

УДК 004.942:620.9

Балансово-оптимізаційна модель паливозабезпечення теплової енергетики на основі мережного подання варіантів роботи електричних станцій / Каплін М.І., Білан Т.Р. // Проблеми загальної енергетики. – 2018. – Вип. 2(53). – С. 5—14.

Запропоновано мережне подання економіко-математичної моделі вибору варіантів паливозабезпечення теплової енергетики за обмежених обсягів постачання окремих видів вугільного палива. Розглянуто варіанти змін інтенсивностей використання встановленої потужності електричних станцій, можливості їх переобладнання на альтернативні види палива. Наведено потокову структуру ланцюгів постачання вугілля різних марочних груп та відповідних способів генерування електричної енергії. Для цієї структури пояснено властивості частково-цілочисельної задачі лінійного програмування, що забезпечують «перемикання» ланцюгів паливозабезпечення залежно від потреби на електричну енергію, наявності необхідних обсягів палива відповідного виду.

У мережному поданні варіантів паливозабезпечення та функціонування ТЕС і ТЕЦ показано можливості формування паливного балансу теплової енергетики в умовах структурних змін у видобувних галузях, викликаних тимчасовою окупацією частини території країни.

Наведено результати розрахунків прогнозних обсягів постачання вугілля в теплову енергетику, включно з обсягами його імпортування, у 2020 та 2025 рр. при здійсненні запланованих на цей період заходів з переобладнання частини генеруючих потужностей на споживання газового вугілля, а також вугільних сумішей різних марочних груп.

Ключові слова: тепла енергетика, паливозабезпечення електростанції, мережна модель, антрацитне вугілля.

УДК 621.311.661

Дослідження режимів роботи об'єднаних енергосистем з потужними вітровими електростанціями та акумуляторними батареями / М.М. Кулик, І.В. Дрьомін, О.В. Згуровець // Проблеми загальної енергетики. – 2018. – Вип. 2(53). – С. 15—20.

Розроблено та апробовано математичну модель процесів регулювання частоти і потужності в об'єднаних енергосистемах з вітровими електростанціями та акумуляторними батареями, яка

надає можливість аналізу режимів регулювання енергосистеми та формування найбільш ефективних законів регулювання.

Встановлено, що введення у структуру генеруючих потужностей об'єднаних енергосистем вітрових електростанцій (ВЕС) великої потужності може призвести до недопустимих відхилень частоти в системі.

Доведено, що стабілізація частоти і потужності в об'єднаних енергосистемах (ОЕС) із потужними ВЕС у їх складі може бути забезпечена шляхом введення в структуру ОЕС акумуляторних батарей з потужністю, що є співставною зі встановленою потужністю ВЕС.

Результати моделювання режимів зазначених енергосистем показали, що точність регулювання частоти і потужності в них досягається вищою за точність, що є нормативною для енергосистеми Євросоюзу ENTSO-E.

Ключові слова: математична модель, об'єднана енергосистема, вітрова електростанція, акумуляторна батарея, регулювання, точність.

УДК 620.9 : 66.012.3

Прогнозна потреба у паливно-енергетичних ресурсах у виробництві деяких видів енергоємної хімічної продукції / В.В. Станиціна // Проблеми загальної енергетики. – 2018. – Вип. 2(53). – С. 21—27.

Наведено огляд стану деяких енергоємних виробництв хімічної промисловості – аміаку, азотних добрив, каустичної соди; зібрано та верифіковано вихідні дані по обсягах виробництва та питомих витратах на виробництво продукції. Розроблено прогнози випуску продукції за розглянутими тенденціями та оцінено технологічні потенціали енергозбереження. Обчислено прогнозний попит на енергетичні ресурси (паливо, теплову та електричну енергію) на 2020—2040 рр. для обраних видів продукції.

Загальний обсяг енергозбереження, розрахований для зазначеної хімічної продукції, на кінцевий рік прогнозного періоду (2040 рік) складає: палива – 902,1 тис. т у. п., електроенергії – 1072,3 млн кВт·год і теплоенергії – 843,4 тис. Гкал.

