

Технические науки

УДК 338.264:351.863.14; 339.17; 620.9; 658; 621.365: 697.27

Тимченко Николай Петрович

кандидат технических наук, старший научный сотрудник

Институт технической теплофизики НАН Украины

Tymchenko Nikolay

Candidate of Technical Sciences (PhD), Senior Researcher

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Фиалко Наталья Михайловна

доктор технических наук, профессор,

член-корреспондент НАН Украины, заведующая отделом

Институт технической теплофизики НАН Украины

Fialko Nataliia

Doctor Technical Sciences, Professor,

Corresponding Member NAS of Ukraine, Head Department

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

**ОСОБЕННОСТИ МИРОВОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ ПЕРВИЧНЫХ
ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ
FEATURES OF THE WORLD CONSUMPTION OF PRIMARY FUEL-
ENERGY RESOURCES**

Аннотация. В статье представлен анализ современного состояния мирового потребления первичных традиционных топливно-энергетических ресурсов. Рассмотрены особенности процесса потребления за последние годы в мире в целом, в ЕС и в Украине. Отмечается принципиальное различие в динамике потребления ископаемых топлив в мире в целом и ЕС.

Ключевые слова: традиционные топливно-энергетические ресурсы, динамика и структура производства электроэнергии, доля топлива в энергомиксе, экономически привлекательный вид топлива.

Summary. The article presents an analysis of the current state of the world consumption of primary traditional fuel-energy resources. The features of the consumption process in recent years in the world as a whole, in the EU and in Ukraine are considered. There is a fundamental difference in the dynamics of consumption of fossil fuels in the world as a whole and in the EU.

Key words: traditional fuel-energy resources, dynamics and structure of electric power production, the share of fuel in the energy mix, economically attractive type of fuel.

Топливо-энергетический комплекс отдельных стран и мира в целом состоит из двух секторов: топливной промышленности и энергетики. Задачи топливной промышленности - это добыча, переработка, транспортировка, в основном - традиционных топливно-энергетических ресурсов (ТТЭР). Сектор энергетики, главным образом электроэнергетики, занимается процессами генерации, передачи и распределения электроэнергии. База ТТЭР состоит из угля, природного газа и нефти, которые являются топливами органического происхождения, и двух видов минерального топлива - урана и тория.

Рассмотрим важнейшие составляющие баланса мирового потребления первичной энергии с акцентом на углеродсодержащие ископаемые виды топлива. Истощение их месторождений зависит от величин доказанных запасов, интенсивности процессов добычи и потребления. Причем, эти процессы происходят на фоне быстрого прогресса генерации энергии с помощью возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

В первую очередь необходимо уделить внимание систематизированным ежегодным энергетическим балансам, которые характеризуют объемы производства и потребления всех видов ТЭР в течение последних лет (в том числе ресурсной базы, производимой и потребляемой тепло-, электроэнергии). Кроме того, необходим анализ данных за 2018/2019 годы как исходного фактора мирового энергетического перехода (ЭП) и одного из главных стартовых условий предотвращения глобального потепления.

Оценка мировой добычи углеродсодержащих ископаемых видов топлива в средне- и долгосрочной перспективе необходима, в частности, для разработки энергетической политики по развитию ВИЭ в условиях нежелательного изменения климата.

На рис. 1 приведена динамика мирового потребления и изменения балансов (в порядке убывания долей) нефти, угля, природного газа, гидроэлектрической, ядерной и возобновляемых видов энергии за последние 25 лет.

Как видно, во-первых, имеет место почти регулярное повышение (кривые 7, 8) объемов потребления ТТЭР $W = f(t)$, во-вторых, разные по характеру эволюционные изменения поведения составляющих структуры энергопотребления. Мировое ежегодное потребление ТЭР за период 15 лет (2004-2019 гг.) повышалось с усредненным темпом 1,26% / год (6,73 ЭДж / год). Об определенных отклонениях от линейного характера кривой $W = f(t)$ свидетельствует то, что в 2019 году потребление первичных ТЭР возросло до 583,9 ЭДж, то есть на 1,33% по сравнению с 2018 годом, тогда как в 2017/2018 годах прирост был в два раза больше - 2,82% (с 560,42 до 576,23 ЭДж).

