

УДК 004.942:621.311

Модель та структура довгострокового розвитку генеруючих потужностей електроенергетичної системи з урахуванням динаміки вводу-вибуття потужностей та зміни їх техніко-економічних показників / Т.П. Нечаєва // Проблеми загальної енергетики. – 2018. – Вип. 3(54). – С. 5–9.

В статті наведено опис частково-цілочисельної математичної моделі довгострокового розвитку структури генеруючих потужностей електроенергетичної системи. Для врахування динаміки введення-вибуття нових потужностей протягом прогнозного періоду в моделі використовуються змінні кількості введених за етап одиничних установок та змінні загальної кількості нових установок, доступних до використання в етапі, при формуванні яких враховуються тільки ті введені на попередніх етапах нові установки, термін експлуатації яких ще не закінчився. В моделі також введені обмеження на доступність нових технологій на початкових етапах горизонту прогнозування, а також на прийнятність тільки тих, які будуть введені в експлуатацію до кінцевого етапу прогнозування. При визначенні середньозважених витрат на виробництво електроенергії для нових установок, що оптимізуються у моделі, враховано зміни їх техніко-економічних показників у часі та відповідні значення на етапі введення технології в експлуатацію.

Ключові слова: перспективна структура генеруючих потужностей, електроенергетична система, математична модель, середньозважена вартість виробництва електроенергії.

УДК 620.9

Визначення прогнозного попиту на теплову енергію комплексним методом з урахуванням потенціалу енергозбереження / Г.О. Куц, О.Є. Малярєнко, Н.Ю. Майстрєнко, В.В. Станиціна // Проблеми загальної енергетики. 2018. – Вип. 3(54). – С. 10–15.

Досліджено особливості прогнозування попиту теплової енергії на різних ієрархічних рівнях побудови економіки України: країна, види економічної діяльності, населення та розглянуто методичний підхід до прогнозування попиту на теплову енергію комплексним методом з використанням методів нормативного, прямого рахунку та векторного методу узгодження прогнозних рішень. Виконано прогноз споживання теплової

енергії за видами економічної діяльності та для населення з урахуванням потенціалу енергозбереження від міжсекційних структурних змін та технологічного потенціалу для окремих видів економічної діяльності та населення до 2040 р. Особливістю обрахунку обсягів споживання населенням є використання двох методів одночасно: прямого рахунку – для прогнозу попиту на гаряче водопостачання по питомих витратах теплової енергії на особу за базовий рік і демографічного прогнозу, та нормативний метод – для попиту на опалення будівель згідно з існуючими нормами опалення з урахуванням підвищення теплової ефективності будівель. Обчислення проведено із застосуванням програми SPROS, що виконує узгодження застосованих методів.

Ключові слова: теплова енергія, попит, прогноз, споживання, вид економічної діяльності, промисловість, населення.

УДК 622.338

Оцінка стану вугільної промисловості на тимчасово окупованих територіях Донбасу / В.М. Макаров, М.О. Перов // Проблеми загальної енергетики. – 2018. – Вип. 3(54). – С. 16–22.

Війна з Росією на українському Донбасі істотно погіршила ситуацію у вітчизняній вугільній промисловості. В окупованих районах Донбасу вугільна галузь, по суті, опинилася у катастрофічному стані. Причому найбільше постраждали шахти, що перебувають у державній власності. Враховуючи доволі високий ступінь невизначеності майбутнього окупованих територій Донбасу, слід визнати, що ця невизначеність тією чи іншою мірою екстраполюється й на перспективи розвитку всієї вугільної промисловості України. Тому метою статті є аналіз поточного стану вуглевидобувних підприємств на тимчасово окупованих територіях Донбасу та визначення потенціалу видобутку вугілля в Україні при поверненні окупованих територій під контроль української влади.

Проведено аналіз стану та перспектив розвитку видобувних підприємств вугільної галузі, які наразі перебувають на тимчасово окупованих територіях Донбасу. Визначено потенціал видобутку вугілля в Україні на період до 2040 р. при поверненні окупованих територій під контроль української влади.

Сумарні обсяги видобутку вугілля досягатимуть 100 млн т, у т.ч. 25 млн т на території, що наразі окупована. Порівняно з попередніми прогнозами розвитку вугільної промисловості на період до

2040 р., додаткові втрати видобувного потенціалу вугільної галузі в результаті окупації частини територій Донбасу оцінюються в 15–20 млн т.

Ключові слова: вугільна промисловість, окуповані території, видобуток, прогноз, потенціал.

УДК 622.324:338.5

Досвід розвитку газовидобувної галузі США / Д.О. Єгер, І.Ч. Лещенко // Проблеми загальної енергетики – 2018 – Вип. 3(54). – С. 23–30.

У статті приведено порівняльний аналіз фактичних з 2000 до 2017 рр. та прогнозних показників енергетичних стратегій 2006 та 2013 рр. щодо видобутку природного газу в Україні. Досліджено динаміку зміни обсягів видобування та споживання природного газу в світі та у США упродовж 2000–2017 рр. Проаналізовано динаміку змін обсягів видобування у США традиційного і «нетрадиційного» газу. Наведено стан доведених запасів природного газу у покладах різних типів (газових та газоконденсатних родовищ, нафтових родовищ, вугільних басейнів, сланцевих порід та щільних пісковиків) та зв'язок з обсягами його видобування. Досліджено особливості організації видобутку вуглеводнів у США, зокрема присутність малого бізнесу в цій галузі.

Доведено, що важливим елементом державної політики США щодо розвитку нафтогазової галузі є запровадження податкових пільг, найдавнішим з яких вже понад 100 років, а найновішим – трохи більше 10. Показано, що існуюча в країні гнучка система податкових пільг дозволяє рентабельно освоювати родовища та проводити видобуток вуглеводнів, у тому числі й природного газу з важковидобувних запасів (покладів сланцевих порід і щільних пісковиків).

Розглянуто динаміку зміни цін на природний газ та електроенергії для різних категорій споживачів у США протягом 2000–2017 рр. Проаналізовано взаємний вплив обсягів споживання, видобування природного газу і цін на нього на ціни на електроенергію для основних категорій споживачів.

Досвід США, особливо щодо державного стимулювання та підтримки розвитку газовидобувної галузі, необхідно брати до уваги при формуванні прогнозів розвитку цієї галузі в Україні та напрямів їх реалізації.

Ключові слова: обсяги видобування природного газу, ринок природного газу, ціна газу, обсяги споживання, доведені запаси, податкові пільги.

УДК 621.311.661

Вплив зони нечутливості та швидкодії регулятора на процес стабілізації частоти в енергосистемі з потужними вітровими електростанціями та акумуляторними батареями / О.В. Згуровець // Проблеми загальної енергетики. – 2018. – Вип. 3(54). – С. 31–35.

В даній роботі розглянуто процес регулювання частоти та потужності в системі з потужною вітровою електростанцією та акумуляторною батареєю, що можуть бути використані в комплексі для компенсації змін потужності та підтримки частоти на заданому рівні з різними значеннями зони нечутливості та швидкодії регулятора контуру автоматичного регулювання частоти. Дослідження впливу зони нечутливості та швидкодії регулятора на процес регуляції частоти проведено за допомогою математичного моделювання на агрегованій енергосистемі, що мала в своєму складі крім вітрової електростанції та акумуляторної батареї, теплову, атомну та гідроелектростанцію, та враховувала втрати і задані обмеження. Проведений аналіз результатів моделювання показав, що акумуляторна батарея, введена в контур регулювання частоти і потужності, надійно підтримує частоту в системі з її відхиленням, що не перевищує по модулю половини ширини зони нечутливості регулятора. Встановлено, що точність регулювання частоти в системі залежить від швидкодії регулятора. Віднайдено порогове значення його швидкодії, при зменшенні якого відхилення частоти виходить за межі зони нечутливості. Зменшення швидкодії регулятора призводить до погіршення точності регулювання частоти пропорційно збільшенню зони нечутливості.