Ключові слова: прогноз, паливно-енергетичні ресурси, азотні добрива, хімічна продукція

УДК 621.311.183

Застосування системного аналізу в сфері поводження з радіоактивними відходами / С.І. Аза-

ров, В.Л. Сидоренко, О.С. Задунай // Проблеми загальної енергетики. – 2018. – Вип. 2(52). – С. 28—35.

Обґрунтовано доцільність застосування прикладного системного аналізу для дослідження поводження з радіоактивними відходами в Україні. Адаптовано процедури аналізу. Визначено послідовність його проведення. Приведено системно-структурну ідентифікацію радіаційно небезпечних об'єктів. Визначено групи параметрів для моделювання та здійснено добір даних для їх обчислення.

Ключові слова: системний аналіз, радіаційно небезпечний об'єкт, радіоактивні відходи, АЕС.

УДК 620.92

Визначення ефективності вироблення електричної енергії атомними електростанціями за методологією повних енергетичних витрат. Частина 1. Витрати енергії на будівництво / В.Д. Білодід // Проблеми загальної енергетики. – 2018. – Вип. 2(53). – С. 36—44.

Стаття присвячена визначенню ефективності вироблення електричної енергії атомними електростанціями з реакторами ВВЕР-1000 за методологією повних енергетичних витрат. Методика визначення ефективності технологій за цією методологією була опублікована раніше. В частині 1 визначено повні енергетичні витрати на будівництво АЕС. Визначено основні показники енергоємності створення об'єктів АЕС з реакторами ВВЕР-1000, серед яких: питома енергоємність спорудження енергоблоку АЕС – 246 ГДж/кВт за варіантом незмінності політики Національного банку України і середній інфляції гривні 6% на рік та 140 ГДж/кВт при курсі гривні за значенням прогнозного паритету купівельної спроможності. Питома енергоємність крупної АЕС – 220 (125) ГДж/кВт. Отримані результати дозволять оцінити енергетичну ефективність АЕС за методологією визначення повних енергетичних витрат.

В частині 2 будуть оприлюднені розрахунки щодо витрат енергії на ядерне паливо. В частині 3 передбачено висвітлення питань щодо витрат енергії на експлуатацію АЕС впродовж 40 років, витрати на її ліквідацію та визначення остаточної ефективності вироблення електроенергії на АЕС. Частина 2 та 3 будуть опубліковані в наступних номерах збірника.

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

УДК 621.311:006.07

Удосконалення нормативного забезпечення щодо теплових насосів як механізм імплементації європейських директив / І.С. Соколовська // Проблеми загальної енергетики. – 2018. – Вип. 2(53). – С. 45—50.

Розглянуто чинні європейські Директиви 2009/28/ЕС, 2009/125/ЕС, 2010/30/ЄС, 2010/31/ЕУ, відповідні їм Регламенти та інші нормативно-правові документи, а також міжнародні стандарти щодо теплових насосів, наявність яких підтверджує широкомасштабне практичне застосування теплових насосів у світі. Показано ступінь їх впровадження в Україні. Визначено необхідність активного впровадження в Україні національних стандартів щодо теплових насосів, гармонізованих з міжнародними, що сприятиме імплементації зазначених європейських Директив та відповідних Регламентів.

Ключові слова: теплові насоси, Директиви 2009/28/ЕС, 2009/125/ЕС, 2010/30/ЄС, 2010/31/ЕУ, стандарти, гармонізація.

УДК 622.23

Напрями модернізації вуглепереробної промисловості на базі прогресивних технологій збагачення вугілля / М.О. Перов, В.М. Макаров, І.Ю. Новицький // Проблеми загальної енергетики. – 2018. – Вип. 2(53). – С. 51—59.

