Система энергоуправления обязательно должна иметь прямую связь между текущим контролем и управлением.

Не только крупные компании, но и небольшие предприятия в развитых странах используют сегодня программы непрерывного контроля энергопотребления с компьютерной обработкой данных и постановки задач по энергосбережению.

Экономический эффект от энергосбережения и энергетического менеджмента в лучших компаниях мира, имеющих высокий уровень энерготехнологий, на порядок превышает объемы инвестиций в эту область. Цель задач глобальной энергоэффективности – сократить потребление энергоресурсов в мире к 2050 году не менее чем на 40%.

С ужесточением требований по экологии удельная стоимость оборудования традиционных электрических станций, особенно угольных, непрерывно возрастает, а удельная стоимость оборудования возобновляемой энергетики столь же непрерывно снижается. Тем не менее, долговременной тенденцией развития энергетики в XXI веке является ориентация на ископаемые энергоносители. Активно внедряются принципы низкоуглеродной энергетики и интеллектуальных сетей.

Мировое развитие технологий производства и использования возобновляемых источников энергии показывает их высокую перспективность. Для реализации резервов использования ВИЭ в Узбекистане необходимо принятие соответствующих правово–нормативных актов, создание материальной базы, благоприятных условий для инвесторов и подготовка специалистов.

Использование и развитие возобновляемой энергетики не имеет смысла без комплексного и масштабного внедрения принципов энергосбережения и применения современного

энергоэффективного инженерного оборудования. Проведенный анализ передового зарубежного опыта управления энергетикой и повышения ее энергоэффективности, включая ВИЭ, показал общность существующих мировых подходов рационального использования энергетических ресурсов, несмотря на национальные особенности развития энергетики.

ГЛОССАРИЙ

Абиотические факторы среды – компоненты и явления неживой, неорганической природы, прямо или косвенно воздействующие на живые организмы: климатические, почвенные и гидрографические факторы. К основным абиотическим факторам среды относятся: температура, свет, вода, соленость, воздух, магнитное поле земли, почва.

Автономные «зеленые» поселения» (АЗП) – экологический город, особенностями которого являются следующие черты: *Относительно небольшая населенность.* АЗП проектируются в расчете на число жителей, не превышающее пять тысяч человек. Согласно исследованиям, такое число жителей способствует созданию благоприятной атмосферы внутри социума, способствует созданию соседств, а значит комфортной психологической обстановке в жилых образованиях поселения. *Разнообразие планировочной системы.* Планировка конкретного АЗП обеспечивает все особенности его функциональных процессов, учитывает природные условия его расположения. Дома в АЗП построены с использованием приемов органической архитектуры, что дает возможность создания уникальных городских пространств. *Энергетическая автономность, использование возобновляемых источников энергии.* Использование возобновляемых источников, возможностей ветровой, солнечной, геотермальной энергетики, создают возможность автономной генерации энергии, уход от централизованного энергоснабжения. *Объединение жителей общими интересами.* АЗП в отличие от экогородов традиционных моделей, обладают такими формами жизнеобеспечения, которые объединяют жителей общими интересами. АЗП, вбирающие в себя лучшие черты других моделей экогородов, ставших традиционными, обладают целостным подходом, обеспечивающим своих жителей полным спектром возможностей «зеленого» строительства.

Автономные солнечные энергетические установки (СЭУ) – источник электрической энергии на основе использо-

вания излучения солнца, не связанный с другими источниками электроэнергии. Автономные СЭУ в основном используются в районах, где источники общего энергоснабжения недоступны или слишком дороги. Для обеспечения энергией в темное время суток или в периоды без яркого солнечного света необходима аккумуляторная батарея. Солнечные электростанции с аккумуляторами проектируются для снабжения электричеством как постоянного, так и переменного токов. Для получения переменного тока в конструкцию солнечных электростанций необходимо добавить инвертор.

Аккумулирование тепловой энергии – процесс аккумулирования тепла, которое позволяет: повысить теплоустойчивость зданий, повысить КПД автономных источников электроэнергии, обеспечить простую схему возврата тепловой энергии стоков, снизить стоимость электрообогрева как производственных площадей, так и отдельных квартир, в которых устанавливаются теплонакопители. Тепловой аккумулятор в сравнении с другими аккумуляторами обладает следующими преимуществами: простота устройства, относительно низкая себестоимость, эффективные массогабаритные характеристики, долговечность. Теплоаккумуляторы применяются для: повышения тепловой устойчивости зданий; повышения КПД автономных источников электроэнергии; возврата тепловой энергии стоков; обогрева помещения.

Активная зона реактора – зона *ядерного реактора*, в которой происходит деление ядерного горючего и передача теплоты *теплоносителю*.

Активная мощность – среднее за период значение мощности переменного тока; характеризует среднюю скорость преобразования электромагнитной энергии и в др. формы (тепловую, механическую, световую и т. д.). Измеряется в ваттах.

Альтернативная энергетика – энергетика, основанная на нетрадиционных источниках. Существуют исследования, согласно которым есть реальная возможность к 2030 году обеспечить энергетические потребности всего мира за счет только альтернативных источников энергии – энергии солнца и ветра.

Для этого необходимо в ближайшие 20 лет установить 4 миллиона больших ветрогенераторов, в основном морских и береговых. Кроме того, необходимо построить около 100 тысяч больших солнечных электростанций в районах с хорошей солнечной инсоляцией, а также солнечные панели необходимо установить на крышах всех жилых домов и общественных зданий, при этом число таких солнечных электростанций должно превысить 2 миллиарда. При расчетах не принимались во внимание геотермальная энергетика и альтернативная гидроэнергетика – волновая и приливная. Для реализации такой программы в указанный срок – 20 лет, потребовались бы инвестиции в сумме 100 триллионов долларов.

Альтернативный вид энергии – энергия, полученная из источников, не являющихся ископаемым видом топлива.

Амортизация природных ресурсов – пропорциональное разделение, распределение истощающихся природных ресурсов в соответствии с потребностями и возможностями их использования. Амортизация природных ресурсов рассчитывается путем умножения величины ресурсов, используемых за данный период, на стоимость единицы ресурсов.

Базовые электростанции – электростанции, служащие для покрытия базовой части графика электрической нагрузки. Они работают постоянно при номинальной нагрузке или близкой к ней.

Безотказность – свойство оборудования, например – турбины, непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторой наработки. Средняя наработка на отказ для турбин ТЭС мощностью 500 МВт и более должна быть не менее 6250 ч, а меньшей мощности – не менее 7000 ч, а для турбин АЭС – не менее 6000 ч.

Безотходная технология – технология производства замкнутого цикла, при которой не появляются выбросы, сбросы, отходы. Технология, обеспечивающая получение продукта при полном использовании исходного сырья и материалов. Безотходная технология включает: утилизацию выбросов, комплексное использование сырья, организацию производств, с замк-

нутым циклом. Безотходная технология – экологическая стратегия любого производства.

Биогаз – газ, получаемый при метановом брожении органических отходов (навоз, свекольный жом, трава, бытовые отходы, отходы производства биотоплива и др.).

Биологическая защита – кладка из тяжелого бетона, предохраняющая персонал реакторного отделения АЭС от воздействия медленных и быстрых нейтронов и ионизирующего излучения

Биомасса – органические отходы растительного и животного происхождения. Используется для получения биотоплива, биогаза. Например, энергетические установки, использующие биомассу, могут дать России столько же энергии, как и все атомные электростанции или все нефтяные месторождения Республики Коми. Россия имеет 21% мировых ресурсов леса. В России при обработке 30 млн. гектар пашни в качестве плантаций можно получить 200 млн. тонн жидкого топлива. Этого количества достаточно для обеспечения топливом всех Российских электростанций и автотранспорта, использующих жидкие топливо и газ. Дизельные электростанции, использующие биомассу в качестве топлива, имеют нулевые выбросы диоксида углерода и серы. Сэкономленное на внутреннем рынке ископаемое углеводородное топливо может быть использовано для увеличения экспортного потенциала России. Сегодняшний рост цен на зерно и масличные растения в определенной степени обусловлен растущим спросом на использование продовольственных культур для получения биоэтанола и биодизельного топлива. Поэтому будущие технологии получения биотоплива должны использовать древесные и сельскохозяйственные отходы, а не продовольственные культуры.

Биосфера – оболочка Земли, населенная жизнью и ею преобразованная (по В.И.Вернадскому). Самая крупная экосистема Земли включает атмосферу, гидросферу и литосферу.

Биотехнология – любой вид технологии, связанный с использованием биологических систем, живых организмов или их

производных для изготовления или изменения продуктов или процессов с целью их конкретного использования.

Биотопливо – топливо, получаемое из органического сырья. Различается жидкое биотопливо (например, биоэтанол, биометанол, биодизель), твёрдое биотопливо (дрова, солома, пеллеты) и газообразное (биогаз, водород).

Биоэнергетика – энергетика, основанная на получении энергии из биомассы. Общий прирост биомассы на Земле достигает 130 миллиардов тонн сухого вещества в год. Это соответствует 660 000 ТВт.ч в год. Мировое потребление биоэнергии составляет 15 000 ТВт.ч в год, это примерно 15% мирового энергопотребления. Выбросы углекислого газа (CO_2) от сжигания биотоплива не изменяют содержания углекислого газа в атмосфере до тех пор, пока сжигаемое количество не превышает ежегодный прирост биомассы. Это происходит потому, что деревья и растения потребляют углекислый газ для своего роста. Большие перспективы в плане преобразования биомассы в биоэнергию имеют также: биологические отходы в сельском хозяйстве, сельскохозяйственные технические культуры (рапс и др.), органические бытовые и промышленные отходы, сточные воды.

Блочная ТЭС – тепловая электростанция, состоящая из отдельных *энергоблоков*, каждый из которых включает свои: топливоподачу, котел, паровую турбину, конденсатор, систему оборотного охлаждения, систему воздухоподачи, электрический генератор и трансформатор. Каждый энергоблок практически является отдельной электростанцией.

Быстрые нейтроны – нейтроны, образующиеся в результате деления ядерного топлива и имеющие большую скорость.

Вакуум – в широком смысле слова – давление среды, меньше атмосферного. В узком смысле на ТЭС под вакуумом понимают отношение разрежения к барометрическому давлению, выраженное в процентах.

Валовой потенциал – теоретическое количество энергии, заключенное в данном виде энергоресурса, поступающее или образующееся на данной территории.

Ватт – единица мощности в системе СИ (1 Вт = 1 Дж/с).

Ветрогенераторы – устройства, преобразующие кинетическую энергию ветра в электрическую энергию. Современные ветрогенераторы позволяют экономически эффективно использовать энергию слабых ветров, скорость которых менее 3 м/с. Ветрогенераторы имеют еще одно достоинство – они автономны, что позволяет использовать их в удаленных местах. Ветрогенераторы можно разделить на две основные категории: промышленные и бытовые. Промышленные ветрогенераторы – это агрегаты большой и очень большой мощности. Мощность современных промышленных ветрогенераторов может достигать 50 МВт и более. Ветрогенераторы этой категории объединяют, как правило, в сети. Бытовые ветрогенераторы имеют мощность, как правило, не более чем 10–20 кВт. Наиболее распространены ветрогенераторы с горизонтальной осью вращения. Для эффективной работы такой ветрогенератор должен быть ориентирован по ветру. Он содержит следующие узлы: вращаемое ветром ветроколесо, надетое на ось повышающего редуктора (мультипликатора) или, что встречается чаще, непосредственно на ось электрогенератора, чем обеспечивается вращение вала этого генератора; собственно сам электрогенератор, преобразующий механическое вращательное движение ротора в электрический ток; мачту необходимой высоты с поворотной опорой; флюгерное устройство – «хвост».

Ветротурбина – устройство, преобразующее энергию ветра в механическую энергию. Ветротурбины поглощают энергию ветра при помощи лопастей, подобных пропеллеру и установленных на роторе для выработки электричества. Работа лопасти очень похожа на принцип действия крыла самолета: Когда дует ветер, на подветренной стороне лопасти образуется воздушный мешок с низким давлением. Затем воздушный мешок с низким давлением тянет лопасть по направлению к нему, что заставляет ротор поворачиваться. Это называется подъемной силой. Фактически подъемная сила намного больше, чем сила ветра, которая действует на переднюю сторону лопасти и которая называется лобовым сопротивлением. Сочетание подъ-

емной силы и лобового сопротивления заставляет ротор вращаться, как пропеллер, а поворачивающийся вал запускает генератор для выработки электричества, т.е. лопасти приводят в действие главный вал, который через коробку передачи приводит в действие генератор, чтобы преобразовать механическую энергию в электрическую энергию.

