

ЕНЕРГИЕН ФОРУМ 2024

ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ЯДРЕНАТА ЕНЕРГЕТИКА КАТО ИЗТОЧНИК НА ЕНЕРГИЯ: ТЕКУЩО СЪСТОЯНИЕ

Теодора Пантелеева

CHARACTERISTICS OF NUCLEAR POWER AS AN ENERGY SOURCE: CURRENT STATUS

Teodora Panteleeva

The present article represents an overview of nuclear power's current status including its role in the global and EU's electricity balances.

ОБЩИ СВЕДЕНИЯ

Ядрените електрически централи са термични централи, които използват топлинната енергия, освободена от деленото на атомните ядра, за получаването на пара и генерирането на електроенергия. За разлика от топлоелектрическите централи (ТЕЦ), в които се изгаря органично гориво и се отделят димни газове и твърди частици, в ЯЕЦ изгарянето на ядреното гориво се осъществява в ядрения реактор, без наличието на кислород и съответно без да се замърсява околната среда [11].

Ядреното гориво е вещество, което съдържа дялящите се изотопи уран-235 (U-235), плутоний-239 (Pu-239), плутоний-241 (Pu-241) и/или уран-233 (U-233) [12]. Природният уран е първичен енергиен ресурс, който се добива от земните недра и съдържа нуклидите U-235 (0,712%), U-238 (99,28%) и U-234 (0,0006%). По данни на [31], към 2021 г. най-много уранови запаси има в Австралия (28%), Казахстан (13%), Канада (10%) и Русия (8%) Уран-235 е единственият дялящ се изотоп, срещан в природата. В ядрените централи най-често се използва обогатен уран - уран, който е с повишена концентрация на U-235. Може да бъде слабообогатен (до 5%), среднообогатен (5-20%), високо- и свръхвисокообогатен (съответно 20-90% и над 90%). Процесът се нарича изотопно обогатяване, а работата по обогатяването - разделителна работа [3]. В Таблица 1 са представени

функциониращите и планирани разделителни мощности през 2020 г., 2030 г. и 2050 г. в хил. ЕРР.

От Таблица 1 може да се направи извод, че трите най-големи производители са „Росатом“, „Юренко“ и „Орано“. Мощностите за обогатяване през 2020 г. възлизат на 60 166 хил. ЕРР, като се очаква през следващите години да се увеличава, достигайки 66 125 хил. ЕРР, което ще гарантира бъдещото използване на ядрената енергетика в световния енергиен баланс.

Ядреното гориво, за разлика от органичното, се отличава със следните характеристики [3]:

- Притежава висока топлотворна способност – получава се вследствие на ядрената реакция на делене на атомните ядра и води до намаляване на масата и обема на ядреното гориво. Вследствие се улеснява транспортирането му и дава независимост на ЯЕЦ от мястото на добив на уран и производство на самото гориво;
- Специфично изгаряне на ядреното гориво – процес на намаляване на дялящия се материал и увеличаване на продуктите на делене и радиационен захват;
- Възпроизводство на ядреното гориво – процес на получаване на нови дялящи се материали;
- Активност (броят разпади за единица време) и остатъчно енергоотделяне на ОЯГ – след прекратяване на реакцията на делене и извеждането на ОЯГ от активната зона, процесът на радиоактивния разпад (спонтанно превръщане на един нуклид в друг) на нестабилни нуклиди продължава, вследствие на което от отработеното гориво се отделя топлинна енергия, а явлението се нарича „остатъчно енергоотделяне“. Основен акцент на ядрената безопасност е отвеждането на топлинната енергия вследствие на радиоактивния разпад;
- Гарантиране на безопасна експлоатация на ЯЕЦ;
- Необходимост от регулиране на процеса на делене на атомните ядра чрез многократна циркулация на горивото в горивния цикъл.

Таблица 1.
Световни мощности за обогатяване на уран [28]

Оператор	Местоположение на обогатителни заводи	Мощност (хил. ЕРР)		
		2020 г.	2030 г.	2050 г.
Росатом	Русия - Ангарск, Новоуралск, Зеленогорск, Северск	27 700	26 200	24 800
Юренко	Кейптънхърст, Обединено кралство; Гронау, Германия; Алмело, Холандия; Юнис, Ню Мексико, САЩ	18 600	17 300	16 300
Орано	Франция, Германия, Холандия, Обединено	7500	7500	7500