Иную картину поведения объемов потребления ТЭР иллюстрирует рис. 2. Здесь изображено изменение индексов валового внутреннего потребления ЕС (линия 2), индексов ВВП (линия 1) и энергоемкости

(линия 3) в течение 28 лет в период - 1990-2017 гг. [2]. Базой сравнения служат показатели 1990г. Согласно приведенным данным рост валового внутреннего продукта происходит при практически неизменном уровне энергопотребления.

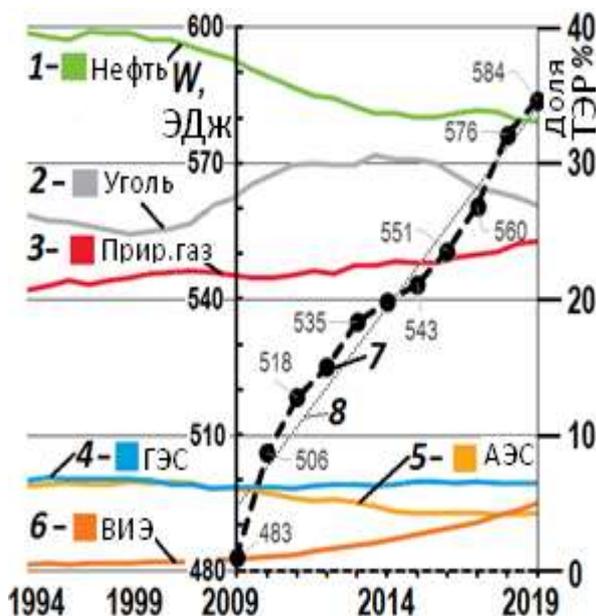


Рис. 1. Мировые динамика и структура валового потребления первичных топливно-энергетических ресурсов, отраженных в годовых энергобалансах в течение последних 25 лет по данным [1]. Сплошные линии 1 - 6 (шкала справа, в процентах) - составляющие ежегодного энергетического микса: 1 - нефть; 2 - уголь; 3 - природный газ; 4 - гидравлическая энергия; 5 - ядерная энергия; 6 - возобновляемая энергия. Прерывистые линии (шкала слева): 7 - суммарное мировое ежегодное потребление ТЭР W (в экзоджоулях) в период 2009-2019 гг.; 8 - линия тренда W .

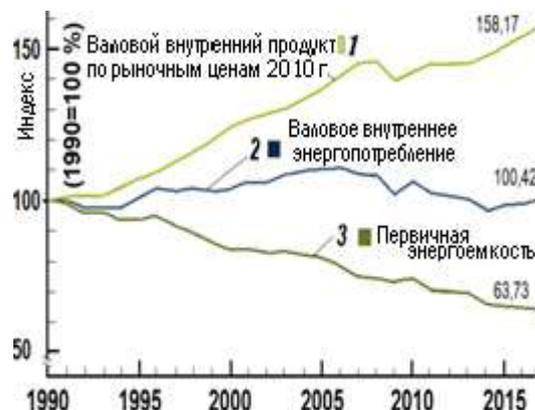


Рис. 2. Динамика индексов валового внутреннего продукта 1, валового внутреннего энергопотребления 2 и энергоёмкости 3 ЕС в течение 28 лет в период 1990 2017 Показатели 1990 взяты за базу сравнения (100%).
Источник: [2].

Динамика мирового потребления угля (рис. 1, кривая 2) имеет сложный характер. После самого низкого уровня, зафиксированного на рубеже веков, объемы его потребления росли, пока в конце нулевых годов не вышли на ≈ 5 -летнее плато (на уровне $\approx 30\%$). Далее уголь начал терять

позиции экономически привлекательного вида топлива из-за повышения требований к экологичности процессов получения и использования энергии. В целом к концу 2019 доля угля в миксе ТТЭР упала до 27%. В Украине с 2014 года и до настоящего времени наблюдается падение добычи угля вопреки недавним стратегическим планам роста угледобычи для замещения природного газа. Аналогично в последние годы претерпело падение потребления угля в США, Европе и странах СНГ. Только КНР демонстрирует пока положительные темпы роста ($\frac{3}{4}$ мирового прироста) угледобычи

С начала 21 в. наблюдается устойчивая тенденция уменьшения доли потребления нефти (рис. 1, кривая 1): с $\approx 40\%$ (1999) до 33,1% в 2019 году. Примерно с 2004 года намечается тренд увеличения доли ВИЭ-генерации (кривая 6). Позже, с 2009 года, в миксе заметно растет доля природного газа (кривая 3).