Ветроэлектрическая станция – предприятие, состоящее из нескольких ветроэнергетических установок и предназначенное для преобразования кинетической энергии ветра в электрическую энергию.

Ветроэнергетика – наиболее развитое и перспективное направление возобновляемой энергетики, при котором используется неисчерпаемый источник энергии – ветер.

Ветровой генератор (***ветрогенератор, ветротурбина, ветроэлектрическая установка***) – электромеханическое устройство, задачей которого является трансформация кинетической энергии направленных воздушных потоков в электрическую энергию.

Влажный пар – пар, содержащий капли влаги. Предельно допустимая влажность пара в паровой турбине составляет 10–13 %.

Водоподогревательная установка – установка для непрерывного подогрева обратной *сетевой воды* на ТЭЦ паром из отборов теплофикационной *паровой турбины* типа Т, включающая паропроводы отбора, *сетевые подогреватели*, систему эвакуации конденсата греющего пара из подогревателей и *подпиточную установку теплосети.*

Водородная энергетика – развивающаяся отрасль энергетики, основанная на использовании водорода в качестве средства для выработки энергии людьми, транспортной инфраструктурой и различными производственными направлениями. Водород выбран как наиболее распространенный элемент на поверхности земли и в космосе, теплота сгорания водорода наиболее высока, а продуктом сгорания в кислороде является вода (которая вновь вводится в оборот водородной энергетики). Водородная энергетика относится к нетрадиционным видам.

Водоструйный эжектор – струйный насос, постоянно отсасывающий паровоздушную смесь из *конденсаторов* и других теплообменных аппаратов и поддерживающий в них низкое давление конденсации.

Воздухоохладитель – часть трубного пучка теплообменной поверхности конденсатора и сетевого подогревателя, служащая для максимального охлаждения паровоздушной смеси перед ее отсосом эжектором из парового пространства теплообменника.

Воздухоподогреватель – теплообменник котла, служащий для утилизации теплоты уходящих газов и нагрева воздуха, подаваемого в топку.

Воздушный компрессор – турбомашина, обеспечивающая сжатие атмосферного воздуха перед его подачей в *камеру сгорания* ГТУ.

Возобновляемая энергия – энергия из источников, которые по человеческим масштабам являются неисчерпаемыми. Основной принцип использования возобновляемой энергии заключается в её извлечении из постоянно происходящих процессов в окружающей среде и предоставлении для технического применения. Возобновляемую энергию получают из природных ресурсов – таких как солнечный свет, ветер, дождь, приливы, геотермальная теплота и т.д.

Возобновляемые источники энергии – источники энергии, которые носят – в пределах кратковременных периодов по сравнению с естественными циклами в жизни Земли – устойчивый характер и включают такие, как солнечная энергия, гидроэлектроэнергия и энергия ветра, а также источники, нейтральные с точки зрения выбросов углерода, например биомасса. Возобновляемые источники энергии являются экологически чистыми; они не приводят к дополнительному нагреву планеты.

Возобновляемые природные ресурсы – ресурсы, которые поддерживают целостность экосистем, обеспечивают экологию путем ассимилирования или поглощения отходов, создают комфортную окружающую среду. Если скорость использования возобновляемых ресурсов будет превышать скорость

их восполнения, они могут перейти в категорию невозобновимых.

Выключатель – аппарат, который предназначен для осуществления оперативной и аварийной коммутации в энергосистемах и для выполнения операций включения и отключения отдельных цепей.

Выпрямитель – устройство, преобразующее переменный ток в постоянный; в зависимости от числа преобразующих звеньев выпрямители подразделяются на прямые (без промежуточных звеньев) и непрямые.

Выработка электроэнергии на тепловом потреблении – показатель качества теплофикационной турбины, представляющий отношение выработанной энергии к отпущенному теплу за одинаковый период времени.

Высокие технологии – новые и прогрессивные технологии современности. Переход к использованию высоких технологий и соответствующей им техники является важнейшим звеном научно–технической революции (НТР) на современном этапе. К высоким технологиям обычно относят наукоёмкие отрасли промышленности. К видам высоких технологий относятся экологически чистые технологии, энергосбережение и альтернативная энергетика.

Газовая турбина – турбомашина, преобразующая потенциальную энергию продуктов сгорания, полученных в камере сгорания, в механическую энергию вращения ее ротора, который приводит в движение компрессор и/или электрогенератор.

Газомазутная ТЭС – тепловая *паротурбинная электростанция*, котлы которой приспособлены для сжигания газообразного и жидкого топлива (мазута) порознь или одновременно.

Газообразное топливо – природные и искусственные газы, используемые для сжигания в *энергетических котлах* и *камерах сгорания ГТУ*.

Газотурбинная тепловая электростанция (ГТЭС) – тепловая электростанция, основными энергетическими установками которой являются ГТУ.

Газотурбинная установка (ГТУ) – энергетическая установка, неотъемлемыми элементами которой являются *воздушный компрессор*, *камера сгорания* и *газовая турбина*.

Газотурбинный блок – энергетическая машина, состоящая из *ГТУ* и *электрогенератора*.

Гелиоколлектор – устройство для «улавливания» солнечной энергии и преобразования её в тепловую и другие виды энергии.

Гелиосистема – устройство для преобразования энергии солнечной радиации в другие, удобные для использования виды энергии (например, тепловую или электрическую через тепловую). Гелиосистемы применяют для нагревания и охлаждения воды и воздуха, опреснения воды, выработки электроэнергии и в других целях. Гелиосистемы являются экологически чистыми источниками возобновляемой энергии. В большинстве развитых стран, установка гелиосистем поощряется на уровне государства.

Геотермальная электростанция (ГеоЭС) – предприятие, предназначенное для преобразования геотермальной энергии в электрическую энергию.

Геотермальная энергия – тепловая энергия земли. Под поверхностью нашей планеты, являющейся, образно говоря, гигантским естественным энергетическим котлом, сосредоточены огромнейшие резервы тепла и энергии. Это приводит к тому, что температура с глубиной повышается в среднем на 20°С на 1 км, достигая на уровне 2 – 3 км от поверхности Земли более 100С, что вызывает нагрев воды, циркулирующей на больших глубинах, до значительных температур. В вулканических регионах нашей планеты эта вода поднимается на поверхность по трещинам в земной коре, а в сейсмически спокойных регионах ее можно выводить на поверхность по пробуренным скважинам. Несмотря на кажущуюся простоту получения перегретой геотермальной воды и образующегося из нее пара и последующего преобразования энергии этой воды и пара в электроэнергию с помощью турбин и подсоединенных к ним турбо-

генераторов, техническая реализация такого способа получения электроэнергии является достаточно сложной.

Геотермальное теплоснабжение – применение технологии использования тепла геотермальных вод с глубиной буровой скважины до 3 км. При таких глубинах бурения тепловой потенциал 90% геотермальных вод не превышает 100°С и поэтому его целесообразно использовать преимущественно для целей геотермального теплоснабжения, в результате применения которого замена органического топлива теплом геотермальных вод оказывается намного большей, чем при выработке электроэнергии.

Гигаватт – единица измерения мощности (1 ГВт = 10^9 Вт).

Гигакалория – единица измерения тепловой энергии, в частности тепла, отпускаемого ТЭЦ или котельными (1 Гкал = 10^9 кал).

Гидрогенератор – электрический генератор с частотою вращения, зависящей от скорости гидравлической турбины, обычно от 600 об/мин и ниже.

Гидроэлектростанция (ГЭС) – предприятие, на котором гидравлическая энергия преобразуется в электрическую энергию.

Гидроэнергетика – отрасль науки и техники, охватывающая вопросы использования потенциальной энергии воды в водоемах и водотоках для производства электроэнергии.

Главная схема электрических соединений электростанции (подстанций) – совокупность основного электрооборудования (генераторы, трансформаторы, ЛЭП), сборных шин, коммутационной и другой первичной аппаратуры со всеми выполненными между ними соединениями.

Горелка с предварительным смешением – горелка, в которой топливный газ и воздух смешиваются перед подачей в зону горения.

Горизонтальный сетевой подогреватель (ГСП) – подогреватель сетевой воды, трубная система которого расположена горизонтально.

Городское централизованное теплоснабжение – снабжение от одного теплоисточника города.

Горючая масса топлива – доля массы твердого и газообразного топлива, при сгорании которого выделяется теплота. Основная составляющая горючей массы твердого топлива – углерод, жидкого – смесь тяжелых фракций углеводородов.

Градирня – сооружение в виде вытяжной башни, обеспечивающей тягу воздушной массы для охлаждения нагретой воды. Внутри башни с помощью разбрызгивающих устройств распыляется нагретая в *конденсаторе охлаждаемая вода*. За счет ее частичного испарения в количестве примерно 1% происходит охлаждение воды, и она снова *циркуляционными насосами* подается в конденсатор.

Грунтовый теплообменник – система пассивного подогрева (зимой) или охлаждения (летом) теплоносителя в трубопроводах расположенных под землей. Используется для тепловых насосов и вентиляционных систем.

Групповое централизованное теплоснабжение – снабжение группы потребителей тепла от одной котельной установки.

ГТУ простого термодинамического цикла – газотурбинная установка, состоящая из одного компрессора, одной или нескольких *камер сгорания*, работающих в одинаковых условиях, и одной *газовой турбины*, обеспечивающих последовательные однократные процессы сжатия, нагрева и расширения рабочего тела ГТУ.

ГТУ сложного цикла – ГТУ, термодинамический цикл которой состоит из нескольких ступеней сжатия, или/и нескольких ступеней подвода теплоты в камерах сгорания, перемежающихся расширением в нескольких газовых турбинах.

Давление – результирующая сила ударов молекул газа или пара, действующих на единицу площади сосуда, в котором они заключены.

Двигатель электрический – электрическая машина, преобразующая электрическую энергию в механическую энергию.

Двухвальная турбина – турбина, состоящая из двух турбин, имеющая два *валопровода* каждый со своим *электрогенератором*, связанных только потоком пара, который последовательно проходит через них.

Двухконтурный котел–утилизатор – котел–утилизатор *двухконтурной ПГУ*, генерирующий пар высокого и низкого давлений с различной температурой. Каждый контур состоит из *экономайзера* (или *газового подогревателя конденсата*), *испарителя* и *пароперегревателя*.

Двухступенчатый нагрев сетевой воды – нагрев *сетевой воды* в двух последовательно расположенных *сетевых подогревателях* (нижнем и верхнем), питаемых из отборов паровой турбины с различным давлением. Двухступенчатый нагрев позволяет увеличить мощность турбины при той же теплофикационной нагрузке.

Диверсификация (новолат. *diversificatio* – изменение, разнообразие; от лат. *diversus* – разный и *facere* – делать) – расширение ассортимента выпускаемой продукции и переориентация рынков сбыта, освоение новых видов производств с целью повышения эффективности производства, получения экономической выгоды, предотвращения банкротства.

Деаэратор – основной элемент деаэрационной установки, служащий для удаления газов, растворенных в конденсате, вызывающих коррозию конденсатно–питательного тракта и внутренних поверхностей нагрева *котла*.

Деаэрация – процесс удаления растворимых газов из конденсата при его нагреве до *температуры насыщения*.

Деривация в гидротехнике – отвод воды от русла реки в различных целях по канал или системе водоводов. В более широком смысле под деривацией понимают совокупность гидротехнических сооружений, отводящих воду из реки, водохранилища или другого водоёма и подводящих её к другим гидротехническим сооружениям.

Децентрализованная система теплоснабжения – индивидуальное теплоснабжение, при котором источник тепла и те-

плоприемник практически совмещены, т.е. тепловая сеть либо отсутствует, либо очень коротка.

Джоуль – единица измерения энергии (1 Дж = 1 Н · с).

Дизельное топливо – *жидкое топливо* малой вязкости, обычно используемое в качестве резервного топлива *ГТУ* и *ПГУ*.

Динамическая устойчивость – способность ЭЭС восстанавливать после большого возмущения исходное состояние или состояние, практически близкое к исходному и допустимое по условиям эксплуатации ЭЭС.

Диспетчерское управление – вид оперативного подчинения, когда операции с тем или иным оборудованием ЭЭС проводятся только по распоряжению диспетчера (старшего дежурного персонала), в управлении которого это оборудование находится.

Докритические параметры пара – пар с давлением ниже критического (22,4 МПа) и температурой выше критической (374 °С).

Дымовая труба – вертикальный канал, служащий для удаления и рассеивания вредных продуктов сгорания и других выбросов, содержащихся в уходящих газах *котлов* и *ГТУ*, в атмосфере на возможно большей площади.

Дымосос – вытяжной вентилятор, служащий для создания *разрежения* в топке *котла* для удаления дыма.

Жидкое топливо – на ТЭС используют *мазут* и *дизельное топливо*.