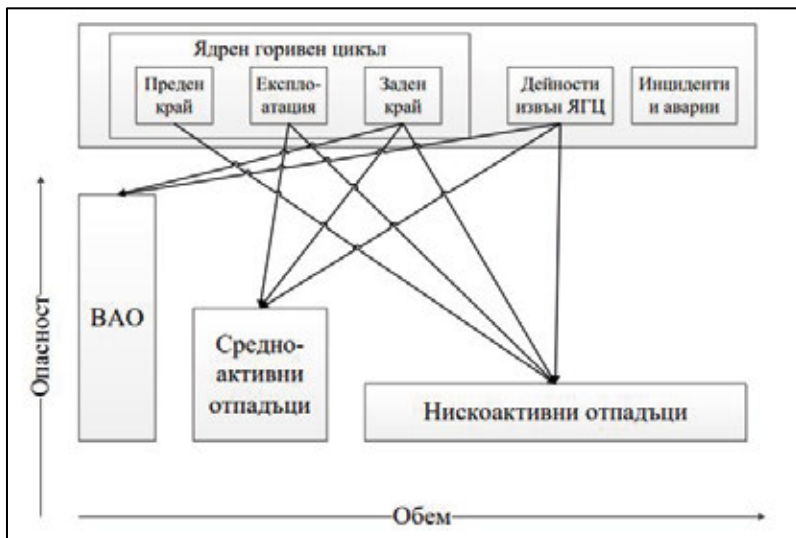
Оператор	Местоположение на обогабителни заводи	Мощност (хил. ЕРР)		
		2020 г.	2030 г.	2050 г.
	кралство, САЩ и Русия			
CNNN	Китай	6300	11 000	17 000
Други	Аржентина, Бразилия, Индия, Пакистан, Иран	66	375	525
		60 166	62 375	66 125

Отработеното ядрено гориво е горивото, изведено от активната зона на реактора след приключване на кампанията му – времето на престой в активната зона. Извеждането на горивото е необходимо, когато концентрацията на дялящ материал вече не е достатъчна за поддържане на верижна реакция на делене, което изисква замяна на отработеното гориво със свежо. Крайният етап от ядрения горивен цикъл е погребването на ОЯГ и/или високоактивните отпадъци в окончателни хранилища – има консенсус да са дълбоки геоложки хранилища (ДГХ) с възможен достъп преди окончателното затваряне [10]. По данни на IEA [22], към 2022 г. 47% от ОЯГ в света се съхранява в ХОГ към ядрените централи и само няколко държави са предприели политики по изграждането на ДГХ поради необходимими високи инвестиции и политически решения за мястото на площадката – Финландия, Франция, Швеция, Канада, Швейцария, Китай.

Радиоактивните отпадъци (РАО) са материали, съдържащи (или замърсени с) радионуклиди, чиито концентрация и активност

надвишават „нивота за освобождаване от регулаторен контрол, установени от съответните регулаторни органи, и за които не се предвижда по-нататъшна употреба“ [15]. Генерират се от три основни източника (Фигура 1):

- ядрен горивен цикъл – най-много генерирани РАО;
- различни от ядрено - горивния цикъл дейности - промишленост, медицина и др.
- аварии, които не са вследствие на нормалната експлоатация на ЯЕЦ.



Фиг. 1. Източници на радиоактивни отпадъци, по [24]

НОРМАТИВНА РАМКА

Важен договор, касаещ областта на енергетиката, е Договорът за Европейската общност за атомна енергия (ЕВРАТОМ), подписан на 25 март 1957 г. в Рим (ЕВ, Договор за Евратом, 2023). Чрез него се създава Европейска общност за атомна енергия (накратко Общността), чиято основна цел е повишаването на жизнения стандарт на държавите-членки чрез бързото и безопасно внедряване и развитие на ядрената енергетика. Според Общността, ядрената енергия е важен енергиен ресурс за развитието и укрепването на индустрията и

само чрез съвместни усилия и приобщаването и сътрудничеството с други държави, ще се създадат условия за развитие на мощна ядрена енергетика. Чрез нея ще се осигурят обширни енергийни ресурси, ще се допринесе за благосъстоянието на народите чрез многостранното ѝ приложение и ще се модернизират технологични процеси.

Основните задачи на Общността са:

- разпространение на техническа информация и насърчаване изследователска дейност;
- редовно и справедливо снабдяване на всички участници с ядрено гориво;
- контрол и гаранция за използването на ядрените материали само за мирни цели;
- улесняване инвестициите;
- установяване единен стандарт за безопасност;

Основен приоритет на ЕС, свързан с ядрената енергетика, е ядрената безопасност, включваща: безопасна експлоатация на ядрени инсталации, радиационна защита, отговорно и безопасно управление на отработеното ядрено гориво (ОЯГ) и радиоактивните отпадъци (РАО), извеждане от експлоатация на ядрени мощности, др. [14].

Важни законодателни актове, свързани с ядрената енергетика са:

- Директива 2011/70/Евратом на Съвета за създаване на рамка за ОЯГ и РАО;
- Директива 2013/59/Евратом на Съвета за определяне на норми на безопасност за защита срещу опасностите от йонизиращо излъчване;
- Директива 2014/87/Евратом на Съвета за установяване на общностна рамка за ядрената безопасност на ядрените инсталации;
- Регламент (Евратом) №302/2005 на Комисията за прилагане на предпазните мерки по Евратом, гарантиращи използването на ядрените материали по предназначение.

Република България, както и всяка държава – членка, експлоатираща ядрени съоръжения, е задължена да изготви законодателна и регулаторна рамка в областта на ядрената

енергетика, която да е в съответствие със законодателството на ЕС и стандартите за безопасност на МААЕ [2].