Визначено заходи з удосконалення технологій збагачення, напрями впровадження технологічного обладнання на збагачувальних фабриках України, зроблена оцінка очікуваних обсягів випуску вугільного концентрату для енергетики та коксохімічної промисловості. За результатами розрахунків визначено варіанти ефективних технологій та оптимальної комплектації обладнання для впровадження на збагачувальних фабриках України за умови досягнення ними максимальних обсягів випуску вугільного концентрату, згідно прогнозним обсягам видобутку вугілля в 2030 р. Впровадження ефективних технологій збагачення у переробку вугілля дозволяє підвищити вихід концентрату на 5–6%, при цьому зольність концентрату для енергетики і коксування знижується на 3,2% та 1,4% відповідно.

Ключові слова: вуглепереробна промисловість, модернізація, збагачення вугілля, технологія, напрями впровадження.

УД 621.165

Підвищення ефективності роботи ТЕЦ із застосуванням маловитратних технологій / Л.О. Кесова, В.В. Горський // Проблеми загальної енергетики. – 2018. – Вип. 2(53). – С. 60—64.

Формування систем теплопостачання пов'язано з рішенням проблем щодо зміни структури теплогенеруючих джерел з виходом на більш високі техніко-економічні показники тобто рішення задачі по синтезу побудови систем теплопостачання по всьому ланцюгу – від виробництва тепла до його споживання. У світовому досвіді виробництво електроенергії на ТЕЦ складає близько 9%, та впевнено зростає.

Однак в Україні ТЕЦ розвиваються повільно, їх обладнання застаріле, не відповідає сучасним екологічним та економічним вимогам і потребує реконструкції, модернізації або повної заміни, також присутній спад виробництва енергоємних підприємств привів до зниження споживання технологічної пари з промислових відборів турбін, тобто до недовиробітку електричної та теплової енергії.

Враховуючи зношеність механізмів і відсутність засобів переустаткування енергетичного обладнання, потрібні маловитратні технології підвищення потужності та економічності опалювальних і промислових ТЕЦ. До таких технологій модернізації відносяться варіанти з мінімальними капіталовкладеннями, позитивним економічним ефектом та поверненням коштів менш ніж за 1 рік.

Ключові слова: теплоенергетика, теплоелектроцентрально, теплогенерація, централізація, маловитратні технології.

УДК 621.165.62-192

Особливості продовження експлуатації роторів високого та середнього тиску турбіни К-200-130 Луганської ТЕС / О.Ю. Черноусенко, Д.В. Риндюк, В.А. Пешко // Проблеми загальної енергетики. – 2018. – Вип. 2(53). – С. 65—70.

У ДТЕК «Енерго» є значна кількість енергоблоків, які відпрацювали парковий ресурс на

сьогоднішній день, серед них енергоблок № 9 ДТЕК «Луганська ТЕС» потужністю 200 МВт з паровими турбінами К-200-130. Виникає необхідність прийняття рішення про подальшу експлуатацію. Проведено оцінку залишкового ресурсу на базі 3D-просторових аналогів для РВТ і РСТ парової турбіни К-200-130 потужністю 200 МВт блоків № 9 ДТЕК «Луганська ТЕС» з експериментально отриманими коефіцієнтами запасу міцності металу і урахуванням реальних умов експлуатації згідно даних пошкоджуваності, отриманих за результатами обстеження стану металу енергетичного устаткування. Розглянуто рекомендації щодо повторного продовження терміну експлуатації високотемпературного енергетичного обладнання.

Ключові слова: коефіцієнт запасу міцності, ротор середнього тиску, ротор високого тиску, статична пошкоджуваність, циклічна пошкоджуваність, залишковий ресурс, малоциклова втома, довготривала міцність.

УДК 621.039

Концепція з управління запасами безпеки енергоблоків атомних станцій / С.В. Клевцов // Проблеми загальної енергетики. – 2018. – Вип. 2(53). – С. 71—76.

