

## Світ шукає енергію

Проблеми, пов'язані з походженням, економічністю, технічним освоєнням і способами використання різних джерел енергії, були і будуть невід'ємною частиною життя на нашій планеті. Прямо або побічно з ними стикається кожен житель Землі. Розуміння принципів виробництва і споживання енергії складає необхідну передумову для успішного вирішення тих, що набувають все велику гостроту проблем сучасності і в ще більшому ступені – найближчого майбутнього.

Світ, в якому ми живемо, можна вивчати з самих різних крапок зір. Нові знання ведуть до постійного їх звуження, до все більшій диференціації наукових дисциплін і відповідних ним областей людської діяльності. Результати об'єктивної оцінки "стану справ" в цих областях вельми різні.

Чому ж саме зараз, як ніколи гостро, встало питання: що чекає людство - енергетичний голод або енергетичний достаток? Не сходять із сторінок газет і журналів статті про енергетичну кризу. Із-за нафти виникають війни, розцвітають і бідніють держави, змінюлися уряди. До розряду газетних сенсацій стали відносити повідомлення про запуск нових установок або про нові винаходи в області енергетики. Розробляються гігантські енергетичні програми, здійснення яких зажадає величезних зусиль і величезних матеріальних витрат.

Рівень матеріальної, а кінець кінцем і духовної культури людей знаходиться в прямій залежності від кількості енергії, наявної в їх розпорядженні. Щоб добути руду, виплавити з неї метал, побудувати будинок, зробити будь-яку річ, потрібно витратити енергію. А потреби людини весь час ростуть, та і людей стає все більше.

Так за чим же зупинка? Учені і винахідники вже давно розробили численні способи виробництва енергії, в першу чергу електричної. Давайте тоді будувати все більше і більше електростанцій, і енергії буде стільки, скільки знадобиться! Таке, здавалося б, очевидне рішення складної задачі, виявляється, таїть в собі немало підводних каменів.

Невблаганні закони природи стверджують, що отримати енергію, придатну для використання, можна тільки за рахунок її перетворень з інших форм. Вічні двигуни, нібито що проводять енергію і що нізвідки не її беруть, на жаль, неможливі. А структура світового енергогосподарства до сьогоднішнього дня склалася таким чином, що чотири з кожних п'яти проведених кіловат виходять в принципі тим же способом, яким користувалася первісна людина для зігрівання, тобто при спалюванні палива, або при використанні запасеної в ній хімічної енергії, перетворенні її в електричну на теплових електростанціях.

Звичайно, способи спалювання палива стали набагато складнішими і досконало.

Нові чинники - збільшені ціни на нафту, швидкий розвиток атомної енергетики, зростання вимог до захисту навколишнього середовища, зажадали нового підходу до енергетики.

У розробці енергетичної програми взяли участь видні учені країни,

фахівці різних міністерств і відомств. За допомогою новітніх математичних моделей електронно-обчислювальні машини розрахували декілька сотень варіантів структури майбутнього енергетичного балансу. Були знайдені принципові рішення, що визначили стратегію розвитку енергетики на прийдешні десятиліття.

На жаль, запаси нафти, газу, вугілля зовсім не нескінченні. Природі, щоб створити ці запаси, було потрібно мільйони років, витрачені вони будуть за сотні років. Сьогодні в світі стали серйозно замислюватися над тим, як не допустити хижацького розграбування земних багатств. Адже лише за цієї умови запасів палива може вистачити на століття. На жаль, багато нафтовидобувних країн живуть сьогоднішнім днем. Вони нещадно витрачають даровані їм природою нафтові запаси. Зараз багато з цих країн, особливо в районі Персидської затоки, буквально купаються в золоті, не замислюючись, що через декілька десятків років ці запаси вичерпаються. Що ж відбудеться тоді – а це рано чи пізно трапиться, – коли родовища нафти і газу будуть вичерпані? Підвищення цін на нафту, необхідну не тільки енергетиці, але і транспорту, і хімії, що відбулося, примусило задуматися про інші види палива, придатні для заміни нафти і газу. Особливо замислювалися тоді ті країни, де немає власних запасів нафти і газу і яким доводиться їх купувати.