Националната нормативна уредба в ядрената енергетика на България се основава на Закона за безопасно използване на ядрената енергия (ЗБИЯЕ), (изм. и доп., бр. 17 от 25.02.2020г.) и наредбите (регламентите), чрез които той се прилага. Със ЗБИЯЕ и подзаконовите нормативни актове са определени основни изисквания за осигуряване на безопасност във всеки един етап от ядрения горивен цикъл [1].

Съгласно чл. 4, ал.(1) от ЗБИЯЕ, „Държавното регулиране на безопасното използване на ядрената енергия и йонизиращите лъчения и на безопасното управление на радиоактивните отпадъци и отработеното гориво...“ [6] се осъществява от Агенцията за ядрено регулиране (АЯР), чийто председател се назначава от Министерски съвет с мандат от 5 години. АЯР, в лицето на председателя и съгласно ЗБИЯЕ, осъществява следните функции:

- Издава, прекратява, отнема лицензи и разрешения за осъществяването на дейностите по този закон;
- Контролира спазването на изискванията и нормите за ядрена безопасност при използването на ядрена енергия и йонизиращи лъчения;
- Изготвя и внася ежегодно доклади за състоянието на ядрена безопасност и радиационна защита, както и доклади по изпълнение на задълженията по Конвенцията за ядрена безопасност и Единната конвенция за безопасност при управление на ОГ и РАО;
- Разработва и предлага наредби към ЗБИЯЕ;
- Предоставя на обществото обективни данни по отношение на ядрената безопасност и радиационна защита.

В България, ядрената енергия и ядрените материали се използват единствено за мирни цели, в съответствие с ратифицираните от държавата и влезли в сила международни договори и споразумения [6]. България е страна по конвенцията за ядрена безопасност от 1996 г. и като нейно задължение, както и на всяка страна по конвенцията, е да приема законодателни,

административни и регулиращи мерки, свързани с изпълненията на задълженията си спрямо тази конвенция и всички останали международни договори и споразумения [7].

Конвенцията за ядрена безопасност има три основни цели, насочени към опазване на човешкото здраве и околната среда:

- поддържане на ядрената безопасност в света чрез международно техническо сътрудничество;
- създаване и поддържане в ядрените съоръжения на средства за защита от радиационна опасност;
- предотвратяване на ядрени аварии и смекчаване на последствията, в случай, че настъпят такива.

Конвенцията за безопасност при управление на отработено гориво (ОГ) и РАО е ратифицирана в България през 2000 г. и гарантира, че хората и околната среда са защитени от радиационни рискове през всеки един етап от управлението на отработеното гориво и РАО. Всяка страна по конвенцията предприема следните мерки:

- поддържане на практически възможното минимално ниво на РАО от управлението на ОЯГ;
- гарантиране, че отвеждането на остатъчното топлоотделяне и подкритичността във всеки един етап при управлението на ОЯГ е адекватно взето под внимание;
- отчитане на взаимната зависимост на етапите при управлението на ОЯГ;
- отчитане на биологични, химични и др. рискове, свързани с управлението на ОЯГ и др.

Освен тези две конвенции, България е страна по:

- Конвенция за помощ в случай на ядрена авария или радиационна аварийна обстановка, в сила от 1987 г.;
- Конвенция за оперативно уведомяване при ядрена авария, в сила от 1986 г.;
- Конвенция за физическа защита на ядрения материал, в сила от 1987 г.;
- Виенска конвенция за гражданска отговорност за ядрена вреда, ратифицирана през 1994 г.;

- Договор за неразпространение на ядрено оръжие, в сила за България от 1970 г.

България има две подписани спогодби, свързани с управлението на ОЯГ и РАО [8]:

1. Спогодба с Руската федерация за сътрудничество в областта на атомната енергетика – обхваща дейности, свързани с ядрения горивен цикъл:
 - доставка на свежо ядрено гориво (СЯГ);
 - преработване и съхранение на ОЯГ;
 - последващо връщане на остъклените ВАО и РАО.
2. Спогодба с Руската федерация и Кабинета на министрите на Украйна в областта на превозите на ядрени материали между Руската федерация и Република България и през територията на Украйна.

Поради обективни трудности, транспортирането на ОЯГ през трети страни в периода 2015-2019 г. е затруднено. От 2019 г. се осъществява по схема, изключваща преминаването на ОЯГ през трети страни [9].

ЯДРЕНАТА ЕНЕРГЕТИКА В СВЕТОВНИЯ ЕЛЕКТРО-ЕНЕРГИЕН БАЛАНС

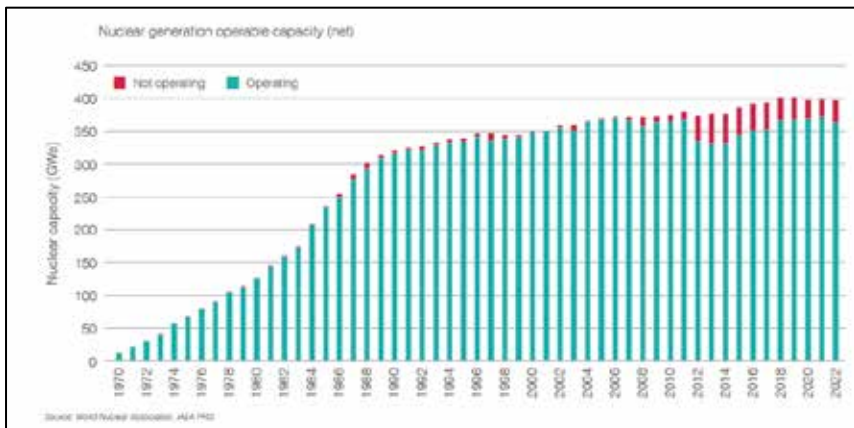
Историческо развитие на ядрената енергетика