Ключові слова: математична модель, зона нечутливості, об'єднана енергосистема, вітрова електростанція, акумуляторна батарея, регулювання частоти, швидкодія регулятора.

УДК 620.92

Визначення ефективності вироблення електричної енергії атомними електростанціями за методологією повних енергетичних витрат. Частина 2. Витрати енергії на ядерне паливо / В.Д. Білодід // Проблеми загальної енергетики. – 2018. – Вип. 3(54). – С. 36–41.

Приведено результати дослідження з визначення ефективності вироблення електричної енергії атомними електростанціями з реакторами ВВЕР-1000 за методологією повних енергетичних ви-

трат. Методика визначення ефективності технологій за цією методологією була опублікована раніше. В частині 1 статті, яка опублікована в №2(53) зб. «Проблеми загальної енергетики» за 2018 р. наведено розрахункові дані щодо повних енергетичних витрат на будівництво АЕС. В частині 2 наводяться результати розрахунків щодо витрат енергії на отримання ядерного палива, яке необхідне для роботи АЕС впродовж терміну її експлуатації. Показано, що сумарні витрати енергії на ядерне паливо для енергоблоку АЕС з реакторами ВВЕР-1000 на протязі 40 років експлуатації за варіантом незмінності політики НБУ України щодо курсів валют визначені в обсязі 18,6 ПДж. Ті ж самі витрати при курсі гривні за значенням паритету купівельної спроможності долара США визначені у обсязі 5,0 ПДж.

В частині 3 передбачено висвітлення питань щодо витрат енергії на експлуатацію АЕС, витрати на її ліквідацію та визначення остаточної ефективності вироблення електроенергії на АЕС. Частина 3 буде опублікована в наступних номерах збірника.

Ключові слова: атомна електростанція, повні енергетичні витрати, ефективність вироблення електроенергії, енергетичні витрати на ядерне паливо.

УДК 621.311

Оцінка ефективності впровадження парогазових і ЦКШ-технологій на ТЕС України / Л.О. Кесова, В.С. Коберник, І.С. Соколовська // Проблеми загальної енергетики. – 2018. – Вип. 3(54). – С. 42–47.

Проаналізовано світовий досвід впровадження парогазових і ЦКШ-технологій: ПГУ з газифікацією вугілля (з очищенням від оксидів сірки та азоту); спалювання в циркулюючому киплячому шарі (за атмосферного тиску та під тиском); ПГУ зі спалюванням в бульбашковому киплячому шарі під тиском; ПГУ на природному газі у порівнянні з пилувугільним спалюванням з очищенням від оксидів сірки та азоту. Для нового будівництва і реконструкції енергоблоків ТЕС в Україні та забезпечення сучасних норм викидів основних забруднюючих речовин проведено техніко-економічні розрахунки з порівнянням середньої вартості електричної енергії за життєвий цикл для перспективних технологій. В енергетику України доцільно впроваджувати ПГУ і ЦКШ-технології, які здатні підвищити ефективність спалювання палива з високими експлуатаційними показниками енергоблоків.

Ключові слова: теплова електрична станція, парогазова установка, циркулюючий киплячий шар, вартість електричної енергії, технології, життєвий цикл.

УДК 536.7

Визначення економічної ефективності схем термохімічної регенерації для теплових двигунів / О.А. Шрайбер // Проблеми загальної енергетики. – 2018. – Вип. 3(54). – С. 48–53.

На прикладі газотурбінних установок розглянуто принципові та конструктивні схеми термохімічної регенерації для використання вторинних енергоресурсів – ентальпії відпрацьованих газів. Розроблено методи розрахунку термодинамічних та теплообмінних характеристик вказаних схем. Проведено широкі числові дослідження техніко-економічних параметрів схем термохімічної регенерації та визначено їх залежності від температурного режиму. Встановлено, що термін окупності схем порядку кількох місяців, отже, термохімічна регенерація є дуже ефективним варіантом використання вторинних енергоресурсів.

Ключові слова: термохімічна регенерація, конверсія, газотурбінна установка, теплообмін, техніко-економічні характеристики, термін окупності.

УДК 621.31

Особливості спільної роботи систем централізованого теплопостачання та електричних теплогенераторів при регулюванні ними навантаження ОЕС України / В.О. Дерій // Проблеми загальної енергетики. – 2018. – Вип. 3(54). – С. 54–59.

В роботі проведено аналіз режимів спільної роботи електричних теплогенераторів, призначених для регулювання навантаження ОЕС України під час її «нічних провалів», та систем централізованого теплопостачання. Отримані аналітичні залежності зміни в часі електричної та теплової потужності електричних теплогенераторів та штатних котлів теплових джерел систем теплопостачання при їх спільній роботі. Розглянуто особливості їх спільної роботи в опалювальний та неопалювальний періоди.

Ключові слова: ОЕС України, графік електричних навантажень, нічний провал, потужність, електроенергія, електричні теплогенератори, системи централізованого теплопостачання, теплова енергія.

УДК 004.942:621.311

Модель и структура долгосрочного развития генерирующих мощностей электроэнергетической системы с учетом динамики ввода-вывода мощностей и изменения их технико-экономических показателей/ Т.П. Нечаева // Проблемы общей энергетики. – 2018. – Вып. 3(54). – С. 5–9.

В статье приведено описание частично-целочисленной математической модели долгосрочного развития структуры генерирующих мощностей электроэнергетической системы. Для учета динамики ввода-вывода новых мощностей в течение прогнозного периода в модели используются переменные количества введенных за этап единичных установок и переменные общего количества новых установок, доступных к использованию в этап, при формировании которых учитываются только те новые установки, срок эксплуатации которых еще не истек. В модели также введены ограничения на доступность новых технологий на начальных этапах горизонта прогнозирования, а также на приемлемость только тех, которые будут введены в эксплуатацию до конечного этапа прогнозирования. При определении средневзвешенных затрат на производство электроэнергии для новых установок, которые оптимизируются в модели, учтены изменения их технико-экономических показателей во времени и значения на этапе ввода технологии в эксплуатацию.

Ключевые слова: перспективная структура генерирующих мощностей, электроэнергетическая система, математическая модель, средневзвешенная стоимость производства электроэнергии.

УДК 620.9

Определение прогнозного спроса на тепловую энергию комплексным методом с учетом потенциала энергосбережения / Г.А. Куц, Е.Е. Маляренко, Н.Ю. Майстренко, В.В. Станицына // Проблемы общей энергетики. – 2018. – Вып. 3(54). – С. 10–15.

Исследованы особенности прогнозирования спроса тепловой энергии на различных иерархических уровнях построения экономики Украины: страна, виды экономической деятельности, население и рассмотрен методический подход к прогнозированию спроса на тепловую энергию комплексным методом с использованием методов нормативного, прямого счета и векторного метода согласования прогнозных решений. Выполнен прогноз потребления тепловой энергии для видов экономической деятельности и для населения с учетом потенциала энергосбережения от межсекционных

структурных изменений и технологического потенциала для отдельных видов экономической деятельности и населения до 2040 г. Особенность расчета объемов потребления населением состоит в использовании двух методов одновременно: прямого счета – для прогноза спроса на горячее водоснабжение по удельным затратам тепловой энергии на человека в базовом году и демографического прогноза, и нормативный метод – для спроса на отопление зданий согласно существующих норм отопления с учетом роста тепловой эффективности сооружений. Расчет проведен с использованием программы SPROS, которая выполняет согласование представленных методов.