А поки в світі все більше вчених інженерів займаються пошуками нових, нетрадиційних джерел, які могли б узяти на себе хоч би частина турбот по постачанню людства енергією. Рішення цієї задачі дослідники шукають на різних шляхах. Найпринаднішим, звичайно, є використання вічних, поновлюваних джерел енергії-енергії поточної води і вітру, океанських приливів і відливів, тепла земних надр, сонця. Багато уваги приділяється розвитку атомної енергетики, учені шукають способи відтворення на Землі процесів, що протікають в зірках і забезпечують їх колосальними запасами енергії.



## Альтернативні джерела енергії.

### Вітрова енергія.

Ми живемо на дні повітряного океану, в світі вітрів. Люди давно це зрозуміли, вони постійно відчували на собі дію вітру, хоча довгий час не могли пояснити багато явищ.

Величезна енергія рухомих повітряних мас. Запаси енергії вітру більш ніж в сто разів перевищують запаси гідроенергії всіх річок планети. Постійно і всюди на землі дмуть вітри – від легкого вітерцю, що несе бажану прохолоду в літню спеку, до могутніх ураганів, що приносять незліченну утрату і руйнування. Завжди неспокійний повітряний океан, на дні якого ми живемо. Вітри, що дмуть на просторах нашої країни, могли б легко задовольнити всі її потреби в електроенергії! Чому ж такий рясний, доступний та і екологічно чисте джерело енергії так слабо використовується? В наші дні двигуни, що використовують вітер, покривають всього одну тисячну світових потреб в енергії.

Середньорічна швидкість вітру на висоті 20–30 м над поверхнею Землі повинна бути чималою, щоб потужність повітряного потоку, що проходить через належним чином орієнтований вертикальний перетин, досягала значення, прийняттого для перетворення. Вітроенергетична установка, розташована на майданчику, де середньорічна питома потужність повітряного потоку складає близько 500 Вт/м<sup>2</sup> (швидкість повітряного потоку при цьому рівна 7 м/с), може перетворити в електроенергію близько 175 з цих 500 Вт/м<sup>2</sup>.

Енергія, що міститься в потоці рухомого повітря, пропорційна кубу швидкості вітру. Проте не вся енергія повітряного потоку може бути використана навіть за допомогою ідеального пристрою. Теоретично коефіцієнт корисного використання енергії повітряного потоку може бути рівний 59,3 %. На практиці, згідно з опублікованими даними, максимальний коефіцієнт корисного використання енергії вітру рівний приблизно 50 %, проте і цей показник досягається не при всіх швидкостях, а тільки при оптимальній швидкості, передбаченій проектом. Крім того, частина енергії повітряного потоку втрачається при перетворенні механічної енергії в електричну, яке здійснюється з ККД зазвичай 75–95 %. Враховуючи всі ці чинники, питома електрична потужність складає 30–40 % потужності повітряного потоку. Проте іноді вітер має швидкість, що виходить за межі розрахункових швидкостей.

Новітні дослідження направлені переважно на отримання електричної енергії з енергії вітру. Прагнення використання вітру як енергії привело до появи на світло безлічі агрегатів. Деякі з них досягають десятків метрів у висоту, і, як вважають, з часом вони могли б утворити справжню електричну мережу.

Споруджуються спеціальні станції переважно постійного струму. Вітряне колесо приводить в рух динамо-машину – генератор електричного струму, який одночасно заряджає паралельно сполучені акумулятори.

Акумуляторна батарея автоматично підключається до генератора в той момент, коли напруга на його вихідних клеммах стає більше, ніж на клеммах батареї, і також автоматично відключається при протилежному співвідношенні.

Широкому застосуванню агрегатів для перетворення вітру в енергію в звичайних умовах поки перешкоджає їх висока собівартість. Навряд чи потрібно говорити, що за вітер платити не потрібно, проте машини, потрібні для того, щоб запрягти його в роботу, обходяться дуже дорого.