Замкнутая система охлаждения – система, в которой нагретый в детали охлаждающий агент не выбрасывается в *проточную часть*, а направляется в холодильник и затем снова возвращается для охлаждения детали.

Инвертор – устройство, преобразующее постоянный ток в переменный.

Индивидуальное теплоснабжение – *децентрализованная система теплоснабжения*, при котором в каждом помещении используется индивидуальные отопительные приборы.

Индивидуальный ресурс – ресурс, назначаемый индивидуально для каждого объекта после достижения им *паркового ресурса* эксплуатации.

Интеллектуальная энергетическая сеть (Smart Grid) – интеллектуальная энергетическая сеть способна в автоматическом и автоматизированном режимах оптимально управлять процессами производства электроэнергии, аккумулировать, перераспределять, передавать электрическую энергию потребителю, а также вести учет её потребления. С увеличением доли производства электроэнергии из альтернативных источников актуальность использования Smart Grid будет возрастать.

Интеллектуальное или умное здание – здание, в котором с точки зрения энергоснабжения и автоматизации, на основе применения компьютерных технологий оптимизированы потоки энергии, света и тепла в помещениях и ограждающих конструкциях.

Ископаемые виды топлива – различные углеродсодержащие горючие минералы и вещества (например, нефть, природный газ, уголь, торф). Ископаемые виды топлива являются невозобновляемым природным ресурсом.

Испаритель – трубная система *энергетического котла* или *котла–утилизатора*, в которой поступающая *питательная вода* испаряется и превращается в пар.

Источник питания – распределительный пункт, понижающая подстанция электроэнергетической системы, теплоэлектроцентраль города или крупного промышленного предприятия, в отдельных случаях этот источник может быть автономным.

Камера сгорания – элемент *ГТУ*, в котором происходит сжигание газообразного или жидкого топлива с целью получения продуктов сгорания требуемой температуры.

Каскад ГЭС – ряд гидроэлектростанций последовательно расположенных по длине водотока от истока до устья одной реки.

Килокалория – единица измерения тепловой энергии (1 ккал = 10^3 кал).

Кинетическое горение – горение, скорость которого определяется скоростью протекания химической реакции.

Кипящий слой – горение твердого топлива во взвешенном состоянии, обеспечиваемым скоростным напором воздуха, подаваемым снизу в зону горения.

Когенерация – одновременное производство электроэнергии и тепловой энергии на основе одного и того же первичного источника. Совместное производство тепла и электроэнергии.

Комбинированная выработка тепла и электроэнергии – производство электроэнергии *электрогенератором*, приводимым *паровой турбиной*, и тепла от пара отборов паровой турбины. Синонимом указанного комбинированного производства является термин «*когенерация*».

Комплексное управление отходами – подход, направленный на минимизацию отходов на разных стадиях их жизненного цикла. Различные виды отходов и возможности их минимизации рассматриваются как часть единого цикла производства и потребления. Выбор процесса и технологии обработки отходов является частью стратегии управления отходами.

Конвекция – перенос тепла с помощью перемещения нагретых масс движимых жидких, газообразных и сыпучих веществ в более холодную среду. Передача тепла при этом не возможна без передачи массы.

Конденсатный насос – насос, откачивающий конденсат из *конденсатора*, подавая его через систему *регенеративных подогревателей* в *деаэратор*.

Конденсатор – 1.Теплообменный аппарат, основной элемент *конденсационной установки*, служащей для конденсации пара, отработавшего в турбине, при низком давлении. 2.Элемент электрической цепи, предназначенный для использования его·электрической емкости и (или) его электрического поля.

Конденсационная установка – совокупность конденсатора, системы подачи *охлаждающей воды* в конденсатор с помощью *циркуляционных насосов*, системы откачки образующегося из пара конденсата *конденсатными насосами* и системы

удаления воздуха из парового пространства конденсатора, обеспечивающих выполнение конденсатором своих функций.

Конденсационная электростанция – тепловая электростанция паросилового цикла, служащая для выработки электрической энергии.

Котел с естественной циркуляцией – котел, испаритель которого работает на принципе многократной естественной циркуляции рабочего тела по тракту барабан – опускная труба – испаритель – барабан без использования циркуляционных насосов.

Котел–утилизатор (КУ) – котел, служащий для генерации пара высоких параметров для паровой турбины *ПГУ* за счет теплоты *уходящих газов ГТУ*.

Коэффициент полезного действия нетто ТЭС по выработке электроэнергии – отношение количества электроэнергии, отпущенной с зажимов генератора, к той теплоте, которая затрачена на получение электроэнергии. Для ТЭЦ эта характеристика является чисто условной величиной.

Коэффициент полезного использования теплоты топлива – доля теплоты, содержащейся в топливе, полезно используемой на выработку электроэнергии и тепла на электростанции. У КЭС он не превышает 40%, а для ТЭЦ он может достигать 85%.

Коэффициент теплопередачи – интенсивность теплопотерь материала или конструкции, то есть: количество тепла, проходящего через 1 м^2 той или иной ограждающей конструкции (например, через стену, крышу или фундамент) за единицу времени. Чем меньше значение коэффициента теплопередачи, тем выше теплоизоляционные свойства конструкции.

Коэффициент теплофикации ТЭЦ – отношение количества тепла, полученного из отборов турбин для нужд нагрева сетевой воды, при *минимальной расчетной температуре наружного воздуха* к максимальному отпуску тепла ТЭЦ.

Кремний – химический элемент, по степени распространения в природе находится на втором месте после кислорода, составляя 25% массы земной коры, встречается в виде кремне-

зёма (кварцита) или силикатов, является наиболее важным полупроводниковым материалом.

Критические параметры пара – давление 22,1 МПа и температура 374,1°С, при которых теплота парообразования равна нулю, а плотность жидкой и паровой фазы одинаковы.

Линия электропередачи (ЛЭП) – электроустановка, предназначенная для передачи электрической энергии между двумя пунктами энергосистемы с возможным промежуточным отбором мощности.

Мазут – высококалорийное вязкое *жидкое топливо* для энергетических котлов, смесь тяжелых углеводородов, остаточный продукт перегонки нефти после отделения бензина, керосина и других легких фракций. В теплоэнергетике в основном используются сернистые мазуты, требующие системы сероочистки или использования специальных технологий сжигания.

Малая энергетика – направление энергетики, связанное с получением тепловой и электрической энергии, независимо от центральных сетей. Характерной чертой установок в малой энергетике являются компактные размеры генераторных блоков и, как правило, мобильность конструкций. Новые технологии и материалы позволяют сегодня делать компактные энергетические установки доступными для небольших производств и населенных пунктов.

Маневренность – способность турбины и энергоблока к быстрым и частым изменениям нагрузки, пускам и остановкам.

Машинный зал – помещение главного корпуса электростанции для размещения *генераторов* и другого оборудования.

Межсистемная связь – одна или несколько линий электропередачи, непосредственно соединяющих разные энергосистемы.

Метантанк – (от англ. methane – метан и англ. tank– резервуар) – устройство для анаэробного брожения жидких органических отходов с получением метана.

Минимальная расчетная температура наружного воздуха – температура, принимаемая в расчетах *температурного графика теплосети.*

Многовальная ПГУ – установка, в которой два и более *электрогенератора*.

Моральное старение – ухудшение технико–экономических показателей оборудования по сравнению с достигнутым уровнем, вызванное использованием устаревших технологий.

Мощность ветрогенератора – энергия, вырабатываемая ветрогенератором в единицу времени (т.е. мощность), прямо пропорциональна кубу скорости ветра. Это значит, что она увеличится в восемь раз при увеличении скорости ветра всего в два раза.

Мультипликативный эффект (эффект множителя) - макроэкономический термин, обозначающий увеличение роста производства региона в результате инвестиций.

Надежность – свойство объекта (электроустановки, части электрической сети, энергосистемы в целом) обеспечить требуемые функции (выдачу мощности в энергосистему, бесперебойное электроснабжение потребителей) в заданном объеме и нужного качества.

Нетрадиционная энергетика – область *электроэнергетики*, использующая источники энергии местного значения, а также источники, находящиеся в стадии освоения. Характерными чертами нетрадиционной энергетики являются их экологическая чистота, существенно большие удельные затраты на строительство и малая единичная мощность.

Номинальное напряжение – стандартное напряжение элемента электрической сети, при котором обеспечивается длительная нормальная работа этого элемента с наиболее целесообразными технико–экономическими показателями.

Нормальный кубометр – 1 $м^3$ газа или жидкости в «нормальных» условиях (при температуре 0°С и давлении 1 атм). В нормальных кубометрах измеряют расход электростанцией природного газа и ведут расчеты показателей котлов.

Нормальный установившийся режим или основной режим ЭЭС – режим, в котором при обеспечении заданного качества электроэнергии без перегрузок основных элементов ЭЭС выполняется экономичное и надежное электроснабжение потребителей.

Оборотное водоснабжение – система снабжения ТЭС технической водой путем её циркуляции и охлаждения в *прудах–охладителях* или *градирнях.*

Основные типы геотермальных электростанций (ГеоТЭС) – геотермальные электростанции принято делить на следующие три основных типа: станции, работающие на месторождениях сухого пара. Станции с сепаратором, работающие на месторождениях горячей воды под давлением (иногда с насосом на дне буровой скважины для обеспечения необходимого объема поступающего энергоносителя). Станции с бинарным циклом, в которых геотермальная теплота передается к вторичной жидкости, например, фреону или изобутану, и далее происходит классический цикл Ренкина. Такие ГеоТЭС работают на месторождениях сильно минерализированой горячей воды.

Охлаждающая вода – вода, поступающая в *трубный пучок конденсатора* для обеспечения его низкой температуры и соответственно низкого давления конденсации из реки, *пруда–охладителя* или *градирни.*

Параметры режима энергооборудования – значения напряжений, мощностей и токов элементов, а также частоты, определяющие процесс производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии.

Парковый ресурс – наработка однотипных по конструкции и условиям эксплуатации объектов, при которой не происходит отказов работоспособности.

Паровая турбина – энергетическая турбомашина, элемент парового *турбоагрегата*, преобразующий потенциальную энергию пара высоких параметров в механическую энергию вращения ее ротора.

Парогазовая тепловая электростанция (ПГТЭС) – электростанция, оснащенная *парогазовыми установками.*

Парогазовая установка (ПГУ) – энергетическая установка, в которой электроэнергия вырабатывается *ГТУ* и *паровой турбиной* за счет теплоты *уходящих газов ГТУ*.

Парогазовая установка утилизационного типа – ПГУ, использующая для утилизации теплоты *уходящих газов ГТУ котел–утилизатор* без сжигания в нем дополнительного топлива.

Парогенератор – элемент ТЭС, в котором вырабатывается пар. Например, элемент двухконтурной АЭС, расположенный в *реакторном отделении*, в котором за счет теплоты горячего теплоносителя *ядерного реактора* (первого контура) происходит генерация пара во втором контуре для питания *паровой турбины*.

Пароперегреватель – трубная система *энергетического котла* или *котла–утилизатора* ПГУ, в которой пар нагревается сверх *температуры насыщения* с целью повышения КПД *турбоустановки* и снижения конечной влажности пара в паровой турбине.

Паротурбинная установка (ПТУ) – энергетическая установка, непрерывно преобразующая потенциальную энергию рабочего тела в механическую энергию вращающегося *ротора паровой турбины*. Неотъемлемыми элементами ПТУ являются источник пара (*энергетический котел*), *паровая турбина*, *конденсатор* и *питательный насос*.

Паротурбинная электростанция – электростанция, оснащенная *паротурбинными установками*.

Паскаль – единица давления в системе СИ (1 Па $=10^{-5}$ ат).

Пеллеты (топливные гранулы) – биотопливо, получаемое из торфа, древесных отходов и отходов сельского хозяйства. Представляет собой цилиндрические гранулы стандартного размера.

Пиковый водогрейный котел – *котел*, устанавливаемый на ТЭЦ, для дополнительного нагрева *прямой сетевой воды* сверх нагрева в *сетевых подогревателях паровой турбины* в холодное время года. Обычно этот нагрев осуществляется в пределах 100–150°С.

Питательная вода – вода, поступающая в *котел.*

Питательный насос – насос, служащий для создания давления перед *котлом* и, в конечном счете, начального давления пара перед турбиной. Различают *питательные электронасосы* (ПЭН) и *питательные турбонасосы* (ПТН).

Питательный турбонасос (ПТН) – питательный насос, приводимый в движение паровой турбиной малой мощности, питаемой из *отбора* главной паровой турбины.

Питательный электронасос (ПЭН) – питательный насос, приводимый в движение электродвигателем.