Развитието на ядрената енергетика за граждански цели започва през 50-те години на миналия век, когато ядрената енергия започва да се използва за мирни цели, насочвайки вниманието на учените към разработване на надеждни ядрени реактори за производство на електроенергия. Първият експериментален ядрен реактор за граждански цели е създаден през 1951 г. в Айдахо, САЩ [27], а през 1954 г. в Обнинск, СССР (днешна Русия) е пусната в действие и свързана към електроенергийната система първата в света ядрена централа с мощност 5 MW [5].

В годините след петролната криза през 1973 г. започва ускорено инсталиране на ядрени мощности, като към 1983 г.

достигат до около 170 GW, представляващи 40% от инсталираните понастоящем мощности (Фигура 2) [22].

От началото на 90-те години делът на ядрената енергия в световния електроенергиен баланс е сравнително постоянен – 16–17%. Аварията в Чернобил (1986 г.) става причина за спад в изграждането на нови мощности, но въпреки последвалите негативни последици, през 1990 г. в Япония е пуснат в експлоатация първият ядрен реактор от трето поколение. Нарастващото търсене на електроенергия в икономически развитите и развиващи се страни, необходимостта от гарантиране на енергийната сигурност в страните и поетите ангажименти за смекчаване на климатичните изменения са основна причина за възстановяването на ядрената енергетика, като през 2010 г. общата инсталирана ядрена мощност е 372 GW, а произведената ядрена електроенергия – 2629,82 TWh [20,21,27].



Фиг. 2. Ядрени мощности в експлоатация [32]

Авария, възникнала в АЕЦ „Фукушима – Даиичи“, Япония, последвала земетресението Тохоку от 11 март 2011 г., бележи втория спад в развитието на ядрената енергетика, характеризиращ се с намаляване на производство на ядрена електроенергия в някои региони. През 2012 г. то е със 171,79 TWh по-малко спрямо 2011 г (фигура 5) [21]. Причина за това са временно спрените 46 от 50 ядрени реактора в Япония, отказът от

ядрена енергетика в Германия, както и нежеланието на Испания и Швейцария за строеж на нови ядрени мощности. Въпреки събитията от 2011 г. през 2019 г. делът на ядрената енергетика в световното електропроизводство е 10,4% осигурявайки почти 1/3 от генерираната електроенергия и заемайки второ място по производство на нисковъглеродна енергия в света след ВЕЦ. Основни причини за възстановяването на ядрената енергетика в периода 2012–2019 г. са [25]:

- Въвеждане на Плана за действие на МААЕ за ядрена безопасност в 12 области [16];
- Иновации в проектите и подобрения в работата на съществуващите реактори;
- Разработване на ядрени реактори с бързи неутрони в Русия, Китай, ОАЕ, Беларус;
- Разработване и внедряване на малки модулни реактори (SMR).

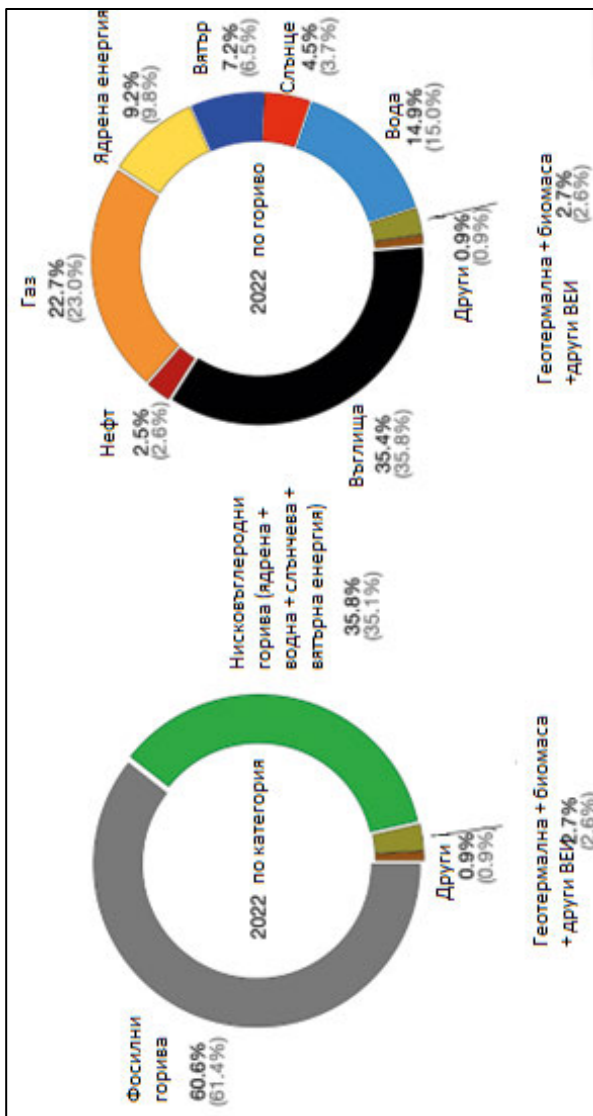
Последвалата „Ковид-19“ пандемия през 2020 г. затвърждава важната роля на ядрената енергетика. В период на намалено търсене на електроенергия, ядрените мощности генерират сигурна, постоянна, евтина и незамърсяваща околната среда електроенергия [25].