### **Зберігання вітряної енергії.**

При використанні вітру виникає серйозна проблема: надлишок енергії в легковажну погоду і недолік її в періоди безвітря. Як же накопичувати і зберегти про запас енергію вітру? Простий спосіб полягає в тому, що вітряне колесо рухає насос, який накачує воду в розташований вище резервуар, а потім вода, стікаючи з нього, приводить в дію водяну турбіну і генератор постійного або змінного струму. Існують і інші способи і проекти: від звичайних, хоч і малопотужних акумуляторних батарей до розкручування гігантських маховиків або нагнітання стислого повітря в підземні печери і аж до виробництва водню як паливо. Особливо перспективним представляється останній спосіб. Електричний струм розкладає воду на кисень і водень. Водень можна зберігати в зрідженому вигляді і спалювати в топках теплових електростанцій у міру потреби.

### **Енергія річок.**

Багато тисячоліть вірно служить людині енергія води. Запаси її на Землі колосальні. Недаремно деякі учені вважають, що нашу планету правильніше було б називати не Земля, а Вода – адже близько трьох чвертей поверхні планети покрито водою. Величезним акумулятором енергії служить Світовий океан, що поглинає велику її частину, що поступає від Сонця. Тут відбуваються приливи і відливи, виникають могутні океанські течії. Народжуються могутні річки, що несуть величезні маси води в моря і океани. Зрозуміло, що людство у пошуках енергії не могло пройти мимо таких гігантських її запасів. Раніше всього люди навчилися використовувати енергію річок.

Вода була першим джерелом енергії, і, ймовірно, першою машиною, в якій людина використовувала енергію води, була примітивна водяна турбіна. Понад 2000 років тому горці на Близькому Сході вже користувалися водяним колесом у вигляді валу з лопатками. Суть пристрою зводилася до наступного. Потік води, відведений із струмка або річки, тисне на лопатки, передаючи їм свою кінетичну енергію. Лопатки приходять в рух, а оскільки вони жорстко скріплюють з валом, вал обертається. З ним у свою чергу скріплює млинове жорно, яке разом з валом обертається по відношенню до нерухомого нижнього жорна. Саме так працювали перші “механізовані” млини для зерна. Але їх споруджували тільки в гірських районах, де є річки і

струмки з великим перепадом і сильним натиском. На поволі поточних потоків водянні колеса з горизонтально розміщеними лопатками малоефективні.

У сучасній гідроелектростанції маса води з великою швидкістю спрямовується на лопатки турбін. Вода із-за дамби тече – через захисну сітку і регульований затвор – по сталевому трубопроводу до турбіни, над якою встановлений генератор. Механічна енергія води за допомогою турбіни передається генераторам і в них перетворюється в електричну. Після здійснення роботи вода стікає в річку через тунель, що поступово розширюється, втрачаючи при цьому свою швидкість.

Гідроелектростанції класифікуються по потужності на дрібних (зі встановленою електричною потужністю до 0,2 Мвт), малих (до 2 Мвт), середніх (до 20 Мвт) і великих (понад 20 Мвт). Другий критерій, по якому розділяються гідроелектростанції, – натиск. Розрізняють низьконапірні (натиск до 10 м), середнього натиску (до 100 м) і високонапірні (понад 100 м). У окремих випадках дамби високонапірних ГЕС досягають висоти 240 м. Такі дамби зосереджують перед турбінами водну енергію, накопичуючи воду і піднімаючи її рівень.

Турбіна – енергетично дуже вигідна машина, тому що вода легко і просто міняє поступальну ходу на обертальну. Той же принцип часто використовують і в машинах, які зовні зовсім не схожі на водяне колесо (якщо на лопатки впливає пара, то мова йде про паровій турбіні).

Переваги гідроелектростанцій очевидні – постійно поновлюваний самою природою запас енергії, простота експлуатації, відсутність забруднення навколишнього середовища. Проте споруда дамби крупної гідроелектростанції виявилася завданням куди складнішою, ніж споруда невеликої. Щоб привести в обертання могутні гідротурбіни, потрібно накопичити за дамбою величезний запас води. Для споруди дамби потрібно укласти таку кількість матеріалів, що об'єм гігантських єгипетських пірамід в порівнянні з ним покажеться нікчемним.