На сьогодні існує тільки один підхід прийняття рішень з безпеки АЕС, що базується на імовірнісній оцінці. Тем не менше, безпека АЕС як і раніше обґрунтовується детерміністично. Для усунення даного протиріччя розроблена концепція управління безпекою на підставі детерміністичного аналізу, для чого вимірюються запаси безпеки, які зіставляються з детерміністичними критеріями безпеки для прийняття обґрунтованого рішення. Методологія рекомендується для застосування в регулюючій діяльності, при проектуванні і експлуатації АЕС.

Ключові слова: дефіцит безпеки, граничне значення дефіциту безпеки, безрозмірне значення запасу безпеки, профіль безпеки, управління запасами безпеки.

УДК 004.942:620.9

Балансово-оптимизационная модель топливообеспечения тепловой энергетики на основе сетевого представления вариантов работы электрических станций / Н.И. Каплин, Т.Р. Белан // Проблемы общей энергетики. – 2018. – Вып. 2(53). – С. 5—14.

Предложено сетевое представление экономико-математической модели выбора вариантов топливообеспечения тепловой энергетики при ограниченных объемах поставок отдельных видов угольного топлива. Рассмотрены варианты изменений интенсивностей использования установленной мощности электрических станций, возможности их переоборудования на альтернативные виды топлива. Приведена потоковая структура цепей поставок угля различных марочных групп и соответствующих способов генерирования электрической энергии. Для этой структуры разъяснены свойства частично-целочисленной задачи линейного программирования, обеспечивающие «переключения» цепей топливообеспечения в зависимости от потребности в электрической энергии, наличия необходимых объемов топлива соответствующего вида. В сетевом представлении вариантов топливообеспечения и функционирования ТЭС и ТЭЦ показаны возможности формирования топливного баланса тепловой энергетики в условиях структурных изменений в добывающих отраслях, вызванных временной оккупацией части территории страны.

Приведены результаты расчетов прогнозных объемов поставок угля в тепловую энергетику, включая объемы его импорта, в 2020 и 2025 гг. при осуществлении запланированных на этот период мероприятий по переоборудованию части генерирующих мощностей на потребление газового угля, а также угольных смесей различных марочных групп.

Ключевые слова: тепловая энергетика, топливообеспечение электростанций, сетевая модель, антрацитовый уголь.

УДК 621.311.661

Исследование режимов работы объединенных энергосистем с мощными ветровыми электростанциями и аккумуляторными батареями / М.Н. Кулик, И.В. Дрёмин, А.В. Згуровец // Проблемы общей энергетики. – 2018. – Вып. 2(53). – С. 15—20.

Разработана и апробирована математическая модель процессов регулирования частоты и мощно-

сти в объединенных энергосистемах с ветровыми электростанциями и аккумуляторными батареями, которая предоставляет возможность анализа режимов регулирования энергосистемы и формирования наиболее эффективных законов регулирования.

Установлено, что введение в структуру генерирующих мощностей объединенных энергосистем ветровых электростанций (ВЭС) большой мощности может привести к недопустимым отклонениям частоты в системе.

Доказано, что стабилизация частоты и мощности в объединенных энергосистемах (ОЭС) с мощными ВЭС в их составе может быть обеспечена путем введения в структуру ОЭС аккумуляторных батарей с мощностью, сопоставимой с установленной мощностью ВЭС.

Результаты моделирования режимов указанных энергосистем показали, что точность регулирования частоты и мощности в них достигается выше точности, которая является нормативной для энергосистемы Евросоюза ENTSO-E.

Ключевые слова: математическая модель, объединенная энергосистема, ветровая электростанция, аккумуляторная батарея, регулирование, точность.

УДК 620.9 : 66.012.3

Прогнозная потребность в топливно-энергетических ресурсах в производстве некоторых видов энергоемкой химической продукции / В.В. Станицына // Проблемы общей энергетики. – 2018. – Вып. 2(53). – С. 21—27.