АКТУАЛНО СЪСТОЯНИЕ НА ЯДРЕНАТА ЕНЕРГЕТИКА КЪМ 2022 Г. И 2023 Г.

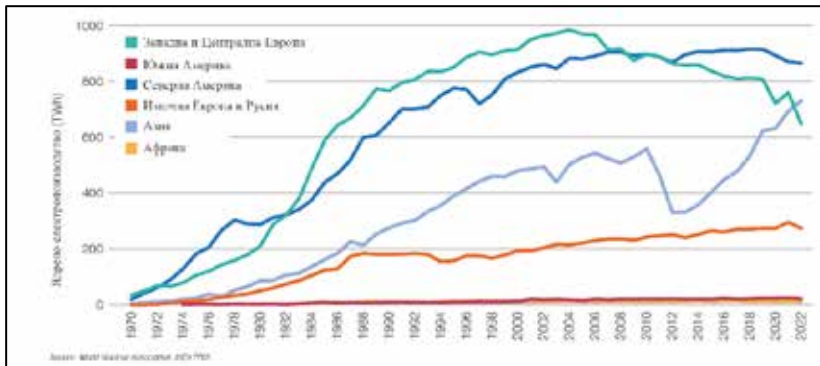
През 2022 г. ядрената енергия има 9,2% дял в световното електропроизводство, а общият дял на нисковъглеродните източници на енергия (в т.ч. ядрената енергия и ВЕИ - слънце, вятър и вода) възлиза на 35,8% [26]. Въпреки сравнително niskия дял в световния електроенергиен баланс, ядрените централи произвеждат около 1/4 от чистата електроенергия, нареждайки се на второ място след водноелектрическите централи (Фигура 3).

Данните от Фигура 4 представят ядреното производство по региони до 2022 г. Установява се, че в Европа има най-голям спад в производството на ядрена електроенергия. Основната причина е намаленото електропроизводство във Франция (с 81 TWh поради прекъсвания и ремонтни дейности), Германия (затварянето на три реактора) и Украйна. За разлика от Европа, през последните 10 години в Азия се наблюдава двойно увеличение на ядреното

производство, а през 2022 г. то е с 37 TWh повече спрямо 2021 г. [32].



Фиг. 3. Дял на световното производство на електроенергия през 2022 г. Бележка: данните в скоби се отнасят за 2021 г. [26]



Фиг. 4. Ядрено електропроизводство по региони [32]

Установява се, че произведената електроенергия от ядрени централи в света през 2022 г. е 2486 TWh, което е намаление със 167 TWh спрямо 2021 г. Към август 2023 г. в света в експлоатация са 410 реактора, 57 се намират в процес на изграждане [19].

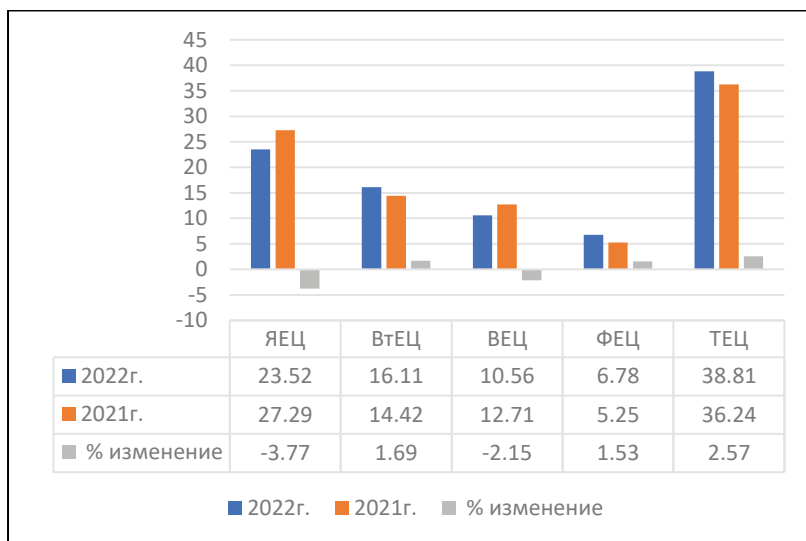
Четири страни, произвели най-много електроенергия и с най-голям брой работещи реактори са САЩ, Китай, Франция и Русия - общо 241 бр. реактори, което е 58% от всички реактори в експлоатация към 2023 г. Най-много реактори се строят в Китай (21 на брой), Индия, Турция и Египет. Три четвърти от строящите се към 2023 г. ядрени реактори са в Азия, което потвърждава структуроопределящата роля на ядрената енергетика в електроенергийния баланс на азиатските държави [32].