Але поки людям служить лише невелика частина гідроенергетичного потенціалу землі. Щорічно величезні потоки води, що утворилися від дощів і танення снігів, стікають в моря невикористаними. Якби вдалося затримати їх за допомогою дамб, людство отримало б додатково колосальну кількість енергії.

## Теплова енергія океану

Відомо, що запаси енергії в Світовому океані колосальні, адже дві третини земної поверхні (361 млн. км<sup>2</sup>) займають моря і океани – акваторія Тихого океану складає 180 млн. км<sup>2</sup>. Атлантичного – 93 млн. км<sup>2</sup>, Індійського, – 75 млн. км<sup>2</sup>.

Останні десятиліття характеризується певними успіхами у використанні теплової енергії океану. Так, створені установки міні-ОТЕС і ОТЕС-1 (ОТЕС – початкові букви англійських слів Ocean Thermal Energy Conversion, тобто перетворення теплової енергії океану – мова йде про

перетворенні в електричну енергію). У серпні 1979 р. поблизу Гавайських островів почала працювати теплоенергетична установка міні-ОТЕС. Пробна експлуатація установки протягом трьох з половиною місяців показала її достатню надійність. При безперервній цілодобовій роботі не було зривів, якщо але вважати дрібних технічних неполадок, що зазвичай виникають при випробуваннях будь-яких нових установок. Її повна потужність складала в середньому 48,7 кВт, максимальна – 53 кВт; 12 кВт (максимум 15) установка віддавала в зовнішню мережу на корисне навантаження, точніше – на зарядку акумуляторів. Решта потужності, що виробляється, витрачалася на власні потреби установки. До їх числа входять витрати енергії на роботу трьох насосів, втрати в двох теплообмінниках, турбіні і в генераторі електричної енергії.

Три насоси було потрібно з наступного розрахунку: один – для подачі теплою води з океану, другий – для підкачки холодної води з глибини близько 700м, третій – для перекачування вторинної робочої рідини усередині самої системи, тобто з конденсатора у випарник. Як вторинна робоча рідина застосовується аміак.

Вперше в історії техніки установка міні-ОТЕС змогла віддати в зовнішнє навантаження корисну потужність, одночасно покривши і власні потреби. Досвід, отриманий при експлуатації міні-ОТЕС, дозволив швидко приступити до проектування ще могутніших систем подібного типу.

### **Енергія приливів і відливів.**

Століттями люди роздумували над причиною морських приливів і відливів. Сьогодні ми достовірно знаємо, що могутнє природнє явище – ритмічний рух морських вод викликають сили тяжіння Місяця і Сонця. У морських просторах приливи чергуються з відливами теоретично через 6 год. 12 хв. 30 с. Якщо Місяць, Сонце і Земля знаходяться на одній прямій, Сонце своїм тяжінням підсилює дію Місяця, і тоді настає сильний прилив. Коли ж Сонце стоїть під прямим кутом до відрізка Земля-Місяць (квадратура), настає слабкий прилив (квадратура, або мала вода). Сильний і слабкий приливи чергуються через сім днів.

Проте дійсний хід приливу і відливу вельми складний. На нього впливають особливості руху небесних тіл, характер берегової лінії, глибина води, морські течії і вітер.

Найвищі і сильніші приливні хвилі виникають в дрібних і вузьких затоках або гирлах річок, що впадають в моря і океани. Приливна хвиля Індійського океану котиться проти перебігу Гангу на відстань 250 км. від його гирла. Приливна хвиля Атлантичного океану розповсюджується на 900 км. вгору по Амазонки. У закритих морях, наприклад Чорному або Середземному, виникають малі приливні хвилі заввишки 50-70 див.