Ключевые слова: тепловая энергия, спрос, прогноз, потребление, вид экономической деятельности, промышленность, население.

УДК 622.338

Оценка состояния угольной промышленности на временно оккупированных территориях Донбасса / В.М. Макаров, М.О. Перов // Проблемы общей энергетики. – 2018. – Вып. 3(54). – С. 16–22.

Война с Россией на украинском Донбассе существенно ухудшила ситуацию в отечественной угольной промышленности. В оккупированных районах Донбасса угольная отрасль, в сущности, очутилась в катастрофическом состоянии. Причем больше всего пострадали шахты, которые находятся в государственной собственности. Учитывая достаточно высокую степень неопределенности будущего оккупированных территорий Донбасса, следует признать, что эта неопределенность в той или другой степени экстраполируется и на перспективы развития всей угольной промышленности Украины. Поэтому целью статьи является анализ текущего состояния угледобывающих предприятий на временно оккупированных территориях Донбасса и определения потенциала добычи угля в Украине при возвращении оккупированных территорий под контроль украинской власти. Проведен анализ состояния и перспектив развития добывающих предприятий угольной отрасли, которые сейчас находятся на временно оккупированных территориях Донбасса. Определен потенциал добычи угля в Украине на период до 2040 г. при возвращении оккупированных территорий под контроль украинской власти. Суммарные объемы добычи угля будут достигать 100 млн т, в т.ч. 25 млн т на территории, которая сейчас оккупирована. Сравнительно с предыдущими прогнозами развития угольной промышленности на период до 2040 г., дополнительные

потери добывающего потенциала угольной отрасли в результате оккупации части территорий Донбасса оцениваются в 15–20 млн т.

Ключевые слова: угольная промышленность, оккупированные территории, добыча, прогноз, потенциал.

УДК 622.324:338.5

Опыт развития газодобывающей отрасли США / Д.А. Егер, И.Ч. Лещенко // Проблемы общей энергетики. – 2018. – Вып. 3(54). – С. 23–30.

В статье приведен сравнительный анализ фактических с 2000 по 2017 гг. и прогнозных показателей энергетических стратегий 2006 и 2013 годов относительно добычи природного газа в Украине. Исследована динамика изменения объемов добычи и потребления природного газа в мире и в США в течение 2000–2017 гг. Проанализирована динамика изменения объемов добычи в США традиционного и «нетрадиционных» газов. Приведено состояние доказанных запасов природного газа в залежах разных типов (газовых и газоконденсатных месторождений, нефтяных месторождений, угольных бассейнов, сланцевых пород и плотных песчаников) и связь с объемами его добычи.

Исследованы особенности организации добычи углеводородов в США, в частности присутствие малого бизнеса в этой области. Доказано, что важным элементом государственной политики США при развитии нефтегазовой отрасли является введение налоговых льгот, старейшим из которых уже более 100 лет, а новым – немногим более 10. Показано, что существующая в стране гибкая система налоговых льгот позволяет рентабельно осваивать месторождения и проводить добычу углеводородов, в том числе и природного газа из трудноизвлекаемых запасов (залежей сланцевых пород и плотных песчаников).

Рассмотрена динамика изменения цен на природный газ и электроэнергию для разных категорий потребителей в США в течение 2000–2017 гг. Проанализировано взаимное влияние объемов потребления, добычи природного газа и цен на него на цены на электроэнергию для основных категорий потребителей.

Опыт США, особенно относительно государственного стимулирования и поддержки развития газодобывающей отрасли, необходимо учитывать при формировании прогнозов развития этой отрасли в Украине и направлении их реализации.

Ключевые слова: объемы добычи природного газа, рынок природного газа, цена газа, объем потребления, доказанные запасы, налоговые льготы.

УДК 621.311.661

Влияние зоны нечувствительности и быстрого действия регулятора на процесс стабилизации частоты в энергосистеме с мощными ветровыми электростанциями и аккумуляторными батареями / А.В. Згуровец // Проблемы общей энергетики. – 2018. – Вып. 3(54). – С. 31–35.

В данной работе рассмотрен процесс регулирования частоты и мощности в системе с мощной ветровой электростанцией и аккумуляторной батареей, которые могут быть использованы в комплексе для компенсации изменений мощности и поддержания частоты на заданном уровне с различными значениями зоны нечувствительности и быстрого действия регулятора контура автоматического регулирования частоты. Исследование влияния зоны нечувствительности и быстрого действия регулятора на процесс регуляции частоты проведено с помощью математического моделирования на агрегированной энергосистеме, имевшей в своем составе кроме ветровой электростанции и аккумуляторной батареи, тепловую, атомную и гидроэлектростанцию, и учитывала потери и заданные ограничения. Проведенный анализ результатов моделирования показал, что аккумуляторная батарея, введенная в контур регулирования частоты и мощности, надежно поддерживает частоту в системе с ее отклонением, не превышающим по модулю половины ширины зоны нечувствительности регулятора. Установлено, что точность регулирования частоты в системе зависит от быстрого действия регулятора. Найдено пороговое значение его быстрого действия, при уменьшении которого отклонение частоты выходит за пределы зоны нечувствительности. Уменьшение быстрого действия регулятора приводит к ухудшению точности регулирования частоты пропорционально увеличению зоны нечувствительности.

Ключевые слова: математическая модель, зона нечувствительности, объединенная энергосистема, ветровая электростанция, аккумуляторная батарея, регулирование частоты, действие регулятора.

УДК 620.92

Определение эффективности производства электрической энергии атомными электростанциями с использованием методологии полных энергетических затрат. Часть 2. Затраты энергии на ядерное топливо / В.Д. Белодед // Проблемы общей энергетики. – 2018. – Вып. 3(54). – С. 36–41.

Приведены результаты исследования по определению эффективности выработки электроэнергии атомными электростанциями с реакторами ВВЭР-

1000 по методологии полных энергетических затрат. Методика определения эффективности технологий по этой методологии была опубликована ранее. В части 1 статьи, опубликованной в 2(53), 2018 «Проблемы общей энергетики», приведены расчётные данные полных энергетических затрат на строительство АЭС. В части 2 приводятся результаты расчётов по затратам энергии на получение ядерного топлива, которое необходимо для работы АЭС в течение срока ее эксплуатации. Показано, что суммарные затраты энергии на ядерное топливо для энергоблока АЭС с реакторами ВВЭР-1000 в течение 40 лет эксплуатации по варианту неизменности политики НБУ Украины относительно курсов валют определены в объёме 18,6 ПДж. Те же расходы при курсе гривны по значению паритета покупательной способности доллара США определены в объёме 5,0 ПДж.

В части 3 предусмотрено освещение вопросов затрат энергии на эксплуатацию АЭС, расходы на ее ликвидацию и определения окончательной эффективности выработки электроэнергии на АЭС. Часть 3 будет опубликована в следующих номерах сборника.

Ключевые слова: атомная электростанция, полные энергетические затраты, эффективность выработки электроэнергии, энергетические затраты на ядерное топливо.

УДК 621.311

Оценка эффективности внедрения парогазовых и ЦКС-технологий на ТЭС Украины / Л.А. Кесова, В.С. Коберник, И.С. Соколовская // Проблемы общей энергетики. – 2018. – Вып. 3(54). – С. 42–47.