ЯДРЕНАТА ЕНЕРГЕТИКА В ЕЛЕКТРОЕНЕРГИЙНИЯ БАЛАНС НА ЕВРОПЕЙСКИЯ СЪЮЗ ПРЕЗ 2022 Г.

Ядрената енергетика има структуроопределяща роля в електроенергийния баланс на ЕС. През 2022 г. ядрените централи в Съюза са произвели 579,87 TWh електроенергия, което представлява дял от 23,52% от общото електропроизводство на ЕС (с 3,77% намаление спрямо 2021 г.) Годината бележи рекордно производство на електроенергия от ФЕЦ и ВяЕЦ – 564,24 TWh (22,89%), което е увеличение с 3,22% спрямо 2021 г. Въпреки това се наблюдава увеличение с 29,9 TWh (2,57 %) в

електропроизводството от ТЕЦ на изкопаеми горива, генерирани 956,75 TWh (38,81%) през 2022г (Фигура 5) [13].

От данните на Фигура 5, може да се направи извод, че в ЕС производството на електроенергия от ЯЕЦ и ВЕЦ е намаляло с общо 5,92%, а това от вятърни и слънчеви централи бележи общ ръст от 3,22%. Въпреки увеличението от 2,57% на дела на фосилните горива за производството на електроенергия през 2022 г., ВЕИ източниците, в комбинация с ядрената енергия, заемат 56,7% дял в електроенергийния баланс в ЕС за 2022 г. Затова е важно да се направи по-детайлен анализ на някои от страните-членки в ЕС относно ролята на нискоемисионните източници на енергия, каквато е и ядрената енергия.



Фиг. 5. Дял на произведена електроенергия в ЕС 2021 г. и 2022 г. в % по данни на [13]

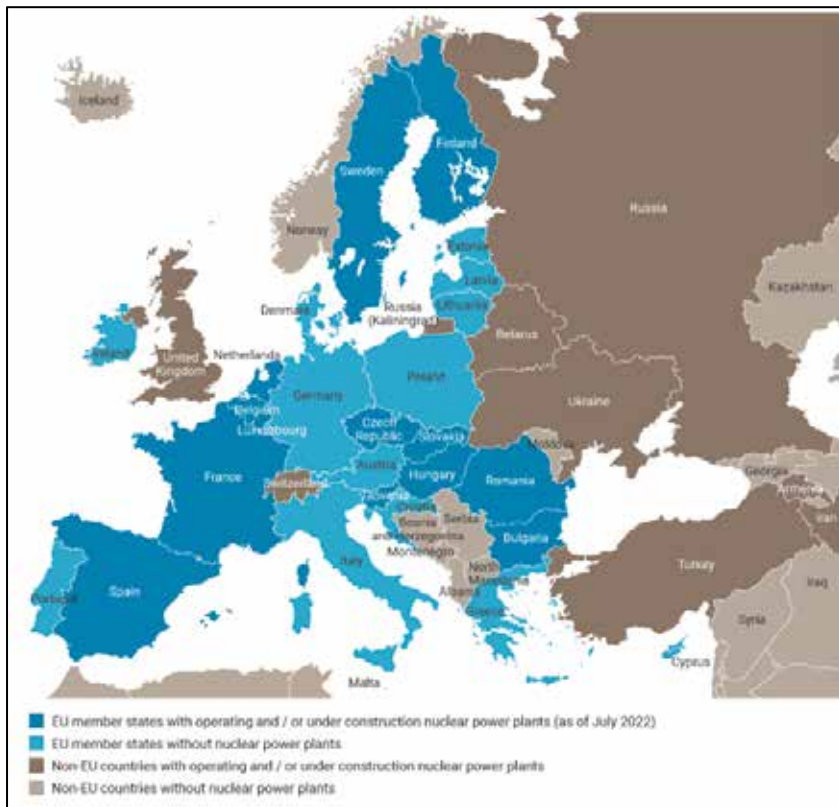
От Фигура 6 се вижда, че 15 държави от ЕС експлоатират и/или изграждат ядрени мощности. Франция е лидер измежду държавите-членки – 56 реактора и 62,6% дял на ядрената енергия в електроенергийния ѝ баланс през 2022 г., следвана от: Испания – 7 реактора (20,3% дял), Швеция, Чехия, Финландия и др.

Единствено във Франция и Словакия има по един реактор в процес на изграждане към 2023 г. [30].