Максимально можлива потужність в одному циклі підливи – відливи, тобто від одного приливу до іншого, виражається рівнянням:

$$W = \rho g S R^2,$$

де  $\rho$  – щільність води,  $g$  – прискорення сили тяжіння,  $S$  – площа

приливної енергії,  $R$  – різниця рівнів при приливі.

Як видно з (формули, для використання приливної енергії найбільш відповідними можна рахувати такі місця на морському побережжі, де приливи мають велику амплітуду, а контур і рельєф берега дозволяють влаштувати великі замкнуті “басейни”.

Потужність електростанцій в деяких місцях могла б скласти 2–20 Мвт.

Перша морська приливна електростанція потужністю 635 кВт була побудована в 1913 р. в бухті Ліверпуля.

### **Енергія морських течій**

Невичерпні запаси кінетичної енергії морських течій, накопичені в океанах і морях, можна перетворювати на механічну і електричну енергію за допомогою турбін, занурених у воду (подібно до вітряних млинів, “занурених” в атмосферу).

Найважливіша і найвідоміша морська течія – Гольфстрім.

В даний час у ряді країн, і в першу чергу в Англії, ведуться інтенсивні роботи по використанню енергії морських хвиль. Британські острови мають дуже довгу берегову лінію, до в багатьох місцях море залишається бурхливим протягом тривалого часу.

Один з проектів використання морських хвиль заснований на принципі водяного стовпа, що коливається. У гігантських “коробах” без дна і з отворами вгорі під впливом хвиль рівень води то піднімається, то опускається. Стовп води діє на зразок поршня: засмоктує повітря і нагнітає його в лопатки турбін. Головною труднощі тут складає узгодження інерції робочих коліс турбін з кількістю повітря в коробах, так щоб за рахунок інерції зберігалася постійною швидкість обертання турбінних валів в широкому діапазоні умов на поверхні морить.

### **Енергія сонця.**

Майже всі джерела енергії, про які ми до цих пір говорили, так або інакше використовують енергію Сонця: вугілля, нафта, природний газ суть не що інше, як “законсервована” сонячна енергія. Вона поміщена в цьому паливі з незапам'ятних часів; під дією сонячного тепла і світла на Землі росли рослини, накопичували в собі енергію, а потім в результаті тривалих процесів перетворилися на паливо, що вживалося сьогодні. Сонце щороку дасть людству мільярди тонн зерна і деревини. Енергія річок і гірських водопадів також походить від Сонця, яке підтримує кругообіг води на Землі.

У всіх приведених прикладах сонячна енергія використовується побічно, через багато проміжних перетворень. Принадно було б виключити ці перетворення і знайти спосіб безпосередньо перетворювати теплове і світлове випромінювання Сонця, падаюче на Землю, в механічну або електричну енергію. Всього за три дні Сонце посилає на Землю стільки енергії, скільки її міститься у всіх розвіданих запасах викопних палив, а за 1 з – 170 млрд. Дж. Велику частину цієї енергії розсіює або поглинає атмосфера,



особливо хмари, і лише третина її досягає земній поверхні. Вся енергія, що випускається Сонцем, більше тієї її частини, яку отримує Земля, в 5000000000 разів. Але навіть така “нікчемна” величина в 1600 разів більше енергії, яку дає решта всіх джерел, разом узяті. Сонячна енергія, падаюча на поверхню одного озера, еквівалентна потужності крупної електростанції.

Сьогодні для перетворення сонячного випромінювання в електричну енергію ми маємо в своєму розпорядженні дві можливості: використовувати сонячну енергію як джерело тепла для вироблення електроенергії традиційними способами (наприклад, за допомогою турбогенераторів) або ж безпосередньо перетворювати сонячну енергію в електричний струм в сонячних елементах. Сонячну енергію використовують також після її концентрації за допомогою дзеркал – для плавлення речовин, дистиляції води, нагріву, опалювання і т.д.

Оскільки енергія сонячного випромінювання розподілена за великою площею (іншими словами, має низьку щільність), будь-яка установка для прямого використання сонячної енергії повинна мати збираючий пристрій (колектор) з достатньою поверхнею.