Приведен обзор состояния некоторых энергоемких производств химической промышленности – аммиака, азотных удобрений, каустической соды; собрано и верифицировано исходные данные по объемам производства и удельных затратах на производство продукции. Разработаны прогнозы выпуска продукции по рассмотренным тенденциям и оценены технологические потенциалы энергосбережения. Определен прогнозный спрос на энергетические ресурсы (топливо, тепловую и электрическую энергию) на 2020–2040 гг. для выбранных видов продукции.

Общий объем энергосбережения, рассчитанный для указанной химической продукции, на конечный год прогнозного периода (2040 г.) составляет: топлива – 902,1 тыс. т у. т., электроэнергии – 1072,3 млн кВт·ч и теплоэнергии – 843,4 тыс. Гкал.

Ключевые слова: прогноз, топливно-энергетические ресурсы, азотные удобрения, химическая продукция.

УДК 621.311.183

Применение системного анализа в сфере обращения с радиоактивными отходами / С.И. Азаров, В.Л. Сидоренко, А.С. Задунай // Проблемы общей энергетики. – 2018. – Вып. 2(53). – С. 28—35.

Обоснована целесообразность применения прикладного системного анализа для исследования. Определена последовательность его проведения. Приведена системно-структурная идентификация радиационно-опасных объектов. Определены группы параметров для моделирования и осуществлен подбор данных для их вычисления.

Ключевые слова: системный анализ, радиационно-опасный объект, радиоактивные отходы, АЭС.

УДК 620.92

Определение эффективности производства электрической энергии атомными электростанциями с использованием методологии полных энергетических затрат. Часть 1. Затраты энергии на строительство / В.Д. Белодед // Проблемы общей энергетики. – 2018. – № 2(53). – С. 36—44.

Приведены результаты исследования определения 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 определены полные энергетические затраты на строительство АЭС. Определены основные показатели энергоёмкости создания объектов АЭС с реакторами ВВЭР-1000, среди которых: удельная энергоёмкость сооружения энергоблока АЭС – 246 ГДж/кВт по варианту неизменности политики Национального банка Украины и средней инфляции гривны 6% в год и 140 ГДж/кВт при курсе гривны по значению прогнозного паритета покупательной способности. Удельная энергоёмкость крупной АЭС – 220 (125) ГДж/кВт. Полученные результаты позволят оценить энергетическую эффективность АЭС по методологии определения полных энергетических затрат.

В части 2 будут обнародованы расчеты по затратам энергии на ядерное топливо. В части 3 предусмотрено освещение вопросов затрат энергии на эксплуатацию АЭС в течение 40 лет, затраты на ее ликвидацию и определения окончательной эф-

фективности выработки электроэнергии на АЭС. Части 2 и 3 будут опубликованы в следующих номерах сборника.

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

УДК 621.311:006.07

Совершенствование нормативного обеспечения, касающегося тепловых насосов, как механизм имплементации европейских директив / И.С. Соколовская // Проблемы общей энергетики. – 2018. – Вып. 2(53). – С. 45—50.

Рассмотрены действующие европейские Директивы 2009/28/ЕС, 2009/125/ЕС, 2010/30/ЕС, 2010/31/EU, соответствующие им Регламенты и другие нормативно-правовые документы, а также международные стандарты, касающиеся тепловых насосов, наличие которых подтверждает широко-масштабное практическое применение тепловых насосов в мире. Показана степень их внедрения в Украине. Определена необходимость активного внедрения в Украине национальных стандартов по тепловым насосам, гармонизированных с международными, что будет способствовать имплементации указанных европейских Директив и соответствующих Регламентов.

Ключевые слова: тепловые насосы, Директивы 2009/28/ЕС, 2009/125/ЕС, 2010/30/ЕС, 2010/31/EU, стандарты, гармонизация.

УДК 622.23

Направления модернизации углеперерабатывающей промышленности на базе прогрессивных технологий обогащения угля / Н.А. Перов, В.М. Макаров, И.Ю. Новицкий // Проблемы общей энергетики. – 2018. – Вып. 2(53). – С. 51—59.

