

УДК 504.5:334.716

ПЕРСПЕКТИВНЕ ДЖЕРЕЛО ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Александров І.О.

Науковий керівник - кандидат фіз-мат.наук, доц. Калінін В.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф.фізики
м. Харків, пр.Науки, 14
e-mail: ivan.aleksandrov@nure.ua

Simultaneous decision of some problems of ecology and receipt of endless electric energy source conditioned by successes of humanity with a receipt, maintenance and use of the guided thermonuclear reaction. Separate and incorporated efforts of leading countries are examined in this direction. The brought comparisons over of achievements at the use of different types construction of reactors at the level of the last year. It is marked that the tasks of long duration maintenance of nuclear reaction are possible only by means of artificial intelligence.

Сучасний технічний прогрес зіткнувся з екологічною проблемою виживання людства в умовах спалювання вугілля, природного газу, нафти та інших вуглецевих речовин, що призводить до збіднення атмосфери киснем, зростання її температури та загального забруднення. Задачі виробництва технологічно-чистої енергії, які розглядала Всесвітня кліматична конференція “COP-26” у 2021 році, вперше поповнились темою керованого термоядерного синтезу легких елементів.

Для розуміння всього ланцюга процесів, що лежать в основі одержання електроенергії за рахунок промислового використання енергії керованої термоядерної реакції злиття ядер ізотопів водню в ядра атому гелію, треба згадати, що ядра атомів мають одноіменний позитивний заряд і тому відштовхуються. Подолати відштовхування з подальшим злиттям можливо тільки при лобових зіткненнях пар ядер, наприклад дейтерію, коли вони знаходяться у стані високотемпературної, до кількох мільйонів Кельвінів, плазми з достатньою густиною іонів. Реакція злиття є екзотермічною. Дефект маси системи супроводжується збільшенням кінетичної енергії, яка передається ядрам гелію у вигляді теплового хаотичного руху частинок плазми, тобто підвищенням температури у сотню разів.

Виникає головне запитання – у якій печі можна отримати, ізолювати і довго утримувати таке вогнище? Відповідь – у тороїдальній камері – дала назву першому з можливих проєктів - ТО КАМ ак. Принцип роботи токамака нагадує звичайний трансформатор: на замкненому осерді знаходиться первинна обмотка, а замість вторинної використовується один

гвиток – тороїдальна камера, яка заповнена іонізованим воднем. Змінний струм у первинній обмотці породжує струм іонів у камері, а напрямлений струм у плазмі підігріває її, створює власне магнітне поле, яке діє на заряджені частинки так, що вони стискаються у кільцевий плазменний шнур, що не торкається стінок камери.

Стеларратор, як ще один прилад для досягнення заявленої мети, теж має серце у вигляді тороїдальної камери, але він не має осердя. Утримання плазменого шнура досягається зовнішніми магнітами на зверхпровідниках [2].

Термоядерну реакцію злиття можна запускати у лазерних конструкціях, коли на деяку мить досягається висока температура суміші газів з легких ізотопів шляхом фокусування в одну точку імпульсних потоків випромінювання, створеного великою кількістю лазерів [1].

Соціальний заказ планетарного масштабу на чисте необмежене джерело енергії спонукав до об'єднання зусиль усіх розвинутих країн у вигляді міжнародного договору 1992 року відносно будівництва у Франції біля Марселя термоядерного реактора типу токамак для подальшого промислового використання під назвою ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor). Вага конструкції $23 \cdot 10^3$ тон, висота 30 метрів, об'єм плазми 837 м^3 , діаметр тора 12,4 метрів, середня температура 10^8 Кельвін;

Унікальні частини токамака забезпечуються зусиллями вчених та матеріальними засобами країн Євросоюзу (45,6%), США, Китаю, Росії, Індії, Японії, Південної Кореї (по 9%), які виконують та забезпечують сплату грошей за свою частку запланованих робіт. Завершення будівництва сплановане на 2025 рік.

Всі ці країни одночасно виконують власні програми будівництва реакторів на своїх територіях, щоб здобути напрацювання використати у ITER. Фізики Массачусетського технологічного інституту в рамках програми створення компактного токамака SPARC з перспективою одержання на ньому від 250 до 1000 мегават електроенергії досягли на зверх провідниках рекордних значень магнітного поля у 20 Тесла, що на порядок перевищує одержання будь-коли раніше. Південна Корея для токамака KSTAR створює віртуальний світ модулювання, налаштування та керування. Штучний інтелект знаходить застосування в дослідках на токамаках Принстонської лабораторії (США) у випадку миттєвого встановлення зв'язку між усіма даними для оптимізації параметрів в реакції синтезу.

У рамках глобального наукового експерименту ITER рекордних значень параметрів у 2021 році досягли фізики Китаю у зверх провідному приладі токамак EAST, коли протягом 101 секунди утримували

температуру 120 мільйонів градусів, а температуру 160 мільйонів градусів вдалося утримати 20 секунд.

Роботу реактора системи стеларратор більше десяти років досліджують вчені Японії. Ще у 2010 році стабільне утримання плазми низької густини у їх експериментах перевищувало 40 хвилин. Але з'ясувалося, що за рахунок великих теплових втрат стеларратори програють токамакам. Модернізований стеларратор Wendelstein 7-X, з новою системою охолодження, побудований в Інституті фізики плазми ім. Макса Планка (Німеччина), дозволить використовувати стеларратори на рівні з токамаками.

Дивовижні новини відносно лазерного термоядерного синтезу прийшли з США. 8 серпня 2021 року вчені Ливерморської лазерної лабораторії досягли термоядерної реакції рекордної потужності виходу енергії: за 100 трильйонних часток секунди виділено 1,3 мега джоулів. Потоки випромінювання 192 потужних лазерів, сфокусовані на кульку (радіус якої дорівнює радіусу волосини людини), яка заповнена сумішшю дейтерію та тритію, створили стиснення та нагрів, що спричинили термоядерну реакцію, яка звільнила більше ніж 10 квадрильйонів ватт потужності. Такі експерименти розширюють можливості порівнювального моделювання умов гарячої плазми.

Враховуючі все вищесказане, можна зробити висновок, що термоядерні реактори у майбутньому замінять ядерні реактори, яких у сучасному світі нараховується 411 одиниць [3], і вони залишають після себе радіоактивні відходи, тому зона їх розташування стає непридатною для використання строком від десятків до сотні років. Щодо теплових електростанцій, які витрачають ресурси що не відновлюються, стверджується: вони руйнують озоновий шар. Гідро електростанції змінюють, або навіть руйнують екосистему.

Список використаних джерел:

1.Прорив у ядерному синтезі: що це означає для майбутнього енергетики.

URL: <https://www.bbc.com/ukrainian/features-60318751>

2. Термоядерна енергія – вільна енергія майбутнього.

URL: <https://www.uatom.org/termoyaderna-energiya-vilna-energiya-majbutnogo>

3. Ядерна енергетика: яку частку у виробництві електроенергії займає у країнах світу.

URL: <https://www.slovoidilo.ua/2022/12/12/infografika/svit/yaderna-enerhetyka-yaku-chastku-vyrobnyctvi-elektroenerhiyi-zajmae-krayinax-svitu>