По данни на IEA [23], през 2023 г. Франция е станала нетен вносител на електроенергия поради недостиг от около 18 TWh. Най-голям е вносът от Великобритания (9,3 TWh), Испания (8,9 TWh) и Германия (5,4 TWh) [13]. Освен необходимостта от внос на електроенергия, за гарантиране на енергийната ѝ сигурност, през ноември 2022 г. е пусната в експлоатация въглищна централа, с мощност 500 MW. Въпреки това, Франция остава водеща страна, експлоатираща ядрени централи и ориентирана към развитието на ядрената енергетика

За постигане на климатична неутралност до 2050 г., през 2019 г. електропреносният оператор на Франция – RTE, прави проучване за развитието на френската енергийна система, разработвайки 6 сценария за декарбонизация - 3 с изграждане на нови ядрени мощности и 3, базирани изцяло на ВЕИ [18]. И шестте сценария водят до климатична неутралност през 2050 г., но налагат различни разходи и крият различни рискове. ВЕИ мощностите са икономически конкурентоспособни и имат главна роля за постигането на европейските цели за декарбонизация, но сценариите с изграждане на нови ядрени мощности са със значително по-ниски разходи от тези, базирани изцяло на ВЕИ. Разликата се получава от увеличението на ресурсите за преносна инфраструктура и гъвкавост, свързани с широкото внедряване на ВЕИ. Като извод от френското проучването се обобщава, че изграждането на нови ядрени мощности е с икономическо предимство пред изграждането изцяло на ВЕИ [18].

Държава в ЕС, която противно на декларираните цели допринася за повишения дял на въглищните централи в ЕС през 2022 г., е Германия – с над 10% увеличение в производството на електроенергия от фосилни горива. Причините за това са: дефицитът и високата цена на природния газ в Европа, политиката, водена от Германия за отказ от ядрена енергетика и износът на електроенергия за Франция. Въпреки увеличението на дела на произведената възобновяема енергия с 9% спрямо 2021 г., през 2022 г. в Германия работят новопостроени въглищни ТЕЦ и такива с удължен експлоатационен срок с обща мощносткапацитет от 11,7 GW [23].



Фиг. 6. Страни в Европа и ЕС, експлоатиращи ЯЕЦ към юли 2022 г. [30]

Това е доказателство, че ВЕИ мощностите в страната не са достатъчни за гарантиране на енергийната ѝ сигурност. Въпреки това, енергийната политика на Германия изключва ядрената енергия от своя енергиен баланс, спирайки и последните 3 работещи реактора през април 2023 г.

Полша е държава от ЕС с противоположна на Германия енергийна политика по отношение на ядрената енергетика. По данни на WNA [29], към 2023 г. ядрените централи не фигурира в електроенергийния баланс на страната, а най-голям дял заемат въглищните централи – 69% и ВЕИ мощностите (19%). Общата произведена електроенергия през 2020 г. е 158 TWh, като за задоволяване на вътрешното потребление са внесени допълнително 13,2 TWh електроенергия. Енергийната политика на

Полша е ориентирана към изграждането на ядрени реактори основно за замяна на зависимостта от изкопаеми горива, осигурявайки сигурна, надеждна и нисковъглеродна базова мощност, както и за производството на чист водород, подпомагащ декарбонизацията в индустрията и транспорта [17].

Румъния е друга държава в ЕС, силно подкрепяща развитието на ядрената енергетика в страната. През 2020 г. дялът на генерираната електроенергия по вид източник е: 43% от ВЕИ (в т.ч. ВЕЦ - 28%, ФЕЦ - 3% и ВяЕЦ - 12%), 20% от ЯЕЦ и 17% от въглищни централи [29]. Въпреки високият дял на ВЕИ мощностите и не толкова високият дял на ТЕЦ, Румъния е силно ориентирана към развитието на ядрената енергетика за постигане на енергийна сигурност и независимост, доказателство за което е планът за удължаване на експлоатационните срокове на опериращите два реактора (блокове №1 и №2 на ЯЕЦ „Чернавода“) и проект за изграждане на още два блока №3 и №4 на ЯЕЦ „Чернавода“.

Според IEA [23], в периода 2023–2025 г. в Турция се очаква търсенето на електроенергия да нараства със средно около 2,5% годишно поради икономическото и индустриално развитие в страната. Макар, че е страна извън ЕС, енергийната ѝ политика по отношение на ядрената енергетика е сходна с тази на Полша. Към 2023 г. в страната няма действащи ЯЕЦ, но има 4 ядрени реактора в процес на изграждане. През 2022 г. дялът на произведената електроенергия от ВЕИ е нараснал до 42% (със 7% увеличение спрямо 2021 г.), основно заради увеличението от генерацията на ФЕЦ, ВяЕЦ и ВЕЦ. Дялът на производството от въглищните централи е нараснал с 8% (спрямо 2021 г.) и в страната е внесена около 2 TWh електроенергия от Грузия и България. През 2021 г. климатичната и енергийна политика на Турция се изразява в [23]:

- Намаляване на вредните емисии с 41% (стара цел – 21%) до 2030 г.;
- Увеличение на производството на възобновяема електроенергия с 30% до 2025 г.;
- Изграждането на 4 ядрени реактора, осигуряващи чиста, надеждна и достъпна енергия.

