

⚡

Приведен обзор современного состояния мировой энергетики. Показано, что основой базовой электроэнергетики XXI века остаются турбинные технологии. Представлены анализ энергетической стратегии Украины и основные направления развития тепловой энергетики.

⚡

## УДК 621

**В. А. Маляренко**, докт. техн. наук  
Харьковская национальная академия  
городского хозяйства

e-mail: [malyarenko@ksame.kharkov.ua](mailto:malyarenko@ksame.kharkov.ua)

**А. В. Бойко**, докт. техн. наук  
Харьковский национальный  
технический университет «ХПИ»

e-mail: [aboiko@kpi.kharkov.ua](mailto:aboiko@kpi.kharkov.ua)

**А. Л. Шубенко**, чл.-кор. НАНУ

**В. Н. Голощапов**, канд. техн. наук  
Институт проблем

машиностроения им. А. Н.

Подгорного НАНУ

e-mail: [shuben@ipmach.kharkov.ua](mailto:shuben@ipmach.kharkov.ua)

### **ТУРБИННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ – ОСНОВА БАЗОВОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ XXI ВЕКА. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СТРАТЕГИЯ УКРАИНЫ И ЕЕ РЕАЛИЗАЦИЯ**

**2012 год – Международный год устойчивой энергетики для всех (резолюция 65/151 Генеральной Ассамблеи ООН)**

В декабре 2010 года Генеральная Ассамблея ООН приняла резолюцию, которая провозгласила 2012 год как «Международный Год Устойчивой Энергетики для Всех» (резолюция 65/151). Генеральный Секретарь ООН Бан Ки-мун призвал к «глобальной чистой революции в энергетике, которая позволит сделать её доступной для всех», добавив, что это является исключительно важным для минимизации риска в изменении климата, уменьшения бедности и достижения Целей Нового Тысячелетия в глобальном экономическом росте, мире и безопасности, а также здоровья планеты.

*Основные концептуальные составляющие данной резолюции, определяющие состояние, тенденции и основные направления развития мировой базовой энергетики в XXI веке.*

Энергетический сектор является основой экономической стабильности и устойчивости в охране окружающей среды. Мир резко изменяется с точки зрения принятия во внимание изменения окружающей среды, технического прогресса и глобализации. И темп изменения все время ускоряется. По прогнозам значительно возрастет потребление энергии: на 35-40% в 2035 году по сравнению с 2010 годом. Рост произойдет в основном в развивающихся странах, где 1,3 млрд. людей (почти каждый пятый житель планеты) все еще не имеют доступа к электроэнергии, 2,7 млрд. людей используют традиционное биологическое топливо для приготовления пищи, обогрева и других основных домашних нужд. На Китай и Индию приходится 50% всего роста потребления энергии.

Конференция ООН по изменению климата, которая состоялась в декабре 2009 года в Копенгагене, поставила цель ограничить увеличение глобальной температуры до двух градусов по Цельсию (2<sup>0</sup>C) выше уровня до индустриального периода посредством ограничения концентрации парниковых газов в атмосфере до 450 частиц на миллион (ppm) эквивалента CO<sub>2</sub>. Нельзя позволить себе откладывать необходимые меры влияния на изменение климата на потом, если мы хотим достичь

долгосрочной поставленной цели – ограничить рост средней температуры до 2<sup>0</sup>С в 2035 году при приемлемых расходах. Без реализации стратегии по претворению в жизнь средняя температура на земном шаре может увеличиться на 6<sup>0</sup>С и более.

Откладывание действенных мер – ложная экономия: на каждый не вложенный в энергетический сектор \$1 до 2020 года потребуется добавочные \$4.3 после 2020 г. для компенсации увеличивающихся выбросов. Тем временем, глобальные выбросы углерода побили рекордные уровни по итогам 2010-2011 года, что подтолкнуло Международное Энергетическое Агентство (IEA) предупредить в начале октября 2011 года о «необратимом и потенциально катастрофическом изменении климата».