Проанализирован мировой опыт внедрения парогазовых и ЦКС-технологий: ПГУ с газификацией угля (с очисткой от оксидов серы и азота), сжигание в циркулирующем кипящем слое (при атмосферном давлении и под давлением), ПГУ со сжиганием в пузырьковом кипящем слое под давлением, ПГУ на природном газе в сравнении с пылеугольным сжиганием с очисткой от оксидов серы и азота. Для нового строительства и реконструкции энергоблоков ТЭС в Украине и обеспечения современных норм выбросов основных загрязняющих веществ проведены технико-экономические расчеты со сравнением средней стоимости электрической энергии за жизненный цикл для перспективных технологий. В энергетику Украины целесообразно внедрять ПГУ и ЦКС-технологии, способные повысить эффективность сжигания топлива с высокими эксплуатационными показателями энергоблоков.

Ключевые слова: тепловая электрическая станция, парогазовая установка, циркулирующий

кипящий слой, стоимость электрической энергии, технологии, жизненный цикл.

УДК 536.7

Определение экономической эффективности схем термохимической регенерации для тепловых двигателей / А.А. Шрайбер // Проблемы общей энергетики. – 2018. – Вып. 3(54). – С. 48–53.

На примере газотурбинных установок рассмотрены принципиальные и конструктивные схемы термохимической регенерации для использования вторичных энергоресурсов – энтальпии отработанных газов. Разработаны методы расчета термодинамических и теплообменных характеристик указанных схем. Проведены широкие численные исследования технико-экономических параметров схем термохимической регенерации и определены их зависимости от температурного режима. Установлено, что срок окупаемости схем порядка нескольких месяцев, так что термохимическая регенерация представляет собой высокоэффективный вариант использования вторичных энергоресурсов.

Ключевые слова: термохимическая регенерация, конверсия, газотурбинная установка, теплообмен, технико-экономические характеристики, срок окупаемости.

УДК 621.31

Особенности совместной работы систем централизованного теплоснабжения и электрических теплогенераторов при регулировании ими нагрузки ОЭС Украины / В.А. Дерий // Проблемы общей энергетики. – 2018. – Вып. 3(54). – С. 54–59.

В работе проведен анализ режимов совместной работы электрических теплогенераторов, предназначенных для регулирования нагрузки ОЭС Украины во время ее «ночных провалов», и систем централизованного теплоснабжения. Получены аналитические зависимости изменения во времени электрической и тепловой мощности электрических теплогенераторов и штатных котлов тепловых источников систем теплоснабжения при их совместной работе. Рассмотрены особенности их функционирования в отопительный та неотопительный периоды.

Ключевые слова: ОЭС Украины, график электрических нагрузок, ночной провал, мощность, электроэнергия, электрические теплогенераторы, системы централизованного теплоснабжения, тепловая энергия.

UDC 004.942:621.311

Model and structure of the long-term development of generating capacities of a power system with regard for the commissioning and decommissioning dynamics of capacities and changing their technical-and-economic indices / T.P. Nechaieva // The Problems of General Energy. – 2018. – Issue 3(54). – P. 5–9.

The article presents the description of a partially integer mathematical model of the long-term development of generating capacities structure of a power system. In order to take into account the commissioning and decommissioning dynamics of new capacities during the forecastic period, our model uses the variable quantities of power units entered during a stage and variables of the total number of new units available for use in this stage in the formation of which only those new installations entered in the previous stages are considered, the operating life of which has not expired yet. The model also introduces restrictions on the availability of new technologies in the initial stages of forecastic horizon, as well as on the acceptability of only those that will be commissioned before the final stage of forecasting. When determining the levelised cost of electricity for new units that are optimized in the model, changes in their economics in time and corresponding values at the commissioning stage are taken into account.

Keywords: promising structure of generating capacities, power system, mathematical model, levelised cost of electricity.

References

1. Shulzhenko, S.V. (2015). The accounting specifics of limit forecasting periods based on the dynamic mathematic programming model for the development of nuclear power generation capacities in the atomic energy industry. *Problemy Zahal'noi Enerhetiky - The Problems of General Energy*, 2(41), 32–38 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/pge2015.02.032>
2. Shulzhenko, S.V. (2014). Features of input data usage in deterministic and stochastic life-cycle model. *Problemy Zahal'noi Enerhetiky - The Problems of General Energy*, 1(36), 5–9 [in Ukrainian].
3. GLPK (GNU Linear Programming Kit). URL: <https://www.gnu.org/software/glpk>.

UDC 620.9

Determination of the forecasted demand for thermal energy by a complex method taking into account the potential of energy saving / G.O. Kuts, O.Ye. Malyarenko, N.Yu. Maistrenko, V.V. Stanytsina // The Problems of General Energy. – 2018. – Issue 3(54). – P. 10–15.

We investigate specific features of the prediction of demand for thermal energy at different hierarchical levels of the structure of Ukrainian economy: state, types of economic activity, and population. We also consider the methodical approach to predicting the demand for thermal energy by a complex method with the use of normative, direct calculation and vector method of the coordination of predicting solutions. We predict the thermal energy consumption by types of economic activity and for the population with regard for the potential of energy saving from inter-sectional structural changes and technological potential for some types of economic activity and population by 2040. A feature of the calculation of volumes of thermal energy consumption by population lies in the use of two methods simultaneously: direct calculation for predicting the demand for hot water supply by specific thermal energy expenditures per person in the base year and demographic forecast as well as the normative method for the demand for heating of buildings in accordance with the existing heating standards with taking into account the increase in thermal efficiency of buildings. The calculation was carried out by the SPROS program, which implements the coordination of applied methods.

Keywords: thermal energy, demand, prediction, consumption, type of economic activity, industry, population.

References

1. Piriashvili, B.Z., Voronchuk, M.M., Halinovskii, E.I., Chirkin, B.P., & Shchepets, O.Y. (2008). Imitatsionnoe modelirovanie v enerhetike. B.M. Danilishin (Ed.). Kyiv: Naukova dumka [in Russian].
2. Li Chao. (2016). Modeli prohozuvannia spozhyvannia elektroenerhii v KNR na dovhostrokovu perspektyvu. *Visnyk ONU im. I.I. Mechnykova. Vol. 21, Vyp. 5(47)*, 26–32. URL: http://visnyk-onu.od.ua/journal/2016_21_5/06.pdf (Last accessed: 28.08.2018) [in Ukrainian].
3. Malyarenko, O.Ye., & Maistrenko, N.Yu. (2015). Forecasting fuel and energy consump-

tion levels taking into account energy saving potential in the context of structural changes in the economy. *Problemy Zahal'noi Enerhetyky – The Problems of General Energy*, 2(41), 5–22. [in Ukrainian, English]. <https://doi.org/10.15407/hge2015.02.005>.

4. Rozen, V.P., & Demchuk, Ya.M. (2016). Porivnialnyi analiz metodiv prohnozuvannya spozhyvannya elektroenerhii vyrobnychkykh system. *Visnyk Kryvorizkoho natsionalnoho universytetu. Zb. nauk. Prats, Vyp. 42*, 41–47. URL: <http://visnykknu.com.ua/wp-content/uploads/file/42/11.pdf> (Last accessed: 28.08.2018) [in Ukrainian].

5. Chernenko, P.O., & Martyniuk, O.V. (2008). Serednostrokovye dvorivneve prohnozuvannya elektrychnoho spozhyvannya enerhoobiednannya. *Visnyk Vinnytskoho politekhnichnoho instytutu*, 6, 77–81 [in Ukrainian].