Мировое потребление первичных ТЭР в 2019 году по сравнению с предыдущим 2018 выросло на 7,67 ЭДж (1,33%). Среди них доминируют два вида ТЭР: ВИЭ +3,15 ЭДж, 41,07% и природный газ +2,79 ЭДж, 36,38%. Вместе они составляют 77,45% (5,94 ЭДж) прироста потребляемой первичной энергии. Изменения остальных 22,55% видов ТЭР (1,73 ЭДж) составляют: нефть (+1,58 ЭДж, 20,6%), уголь (-0,93 ЭДж, -13,13%), ядерная (+0,76 ЭДж, 9,91%) и гидроэлектрическая (+0,32 ЭДж, 4,17%) энергия. Климатически нейтральные источники (ВИЭ + ГЭС + АЭС) в 2019 году достигли 55,15% (4,23 ЭДж) прироста первичной энергии. Доля триады топлив с эмиссией CO₂ (уголь, нефть, природный газ), в приросте потребления ТЭР оценивается в 44,85% (3,44 ЭДж). По данным 2019, при росте спроса на энергию на фоне практического отсутствия производственных процессов декарбонизации наблюдается фатальное загрязнение атмосферы энергетическими выбросами CO₂. Драйверами роста общемирового спроса энергии (увеличение потребления ТТЭР и, как

следствие, рост выбросов парниковых газов) является прирост населения Земли. Важную роль играет индустриализация стран бывшего третьего мира с подъемом их экономик, в том числе стран Азиатско-Тихоокеанского региона, в частности, КНР, Индии; улучшение уровня жизни их населения (особенно, «среднего» класса) борьба с энергетической бедностью определенных регионов и т. п.

В обществах с экономикой индустриального типа (то есть с экономикой прошлого технологического уклада) энергетическая статистика фиксирует положительную корреляцию между ростом ВВП и потреблением ТЭР (рис. 1, кривые 7, 8). В странах устойчивого развития с экономиками пост-индустриального типа (то есть в странах с высокотехнологичными производством, большой долей добавленной стоимости к ВВП и высокими уровнями энергоэффективности) имеет место обратное явление. Прирост ВВП происходит на фоне практически стационарного (и даже в некоторых странах падения) уровня потребления ТЭР. На рис. 2 в качестве примера приводятся кривые изменения ВВП ЕС (кривая 1), валового внутреннего энергопотребления ЕС (кривая 2) и энергоэффективности ЕС (кривая 3) в период 1990-2017 гг. В период 1990-2019 гг. в ЕС на фоне «замораживания» объемов использования ТЭР в начале 90-х, прирост ВВП составил $\approx 60\%$ при уменьшении энергоемкости ВВП на 37% .

Аналогичный характер имеют мировые динамика и структура производства электроэнергии W_e . На рис. 3 в абсолютных и относительных величинах приводятся данные годовых электроэнергобалансов производства W_e за последние 33 года [1]. При использовании первичных ТЭР в электроэнергетике, в отличие от данных рис. 1 (валовом потреблении первичных ТЭР) наращивание доли составляющей ВИЭ-генерации в 2019 году было в два раза выше. При доминировании угля ($\approx 36-38\%$ в последние два года) происходит быстрое наращивание долей

использования природного газа и ВИЭ. В 2013 г. ВИЭ-генерация в мировом энергомиксе превысила долю нефти, а в 2019 - урана.

В электроэнергомиксах 2018/2019 гг. доли чистой (климатически нейтральной, то есть суммы показателей ГЭС-, АЭС- ВИЭ-генерации) энергии составляли: для мира - 35,04% / 36,38%; ЕС - 57,33% / 59,67%; Украины - 60,89% / 61,40%. По видам первичных ТЭР первые места распределяются в электроэнергомиксах 2018/2019 г. следующим образом:

- мир: уголь - 37,9% / 36,38%; природный газ - 22,8% / 23,3%; ГЭС - 15,65% / 15,6%; (95,87 / 97,14 ЭДж)
- ЕС: АЭС - 25,3% / 25,6%; ВИЭ - 21,4% / 23,9%; уголь - 19,7%, природный газ - 21,5%; (11,76 / 11,57 ЭДж)
- Украина: АЭС - 52,8% / 53,8%; уголь - 32,6% / 31,3%; ГЭС - 6,5%, природный газ - 5,96%; (0,575 / 0,555 ЭДж).