Основная часть увеличения энергопроизводства и энергопотребления в XXI веке составит для стран континентальной и юго-восточной Азии. Так, доля Китая (1,3 миллиарда человек) в прогнозируемом увеличении мирового энергопотребления на протяжении 2008–2035 годов составит 36 %, а спрос на энергоносители в стране вырастет на 75 %. К 2035 году доля Китая в мировом спросе на энергоресурсы вырастет с сегодняшних 17 % до 22 %. На Индию будет приходиться 18 % увеличения; энергопотребление в этой стране увеличится больше чем в два раза. Помимо Азии, самые высокие показатели роста – 2 % в год – будут у стран Ближнего Востока. К 2035 году США выйдет на второе место в мире по потреблению энергоресурсов после Китая, а тройку лидеров будет замыкать Индия (со значительным отрывом).

При этом, глобальный спрос на электроэнергию будет расти быстрее, чем спрос на другие конечные виды энергоресурсов. Планируется увеличение спроса на 2,2 % в году в период между 2008–2035 годами, при чем более 80 % увеличения приходится на страны, не входящие в ОЭСР. За этот период в Китае спрос на электроэнергию возрастет втрое. На протяжении последующих 15 лет в Китае прогнозируется рост энергетической мощности, равный общему нынешнему показателю проектной мощности США. В мировом масштабе увеличение суммарной генерирующей мощности электростанций, необходимое для замены устаревших мощностей и удовлетворения растущего спроса, составит примерно 5900 гигаватт (ГВт), что на 25 % больше, чем нынешний показатель проектной мощности. Свыше 40 % этих дополнительных мощностей будут введены в эксплуатацию к 2020 году.

Важным фактором, определяющим основные направления развития энергетики и использования необходимых для этого первичных энергетических ресурсов является перемещение инвестиций при производстве электроэнергии в низкоуглеродные технологии. Это обусловлено высокими ценами на ископаемое топливо и тенденцией ужесточения контроля над уровнем выбросов CO<sub>2</sub>, в том числе, на уровне правительственных стратегий. В то же время, ископаемые виды топлива, в основном уголь и природный газ, сохраняют доминирующие позиции, но их доля в общей выработке электроэнергии снижается с 68 % в 2008 году до 55 % в 2035 году из-за более интенсивного использования ядерных и возобновляемых источников энергии.

Трагедия в Японии на АЭС Фукусима Даити в очередной раз обострила вопрос будущей роли атомных электростанций в мировой энергетике. Тем не менее, в Сценарии Новых Стратегий производства электроэнергии на период до 2035 года предполагается увеличение доли атомной энергетики более чем на 70%. Хотя, ряд ведущих энергетических держав предусмотрел ряд действенных мер в ядерной политике. Наиболее быстрые и радикальные изменения предусматривает Германия, которая имеет 17 реакторов мощностью 21 GW. На всех реакторах произведен тщательный дополнительный контроль безопасности. В марте 2012 года были остановлены АЭС на общую мощность 8 GW. Это при том, что ежегодная валовая величина всего производства АЭС в Германии составляла 8 млрд. евро (0,3% от всего

ВВП). В результате, Германия рискует превратиться из экспортёра в страну, импортирующую энергию, в основном, из Франции и Чехии.

Менее радикальные меры предусматривают и другие страны ЕС. Так, Испания и Швейцария продолжают эксплуатацию АЭС, но не планируют строительство новых. В то же время Англия, Франция, Польша, Чехия, Россия, Китай, Индия и Корея планируют расширение производства электроэнергии на АЭС.

Остается в центре внимания энергетической общественности практическая реализация потенциальных возможностей возобновляемой и нетрадиционной энергетики. Хотя, очевидно, что использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ) полностью определяется уровнем поддержки правительств стран. В период с 2008 до 2035 предполагается увеличение производства электроэнергии на основе ВИЭ втрое, (с 19 % до 33 %, догоняя, таким образом, уголь). Увеличение возможно в основном за счёт энергии использования воды и ветра (энергия воды остается на лидирующей позиции). Производство электроэнергии с помощью преобразования солнечной энергии в мировом производстве составит всего 2 % в 2035 году.