6. Kulyk, M.M. (2014). Methods for adjusting predictive decisions. *Problemy Zahal'noi Enerhetyky - The Problems of General Energy*, 2(37), 5–12 [in Ukrainian].

7. Sas, D.P. (2013). Electricity demand forecasting using UP-DOWN method. *Problemy Zahal'noi Enerhetyky - The Problems of General Energy*, 3(34), 11–16 [in Ukrainian].

8. Aheieva, T.P. (2002). *Metodychni osnovy otsinky enerhozberezhennia ta prohnozuvannya enerhospozhyvannya v sferi zhytlovoho ta komunalno-pobutovoho obsluhovuvannya naselennia Ukrainy. Candidate's thesis*. Kiev: Instytut zahalnoi enerhetyky NAN Ukrainy [in Ukrainian].

9. Bilodid, V.D., & Derii, V.O. (2016). Estimate of the power of electric heat-generators for the district heating systems as regulators of the load of an electrical power system. *Problemy Zahal'noi Enerhetyky – The Problems of General Energy*, 4(47), 40–49 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/pge2016.04.040>.

10. Kulyk, M.M., Malyarenko, O.Ye., & Maistrenko, N. Yu. (2015). Dvoetapnyi metod prohnozuvannya perspektyvnoho popytu na enerhetychni resursy. *Enerhotekhnolohii i resursozberezhennia*, 5–6. 25–33 [in Ukrainian].

11. Kulyk, M.M., Malyarenko, O.Ye., Maistrenko, N.Yu., Stanytsina, & V.V., Spitkovskiy, A.I. (2017). Application of the method of complex forecasting for the determination of long-term demand for energy resources. *Problemy Zahal'noi Enerhetyky – The Problems of General Energy*, 1(48), 5–15 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/pge2017.01.005>.

12. Normy ta vkazivky po normuvanniu vytrat palyva ta teplovoi enerhii na opalennia zhyt-

lovykh ta hromadskykh sporud, a takozh na hospodarsko-pobutovi potreby v Ukraini: posibnyk ta dopovnennia. (2004). KTM 204 Ukrainy 244-94 [in Ukrainian].

13. Spitkovskiy, A.I., Malyarenko, O.Ye., Maistrenko, N.Yu., & Stanytsina, V.V. (2017). Use of the program «SPROS» for predicting the demand for energy resources. *Problemy Zahal'noi Enerhetyky – The Problems of General Energy*, 2 (49), 5–13 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/pge2017.02.005>.

UDC 622.338

Assessment of the state of coal industry in the temporarily occupied territories of Donbas / V.M. Makarov, M.O. Perov // The Problems of General Energy. – 2018. – Issue 3(54). – P. 16–22.

The war with Russia in the Ukrainian Donbas has significantly worsened the situation in domestic coal industry. In the occupied areas of Donbas, the coal industry in fact turned out in a catastrophic state, and the mines that are in state ownership suffered the most.

With regard to the rather high degree of uncertainty about the future of occupied territories of the Donbas, it should be recognized that this uncertainty is to some extent extrapolated to the prospects of development of the entire coal industry in Ukraine. Therefore, the purpose of this article is to analyze the current state of coal mining enterprises in the temporarily occupied territories of Donbas and to determine the potential of coal mining in Ukraine at the return of occupied territories under the control of Ukrainian authorities.

We analyze the state and prospects of development of mining enterprises of the coal industry, which are currently in the temporarily occupied territories of Donbas. The potential of coal mining in Ukraine up to 2040 at the return of occupied territories under the control of Ukrainian authorities is determined.

Total volumes of coal production will reach 100 million tons, including 25 million tons in the territory that is currently occupied. As compared with the preliminary forecasts of development of the coal industry for the period up to 2040, the additional losses of mining potential of the coal industry as a result of the occupation of a part of the Donbas areas are estimated as 15–20 million tons.

Keywords: coal industry, occupied territories, mining, forecast, potential.

References

1. Vuhilna promyslovist Ukrainy v umovah hibridnoi viiny. Analitichna zapyska. URL: <http://www.niss.gov.ua/articles/1890/> [in Ukrainian].
2. Z chem Ukraine Donbass? Neskolko argumentov «za». URL: <http://hvylya.org/analytics/economics/zchem-ukraine-donbass-neskolko-argumentov-za.html> [in Russian].
3. Zatverdzheno perelik okupovanyh naselelyh punktiv Donbasu. URL: <http://ua.racurs.ua/news/39072-zatverdzheno-perelik-okupovanyh-naselenykh-punktiv-donbasu> [in Ukrainian].
4. Gonchar, M., Chubik, A., & Ishuk, O. Hibridna viina v Skhidnii Yevropi. Nevoennyi vymir. Enerhetychnyi komponent. *Centr hlobalistiki «Stratehii XXI»*. URL: <http://geostrategy.org.ua> [in Ukrainian].
5. Kulyk, M.M., Horbulin, V.P., & Kyrylenko, O.V. (2017). Kontseptualni pidkhody do rozvytku enerhetyky Ukrainy (analitichni materialy). Kyiv: Institute of General Energy of NAS of Ukraine [in Ukrainian].
6. Donskii, D. Iz 94 shakht, dostavshihsia bo-evikam, rabotaet tolko 25. URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/donbass-realii/28976930.html> [in Russian].
7. Okolo 40 shakht Donbassa uzhe ne podlezhats ekspluatsii. *OBSE*. URL: <https://ru.tsn.ua/ukrayina/okolo-40-shakht-donbassa-uzhe-ne-podlezhat-ekspluatsii-obse-1050690.html> [in Russian].
8. Shakhty Donbassa tonut, sozdavaia riski ekologicheskoi i radioaktivnoi katastrofy v Ukraine i v Chernom more. URL: https://antikor.com.ua/articles/183446-shakhty_donbassa_tonut_sozdavaja_riski_ekologicheskij_i_radioaktivnoj_katastrofy_v_ukraine_i_v_cherno [in Russian].
9. Donbas znakhodytsia v kroci vid katastrofy. URL: <http://peace.org.ua/uk/donbas-znakhoditsya-v-kroci-vid-katast/> [in Ukrainian].

UDC 622.324:338.5

Experience of the development of USA gas producing industry / D.O. Yeger, I.Ch. Leshchenko // *Problems of General Energy*. – 2018. – Issue 3 (54). – P. 23–30.

We present a comparative analysis of the actual (2000–2017) and predicted parameters of the Energy Strategies of 2006 and 2013 on natural gas production in Ukraine. The time history of vol-

umes of natural gas production and consumption in the world and USA during 2000–2017 is investigated. The time history of volumes of traditional and non-conventional gas production in the USA is analyzed. The state of proven reserves of natural gas from different fields (gas and gas-condensate fields, oil fields, coal basins, shale rock, and tight sands) and the connection with the volume of its production are given. Specific features of the organization of hydrocarbons production in the USA, in particular, the small business activity in this industry, are explored.

It is proved that an important element of the US state policy on development of oil and gas industry is the implementation of tax preferences, the earliest of which is over 100 years old, while the newest one is just over 10. It has been shown that the present flexible system of tax preferences in the country makes it possible to profitably exploit fields and produce hydrocarbons, including natural gas from hard-to-recover reserves (shale rock and tight sands).

The time history of prices for natural gas and electricity for different categories of consumers in the USA during 2000–2017 is considered. The mutual influence of volumes of natural gas consumption, its production, and its prices as well as electricity prices for the main categories of consumers is analyzed.