Пластины (фотоэлементы) – в настоящее время более 80% производимых в мире солнечных фотоэлементов (ФЭП) изготавливается на основе кристаллического кремния. В 2009 г. 34% ФЭП были изготовлены на основе монокристаллического кремния, 47% – на основе поликристаллического или мультикристаллического кремния, 1,5% – в виде микрокристаллических кремниевых лент.

Плоский солнечный коллектор – тепловая установка, состоящая из элемента, поглощающего солнечное излучение, прозрачного покрытия и термоизолирующего слоя. Поглощающий элемент называется абсорбером; он связан с теплопроводящей системой. Прозрачный элемент (стекло) обычно выполняется из закалённого стекла с пониженным содержанием металлов. При отсутствии разбора тепла (застое) плоские коллекторы способны нагреть воду до 190–200°С. Чем больше падающей энергии передаётся теплоносителю, протекающему в коллекторе, тем выше его эффективность. Повысить её можно, применяя специальные оптические покрытия, не излучающие тепло в инфракрасном спектре. Стандартным решением повышения эффективности коллектора стало применение абсорбера из листовой меди из–за её высокой теплопроводности.

Подогреватель высокого давления (ПВД) – теплообменник системы регенерации высокого давления, служащий для нагрева *питательной воды* паром из *отбора турбины* перед ее подачей в *котел.*

Подогреватель низкого давления (ПНД) – теплообменник системы регенерации низкого давления, служащий для нагрева конденсата паром из отбора турбины на 30–40°С перед его подачей в *деаэратор*.

Подстанция (ПС) – электроустановка, служащая для преобразования и распределения электроэнергии и состоящая из трансформаторов или других преобразователей энергии, распределительных устройств, устройств управления и вспомогательных сооружений.

Полный установленный срок службы турбины – гарантированный заводом–изготовителем срок службы паровой турбины, составляющий для турбин ТЭС не менее 40 лет, а турбин АЭС – не менее 30 лет. На быстроизнашивающиеся детали, замена которых предусмотрена техническим обслуживанием, срок службы не распространяется.

Потребитель электроэнергии – группа электроприемников, объединенных общим технологическим производством и расположенных на общей территории.

Предупредительная подсистема автоматики – автоматика, необходимая для обнаружения и предотвращения аварийной ситуации.

Преобразователь – устройство, преобразующее переменный ток в постоянный и постоянный в переменный.

Приливная электростанция (ПЭС) – предприятие, на котором механическая энергия приливно–отливных колебаний уровня воды в море преобразуется в электрическую энергию.

Принципиальная схема электроустановки – это главная схема соединений с указанием основных видов оборудования и аппаратов (силовых трансформаторов, выключателей, разъединителей, трансформаторов тока и напряжения, разрядников, ограничителей перенапряжения и т.д.).

Приплотинная ГЭС – гидроэлектростанция, в которой здание ГЭС располагается ниже за плотиной и не входит в состав напорного фронта.

Природный уран – смесь в основном неделящегося изотопа урана ^{238}U (более 99%) и делящегося изотопа ^{235}U (0,71%),

который и представляет собой ядерное горючее. Природный уран добывают в шахтах, в открытых карьерах или способом подземного выщелачивания.

Продукты сгорания топлива – смесь газов, полученных в результате химических реакций горения и избыточного воздуха. Продуктами сгорания в энергетических котлах являются дымовые газы, а в *камерах сгорания ГТУ* – рабочее тело *газовой турбины*.

Производственный пар – пар, отпускаемый из промежуточной ступени паровой турбины для нужд какого–либо производства.

Промышленные электростанции – электростанции, обслуживающие тепловой и электрической энергией конкретные производственные предприятия или их комплекс, входящие в состав тех промышленных предприятий, которые они обслуживают.

Пылеугольная ТЭС – электростанция, работающая на угле и использующая традиционный способ его сжигания в факеле в пылевидном состоянии.

Рабочая масса топлива – масса твердого топлива, включающая влагу, золу и *горючую массу*.

Раздельное производство тепла и электрической энергии – получение электроэнергии на *КЭС* и тепла в котельных.

Разрядник – аппарат, который используется в качестве ограничителя грозовых и внутренних перенапряжений электрических сетей.

Разъединитель – аппарат, который применяется для коммутации обесточенных при помощи выключателей участков токоведущих систем.

Расход воды – количество воды, протекающей через поперечное сечение водотока за определенный период времени. Измеряется в $м^3$/сек.

Расчетная электрическая нагрузка – значение мощности (тока), по которой производится выбор параметров электрооборудования электрических сетей, выполняются расчеты режимов напряжения и т.п.

Расчетный ресурс – наработка турбины, которая гарантируется заводом–изготовителем и при достижении которой должен быть рассмотрен вопрос о ее дальнейшей эксплуатации.

Регенеративные подогреватели – теплообменные аппараты, в которых происходит нагрев *питательной воды* паром *отборов паровой турбины*.

Регулирование напряжения – целенаправленное изменение значения напряжения с помощью специальных технических средств, называемых регулирующими устройствами. Целью регулирования напряжения является обеспечение требуемых уровней напряжения у электроприемников во всех режимах работы электрической сети.

Рекуперация – возвращение веществ и энергии, участвовавших в технологическом процессе в их исходном виде, для повторного использования в производственном цикле.

Ресайклинг – утилизация отходов с целью дальнейшего их использования. Один из основных способов предотвратить загрязнение и деградацию окружающей среды. Д.И. Менделеев утверждал: «Нет отходов, а есть неиспользованное сырье».

Ресурс – наработка технического устройства (машины, системы) до достижения им предельного состояния, при котором его дальнейшая эксплуатация невозможна или нежелательна из–за снижения эффективности либо возросшей опасности.

Сбросная ПГУ – ПГУ, *уходящие газы ГТУ* которой сбрасываются в *низконапорный парогенератор*, замещают собой атмосферный воздух и уменьшают количество топлива, подводимого в парогенератор для выработки пара.

Сверхкритическое давление пара – давление, большее 22,1 МПа.

Система электроснабжения – комплекс источников питания, электрических сетей и потребителей электроэнергии конкретного технологического назначения.

Собственные нужды – технологическое оборудование электростанции и электрическая схема, обеспечивающая использование части электроэнергии, выработанной электро-

станцией, для обеспечения ее собственной работы (электропривод насосов, вентиляторов, системы регулирования, автоматики и т.д.).

Солнечная батарея (модуль, панель) – представляет собой фотоэлектрический генератор, принцип действия которого основан на физическом свойстве полупроводников: фотоны света выбивают электроны из внешней оболочки атомов. При замыкании цепи возникает электрический ток. Солнечные батареи соединяют в цепи последовательно и/или параллельно для получения необходимых параметров тока и напряжения. Количество энергии, выработанное солнечной батареей, зависит от мощности солнечной батареи, её КПД, интенсивности солнечного излучения (инсоляции), угла падения солнечных лучей на плоскость батареи, температуры, высоты солнца над горизонтом, чистоты воздуха, облачности и т.д.

Солнечная фотоэлектрическая установка – установка, преобразующая энергию солнечного излучения в электрическую энергию.

Солнечная электростанция – инженерное сооружение, служащее преобразованию солнечной радиации в электрическую энергию. Способы преобразования солнечной радиации различны и зависят от конструкции электростанции.

Солнечная энергия – излучение (радиация) идущая от Солнца, имеющая корпускулярную (поток протонов) и электромагнитную природу, является основным источником энергии для процессов, происходящих на Земле. Установлено, что в диапазоне спектральной чувствительности кремниевых солнечных элементов 0,3 – 1,1 мкм суммарная мощность электромагнитной составляющей солнечного излучения на поверхности земли составляет около1000 Вт/м^2.

Солнечное излучение – процесс переноса энергии от солнца при распространении электромагнитных волн в прозрачной среде.

Солнечный коллектор – фактически представляет собой теплообменник. В нем с помощью солнечной энергии осуществляется нагрев теплоносителя. Теплоноситель циркулирует

внутри солнечного коллектора, отбирая тепло с поверхности солнечного коллектора или абсорбера и отдавая его в теплоаккумулирующий бак для последующего использования для нужд отопления и приготовления горячей воды. Конструкция солнечного коллектора состоит из корпуса и поглощающей панели. Поглощающая панель солнечного коллектора покрыта специальным покрытием, которое эффективно преобразовывает лучистую энергию солнца в тепло. Солнечные коллекторы, как правило, устанавливаются на крышах домов.

Солнечный модуль – герметичная сборка электрически соединённых между собой солнечных элементов, имеющая нормируемые геометрические установочные размеры, электрические параметры, показатели надежности при воздействии внешней среды и гарантируемый производителем срок эксплуатации. Электрическая мощность солнечного модуля – от 10 до 300 Вт, срок эксплуатации – от 20 до 30 лет.

Солнечный элемент или фотоэлектрический преобразователь – полупроводниковый прибор, который преобразует световую энергию солнца в электрическую энергию. Конструкция и характеристики солнечных элементов определяются структурой и свойствами полупроводниковых материалов. Более 90% солнечных элементов производится на основе кристаллического кремния. Кремниевые промышленные солнечные элементы имеют эффективность (КПД) преобразования 14–16% для мультикристаллического кремния и 16–18% для монокристаллического кремния.

Способы передачи тепла – в природе существуют три вида передачи тепла: прикосновением, излучением и конвекцией. Солнце передает тепло Земле через безвоздушное космическое пространство именно способом излучения. Человек, как теплокровное существо, также постоянно излучает тепло в окружающее его пространство и ощущает температуру поверхностей твердых тел вокруг него на расстоянии 4–5 метров.

Способы преобразования солнечной энергии – солнечную энергию можно преобразовать в электрическую или тепловую энергию с помощью трёх технологий. Чаще всего исполь-

зуется вариант снабжения теплом при помощи солнечных коллекторов – водонагревателей. Теплоносителем может служить воздух, вода или антифриз. Это вещество нагревается на 40–50 градусов больше температуры окружающего пространства, что и обеспечивают вышеупомянутые коллекторы. При втором способе солнечная энергия трансформируется не в тепловую, а в электрическую энергию. Этот процесс осуществляют солнечные батареи на основе кремня, так называемые фотоэлектрические установки. Третий способ тоже преобразовывает энергию Солнца в электричество. Это осуществимо с помощью параболических или башенных солнечных тепловых электростанций.

Средний срок службы до капитального ремонта – период между капитальными ремонтами оборудования и установок. Например, для турбины в соответствии с нормативными документами он должен быть не менее 6 лет.

Сухой насыщенный пар – пар, не содержащий воды и имеющий температуру, равную температуре кипения воды при данном давлении (температура насыщения).

Твердое топливо – минеральное топливо (угли, лигниты, торф), используемое для сжигания на паротурбинных ТЭС.

Тепловая мощность – количество тепла, произведенного или потребленного в единицу времени. Обычно она измеряется в Гкал/ч и иногда в МВт.

Тепловая электрическая станция – промышленное предприятие, вырабатывающее тепло и электрическую энергию, используя энергию, заключенную в сжигаемом топливе.

Тепловая энергия – неупорядочная форма энергии, измеряемая в калориях (кал) и кратных ей величинах.

Тепловое излучение – способность любых тел при температуре выше 0°К излучать электромагнитные волны инфракрасного (теплового) спектра. Тепловое излучение характеризуется превращением тепла нагретого тела в энергию электромагнитных волн, которые могут поглощаться другими твердыми телами, снова превращаясь в тепловую энергию.

Тепловой насос – техническое устройство, реализующее процесс переноса низкотемпературной теплоты, непригодной

для прямого использования, на более высокотемпературный уровень. По аналогии с водяными насосами, перекачивающими воду, тепловые насосы «перекачивают» тепло. Образно говоря, они являются трансформаторами тепла. Перенося тепло из низкотемпературных источников (грунта, воздуха, воды, хозяйственно–бытовых стоков и т.п.) на высокий уровень, получая теплоноситель, пригодный для тепло– и хладоснабжения зданий. При этом, затрачивая 1 кВт.ч электроэнергии на работу компрессоров в тепловом насосе, можно получить около от 3 кВт.ч тепловой энергии (от воздуха) до 5,5 кВт.ч тепловой энергии (от грунта).

Теплопроводность – способность твердых тел проводить тепло способом передачи энергии мельчайшими частичками вследствие их хаотического движения. При этом кинетическая энергия молекул и атомов (которая и определяет температуру тела) передается другому телу при их непосредственном взаимодействии. Кинетическая энергия атомов и молекул, которая определяет температуру тела, передается другому телу при их взаимодействии или передается из более нагретых областей тела к менее нагретым областям.

Теплосеть – система теплопроводов, насосных станций и теплообменных аппаратов, обеспечивающая непрерывную подачу тепловой энергии в виде горячей воды потребителям и ее возврат на *ТЭЦ* или *котельную*.