Таким образом, анализ представленных данных показывает, что технологической основой функционирования и дальнейшего развития базовой электроэнергетики в XXI веке остаются турбинные технологии. Именно они, в первую очередь, будут определять возможности совершенствования тепловой энергетики, повышения ее энергетической и экологической эффективности.

На этом фоне общей тенденции развития мировой энергетики интересно рассмотреть состояние, перспективы и направления развития тепловой энергетики Украины.

#### **Тепловая энергетика Украины: проблема, состояние и прогнозы развития.**

Изменения в экономике и, как следствие, в топливно-энергетическом комплексе, (ТЭК) Украины, прошедшие за последние 5 лет, а также невыполнение основных направлений, принятых в Энергетической стратегии развития энергетики Украины до 2030 г., вызвали необходимость ее пересмотра, корректировки основных показателей. Следует отметить, что не реализована преобладающая часть намеченных программ модернизации и строительства генерирующих и сетевых объектов, предусмотренных Стратегией-2006. Поэтому Минэнергоугля предложило проект обновления Энергетической стратегии Украины на период до 2030 г. (Энергостратегию-2012).

С целью уточнения сроков и показателей развития энергетического комплекса Украины по объемам и затратам следует провести анализ состояния объектов электроэнергетики, к которой относятся тепловые электростанции (ТЭС, ТЭЦ и блок-станции), атомные электростанции (АЭС), гидроэлектростанции (ГЭС, ГАЭС), магистральные и распределительные электросети, объекты систем централизованного теплоснабжения.

Спрос на электроэнергию по годам в соответствии с Энергостратегией-2012 приведен на рис. 1. Для сравнения в табл. 1 представлял спрос на электроэнергию в 2030 г., запланированный в Энергетической стратегии в 2006 г. и в обновленной Энергостратегии-2012. Как видно из таблицы, снижение потребления электроэнергии в соответствии с обновленной стратегией составляет 67-68,5 % в зависимости от сценария развития экономики (пессимистический – среднегодовой рост ВВП до 2030 г. составляет 3,8 %; базовый – 5 %; оптимистический – 6,4 %).

На рис. 2 показано развитие генерирующей мощности электростанций Украины на период действия Энергостратегии-2012 при трех сценариях развития экономики. Как видно из графиков, наиболее высокий темп приходится на период 2020-2025 г.

Объемы ввода установленных мощностей по видам генерации (рис. 3а) позволяют отметить, что ввод действующих мощностей тепловых электростанций, работающих на угле, до 2020 г включительно снижается при всех сценариях развития экономики и только после 2020 года предусматривается их рост для базового (2) и оптимистического (3) сценариев. В этот же период мощность АЭС должна быть увеличена на 2 ГВт за счет строительства блоков № 3 и № 4 на Хмельницкой АЭС (рис.3 б). Дальнейшее строительство АЭС не предусматривается до 2030 г. при пессимистическом сценарии. Строительство двух новых блоков мощностью по 1 ГВт при базовом и пяти блоков при оптимистическом сценариях запланировано в период 2022-2030 годы.