The US experience, especially that concerning state incentives and support for the development of gas industry, should be taken into account in generating forecasts for the development of this industry in Ukraine and the directions for their execution.

Keywords: volumes of natural gas production, natural gas market, gas price, consumption volumes, proven reserves, tax preferences.

References

1. Pro skhvalennia Enerhetychnoi stratehii Ukrainy na period do 2030 roku: Rozporiadzhennia vid 15.03.2006 № 145-r. Kabinet Ministriv Ukrainy.
2. Pro skhvalennia Enerhetychnoi stratehii Ukrainy na period do 2030 roku: Rozporiadzhennia vid 24.07.2013 №1071-r. Kabinet Ministriv Ukrainy.
3. U.S. Energy information Administration. URL: <https://www.eia.gov/outlooks/ieo/> (Last accessed: 16.07.2018).
4. Natural GAS U.S. Energy Information Administration. URL: <https://www.eia.org/about/fags/naturalgas/> (Last accessed: 21.07.2018).

5. Energy Primer Handbook of Energy Market Basics November 2015. P. 32—34. The Energy Primer is a staff product and does not necessarily reflect the views of the Commission or any Commissioner. URL: <https://www.ferc.gov/market-oversight/guide/energy-primer.pdf> (Last accessed: 19.07.2018).
6. U.S. Energy Information Administration. URL: <https://www.eia.gov/naturalgas/data.php#prices> (Last accessed: 03.08.2018).
7. Gilbert E. Metcalf. The Impact of Removing Tax Preferences for U.S. Oil and Gas Production. The Council on Foreign Relations. August 2016. URL: https://www.cfr.org/sites/default/files/pdf/2016/07/Discussion_Paper_Metcalf_Tax_Preferences_OR.pdf (Last accessed: 07.08.2018).
8. Kasianchuk, S.V., Melnyk, L.P., & Kondrat, O.R. (2013). Osoblyvosti rozrobky pokladiv nestradytsiinoho hazu. *Naftohazova haluz Ukrainy*, 2, 38—43 [in Ukrainian].
9. U.S. Energy Information Administration. URL: <https://www.eia.gov/dnav/ng/hist/n9011us2a.htm> (Last accessed: 16.07.2018).
10. Sheikin, A.H., & Cherepovitsyn, A.E. (2014). Sistema hosudarstvennoi podderzhki maloho neftianoho biznesa za rubezhom. *Sovremennaiia ekonomika: problemy i resheniia*, 9(57), 38—47 [in Russian].
11. Gerasimov, I.S. (2017). Slantsevyi haz v mirovom enerhoobespechenii i interesy Rossii. *Extended abstract of candidate's thesis*. Moscow [in Russian].
12. U.S. Energy Information Administration. URL: https://www.eia.gov/electricity/sales_revenue_price/ (Last accessed: 01.08.2018).
13. U.S. Energy Information Administration. URL: <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=36652> (Last accessed: 02.08.2018).

UDC 621.311.661

Influence of dead band and speed of the regulator on frequency stabilization process in power system with powerful wind power plants and battery energy storage systems / O.V. Zgurovets // *The Problems of General Energy*. – 2018. – Issue 3 (54). – P. 31–35.

This paper describes the process of controlling the frequency and power in a system with a powerful wind power plant and a battery energy storage system, which can be used in combination to compensate changes in power and maintain frequency at a

given level with different values of the dead band and regulator speed. The study of process of regulating the frequency and power in a power system was carried out using mathematical modeling of the aggregated power system, which included, in addition to the wind power plant and battery energy storage system, thermal, nuclear and hydroelectric power plants, and taking into account losses and specified limits. The analysis of simulation results showed that the battery energy storage system, involved into the frequency and power control loop, reliably maintains the frequency in the system with its deviation not exceeding half the width of regulator's dead band. It is established that the accuracy of frequency control in the system depends on the controller speed. A threshold value of controller speed was found. It is shown that, with decrease in regulator speed below given threshold value, the frequency deviations go beyond the dead band. It was also determined that reducing the regulator response speed leads to a decrease in the accuracy of frequency control in proportion to the increase in the dead band.

Keywords: mathematical model, regulator dead band, integrated power system, wind power plant, battery energy storage system, frequency regulation, regulator speed.

References

1. Renewables 2018: Global Status Report. *REN21*. URL: http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2018/06/17-8652_GSR2018_FullReport_web_final_.pdf (Last accessed: 30.08.2018).
2. Vyznachennia hranychnykh obsiahiv, umov i rezhymiv vykorystannia vitrovkykh ta soniachnykh elektrostantsii u skladi obiednanoi enerhosystemy Ukrainy. (2015). *Zvit pro nauko-vo-doslidnu robotu. DR № 0113U004085*. K.: Instytut zahalnoi enerhetyky NAN Ukrainy, P. 26—30 [in Ukrainian].
3. Electricity and Energy Storage (Updated May 2018). *World Nuclear Assotiation*. URL: <http://www.world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/electricity-and-energy-storage.aspx> (Last accessed: 01.06.2018).
4. Kulyk, M.M., & Dryomin, I.V. (2010). Fundamentals of automatic frequency and power control system based on the controllable loads. *Problemy Zahal'noi Enerhetyky - The Problems of General Energy*, 1(21), 5—10 [in Ukrainian].
5. Kulyk, M.M., Dryomin, I.V., & Zgurovets, A.V. (2018). Investigation of the operating modes of

integrated power systems with powerful wind power plants and accumulator batteries. *Problemy Zahal'noi Enerhetyky — The Problems of General Energy*, 2(53), 15—20 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/pge2018.02.015>

6. Batareia Tesla stabilizirovala enerhohet Avstralii, kohda otkazala uholnaia TES. URL: https://elektrovesti.net/58153_batareya-tesla-stabilizirovala-energoset-avstralii-kogda-otkazala-ugolnaya-tes (Last accessed: 01.08.2018).

UDC 620.92

Determination of the efficiency of electric power production by nuclear power plants using the methodology of full energy costs. Part 2. Energy costs for nuclear fuel / V.D. Bilodid // The Problems of General Energy. – 2018. – Issue 3(54). – 3(54). – P. 36–41.

We present the results of determination of the efficiency of electric energy generation by nuclear power plants with WWER-1000 reactors according to the methodology of full energy expenditures. The methodology for determining the efficiency of technologies was published earlier. In part 1 of the article, which was published in the 2nd issue of “The Problems of General Energy” for 2018, we give the results of calculations of the full energy costs for the construction of nuclear power plants. Part 2 presents the results of calculations of energy expenditure for obtaining nuclear fuel, which is necessary for the operation of NPP during its lifetime. It is shown that the full energy costs of nuclear fuel for an NPP unit with WWER-1000 reactors during 40 years of operation under the option of invariance of policy of the NBU of Ukraine regarding exchange rates are set at 18.6 PJ; the same costs at the rate of hryvnia in terms of the parity of purchasing power of US dollar are determined in the amount of 5.0 PJ.

Part 3 envisions the coverage of questions on energy costs for NPP operation, costs for its decommissioning, and determination of the final efficiency of power generation at NPPs. Part 3 will be published in the following issues of collection.

Keywords: nuclear power plant, full energy costs, efficiency of power generation, energy costs for nuclear fuel.

References

1. Bilodid, V.D. (2018). Determination of the efficiency of electric power production

by nuclear power plants using the methodology of full energy costs. Part 1. Energy costs for construction. *Problemy Zahal'noi Enerhetyky — The Problems of General Energy*, 2(53), 36—44 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/pge2018.02.036>.