Простий пристрій такого роду – це колектор, чорна плита, добре ізольована знизу. Вона прикрита склом або пластмасою, яка пропускає світло, але не пропускає інфрачервоне теплове випромінювання. У просторі між плитою і склом найчастіше розміщують чорні трубки, через які течуть вода, масло, ртуть, повітря, сірчистий ангідрид і т.п. Сонячне випромінювання, проникаючи через скло або пластмасу в колектор, поглинається чорними трубками і плитою і нагріває робочу речовину в трубках. Теплове випромінювання не може вийти з колектора, тому температура в нім значно вища (на 200–500°C), ніж температура навколишнього повітря. У цьому виявляється так званий парниковий ефект. Звичайні садові парники, по суті справи, є простими колекторами сонячного випромінювання. Але чим далі від тропіків, тим менш ефективний горизонтальний колектор, а повертати його услід за Сонцем дуже важко і дорого. Тому такі колектори, як правило, встановлюють під певним оптимальним кутом на південь.

Складнішим і дорожчим колектором є увігнуте дзеркало, яке зосереджує падаюче випромінювання в малому об'ємі біля певної геометричної крапки – фокусу. Відзеркалювальна поверхня дзеркала виконана з металізованої пластмаси або складена з багатьох малих плоских дзеркал, прикріплених до великої параболічної підстави. Завдяки спеціальним механізмам колектори такого типу постійно повернені до Сонця, це дозволяє збирати можливо більшу кількість сонячного випромінювання. Температура в робочому просторі дзеркальних колекторів досягає 3000°C і вище.

Сонячна енергетика відноситься до найбільш матеріаломістких видів виробництва енергії.

На думку фахівців, найпривабливішою ідеєю щодо перетворення сонячної енергії є використання фотоелектричного ефекту в напівпровідниках.



Але, для прикладу, електростанція на сонячних батареях поблизу екватора з добовим виробленням 500 МВт·ч (приблизно стільки енергії виробляє досить велика ГЕС). Ясно, що таке величезна кількість сонячних напівпровідникових елементів може окупитися тільки тоді, коли їх виробництво буде дійсно дешево. Ефективність сонячних електростанцій в інших зонах Землі була б мала із-за нестійких атмосферних умов, щодо слабкої інтенсивності сонячної радіації, яку тут навіть в сонячні дні сильніше поглинає атмосфера, а також коливань, обумовлених чергуванням дня і ночі.

Проте сонячні фотоелементи вже сьогодні знаходять своє специфічне застосування. Вони виявилися практично незамінними джерелами електричного струму в ракетах, супутниках і автоматичних міжпланетних станціях, а на Землі – в першу чергу для живлення телефонних мереж в не електрифікованих районах або ж для малих споживачів струму (радіоапаратура, електричні бритви і запальнички і т.п.).

### Атомна енергія.

При дослідженні розпаду атомних ядер виявилось, що кожне ядро важить менше, ніж сума мас його протонів і нейтронів. Це пояснюється тим, що при об'єднанні протонів і нейтронів в ядро виділяється багато енергії. Спад маси ядер на 1г еквівалентний такій кількості теплової енергії, яке вийшло б при спалюванні 300 вагонів кам'яного вугілля. Не дивно тому, що дослідники доклали всіх сил, прагнучи знайти ключ, який дозволив би “відкрити” атомне ядро і вивільнити приховану в нім величезну енергію.

Спочатку це завдання здавалося нерозв'язним. Як інструмент учені не випадково вибрали нейтрон. Ця частинка електрично нейтральна, і на неї не діють електричні сили відштовхування. Тому нейтрон легко може проникнути в атомне ядро. Нейтронами бомбардували ядра атомів окремих елементів. Коли ж черга дійшла до урану, виявилось, що цей важкий елемент поводиться інакше, ніж інші. До речі, слід нагадати, що уран, що зустрічається в природі, містить три ізотопи: уран-238 ( $^{238}\text{U}$ ), уран-235 ( $^{235}\text{U}$ ) і уран-234 ( $^{234}\text{U}$ ), причому цифра означає масове число.