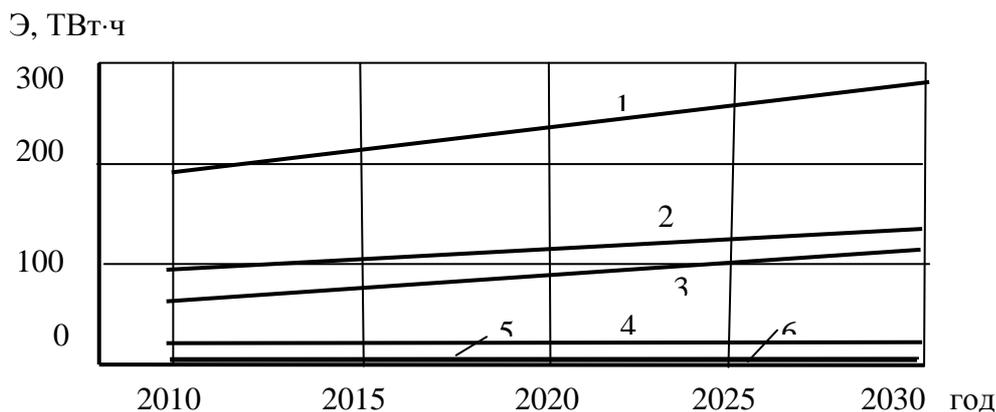


Рис. 1 – Спрос на электроэнергию согласно Энергостратегии-2012  
 1 – общий; 2 – промышленность; 3 – коммерческий, бытовой; 4 – потери;  
 5 – экспорт; 6 – сельское хозяйство

Таблица 1

Спрос на электроэнергию в 2030 г., ТВт·ч

Выработка электроэнергии в 2010 г.	Сценарий развития		
	Пессимистический	Базовый	Оптимистический
Стратегия-2006			
210,2	356,4	420,1	470,4
Энергостратегия-2012			
191	244	282	315

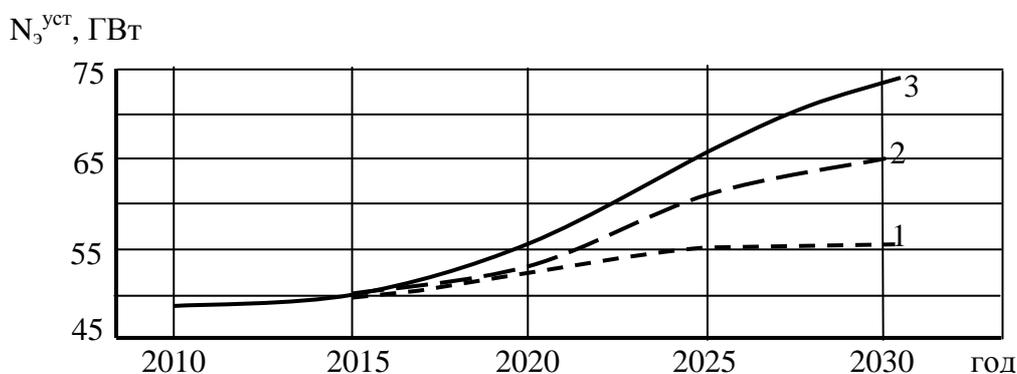


Рис. 2 – Развитие установленной генерирующей мощности  
 Сценарии: 1 – пессимистический; 2 – базовый, 3 – оптимистический

Уменьшение генерации ТЭС до 2020 г. (рис. 3 а), с учетом максимально возможного использования отечественного угля, снижает возможность регулирования Объединенной энергетической системы (ОЭС) Украины, несмотря на то, что до конца 2020 года планируется достроить Днестровскую и Ташлыкскую ГАЭС, построить Каневскую ГАЭС и энергоблоки Хмельницкой АЭС.

Наиболее планомерно в проекте предусматривается строительство станций на возобновляемых источниках энергии, хотя их объем (к 2030 году это примерно 10 % установленной мощности) при высокой цене строительства на обеспечение экономики электроэнергией (с доплатой по «зеленому» тарифу) на ситуацию сильно не повлияет.