Определены мероприятия по усовершенствованию технологий обогащения, направления внедрения технологического оборудования на обогатительных фабриках Украины, сделана оценка ожидаемых объемов выпуска угольного концентрата для энергетики и коксохимической промышленности. По результатам расчетов определены варианты эффективных технологий и оптимальной комплектации оборудования для внедрения на обогатительных фабриках Украины при условии достижения ими максимальных объемов выпуска угольного концентрата, согласно

прогноznым объемам добычи угля в 2030 г. Внедрение эффективных технологий обогащения в переработку угля позволяет повысить выход концентрата на 5–6%, при этом зольность концентрата для энергетики и коксования уменьшается на 3,2% и 1,4% соответственно.

Ключевые слова: углеперерабатывающая промышленность, модернизация, обогащение угля, технология, направления внедрения.

УД 621.165

Повышение эффективности работы ТЭЦ с использованием малозатратных технологий / Л.А. Кесова, В.В. Горский // Проблемы общей энергетики. – 2018. – Вып. 2(53). – С. 60—64.

Формирование систем теплоснабжения связано с решением проблем по изменению структуры теплогенерирующих источников с выходом на более высокие технико-экономические показатели есть решение задачи по синтезу построения систем теплоснабжения по всей цепи – от производства тепла до его потребления. В мировом опыте производство электроэнергии на ТЭЦ составляет около 9%, и уверенно растет.

Однако в Украине ТЭЦ развиваются медленно, их оборудование устаревшее, не отвечает современным экологическим и экономическим требованиям и нуждается в реконструкции, модернизации или полной замены, также присутствует спад производства энергоемких предприятий привел к снижению потребления технологического пара из промышленных отборов турбин, то есть до невыработке электрической и тепловой энергии.

Учитывая изношенность механизмов и отсутствие средств переоборудование энергетического оборудования, нужны малозатратные технологии повышения мощности и экономичности отопительных и промышленных ТЭЦ. К таким технологиям модернизации относятся варианты с минимальными капиталовложениями, положительным экономическим эффектом и возвратом средств менее чем за 1 год.

Ключевые слова: теплоэнергетика, теплоэлектроцентраль, теплогенерация, централизация, малозатратные технологии.

УДК 621.165.62-192

Особенности продления эксплуатации роторов высокого и среднего давления турбины К-200-130 Луганской ТЭС / О.Ю. Черноусенко,

Д.В. Рындюк, В.А. Пешко // Проблемы общей энергетики. – 2018. – Вып. 2(53). – С. 65—70.

В ДТЭК «Энерго» есть значительное количество энергоблоков, которые отработали парковый ресурс на сегодняшний день, среди них энергоблок № 9 ДТЭК «Луганская ТЭС» мощностью 200 МВт с паровыми турбинами К-200-130. Возникает необходимость принятия решения о дальнейшей эксплуатации. Проведена оценка остаточного ресурса на базе 3D-пространственных аналогов для РВД и РСД паровой турбины К-200-130 мощностью 200 МВт блоков № 9 ДТЭК «Луганская ТЭС» с экспериментально полученными коэффициентами запаса прочности металла и учетом реальных условий эксплуатации согласно данных поврежденности, полученных по результатам обследования состояния металла энергетического оборудования. Рассмотрены рекомендации по повторному продлению срока эксплуатации высокотемпературного энергетического оборудования.

Ключевые слова: коэффициенты запаса прочности, ротор среднего давления, ротор высокого давления, статическая поврежденность, циклическая поврежденность, остаточный ресурс, малоцикловая усталость, длительная прочность.

УДК 621.039

Концепция методологии управления запасами безопасности энергоблоков атомных станций / С.В. Клевцов // Проблемы общей энергетики. – 2018. – Вып. 2(53). – С. 71—76.