Теплоэлектроцентраль (ТЭЦ) – энергетическое предприятие, служащее для выработки *тепловой энергии* в виде горячей *сетевой воды* или пара сниженных параметров и электроэнергии. На ТЭЦ осуществляется одновременная *комбинированная выработка тепла и электрической энергии*, обеспечивающей экономию топлива в пределах 15–20% по сравнению с раздельной выработкой на *КЭС* и *котельных*.

Технический потенциал – это часть *валового потенциала*, преобразование которого в полезную энергию целесообразно при соответствующем уровне развития технических средств.

Топка котла – пространство в *котле*, где происходит горение *факела* топлива.

Традиционная электроэнергетика – энергетика, использующая традиционные источники энергии (органическое топливо, ядерное горючее и водные ресурсы).

Трехконтурная ПГУ – парогазовая установка с *трехконтурным котлом–утилизатором.*

Тригенерация – комбинированное производство электричества, тепла и холода.

Турбоустановка – последовательная совокупность *паровой турбины*, *конденсатора*, *конденсатных насосов*, *ПНД*, *деаэратора*, *питательных насосов* и *ПВД*, обеспечивающих преобразование энергии пара, выходящего из *котла*, в механическую энергию вращения *валопровода турбины* и возвращение *питательной воды* в *котел.*

ТЭС с поперечными связями – электростанция, на которой все котлы работают на общий коллектор свежего пара, из которого питаются все *паровые турбины*. Общими на таких ТЭС являются и коллекторы *питательной воды*, и *деаэраторы.*

Удельный расход условного топлива – количество *условного топлива* в граммах, потребляемое ТЭС для выработки 1 кВт.ч электроэнергии.

Условное топливо – гипотетическое топливо с теплотой сгорания 7000 ккал/кг = 29,33 МДж/кг. Используется для сравнения теплотворной способности разных видов топлива.

Утилизация – использование ресурсов, не находящих прямого применения по назначению, вторичных ресурсов, отходов производства и потребления. Извлечение из отходов и хозяйственное использование различных полезных компонентов; утилизация промышленных отходов – их использование в качестве вторичного сырья, топлива, удобрений и т. п.

Фанкойл – агрегат, устанавливаемый в помещении и включающий теплообменник с вентилятором, фильтр, пульт управления (встроенный или выносной).

Физическое старение – ухудшение показателей прочности деталей энергетического оборудования, вызванное его длительной работой при высокой температуре.

Фотоэлектрический эффект – генерация электрической энергии структурой солнечного элемента, состоящей из двух областей полупроводника с разным типом проводимости, под действием поглощаемого света.

Централизованное теплоснабжение – снабжение потребителей теплом от крупных *ТЭЦ* или *котельных* и разветвленной теплосети.

Циркулирующий кипящий слой – сжигание *твердого топлива* в *кипящем слое* с циркуляцией несгоревшего топлива и наполнителя слоя в топку. Количество циркулирующего материала в сотни раз превышает количество воздуха, подаваемого для горения.

Циркуляционный насос – насос, подающий *охлаждающую воду* в трубный пучок *конденсатора* турбины.

Эвтектика (от греч. éutektos – легко плавящийся), жидкая система (раствор или расплав), находящаяся при данном давлении в равновесии с твёрдыми фазами, число которых равно числу компонентов системы. Кристаллизация такой системы, согласно фаз правилу, происходит при постоянной температуре, как и кристаллизация чистых веществ. При этом образуется механическая смесь твёрдых фаз того же состава (твёрдая эвтектика). Для данной системы температура плавления твёрдой эвтектики ниже температуры плавления смеси любого другого состава.

Экологическая чистота – степень воздействия электроустановки на окружающую среду (шум, электрические и магнитные поля, выбросы, отходы, нарушение ландшафта и т.п.).

Экономайзер – элемент трубной системы *энергетического котла* или *котла–утилизатора*, в которых происходит предварительный нагрев *питательной воды* перед ее подачей в *барабан* (или *деаэратор*).

Экономический потенциал – часть *технического потенциала*, который экономически целесообразно преобразовывать в полезную энергию при конкретных экономических условиях.

Экраны (в теплоэнергетике) – система труб специальной конструкции, располагаемая по стенкам *топки котла*,

внутри которых движется нагреваемое рабочее тело за счет лучистой энергии горящего *факела* топлива.

Электроэнергетическая система (ЭЭС) – электрическая часть энергосистемы и питающиеся от нее приемники электроэнергии, объединенные общностью процесса производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии.

Энергетическая безопасность – энергетическая безопасность – это состояние защищенности страны, ее граждан, общества, государства и экономики от угроз надежному топливо– и энергообеспечению. Эти угрозы определяются внешними (геополитическими, макроэкономическими, конъюнктурными) факторами, а также состоянием и функционированием энергетического сектора страны. Обеспечение энергетической безопасности определяется ресурсной достаточностью, экономической доступностью, экологической и технологической допустимостью.

Энергетическая система (энергосистема) – совокупность электростанций, электрических и тепловых сетей, соединенных между собой и связанных общностью режима в непрерывном процессе производства, преобразования и распределения электрической и тепловой энергии при общем управлении этим режимом.

Энергетический блок – практически автономная энергетическая установка *блочной электростанции*, состоящая из *котельной установки* и *паротурбинной установки*, генератора, трансформатора.

Энергия ветра – энергия движения воздушных потоков атмосферы воздуха. Движение воздушных потоков происходит вследствие разности температур, давления, влажности, которые всегда имеют место вследствие солнечной радиации. В отличие от гидроэнергии и энергии приливов, также обусловленных солнечной радиацией, энергия ветра, имеется повсюду. У ветровой энергии есть несколько недостатков: сильно рассеяна в пространстве; ветер непредсказуем – часто меняет направление и скорость; ветроэнергостанции мешают полетам птиц и насекомых, являются источниками шума и радиопомех.

Энергопотребление – количество потребленной энергии на произведенный внутренний валовой продукт. Эта величина характеризует не только уровень технологического развития и эффективность энергосбережения, но и объемы техногенного загрязнения.

Энергосберегающая политика государства – энергосберегающая политика государства – правовое, организационное и финансово–экономическое регулирование деятельности в области энергосбережения.

Энергосберегающие технологии – варианты решения сложившихся экологических и энергетических проблем, использовать которые можно как на производстве, так и в жилищно–коммунальной сфере. Внедрение энергосберегающих технологий в экономике является одним из важнейших факторов развития страны.

Энергосбережение – комплекс мероприятий, направленных на сохранение и рациональное использование электричества и тепла. Реализация правовых, организационных, научных, производственных, технических и экономических мер, направленных на эффективное (рациональное) использование (и экономное расходование) топливно–энергетических ресурсов и на вовлечение в хозяйственный оборот возобновляемых источников энергии. При сокращении потребления традиционных энергоресурсов снизятся затраты на них, эксплуатацию оборудования, уменьшится загрязнение окружающей среды.

Энергоэффективность – это получение большего количества продукции и услуг с меньшими затратами энергии и энергоносителей. Энергоэффективность – это комплекс характеристик, отражающих отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта. В отличие от энергосбережения (сбережение, сохранение энергии), главным образом направленного на уменьшение энергопотребления, энергоэффективность – полезное (эффективное) расходование энергии.

Ядерное горючее – обогащенный до 3,3–4,4% уран, получаемый на обогатительных заводах из *природного урана.*

Ядерный реактор – элемент АЭС, в котором осуществляется получение тепла для генерации пара высокого давления и последующего использования в *паровой турбине.*

ПРИЛОЖЕНИЯ

Ниже приводятся различные данные, связанные с ростом населения земли, состоянием мировой энергетики, балансом производства энергоресурсов и другие интересные данные, связанные с дальнейшим развитием энергетики.

Приложение 1

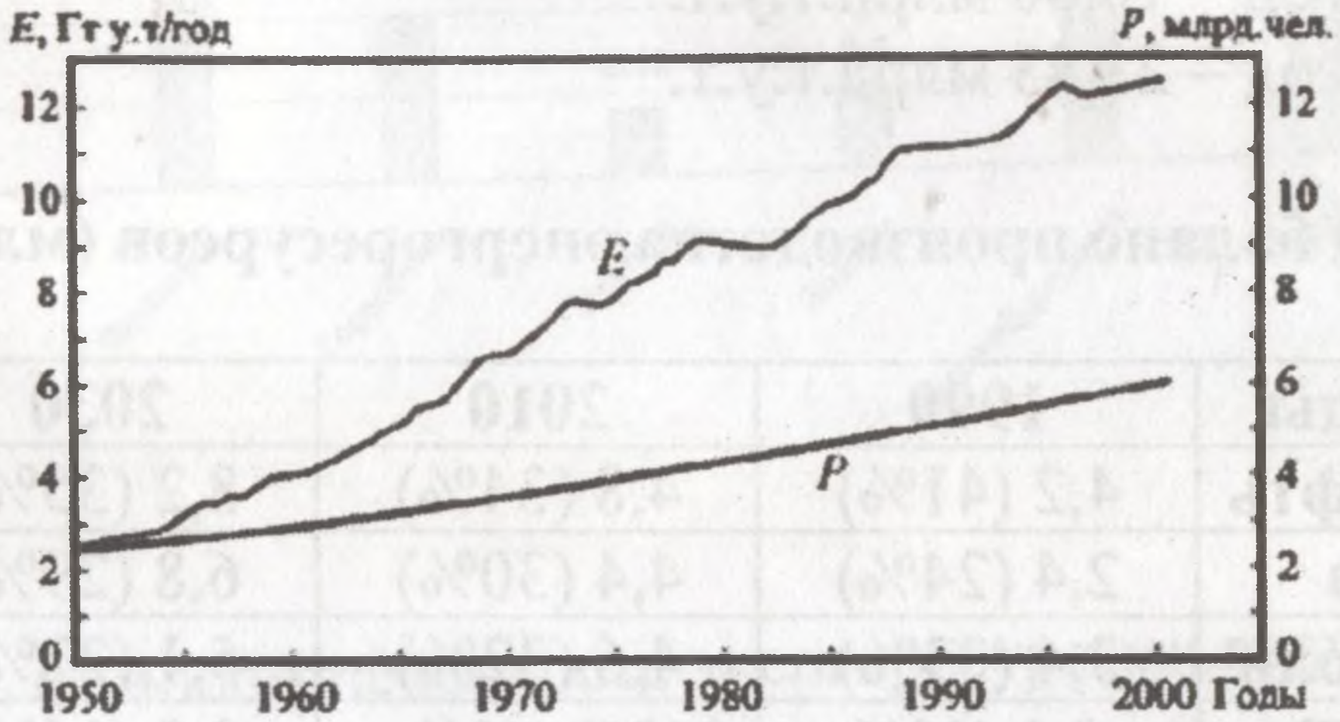


Рис. П1. Мировое потребление коммерческой энергии E и численность населения P.

Приложение 2

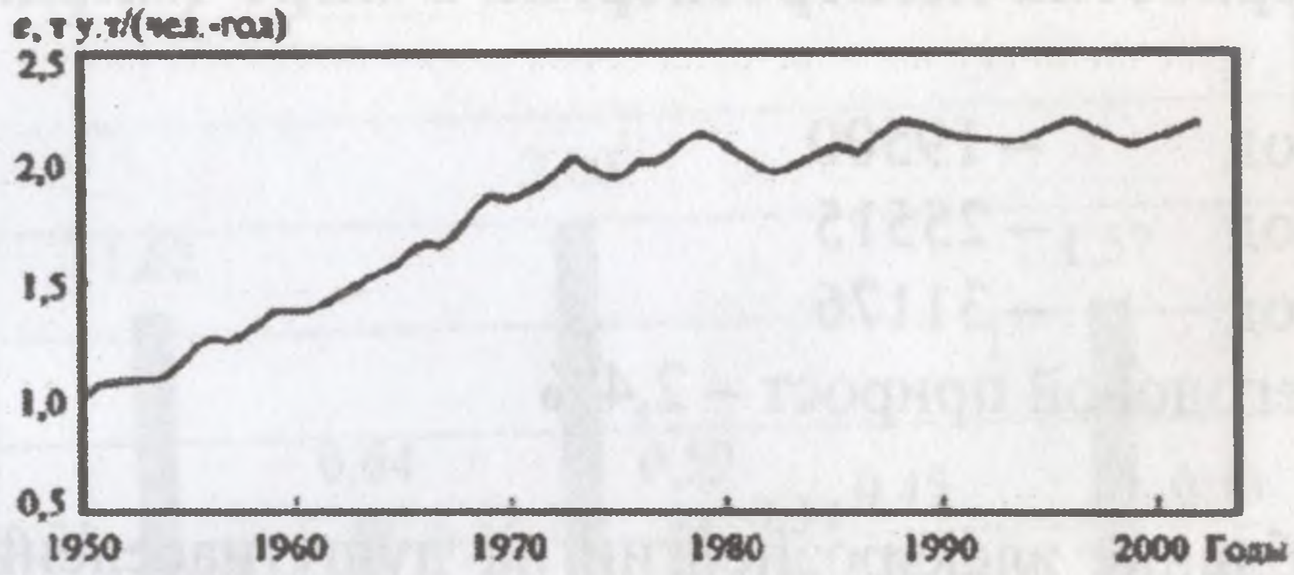


Рис.П2. Среднее удельное потребление коммерческой энергии e на душу населения в мире.