ЛИТЕРАТУРА

1. АЯР. (2020). Седми национален доклад на Република България по изпълнение на задълженията по единната конвенцията за безопасност при управление на ОГ и за безопасност при управление на РАО. София: Агенция за ядрено регулиране.
2. АЯР. (2022). Девети национален доклад по конвенцията за ядрена безопасност. София: Агенция за ядрено регулиране.
3. Велев, В., & Филипов, К. (2008). Ядрени горива. Инфо дизайн.
4. Георгиев, А. (2016). Икономика на енергийните ресурси. София: СУ "Климент Охридски", Стопански факултет.
5. Глухов, Г. (1979). Ядрени енергийни реактори. Държавно издателство "Техника".
6. ДВ. (08 Декември 2023 г.). Закон за безопасно използване на ядрена енергия, обн. ДВ. бр.63 от 28 Юни, изм. ДВ. бр.102 от 8 Декември 2023г. Свалено от Агенция за ядрено регулиране: <https://www.bnra.bg/media/2021/05/zbiyae-2020.pdf>
7. ДВ. (ноември 1996 г.). Конвенция за ядрена безопасност, обн., ДВ, бр. 93. Свалено от Агенция за ядрено регулиране: <https://www.bnra.bg/media/2021/05/cnsbg.pdf>
8. МЕ. (2015). Стратегия за отработено ядрено гориво и радиоактивни отпадъци до 2030 г. София: Министерство на енергетиката.
9. МЕ. (2022). Проект на актуализирана стратегия за управление на ОЯГ и РАО в България - национална програма в съответствие с Директива 2011/70/ЕВРАТОМ. София.
10. Найденов, И. (2018). Използване на смесени окисни горива при експлоатацията на ядрени съоръжения, Дисертация, ТУ-София, С., Свалено: https://www.researchgate.net/publication/324412320_Izpolzvan_e_na_smeseni_okisni_goriva_pri_eksplloataciata_na_adreni_so_rzenia
11. Филипов, К., В. Велев (2010). Ядрена енергетика и околна среда. XV Международна научна конференция ЕМФ 2010, (стр. 22-27). Созопол.
12. Хаджигенова, Н. (1994). Термична част на ТЕЦ и ЯЕЦ. Техника, С.

13. Energy-charts. (2023). Public net electricity generation in the European Union in 2022. Свалено от Energy charts: https://energy-charts.info/charts/energy_pie/chart.htm?l=en&c=EU&interval=year&year=2022
14. EP. (n.d.). Свалено от European Parliament: https://www.europarl.europa.eu/resources/library/images/20211026PHT15821/20211026PHT15821_original.jpg
15. IAEA. (2003). Radioactive Waste Management Glossary, Vienna. Vienna.
16. IAEA. (2011). Action Plan on Nuclear Safety. Свалено от International Atomic Energy Agency: <https://www.iaea.org/sites/default/files/actionplannns.pdf>
17. IAEA. (2021). Annual Report .
18. IAEA. (2022). Climate Change and Nuclear Power 2022. IAEA.
19. IAEA. (2023). Country statistics. Свалено от IAEA PRIS: <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryStatisticsLandingPage.aspx>
20. IAEA. (2023). Nuclear Power Capacity Trend. Свалено от IAEA PRIS: <https://pris.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/WorldTrendNuclearPowerCapacity.aspx>
21. IAEA. (2023). Trend in Electricity Supplied. Свалено от IAEA: <https://pris.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/WorldTrendinElectricalProduction.aspx>
22. IEA. (2022). Nuclear Power and Secure Energy Transitions. International Energy Agency.
23. IEA. (2023). Electricity Market Report 2023.
24. Kessler, G. (2012). Sustainable and Safe Nuclear Fission Energy: Technology and Safety of Fast and Thermal Nuclear Reactors. Springer Science & Business Media.
25. Paillere, H., & Donovan, J. (2021). Nuclear Power 10 Years After Fukushima: The Long Road Back. Свалено от IAEA: <https://www.iaea.org/newscenter/news/nuclear-power-10-years-after-fukushima-the-long-road-back>
26. WED. (2023). World Electricity Generation. Свалено от World Energy Data: https://www.worldenergydata.org/world-electricity-generation/#footnote_0_9196
27. WNA. (2020). Outline History of Nuclear Energy. Свалено от World Nuclear Association: <https://world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/outline-history-of-nuclear-energy.aspx>

28. WNA. (2022). Uranium Enrichment. Свалено от World Nuclear Association: <https://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/conversion-enrichment-and-fabrication/uranium-enrichment.aspx>
29. WNA. (2023). Country profiles. Свалено от World Nuclear Association: <https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles.aspx>
30. WNA. (2023). Nuclear Power in the European Union. Свалено от World Nuclear Association: <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/others/european-union.aspx>
31. WNA. (2023). Supply of Uranium. Свалено от World Nuclear Association: <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/uranium-resources/supply-of-uranium.aspx#:~:text=Estimates%20of%20the%20amount%20available,only%20about%209.3%20million%20tonnes>
32. WNA. (2023). World Nuclear Performance Report, 2023. WNA.

АВТОР

Теодора Пантелеева, студент, кат. „Икономика и управление по отрасли“, Стопански факултет, СУ „Св. Климент Охридски“