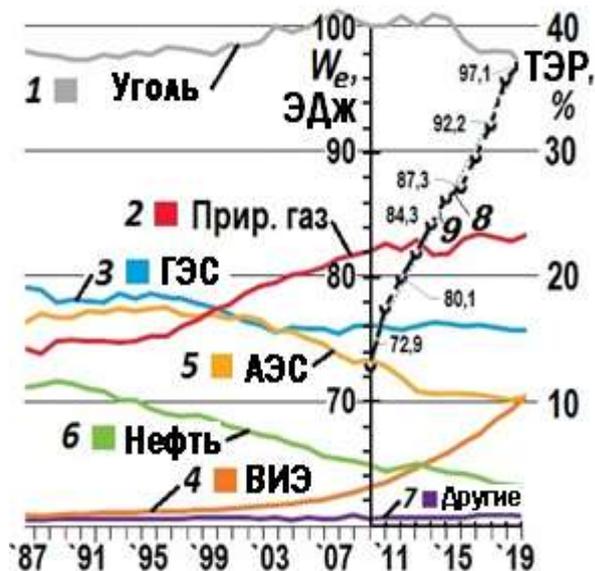


Рис. 3. Мировые динамика и структура суммарного производства электроэнергии W_e , отраженные в годовых энергобалансах за последние 33 года по данным [1]. Сплошные линии 1 - 7 (шкала справа, в процентах) - составляющие ежегодного энергетического микса: 1 - нефть; 2 - уголь; 3 - природный газ; 4 - гидравлическая энергия; 5 - ядерная энергия; 6 - возобновляемая энергия; 7 - другие источники (например, ГАЭС, сжигание отходов). Прерывистые линии (шкала слева): 8 - суммарное мировое производство электроэнергии ТЭР W_e (в эксаджоулях) в период 2009-2019 гг. 9 - линия тренда W_e . Источник: [1; 2].

В структуре производства электроэнергии в Украине в 2019 году, в отличие от состава мирового микса, доминировала ядерная генерация: 53,9% (в 2018 - 53%). Другие виды генерации шли в следующем порядке: ТЭС и ТЭЦ - 36,2% (36,9%) [ТЭС ГК - 29,2% (30%); ТЭЦ и когенерационные установки - 7,1% (6,9%)]; ГЭС и ГАЭС - 5,1% (7,5%) [ГЭС - 4,2% (6,5%); ГАЭС - 0,9% (1,0%)]; альтернативные источники

(ВЭС, СЭС, биомасса) - 3,6% (1,7%); блок-станции и другие (кроме ГАЭС) источники - 1,1% (0,9%) [3]. Особенность ВИЭ-генерации в структуре производства электроэнергии Украины в 2019 году заключалась в двукратном (по сравнению с предыдущим годом) прыжке доли ВИЭ-генерации с 1,7% (2018) до 3,6% (2019) с годовым приростом объема генерации в 2018/2019 годах на 112%).

Выводы. Анализируя потребление ТЭР в последние годы в мире в целом, в ЕС и в Украине можно выделить следующие основные особенности этого процесса:

– в мире в целом на протяжении пятнадцати лет имеет место почти регулярное повышение объемов потребления традиционных энергоресурсов со средним темпом 1,26% / год (6,7 ЭДж / год) и разные по характеру эволюционные изменения составляющих структуры энергопотребления.

С начала 21 столетия наблюдается устойчивая тенденция к уменьшению доли потребления нефти, с 2009 года - заметный рост в миксе доли природного газа, с 2016 года - после десятилетней стабилизации - потребление угля начало терять позиции экономически привлекательного вида топлива;

– в ЕС в период с 1990 по 2019 г. наблюдается практическое «замораживания» объемов использования ТЭР при приросте ВВП примерно на 60% и уменьшении его энергоемкости на 37%;

– в электроэнергомиксах Украины по 2019 первые места распределяются следующим образом: АЭС - 53,8, уголь - 31,3%, природный газ - 5,96%.

Литература

1. BP Statistical Review of World Energy 2020. 68 p. URL: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf>
2. Energy intensity in Europe. URL: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/total-primary-energy-intensity-4/assessment-1>
3. Dynamics and structure of electricity production in the UES of Ukraine in 2019. URL: <https://vse.energy/news/pek-news/electro/1031-electricity-2019>