Население земли (млрд. человек)

Годы	2000	2030	2050
Численность	6,2	8	10

Приложение 3

СОСТОЯНИЕ ЭНЕРГЕТИКИ МИРА

Мировое потребление энергоресурсов:

2010 год – 16,80 млрд.т.у.т.
2030 год – 23,43 млрд.т.у.т.

Мировой баланс производства энергоресурсов (млрд.т.у.т.)

Годы	1990	2010	2030
Нефть	4,2 (41%)	4,8 (34%)	8,2 (35%)
Газ	2,4 (24%)	4,4 (30%)	6,8 (29%)
Уголь	3,4 (33%)	4,6 (32%)	5,1 (22%)
ВИЭ	0,1 (1%)	0,4 (4%)	3,2 (14%)
Итого	10,1 (100%)	14,3 (100%)	23,3 (100%)

Выработка электроэнергии в мире (млрд. кВт.ч)

2010 год – 19500
2020 год – 25515
2030 год – 31176
Среднегодовой прирост – 2,4%

Потребление электроэнергии на душу населения в развитых странах в год составляет 2200 – 25000 кВт.ч/чел., а в развивающихся – от 340 до 3400 кВт.ч/чел.

В XX веке потребление энергоресурсов увеличилось более чем в 10 раз.

К середине XXI века энергобаланс увеличится более чем в 2 раза по сравнению с 1990 годом.

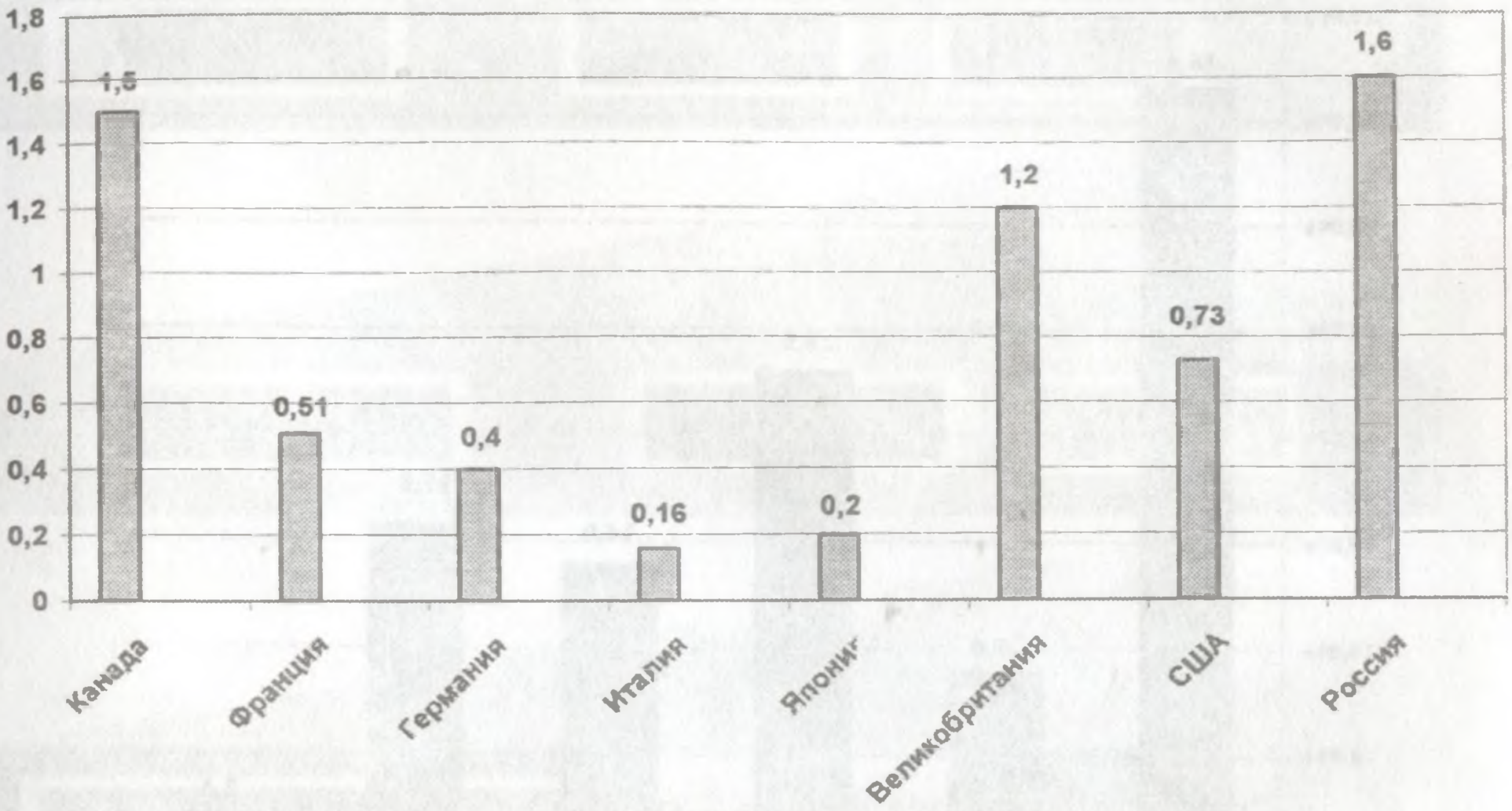


Рис.П3. Самообеспеченность энергоресурсами ведущих стран (2010 год).

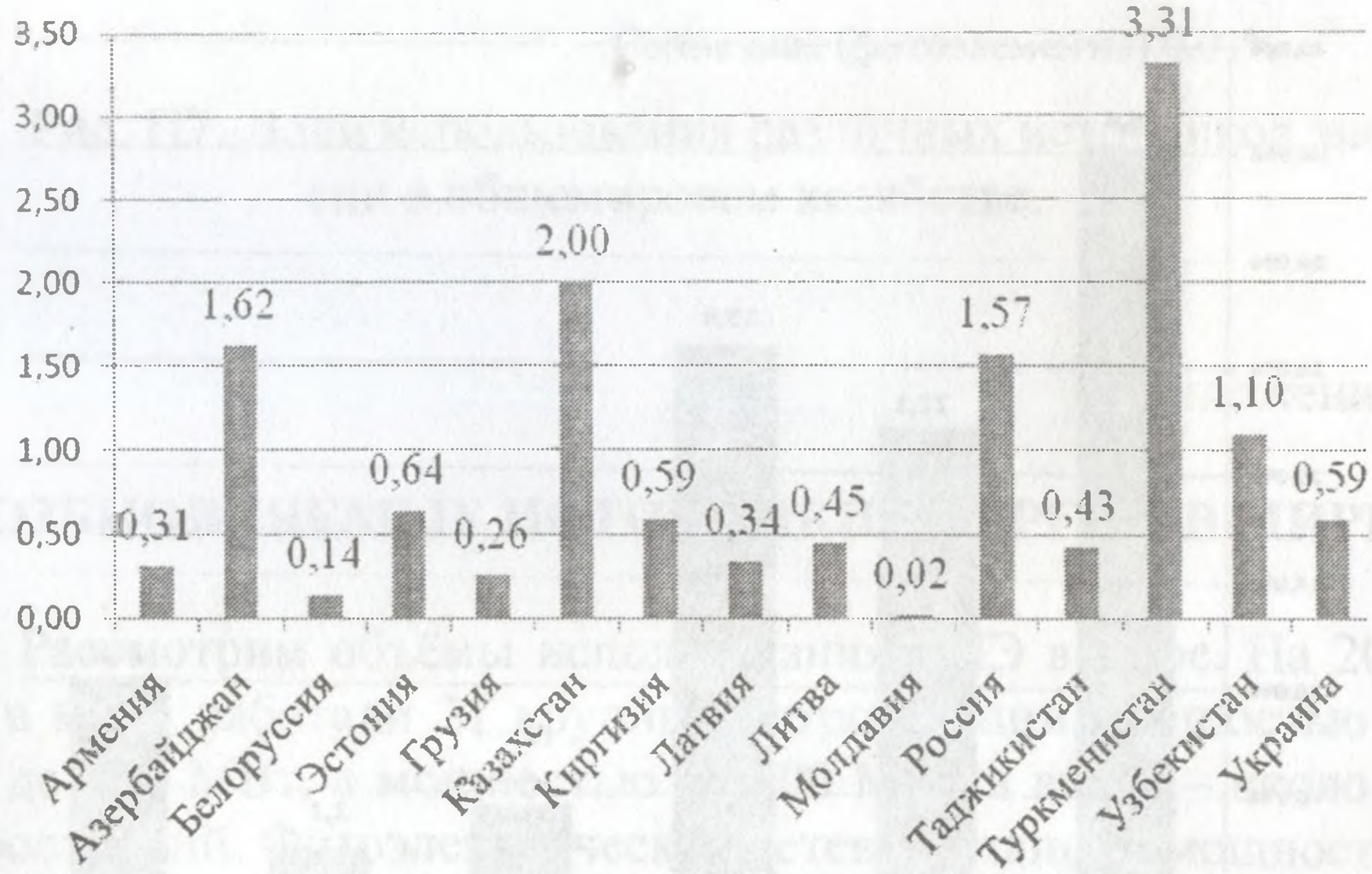


Рис.П4. Самообеспеченность энергоресурсами стран СНГ (2010 год).

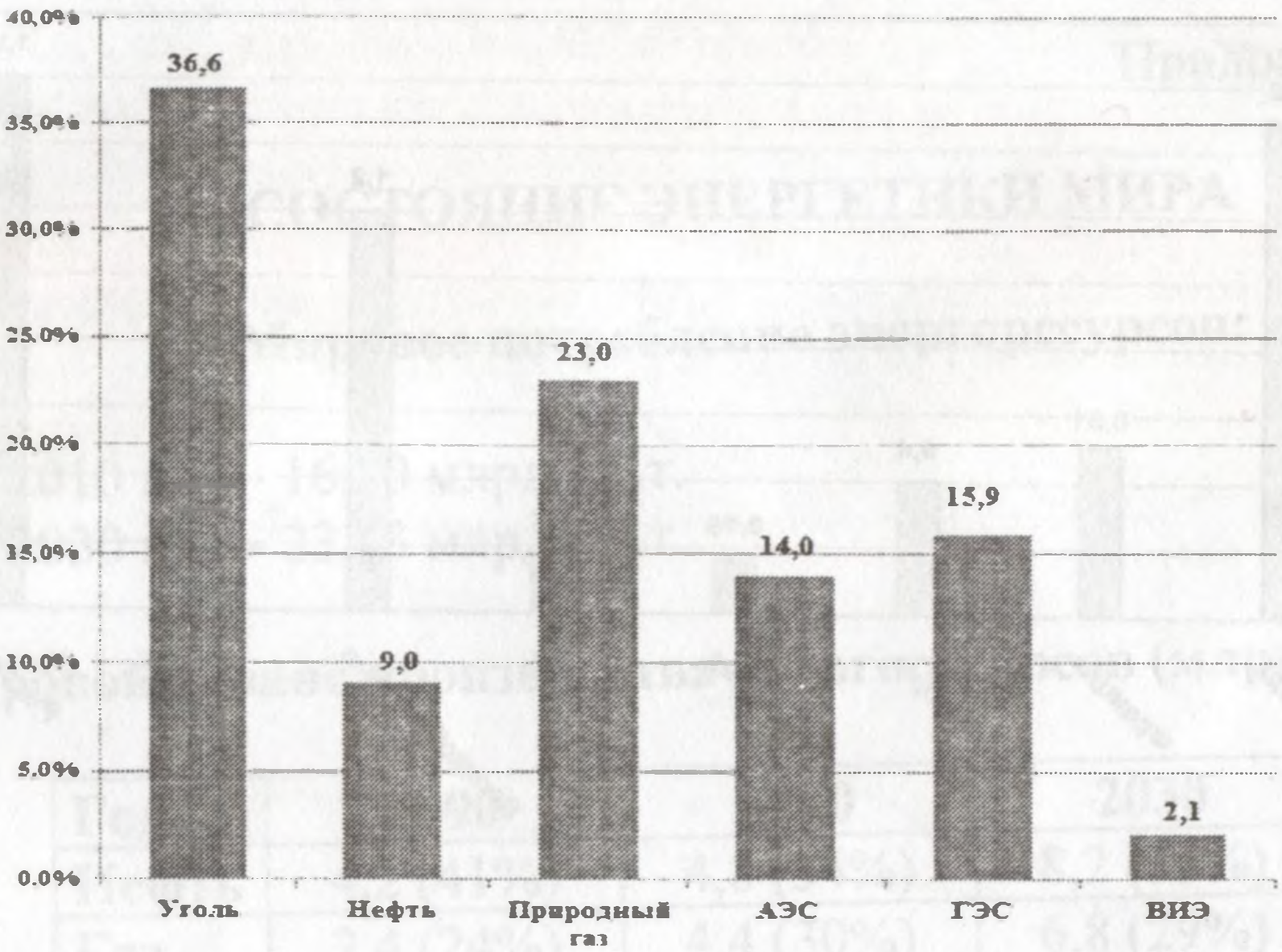


Рис. П5. Структура мирового производства электроэнергии (2010).