Атомне ядро урану-235 виявилось значно менш стійким, чим ядра інших елементів і ізотопів. Під дією одного нейтрона настає ділення (розщеплювання) урану, його ядро розпадається на два приблизно однакових уламка, наприклад на ядра кріптону і барію. Ці осколки з величезними швидкостями розлітаються у різних напрямках.

Але головне в цьому процесі, що при розпаді одного ядра урану виникають два-три нові вільні нейтрони. Причина полягає в тому, що важке ядро урану містить більше нейтронів, чим їх потрібний для утворення двох менших атомних ядер. “Будівельного матеріалу” дуже багато, і атомне ядро повинне від нього позбавитися.

Кожен з нових нейтронів може зробити те ж, що зробив перший, коли розщепив одне ядро. Насправді, вигідна калькуляція: замість одного нейтрона отримуємо два-три з такою ж здатністю розщепити наступні два-три ядра урану-235. І так продовжується далі: відбувається ланцюгова

реакція, і, якщо нею не управляти, вона набуває лавинного характеру і закінчується щонайпотужнішим вибухом – вибухом атомної бомби. Навчившись регулювати цей процес, люди дістали можливість практично безперервно отримувати енергію з атомних ядер урану. Управління цим процесом здійснюють в ядерних реакторах.

Ядерний реактор – пристрій, в якому протікає керована ланцюгова реакція. При цьому розпад атомних ядер служить регульованим джерелом і тепла, і нейтронів.

Перший проект ядерного реактора розробив в 1939 р. французький вчений Фредерік Жоліо-кюрі. Але незабаром Францію окупували фашисти, і проект не був реалізований.

Ланцюгова реакція ділення урану вперше була здійснена в 1942 р. в США, в реакторі, який група дослідників на чолі з італійським ученим Енріко Фермі побудувала в приміщенні стадіону університету Чикаго. Цей реактор мав розміри 6х6х6,7 м і потужність 20 кВт; він працював без зовнішнього охолодження.

Небаченими темпами розвивається сьогодні атомна енергетика.

В принципі енергетичний ядерний реактор влаштований досить просто – в ній, так само як і в звичайному казані, вода перетворюється на пару. Для цього використовують енергію, що виділяється при ланцюговій реакції розпаду атомів урану або іншого ядерного палива. На атомній електростанції немає величезного парового казана, що складається з тисяч кілометрів сталевих трубок, по яких при величезному тиску циркулює вода, перетворюючись на пару.

Атомні реактори на теплових нейтронах розрізняються між собою головним чином по двох ознаках: які речовини використовуються як сповільнювач нейтронів і які як теплоносії, за допомогою якого проводиться відведення тепла з активної зони реактора.

Але все-таки майбутнє ядерної енергетики, мабуть, залишиться за реакторами-розмножувачами. Звичайні реактори використовують сповільнені нейтрони, які викликають ланцюгову реакцію в досить рідкісному ізотопі – урані-235, якого в природному урані всього біля одного відсотка. Саме тому доводиться будувати величезні заводи, на яких буквально просівають атоми урану, вибираючи з них атоми лише одного сорту урану-235. Решта урану в звичайних реакторах використовуватися не може. Виникає питання: а чи вистачить цього рідкісного ізотопу урану на скільки-небудь тривалий час або ж людство знов зіткнеться з проблемою браку енергетичних ресурсів?

Немає сумніву в тому, що атомна енергетика зайняла міцне місце в енергетичному балансі людства. Вона безумовно розвиватиметься і надалі, без відмовлено поставляючи таку необхідну людям енергію. Проте знадобляться додаткові заходи по забезпеченню надійності атомних електростанцій, їх безаварійної роботи, а учені і інженери зуміють знайти необхідні рішення.