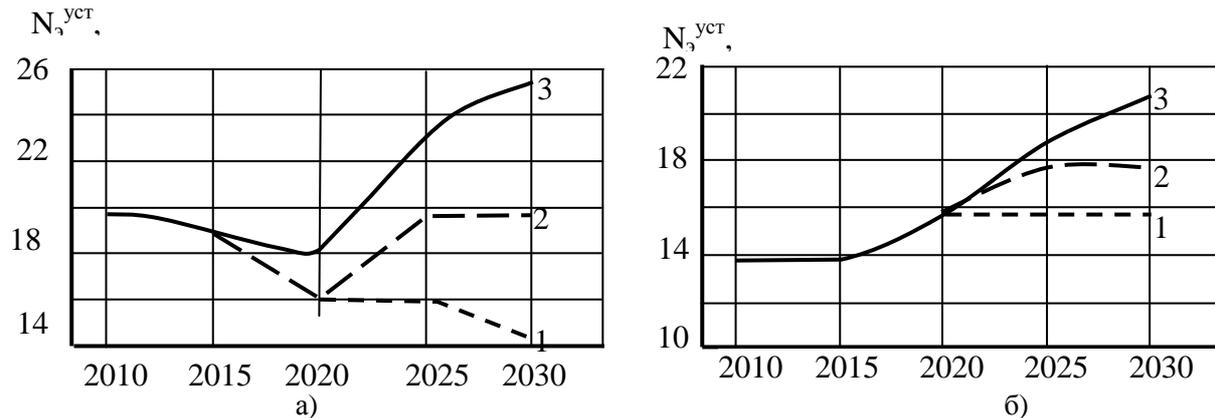


Рис. 3 – График ввода установленных мощностей на ТЭС (а) и АЭС (б) в соответствии со сценариями

К настоящему времени большая часть генерирующих активов и электросетей изношена и малоэффективна. По состоянию на конец 2011 г. более 85 % блоков ТЭС превысили границу физического износа в 200 тыс. часов наработки, которая принята в развитых странах, а девять блоков – границу в 300 тыс. часов, еще 35 блоков – границу в 250 тыс. часов. Таким образом, состояние оборудования и оценка не назначаемого, а фактически оставшегося ресурса, определяемого по состоянию металла роторов и цилиндров, требует проведения серьезного научно-технического исследования.

Учитывая большой износ генерирующего оборудования, созданного по проектам 50-60-х годов прошлого столетия, и отсутствие огромных финансовых средств, необходимых для его замены, в проекте обновления Энергостратегии-2012 красной нитью проходит необходимость модернизации генерирующего оборудования.

Атомные блоки также приближаются к завершению срока проектной эксплуатации (30 лет). В ближайшие 10 лет для 11 блоков из 13, которые находятся в эксплуатации, необходимо продление срока эксплуатации на 20 лет (для 2-х блоков Ровенской АЭС срок эксплуатации уже продлен). При этом, кроме обеспечения безопасности, необходимо повысить экономичность действующих турбин мощностью 1000 МВт.

Баланс мощностей энергосистемы Украины характеризуется дефицитом маневренных мощностей, которые в настоящее время меньше 9 % от установленной мощности при необходимом минимальном уровне 15 %, а оптимальном – 20 % (уровень регулируемых высокоманевренных мощностей в европейских странах, в частности в Германии, Дании и др. )

При реализации программы модернизации и строительства новых мощностей дефицит пиковой мощности будет наблюдаться уже в 2017-2020 годах. Но в проекте нет информации о необходимости создания высокоманевренных (пиковых) турбин. Оценка необходимой в 2030 г пиковой мощности, в соответствии с установленной

мощностью (кроме ГЭС и ГАЭС), приведена в табл. 2 для разных сценариев развития энергетики. Покрывание такой пиковой мощности предполагается только регулировкой графика нагрузки и уровнем тарифов, что небезопасно для экономики, особенно для промышленности с непрерывным технологическим циклом.

Если считать, что к 2025 г. будут введены в эксплуатацию все планируемые для постройки ГЭС и ГАЭС, мощность которых составит 10,5 ГВт, то при норме 15 % к 2030 г. дефицит пиковой мощности не возникнет только при пессимистическом и базовом сценариях, а при европейском уровне (коэффициент 0,20) дефицит пиковой мощности будет при всех сценариях развития экономики (табл. 2).