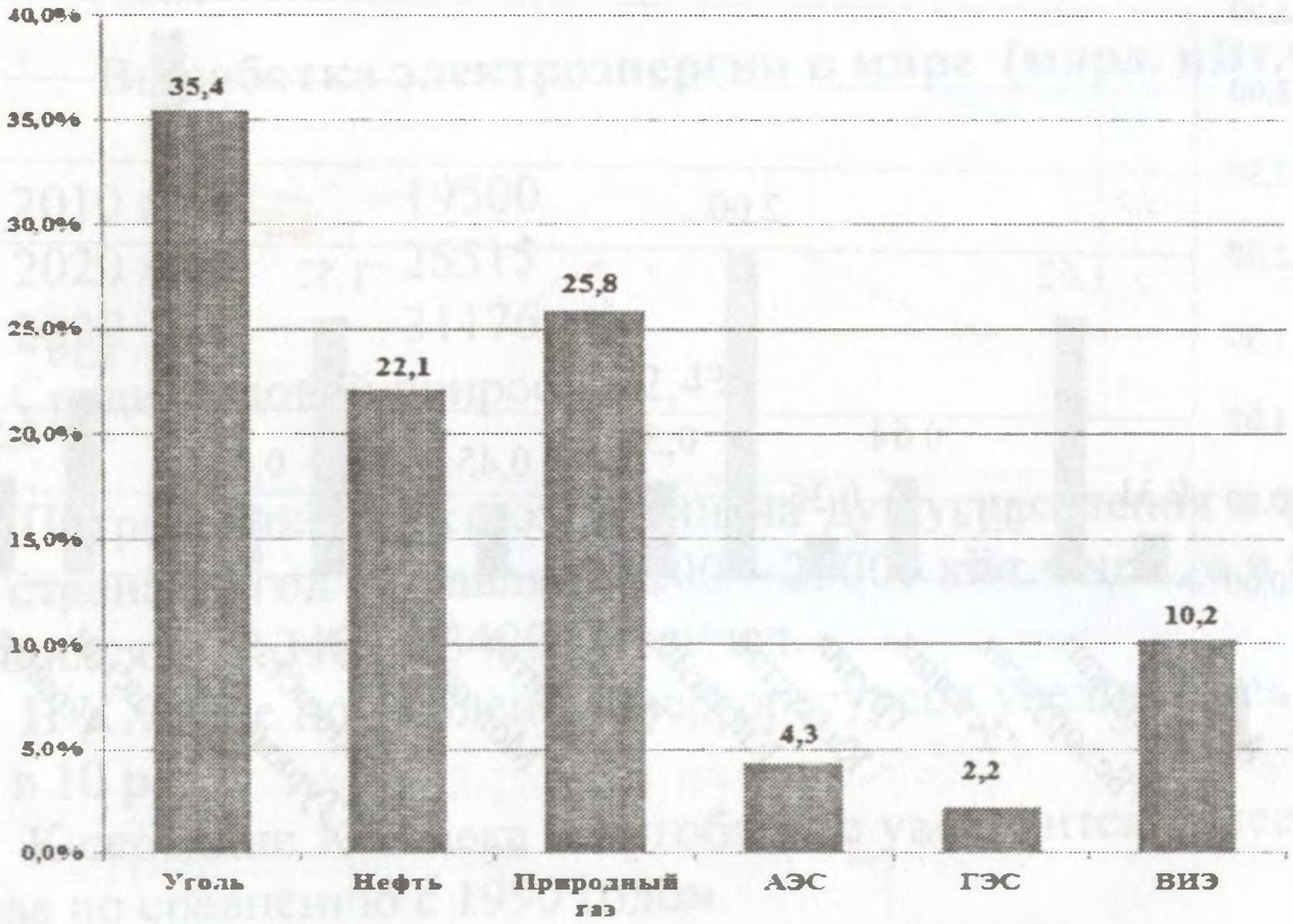


Рис. П6. Прогноз структуры мирового потребления энергоресурсов (2030).

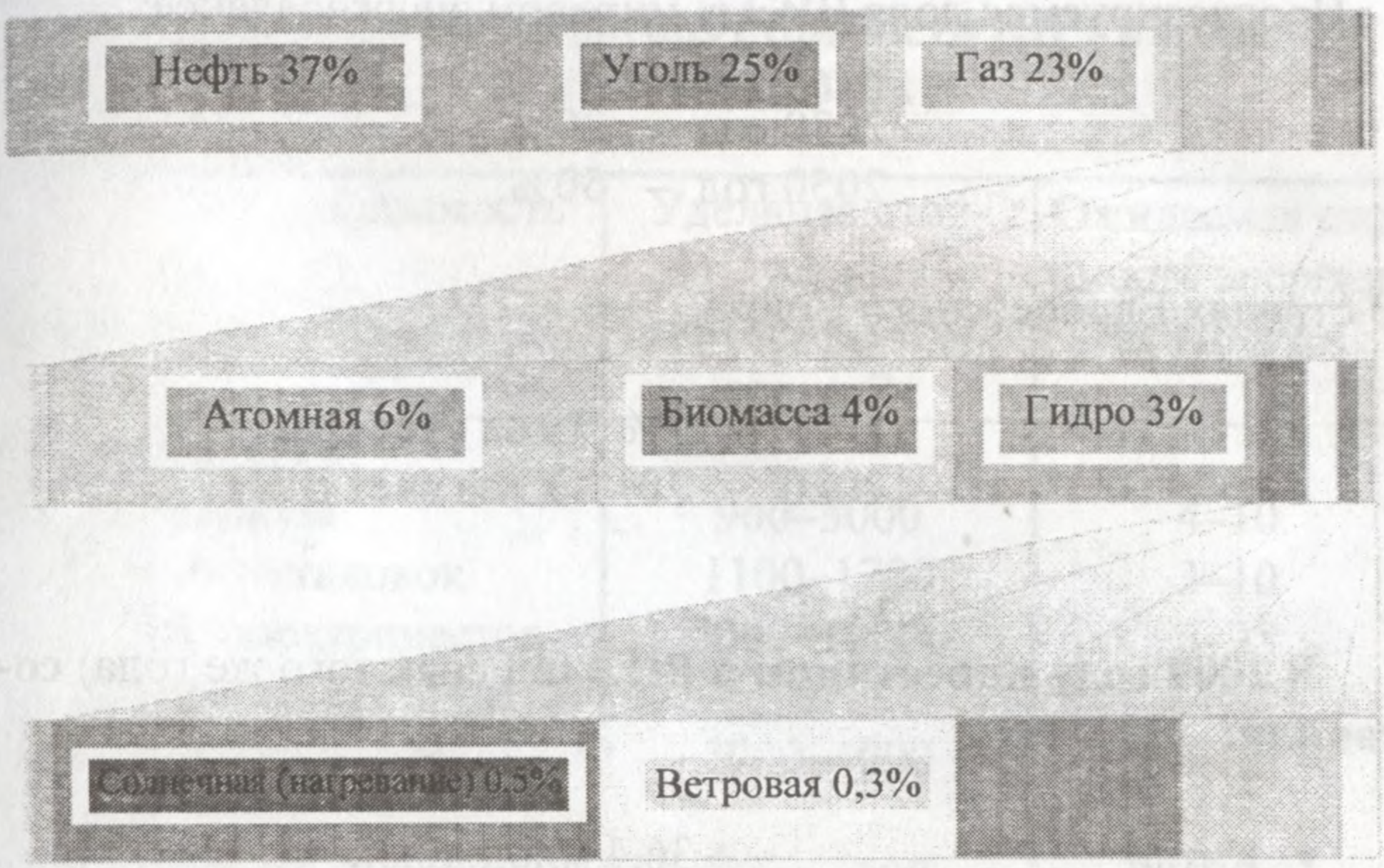


Рис. П7. Доли использования различных источников энергии в общемировом хозяйстве.

Приложение 4

ВОЗБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ В МИРЕ

Рассмотрим объёмы использования ВИЭ в мире. На 2010 год в мире работали 21 крупные ветростанции мощностью от 400 до 750 МВт, а мощностью от 100 МВт и выше – около 50 ветростанций. Фотоэлектрических сетевых станций мощностью 20 МВт и более насчитывалось 28. Получают развитие термодинамические солнечные электростанции башенного и параболоцилиндрического типа мощностью 100 МВт и более.

Прогнозируемая доля ВИЭ в мировом энергобалансе:

2030 год – 20%
2050 год – 50%.

В странах Европейского Союза:

2009 ~ 7% ЭЭ за счет ВИЭ
2020 ~ 20% ЭЭ за счет ВИЭ.

В 2009 году инвестиции в ВИЭ (в ценах того же года) **составили:**

- Китай – 36,4 млрд.долл.
- США – 18,6 млрд.долл.
- Великобритания – 11,2 млрд.долл.
- Испания – 10,4 млрд.долл.
- Бразилия – 7,4 млрд.долл.
- Германия – 4,3 млрд.долл.
- Канада – 3,3 млрд.долл.

Льготные тарифы на энергию от ВИЭ введены:

1990 году – в 2 странах
2000 году – в 14 странах
2005 году – в 37 странах
2010 году – в 50 странах

Состояние и прогноз стоимости ВИЭ в мире
(в ценах 2010 г)

Стоимость / Технология	Удельная стоимость установленной мощности, долл/кВт	Ожидаемая стоимость энергии, цент/кВт.ч
Электроэнергия:		
– биомассы	900–3000	4–10
– ветроустановок	1100–1700	3–10
– фотоэлектричества	5000–10000	5–25
– солнечных тепловых электростанций	3000–4000	4–10
ГЭС:		
– мощные	1000–3500	2–8
– малые	1200–3000	3–10
Геотермальная	800–3000	1–8

Прогноз глобальных инвестиций в мире в возобновляемые источники энергии (в ценах 2010 г)

2020 год – 1,7 трлл. долл.
2050 год – 45 трлн. долл.

Вышеприведенные данные говорят о том, что основными причинами развития ВИЭ в мире являются:

– непрерывный рост стоимости традиционных энергоресурсов и загрязнение окружающей среды;

– большой экономический потенциал ВИЭ в мире ~ 20 млрд. т.у.т. в год, что в два раза превышает объем годовой добычи всех видов ископаемого топлива;

– неисчерпаемость и экологическая чистота ВИЭ.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Аллаев К.Р. Энергетика мира и Узбекистана. -Т.:Молия, 2007.

2. Аллаев К.Р. Энергоэффективность и возобновляемые источники энергии. // Проблемы энерго– и ресурсосбережения. Спецвыпуск, 2011.

3. Захидов Р.А. Нормативно–правовые аспекты использования возобновляемых источников энергии. // Проблемы энерго– и ресурсосбережения. Спецвыпуск, 2011.

4. Захидов Р.А. Повышение роли альтернативных и возобновляемых источниковы энергии в энергетической стратегии США.// Проблемы энерго– и ресурсосбережения, 2007. № 1.

5. Сытдыков Р.А., Радионова О.В., Хафизов У.М. О нормативно–правовой базе использования возобновляемых источников энергии в Узбекистане. // Проблемы энерго– и ресурсосбережения. Спецвыпуск, 2011.

6. Насиров Т.Х., Басов О.В. Проблемы повышения энергоэффективности в Узбекистане. // Проблемы энерго– и ресурсосбережения. Спецвыпуск, 2011.

7. Насиров Т.Х., Васиков А. и др. Перспективы развития возобновляемой энергии в Узбекистане. –Т.:ПРООН, 2007.