2. Bilodid, V.D. (2017). Total energy costs for electricity produced by power objects. *Problemy Zahal'noi Enerhetyky — The Problems of General Energy*, 3(50), 23—32 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/pge2017.03.023>

3. Dementev, B.A. (1984). Yadernye enerhetycheskie reaktory: Uch. dlia vuzov. M.: Enerhoatomizdat, 280 p. [in Russian].

4. Ekonomika yadernoho toplyvnoho tsikla. (1998). Perevod otcheta MEA «The Economics of the Nuclear Fuel Cycle / Les Aspectes Economiques du Cycle du Combustible Nucleaire. Copyright OECD 1994». M.: Inform-Atom, 141 p. (Last accessed: 24.07.2018).

5. Uranium 2016: Resources, Production and Demand. A Joint Report by the Nuclear Energy Agency and the International Atomic Energy Agency. OECD 2016 NEA No. 7301, 550 p. URL: www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2016/7301-uranium-2016.pdf (Last accessed: 24.07.2018).

6. Tanhaev, I.A. (1986). Enerhoemkost protsessov dobychi i pererabotki poleznykh iskopayemykh. M.: Nedra, 231 p.

7. World Nuclear Association. Economics of Nuclear Power. URL: www.world-nuclear.org/information-library/.../economics-of-nuclear-power.aspx.

8. Investirovanie v Uran_5-5. indd. 7/3/2013. URL: <http://www.oecd-nea.org/ndd/reports/2012/system-effects-exec-sum.pdf> [in Russian].

9. Maskalevych, I. (2018). Uran promizhnogo podilu. *Dzerkalo tyzhnia*, 24—25, 23 chervnia—6 lypnia [in Ukrainian].

10. Minenerhouhlia prohnoziruuet rost proizvodstva uranovoho kontsentrata v 2017 hodu na 22%. URL: https://biz.censor.net.ua/news/3021519/minenergouglya_prognoziruuet_rost_proizvodstva_uranovogo_kontsentrata_v_2017_godu_na_22 [in Russian].

11. Tarnavskiy, A.B. (2013). Suchasni perspektivy stvorennia yaderno-palyvnoho tsykladu v Ukraini. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy*, V.23 №15. 133—141 [in Ukrainian].

12. Enriched uranium. URL: <http://en.academic.ru/dic.nsf/enwiki/23491>.

13. Maskalevych, I. (2018). Atomna peredisto(e)riia. *Dzerkalo tyzhnia*, 28, 21 lypnia-10 serpnia [in Ukrainian].

UDC 621.311

Evaluation of the effectiveness of the introduction of combined-cycle and circulating fluidized bed technologies at TPPs in Ukraine / L.A. Kesova, V.S. Kobernik, I.S. Sokolovska // *The Problems of General energy*. – 2018. – Issue 3(54). – P. 42–47.

At present, various technologies for the production of electric and heat energy are being developed and actively implemented in the world in accordance with international requirements for efficiency, economy and ecological performance. At the same time, the main attention in construction, reconstruction and modernization of power plants is given to the use of high-efficiency energy technologies for coal combustion and gasification. This paper analyzes world experience in the implementation of combined-cycle and circulating fluidized bed technologies: combined-cycle plants (CCP) with coal gasification (with flue gas desulphurization and denitrification), combustion in atmospheric and pressurized (CFB), CCP with combustion in bubbling fluidized bed under pressure, and natural gas-fired CCP in comparison with pulverized coal combustion with flue gas desulphurization and denitrification. For the new construction and reconstruction of TPP in Ukraine that burn Ukrainian coal and ensure the achievement of modern emission standards for the main pollutants, a software-and-information complex has been developed at the Institute of General Energy of the NAS of Ukraine, and a feasibility study has been carried out with comparing the average prime cost of electricity for the life cycle for advanced technologies. Our study shows that the lowest prime costs are in the case of coal combustion by the atmospheric or pressurized CFB technologies. At present, due to the high prime cost of electricity for the life cycle, the considered energy technologies are not yet competitive for the energy sector of Ukraine, although the country has a full cycle of development and production of industrial gas turbines. Combined-cycle technology is still not widely used in Ukraine. Ukrainian industry has not yet formed the necessary infrastructure for the production of CCP of high capacity, but about 80–85% of CCP equipment can be manufactured at domestic enterprises. Taking into account the high ecological performance and problems of CO₂ utilization, which must be solved in the next 10-15 years, CCP and CFB

technologies can be competitive for the energy sector of Ukraine in the future, and it is advisable to introduce them.

Keywords: thermal power plant, combined-cycle plant, circulating fluidized bed, prime cost of electric energy, technology, life cycle.

References

1. Maystrenko, O.Yu. (2010). Suchasni tekhnologii spaliuvannia ta hazyfikatsii vuhillia v enerhetytsi. Prezentatsiya dopovidi na zasidanni Viddilennya fizyko-tekhnichnykh problem enerhetyky NAN Ukrainy. 25.10.2010 [in Ukrainian].
2. Karp, I.M., & Smikhula, A.V. (2017). Proekt kontseptsii modernizatsii teplovoi enerhetyky Ukrainy. *Enerhetyka ta elektryfikatsia*, 3, 8–9 [in Ukrainian].
3. Enerhetika TES i AES. URL: <http://tesiaes.ru/> (Last accessed: 01.06.2018) [in Russian].
4. Rozvytok investytsiino-innovatsiinoi diialnosti u svitovii enerhetychnii sferi. (2016). Kyiv: VP NTTSE DP «NEK «Ukrenerho», Vyp. 4, 86 p. [in Ukrainian].
5. Beer, M., Meinecke, G., & Reissig, M. One power plant, two business partners and three world records: the “Fortuna” combined-cycle unit at Düsseldorf’s Lausward Power Station. URL: www.siemens.com/powerplants.
6. Breaking the Power Plant Efficiency Record. GE & EDF unveil a game-changer at Bouchain. URL: <https://www.ge.com/power/about/insights/articles/2016/04/power-plant-efficiency-record> (Last accessed: 04.09.2018).
7. GE Power. Powering A New Record At EDF. 9HA.01 Sets. Efficiency World Record. GEA32885 August 2016. 8 p. URL: gepower.com
8. Projected Costs of Generating Electricity. – Nuclear energy agency. International energy agency, 2010. — 230 p.
9. Dubovskoy, S.V., & Kobernik, V.S. (2013). Technical and economic evaluation of promising environmental conservation technologies in the thermal power engineering of Ukraine. *Problemy zahal'noyi enerhetyky – The Problems of General Energy*, 2, 49–56 [in Ukrainian].
10. 80% antratsytu v Ukrainu postachaiut z Rosii. URL: <https://ua-energy.org/uk/posts/80-antratsytu-v-ukrainu-postachaiut-z-rosii> (Last accessed: 01.06.2018) [in Ukrainian].
11. Tsiny hazu dlia spozhyvachiv, prodazh/postachannia Kompanieiu pryrodnoho hazu ya-

kym pidpadae pid diu Polozhennia pro PSO (z 16.03.2018). *Naftohaz*. URL: <http://www.naftogaz.com/www/3/nakweb.nsf/0/A5A89CE9AE00B6BDC2257FA9003BEA22?OpenDocument&Expand=1> (Last accessed: 01.06.2018) [in Ukrainian].

12. Pytoma teplota zhoryannia deiakykh rechovyn. URL: <https://fizmat.7mile.net/Tablichni-dani/pitoma-teplota-zgorannya-deyakikh-rechovin.html> (Last accessed: 01.06.2018) [in Ukrainian].