**Таблица 2**

Параметр	Сценарий		
	Пессимистичный	Базовый	Оптимистичный
$N_3^{уст}$ , ГВт	56,0	65,2	73,7
Пиковая мощность при принятой норме 15 %			
$N_3^{пик}$ , ГВт	8,4	9,8	11,9
$\Delta N_3^{пик}$ , МВт	2400	700	-1400
Пиковая мощность при европейской практике 20 %			
$N_3^{пик}$ , ГВт	11,2	13,0	14,74
$\Delta N_3^{пик}$ , МВт	-700	-2500	-4240

**Основные задачи и пути реализации «Энергостратегии-2012»**

Первоочередные безотлагательные задачи при любом сценарии развития экономики и возрастании спроса на электроэнергию согласно проекту Энергостратегии-2012 следующие:

- модернизация имеющихся мощностей ТЭС (с установкой пылегазового оборудования), ТЭЦ, АЭС, ГЭС;
- модернизация и развитие магистральных и распределительных сетей;
- продление сроков эксплуатации действующих АЭС с учетом модернизации турбинного и генераторного оборудования.

Необходимые задачи с принятием решений на правительственном уровне:

– достройка 3-го и 4-го блоков Хмельницкой АЭС (минимальная мощность 2 ГВт) и строительство новой АЭС мощностью 3 ГВт при базовом и 5 ГВт при оптимистическом сценариях;

– строительство угольных блоков мощностью 4 ГВт для замещения выводимых из эксплуатации блоков и введение в строй новых электростанций мощностью 5 ГВт при базовом и 11 ГВт при оптимистическом сценариях.

Решение поставленных в «Энергостратегии-2012» задач требует широкого использования инновационных разработок при необходимом научном сопровождении.

Наиболее важные проблемы научно-технического и кадрового обеспечения ТЭК – это возрастающий дефицит квалифицированных научных и инженерных кадров, существенное их старение (средний возраст квалифицированных специалистов 45-65 лет), что ведет к снижению кадрового потенциала одной из самых наукоемких отраслей экономики.

Недостатком современного положения дел украинского общества является низкое участие частного сектора и предпринимательства в финансировании науки. Если отношение к науке и восприятию научных разработок после приватизации тепловой электроэнергетики не изменится, то выполнение предусмотренных задач по

ее развитию будет поставлено под угрозу. В то же время, несмотря на весьма ограниченное финансирование оплаты труда научных работников, в институтах отделения физико-технических проблем энергетики Национальной академии наук Украины выполнен достаточно большой объем научно-прикладных разработок, которые могут найти рациональное применение как при производстве современного генерирующего оборудования для ТЭС и АЭС, так и при модернизации на них генерирующих мощностей, которые могут быть отнесены к научно-техническому обеспечению долгосрочных планов развития энергетики Украины.

Таким образом, многие научно-технические решения, связанные с реализацией задач, сформулированных в проекте обновления Энергостратегии-2012, могут быть использованы при модернизации и создании нового для электростанций генерирующего оборудования, строительство которых предусматривается после 2020 года. Следует учесть, что эти станции должны будут эксплуатироваться 50-60 лет и в их создание уже сейчас необходимо закладывать результаты новейших исследований, а в ближайшее время необходимо организовать научно-технические проработки наиболее важных проблем по приоритетным направлениям развития отраслевой энергетики.

Для этого необходимо повысить престиж научной работы в области технических наук, привлечь внимание к подготовке научных кадров высокой квалификации через аспирантуру и докторантуру при академических и отраслевых институтах, технических университетах. Без привлечения научных сотрудников разработка необходимых программ развития энергетики и их наполнение инновационными проектами невозможна.

В качестве источников финансирования при модернизации теплоэлектростанций рассматриваются исключительно частные инвестиции. Но только отдельные владельцы очень крупных капиталов могут инвестировать средства в модернизацию ТЭС до 2020 года. Привлечение же зарубежных частных инвесторов повлечет за собой потерю контроля над тепловой генерацией при значительном росте тарифов.