## Воднева енергетика

Водень, найпростіший і легший зі всіх хімічних елементів, можна вважати ідеальним паливом. Він є усюди, де є вода. При спалюванні водню утворюється вода, яку можна знову розкласти на водень і кисень, причому цей процес не викликає ніякого забруднення навколишнього середовища. Водневе полум'я не виділяє в атмосферу продуктів, якими неминуче супроводжується горіння будь-яких інших видів палива: вуглекислого газу, окислу вуглецю, сірчистого газу, вуглеводнів, золи, органічних перекисів н т.п. Водень володіє дуже високою теплотворною здатністю: при спалюванні 1 г водню виходить 120 Дж теплової енергії, а при спалюванні 1 г бензину – тільки 47 Дж.

Водень можна транспортувати і розподіляти по трубопроводах, як природний газ. Трубопровідний транспорт палива – найдешевший спосіб дальньої передачі енергії. До того ж трубопроводи прокладаються під землею, що не порушує ландшафту. Газопроводи займають менше земельної площі, чим повітряні електричні лінії. Передача енергії у формі газоподібного водню по трубопроводу діаметром 750мм на відстань понад 80км. обійдеться дешевшим, ніж передача тоги ж кількості енергії у формі змінного струму по підземному кабелю. На відстанях більше 450км. трубопровідний транспорт водню дешевший, ніж використання повітряної лінії електропередачі постійного струму з напругою 40кВ, а па відстані понад 900км. – дешевше за повітряну лінію електропередачі змінного струму з напругою 500 кВ.

Водень – синтетичне паливо. Його можна отримувати з вугілля, нафти, природного газу або шляхом розкладання води. Згідно оцінкам, сьогодні в світі проводять і споживають близько 20 млн. т водню в рік. Половина цієї кількості витрачається на виробництво аміаку і добрив, а інша – на видалення сірки з газоподібного палива, в металургії, для гідрогенізації вугілля і інших палив. У сучасній економіці водень залишається швидше хімічним, ніж енергетичною сировиною.

### Сучасні і перспективні методи виробництва водню

Зараз водень проводять головним чином (близько 80%) з нафти. Але це неекономічний для енергетики процес, тому що енергія, що отримується з такого водню, обходиться в 3,5 разу дорожче, ніж енергія від спалювання бензину. До того ж собівартість такого водню постійно зростає у міру підвищення цін на нафту.

Невелику кількість водню отримують шляхом електролізу. Виробництво водню методом електролізу води обходиться дорожчим, ніж вироблення його з нафти, але воно розширюватиметься і з розвитком атомної енергетики стане дешевше. Поблизу атомних електростанцій можна розмістити станції електролізу води, де вся енергія, вироблена електростанцією, піде на розкладання води з утворенням водню. Правда, ціна електролітичного водню залишиться вищою за ціну електричного струму,

зате витрати на транспортування і розподіл водню настільки малі, що остаточна ціна для споживача буде цілком прийнятна в порівнянні з ціною електроенергії.

Сьогодні дослідники інтенсивно працюють над здешевленням технологічних процесів великотоннажного виробництва водню за рахунок ефективнішого розкладання води, використовуючи високотемпературний електроліз водяної пари, застосовуючи каталізатори і т.п.

### **Використання водню**

Коли водень стане таким же доступним паливом, як сьогодні природний газ, він зможе усюди його замінити. Водень можна буде спалювати в кухонних плитах, у водонагрівачах і опалювальних печах, забезпечених пальниками, які майже або зовсім не відрізнятимуться від сучасних пальників, вживаних для спалювання природного газу.

Як ми вже говорили, при спалюванні водню не залишається ніяких шкідливих продуктів згорання. Тому відпадає потреба в системах відведення цих продуктів для опалювальних пристроїв, що працюють на водні. Більш того, водяну пару, що утворюється при горінні, можна вважати корисним продуктом — він зволожує повітря (як відомо, в сучасних квартирах з центральним опалюванням повітря дуже сухе). А відсутність димарів не тільки сприяє економії будівельних витрат, але і підвищує до. п. д. опалювання на 30%.

Водень може служити і хімічною сировиною в багатьох галузях промисловості, наприклад при виробництві добрив і продуктів харчування, в металургії і нафтохімії. Його можна використовувати і для вироблення електроенергії на місцевих теплових електростанціях.

Підготував студент групи ЕЕ-11 Тарас Іван