13. Kurs valyut NBU. URL: <https://finance.i.ua/mbu/?d=1&m=7&y=2018> (Last accessed: 01.06.2018) [in Ukrainian].

14. Takashi Nakamura, Keiji Makino, Kunihiro Shibata, & Michiaki Harada. (2013). Forecast of Advanced Technology for Coal Power Generation towards the year of 2050 in CO₂ reduction model of Japan. *Energy Procedia*, 37, 7557—7564.

15. DP NVKH «Zorya»-«Mashproekt». URL: <http://zmturbines.com/special-development-for-power/cogeneration-units/> (Last accessed: 01.06.2018) [in Ukrainian].

16. VAT «Motor-Sich». URL: <http://www.motorsich.com/ukr/products/land/seriyay/> (Last accessed: 01.06.2018) [in Ukrainian].

17. PAT «Sumske NVO». URL: <http://snpo.ua/uk/produksiya/ustatkuvannya-energetichne-energetichni-gazoturbinni-ustanovki-2/> (Last accessed: 01.06.2018) [in Ukrainian].

18. Gazoturbinniaia elektrostantsiia na PAO «Kievskii KBK». URL: <http://etp.dp.ua/proektirovanie/realizovannye-proekty/gazoturbinniaia-elektrostantsiia-na-oao-kievskii-kbk> (Last accessed: 01.06.2018) [in Russian].

UDC 536.7

Determination of the economical efficiency of schemes of thermochemical recuperation for heat engines / O. A. Shraiber // *The Problems of General Energy*. – 2018. – Issue 3(54). – P. 48–53.

On the example of gas-turbine plants, we have considered the principal and constructive schemes of thermochemical recuperation for the utilization of secondary energy resources, namely, the enthalpy of exhaust gases. We have developed methods of the calculation of thermodynamic and heat-transfer characteristics of these schemes. We have carried out wide numerical investigations of the technical-and-economical

parameters of schemes of thermochemical recuperation and determined their dependences on temperature conditions. We have established that the pay-back period is usually equal to several months, and, hence, thermochemical recuperation is a high-efficiency variant of the utilization of secondary energy resources.

Keywords: thermochemical recuperation, reforming, gas-turbine plant, heat transfer, technical-and-economical characteristics, pay-back period.

References

1. Shraiber, O.A. (2013). Use of thermal secondary energy resources by the method of thermochemical recuperation. A method for the calculation of a gas-turbine plant. *Problemy Zahal'noi Enerhetyky — The Problems of General Energy*, 3(34), 47—51 [in Ukrainian].
2. Shraiber, O.A., & Yatsenko, V.P. (2013). Use of thermal secondary energy resources by the method of thermochemical recuperation in a reciprocating internal combustion engine. *Problemy Zahal'noi Enerhetyky — The Problems of General Energy*, 4(35), 47—51 [in Ukrainian].
3. Yatsenko, V.P., & Shraiber, O.A. (2014). Use of the heat of the exhaust gases of industrial furnaces by the method of thermochemical recuperation. *Problemy Zahal'noi Enerhetyky — The Problems of General Energy*, 1(36), 19—23 [in Ukrainian].
4. Shraiber, O.A. (2015). Determination of the optimal conditions of implementing the process of thermochemical recuperation for using the heat of exhaust gases of a gas-turbine plant. *Problemy Zahal'noi Enerhetyky — The Problems of General Energy*, 3(42), 36—42 [in Ukrainian, English]. <https://doi.org/10.15407/pge2015.03.036>.
5. Shraiber, O.A., & Antonets, I.V. (2017). A method for calculating the dynamics of the process of natural gas reforming. *Problemy Zahal'noi Enerhetyky — The Problems of General Energy*, 2(49), 65—74 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/pge2017.02.065>.
6. Isachenko, V.P., Osipova, V.A., & Sukomel, A.S. (1969). *Teploperedacha*. M.: Enerhiia, 440 p.
7. Kuznetsov, N.V., Mitor, V.V., Dubovskii, I.E., & Karasina, E.S. (Ed.). (1973). *Teplovoi raschet kotelnykh ahrehatov*. Normativnyi metod. M.: Enerhiia, 296 p.

UDC 621.31

Features of the joint operation of district heating systems and electric heat generators in the control of load on the UPS of Ukraine / V. Derii // *The Problems of General Energy*. – 2018. – Issue 3(54). – P. 54–59.

We analyze the modes of joint operation of electric heat generators intended for regulating load on the United Power System of Ukraine during its «nightly depressions» and district heating systems. The analytical dependences of changes in time of the electric and thermal power of electric heat generators and traditional boilers of the heat sources of heat supply systems during their joint work are obtained. Features of their joint work in the heating and non-heating periods are considered.

Keywords: United Power System of Ukraine, schedule of electrical loads, nightly depression, power, electricity, electric heat generators, district heating system, thermal energy.

References

1. Derii, V.O., & Zgurovets, O.V. (2017). Investigation of the schedules of electrical loads of power system for determining the possibilities of their improvement by using electric heat-generators. *Problemy Zahal'noi Enerhetyky – The Problems of General Energy*, 4(51), 52–60 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/pge2017.04.052>.
2. Plan rozvytku Obiednanoi enerhetychnoi systemy Ukrainy na 2017–2026 roky. URL: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2016/12/Proekt-Planu-rozvytku-OES-Ukrayiny-na-2017-2026-oky.pdf/> (Last accessed: 08.08.2017) [in Ukrainian].

3. Kulyk, M.M. (2014). Comparative Analysis of Technical and Economic Features of Kaniv PPS and a Suite of Load-Controlled Consumers for Following Electrical Load Curves. *Problemy Zahal'noi Enerhetyky – The Problems of General Energy*, 4(39), 5–10 [in Ukrainian].
4. Kulyk, M.M. (2015). Techno-Economic Aspects of Using Consumers-Controllers in Automatic Frequency and Power Control Systems. *Problemy Zahal'noi Enerhetyky – The Problems of General Energy*, 1(40), 20–28 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/pge2015.01.020>.
5. SOU–N EE YaEK 04.156:2009. Osnovni vymohy shchodo rehuliuвання chastyoty ta potuzhnosti v OES Ukrainy. Nastanova. URL: <https://drive.google.com/file/d/0BwZR8kgLwyBtbzlpTXp3dFR0d0U/view> (Last accessed: 08.08.2017) [in Ukrainian].
6. Yandulskyi, O.S. (2010). Avtomatychne rehuliuвання chastyoty ta peretokiv aktyvnoi potuzhnosti venerhosystemakh: Navchalnyi posibnyk. K.: NTUU «KPI» [in Ukrainian].
7. Malyarenko, V.A., & Shcherbak, I.E. (2013). Analiz proizvodstva i potrebleniia elektroenerhii v obedinennoi enerhosisteme Ukrainy. URL: http://elib.altstu.ru/elib/books/Files/pv2013_04_2/pdf/125malarenko.pdf [in Russian].
8. Shaflyk, V. (2010). Sovremennyye systemy hariachoho vodosnabzheniya. K., 314 p. [in Russian].
9. Derii, V.O., & Levchuk, A.P. (2016). Actual potential of the maneuvering power of the Ukrainian CHP with introduced electrothermal regulators. *Problemy Zahal'noi Enerhetyky – The Problems of General Energy*, 3(46), 19–27 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/pge2016.03.019>.
10. Derii, V.O. (2016). Analiz teplovykh mer-ezh STsT Ukrainy. *Enerhetyka ta elektryfikatsiia*, 6, 21–26 [in Ukrainian].