Следует отметить, что в проекте обновления Энергостратегии-2012 кроме пожелания об использовании отечественного оборудования ничего нет конкретного, а по его видам, срокам его создания, как и по планам строительства парогазовых установок, хотя Германия, выводя из эксплуатации атомные блоки, увеличивает потребление природного газа для ПГУ более чем на 10 %.

Поэтому, формируя программы модернизации тепловой генерации, строительства новых ТЭС, следует обратить серьезное внимание на имеющиеся научные и научно-технические разработки украинских ученых и в срочном порядке организовать научно-техническое сопровождение развития тепловой энергетики при максимальном внедрении отечественных инновационных проектов.

### **Выводы**

В завершение отметим основные факторы, определяющие состояние и направления развития базовой энергетики, а именно:

- Рост производства электроэнергии неизбежен в связи с ростом народонаселения и экономическим развитием развивающихся стран.
- Внимание к возобновляемым источникам энергии будет усиливаться, однако стоимость их производства, небольшие единичные мощности и условия их эксплуатации будут сдерживать существенное увеличение их доли в общем производстве электроэнергии.

- Наиболее эффективное направление – энергосбережение, т.е. ликвидация непроизводительных утечек тепла и электроэнергии.
- Совершенствование и строительство ТЭС будет стоять на повестке дня. Особое внимание будет уделено повышению их КПД, в том числе за счет перехода на сверхкритические параметры пара (285 бар, 610<sup>0</sup>С - КПД 46%., а в дальнейшем переход на параметры 365 бар, 700<sup>0</sup>С - КПД 50%) и строительство ТЭС с улавливанием и хранением углерода (CCS).
- Строительство АЭС будет продолжаться, но с многократным обеспечением их безопасности и строительством реакторов нового поколения. Пока человечество не знает лучшего способа получения энергии для своих нужд (в том числе с точки зрения экономии ископаемого топлива, исключения выбросов парниковых газов в атмосферу со всеми вытекающими отсюда последствиями).
- При модернизации и создании нового для электростанций Украины генерирующего оборудования, рассчитанного на перспективу эксплуатации, практически до конца XXI века, уже сейчас необходимо использовать результаты последних достижений науки и техники.
- В Украине выполнен достаточный объем научно-технических разработок, отвечающих самым высоким мировым стандартам, которые могут и должны быть использованы как при производстве современного генерирующего оборудования ТЭС и АЭС, так при их модернизации для обеспечения долгосрочных планов развития энергетики Украины.
- В то же время, вся энергетическая отрасль, включая подготовку и повышение престижа научно-технических кадров, нуждается в серьезном финансовом и материально-техническом сопровождении. Основой должна быть единая, утвержденная на всех уровнях, стратегия развития энергетики Украины и государственная инновационная реализация, обеспеченная соответствующими инвестициями и жестким контролем выполнения.

---



---

#### ТУРБІННІ ТЕХНОЛОГІЇ – ОСНОВА БАЗОВОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ ХХІ СТОЛІТТЯ. ЕНЕРГЕТИЧНА СТРАТЕГІЯ УКРАЇНИ ТА ЇЇ РЕАЛІЗАЦІЯ.

В. А. Маляренко, А. В. Бойко, О. Л. Шубенко, В. М. Голощапов

Наведено огляд сучасного стану світової енергетики. Показано, що основою базової електроенергетики ХХІ століття залишаються турбінні технології. Проаналізована енергетична стратегія України і основні напрямки розвитку теплової енергетики.

#### TURBINE TECHNOLOGIES – THE BASIC OF BASIS POWER INDUSTRY OF XXI EYELID. POWER STRATEGY OF UKRAINE AND ITS REALISATION

V. A. Malyarenko, A. V. Boiko, O. L. Shubenko, V. M. Goloschapov

The review of a current state of world power is carried out. It is shown that is a basic of basis power industry of xxi eyelids there are turbine technologies. The analysis of power strategy of Ukraine and the main directions of development of thermal power are submitted.