8. К укреплению сотрудничества по рациональному и эффективному использованию водных и энергетических ресурсов Центральной Азии./Сборник материалов ПРООН.– Нью–Йорк, 2004.

9. Тешабаев Б.М. Электроэнергетика Узбекистана - основа энергетической независимости страны.// Мировая энергетика - Москва, 2007, №9.

10. Тешабаев Б.М. Современное состояние энергетики Узбекистана и план развития ее на ближайшую перспективу./ Сб. тр. Международной научно-технической конференции «Современное состояние и перспективы развития энергетики» - Ташкент, 2004, ТГТУ.

11. Тешабаев Б.М. Электроэнергетика Республики Узбекистан состояние, перспективное развитие и инвестиционный

климат. Энерго- рынок Центральной Азии: тенденции и перспективы. /Итоговые материалы международной научно-практической конференции – Ташкент, 2005, 6-7 декабрь.

12. Авезов Р.Р., Барский–Зорин М.А., Васильева И.М. и др. Системы солнечного тепло– и хладоснабжения. Под редакцией Э.В.Сарнацкого, С.А.Чистовича. –М.: Стройиздат, 1990.

13. Одамов У.О., Мухамедьяров К.С., Саипов З.У. Разработка высокоэффективного биогазового комплекса для анаэробной переработки органических отходов животноводства. //Проблемы энерго– и ресурсосбережения. Спецвыпуск, 2011.

14. Таджиев У.А. Децентрализованное энергоснабжение объектов в сельской местности Узбекистана с использованием возобновляемых источников энергии. //Проблемы энерго– и ресурсосбережения. Спецвыпуск, 2011.

15. Абдуллаев Ж.А. Гибридный автономный ветросолнечный источник электроэнергии. Результаты ресурсных испытаний.//Гелиотехника, № 5, 1996.

16. Мухаммадиев М.М., Уришев Б.У., Джураев К.С., Туйчиев А., Прохоренко С.В. Новая конструкция наплавной микрогидроэлектростанции. //Проблемы энерго– и ресурсосбережения. Спецвыпуск, 2011.

17. Азизов Ш.А., Таджиев У.А., Кисилева Е.И., Таджиев М.У. Перспективы использования энергетического потенциала Ак–Карадарьинского гидроузла на реке Заравшан. //Проблемы энерго– и ресурсосбережения. Спецвыпуск, 2011.

18. В.П. Шуйский, С.С. Алабян, А.В. Комиссаров, О.В. Морозенкова. «Мировые рынки ВИЭ и национальные интересы России», Проблемы прогнозирования, № 3, 2010.

19. Т.Ю.Юнусов. Своевременный и качественный ремонт – основа надежной работы оборудования электрических систем. //Проблемы энерго– и ресурсосбережения. 2009, №3–4.

20. Т.Ю.Юнусов. Модернизация системы учета электроэнергии – основа повышения энергоэффективности. «Повышение эффективности электрического хозяйства потребителей в условиях ресурсных ограничений». –М.: Технетика, 2009. Труды XXXIX конференции по электрификации. 1–2 том.

21. Юнусов Т.Ю. От дизеля к интеллектуальной электрической системе. -Т.: Fan va texnologiya. 2011.

22. Юнусов Т.Ю. О роли возобновляемых источников энергии в стратегии совершенствавания энергетики Узбекистана.//Проблемы энерго– и ресурсосбережения. 2012, № 1.

23. Каримов Т. Возобновляемые источники энергии в Узбекистане. Развитие и перспективы. Обзор подготовлен с использованием материалов авторов: академика АН РУз Р. А. Захидова, к.ф.–м.н. С. Сулейманова.// Экологический вестник, 2009, выпуск № 3–4.

24. Михайлов С. А., Балябина А. А. Основные направления инвестирования в области энерго– и ресурсосбережения. //Евразийский международный научно–аналитический журнал «Проблемы современной экономики», 2009, № 2 (30).

25. Курс обучения DIERET. Энергия биомассы, 2010.

26. Основы современной энергетики. /Под общей редакцией Аметистова Е.В. –М.: МЭИ, 2004.

27. Черноштан Т.Н. Геотермальная энергия и ее практическое применение. //Международный электро-технический журнал «Электрик», 2011, № 12.

28.Васильев Ю.С., Хрисанов Н.И. Экология использования возобновляющихся энергоисточников. –Л.: ЛГУ, 1991.

29.Клавдиенко В.П. Нетрадиционная энергетика в странах ЕС: экономическое стимулирование развития. //Электронный журнал ЭСКО, 2007, № 6.

30. Баренбаум А. Галактика и полезные ископаемые. //Энергия: экономика, техника, экология, 2003, № 10.

31. Мировое развитие на пороге XXI века. // Экономическое обозрение, 2000, № 10.

32. Вольфберг Д.Б. Современное состояние и перспективы развития энергетики мира.//Теплоэнергетика, 1999, № 8.

33. Поляков В. Обеспеченность мировой экономики энергоносителями в XXI веке. // Мировая экономика и международные отношения. 2005, № 6.

34. Цанев С.В., Бадуров В.Д., Ремезов А Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций. -М.: МЭИ, 2002.

35. Альтернативные источники энергии. Возможности использования в Узбекистане. /Аналитический доклад Центра экономических исследований при содействии Программы развития Организации Объединенных Наций (ПРООН) под руководством Саидовой Г.К. –Т. 2011.

36. International standards to develop and promote energy efficiency and renewable energy sources OECD/IEA (Международные стандарты для разработки и продвижения энергетической эффективности и возобновляемых источников энергии) 2008.

37. Геотермальные насосы как неиссякаемый источник энергии. Информационный ресурс Ecology.mg.

38. Гнатусь Н., Некрасов А., Воронина С. Тепло земли согреет малые города. //Мировая энергетика 2009, № 1 (60).

39. Тягунов М.Г. Нетрадиционная энергетика. –М.:МЭИ. 1999. 37 с.

40. Магомедов А.М. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии. –Махачкала: Юпитер, 1996.

41. Сайт «Война и мир». Мировая энергия и население. Перспективы с 2007 по 2010 гг.

42. Энциклопедия «Техника».– М.: Росмэн, 2006.

43. Технологические решения. Описание технологических схем. Сайт «Energis Power Solutions», 2010.

44. Шейндлин А.Е. Проблемы новой энергетики. –М.:Наука, 2006.

45. Херольд Л. Фокс. Холодный ядерный синтез: сущность, проблемы, влияние на мир. Взгляд из США. –М.1993.

46. Канарев Ф.М. Вода – новый источник энергии. –Краснодар, 1999.

47. Голицин М.В., Голицин А.М. Альтернативные энергоносители. –М.:Наука, 2004.

48. Заключительный отчет Азиатского банка развития (Департамент Восточной и Центральной Азии) и Минводхоза Рес-

публики Узбекистан «Развитие возобновляемых источников энергии в Республике Узбекистан». –Ташкент, 2005.

49. Заключительный отчет ПРООН «Перспективы развития возобновляемой энергетики в Узбекистане». –Ташкент, 2007.

50. Энергетика для завтрашнего дня. Действовать сейчас (Материалы МИРЭС).//Электрические станции. 2005, № 2.

51. Электроэнергетика Узбекистана./ ГАК «Узбекэнерго».-Т.,2002.

52. Хнычев В.А. Реформа электроэнергетики – угроза безопасности.//Мировая энергетика.–М, 2007, № 3.

53. Uzenergy.uzpak.uz.sjsc@ uzpak.uz. Хамидов Ш.В. Электроэнергетика Республики Узбекистан – состояние, перспективы развития и инвестиционный климат.// Доклад на Бизнес–форуме. Париж. 20–30 июня 2006г.).

54. Закиров Д.Г. Состояние и перспективы использования низкопотенциальной теплоты с помощью тепловых насосов.//Промышленная энергетика. 2004, № 6.

55. Материалы интернет–сайтов: http://otherreferats.allbest.ru; http://www. minenergo.gov.by; http://mguine.narod.ru; http://www.verdit.ru; http://sss–energy.ru; http://foraenergy.ru; http://prosecurity.livejournal.com; http://www. bibliotekar.ru; http://www.warandpeace.ru; http://www.iesenergy.ru; http://www.bibi.uz/raznoe/1457 и др.

56. Международные стандарты для разработки и продвижения энергетической эффективности и возобновляемых источников энергии, 2008.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ..... 4
ВВЕДЕНИЕ..... 9
I. ТРАДИЦИОННАЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА..... 17
Преобразование энергии..... 20
ТЕПЛОВАЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА..... 22
Принцип работы паротурбинных ТЭС..... 22
Виды и свойства топлив, сжигаемых на тепловых электростанциях..... 25
Принцип работы газотурбинных и парогазовых ТЭС..... 29
Особенности парогазовых станций..... 31
АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА..... 33
Принцип работы атомной электростанции..... 33
ГИДРОЭНЕРГЕТИКА..... 34
Принцип работы ГЭС..... 36
Гидроаккумулирующие электростанции..... 37
Принцип работы ГАЭС..... 39
II. НЕТРАДИЦИОННАЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА 41
Возобновляемые источники электроэнергии..... 42
Энергия приливов и отливов..... 43
Энергия волн..... 46
Геотермальная энергетика..... 49
Особенности 51
Гидротермальная энергетика..... 53
Петротермальная энергетика..... 58
Низкопотенциальная тепловая энергетика..... 60
Принцип работы и виды тепловых насосов..... 62
Источник тепла – грунт..... 65
Источник тепла – грунтовые воды..... 65
Источник тепла – воздух..... 66
Принцип работы теплового насоса на геотермальном тепле 66
Особенности 68
Ветровая энергетика..... 69
Принцип работы ветрогенератора..... 71

Энергия биомассы..... 73
Сжигание биомассы..... 75
Пиролиз..... 76
Газификация..... 77
Синтетические топлива..... 78
Анаэробное сбраживание..... 78
Биогаз..... 80
Биогаз полигонов твердых бытовых отходов (свалочный газ)..... 81
Солнечная энергетика..... 81
Принцип работы солнечных батарей..... 84
Особенности применения солнечной энергии..... 88
III. НАУКА И ТЕХНИКА ДЛЯ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ..... 89
Исследования свойств веществ и процессов..... 89
РАЗВИТИЕ ТРАДИЦИОННЫХ И ДРУГИХ ТЕХНОЛОГИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ..... 93
Природный газ..... 93
Ядерная энергетика..... 93
О возобновляемых источниках энергии..... 95
Ветровая энергетика..... 96
Малая гидроэнергетика 97
Солнечная энергия 98
Энергия биомассы 100
Геотермальная энергия 101
Магнитогидродинамическое (МГД) преобразование энергии..... 103
Использование низкопотенциального тепла в сочетании с тепловыми насосами..... 104
Сверхпроводимость..... 106
ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ ЭНЕРГИИ 108
Водородная энергетика 108
Производство водорода..... 112
Водородсжигающие установки 113

Топливные элементы (ТЭ)..... 115
IV. РАЗВИТИЕ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ И ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В УЗБЕКИСТАНЕ..... 118
Современное состояние энергетики Узбекистана..... 118
О решении энергетических проблем в Республике Узбекистан..... 123
Что необходимо сделать в этом направлении в первую очередь?..... 127
Потенциал и направления энергосбережения..... 128
Проблемы эффективного использования органического топлива..... 129
Природный газ..... 129
Нефть..... 130
Уголь..... 131
Теплофикация..... 132
Общий потенциал и направления использования возобновляемой энергетики в Узбекистане..... 134
Гидроэнергетика в Узбекистане 137
Солнечная энергетика в Узбекистане 138
Энергия ветра в Узбекистане 140
Энергия биомассы в Узбекистане 142
Водородная энергия в Узбекистане..... 143
Проекты по изучению потенциала ВИЭ в Узбекистане..... 146
Заключение..... 151
Глоссарий..... 155
Приложения..... 189
Использованная литература..... 196

Т.Ю. ЮНУСОВ

ПРОИЗВОДСТВО ЭНЕРГИИ – СОВРЕМЕННОСТЬ И БУДУЩЕЕ

Ташкент – Издательство «Fan va texnologiya» – 2012

Редактор: Г.Шахамидова
Тех. редактор: М.Холмухамедов
Художник: Х.Гулямов
Компьютерная вёрстка: Н.Хасанова

Изд.лиц. AI№149, 14.08.09. Разрешено в печать 29.12.2012.
Формат 60x84 $^{1}/_{16}$. Гарнитура «Times New Roman».
Офсетная печать. Усл. печ.л. 13,0. Изд. печ.л. 12,75.
Тираж 500. Заказ №133.

Отпечатано в типографии
«Fan va texnologiyalar Markazining bosmaxonasi».
100066, г. Ташкент, ул. Алмазар, 171.