В настоящее время существует единственный общепринятый подход принятия решений по безопасности АЭС, основанный на вероятностной оценке. Тем не менее, безопасность АЭС по-прежнему обосновывается детерминистически. Для устранения данного противоречия разработана концепция управления безопасностью на основании детерминистического анализа, для чего измеряются запасы безопасности, которые сопоставляются с детерминистическими критериями безопасности для принятия обоснованного решения. Методология рекомендуется для применения в регулирующей деятельности, при проектировании и эксплуатации АЭС.

Ключевые слова: дефицит безопасности, предельное значение дефицита безопасности, безразмерное значение запаса безопасности, профиль безопасности, управление запасами безопасности.

UDC 004.942:620.9

The balance and optimization model of thermal power sector fuel supply on the basis of network representation of electricity plant operation variants / M.I.Kaplin, T.R. Bilan // *The Problems of General Energy*. – 2018. – Issue 2(53). – P. 5—14.

A network presentation of the economic-mathematical model of the choice of fuel supply options for thermal power is proposed with limited volumes of supplies of certain types of coal fuel. Variants of changes in the intensity of use of the installed capacity of electric power stations, the possibility of their conversion to alternative fuels are considered. The stream structure of supply chains of coal of various brand groups and corresponding ways of generation of electric energy is given. For this structure, the properties of the partially integer linear programming problem are explained, providing «switching» of the fuel supply chains depending on the need for electrical energy, the availability of the necessary volumes of fuel of the corresponding type.

In the network presentation of fuel supply options and the functioning of TPPs and CHPPs, it is shown that the fuel balance of thermal power can be formed in conditions of structural changes in the extractive industries caused by the temporary occupation of part of the country's territory.

The results of calculations of the predicted volumes of coal supplies to thermal power engineering, including the volumes of its import, are given in 2020 and 2025 when implementing measures planned for this period to convert part of the generating facilities to gas coal consumption, as well as coal mixes of different brand groups.

Keywords: thermal power sector, power plant fuel supply, network model, anthracite coal.

References

1. Kantorovich, L.V. (1939). *Matematicheskie metody orhanizatsii i planirovaniia proizvodstva*. Leningrad: Izd-vo LHU [in Russian].
2. Koopmans, T.C. (1951). *Analysis of production as an efficient combination of activities. Activity analysis of production and allocation* (Cowles Commission Monograph No 13). New York: Wiley, 1951. 33—97 [in English].
3. Dobrovolskii, V.K., Stohnii, O.V., Kostuk, V.O., & Kaplin, M.I. (2013). *Ekonomiko-*

matematychno modeliuвання enerhetychnykh system. Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian].

4. Weijermars, Ruud, Taylor, Peter, Bahn, Olivier, Ranjan Das, Subir, & Wei, Yi-Ming. *Review of models and actors in energy mix optimization e can leader visions and decisions align with optimum model strategies for our future energy systems?* URL: <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:5fd0ed2d-6f44-4e64-9988-a15b612e9997/datastream/OBJ/view> [in English].

5. Podolets, R.Z., & Diachuk, O.A. (2011). *Stratehychne planuvannya u palyvno-enerhetychnomu kompleksi na bazi modeli "Times-Ukraina"*: naukova dopovid: NAN Ukrainy: Instytut ekonomiky ta prohnozuvannya. Kyiv [in Ukrainian].

6. Kaplin, M.I. (2015). *Optyimizatsiia systemy palyvozabezpechennia ya osnovy merezhnoho podannia modufikovanoi modeli vyrobnychoho typu: avtoreferat dysertatsii ... kandydata technychnykh nauk*. Kyiv [in Ukrainian].

7. Bilan, T.R., & Kaplin, M.I. (2016). *Modeling of energy coal supply by rank for country's economy at world market conditions and domestic mining decrease. Problemy Zahal'noi Enerhetyky - The Problems of General Energy, 2(45)*. 16—25 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/pge2016.02.016>.

8. Bilan, T.R., & Kaplin, M.I. (2016). *Ekonomiko-matematychna model postachannia enerhetychnoho vuhillia za markamy v krainu z urakhuvanniam vymoh enerhetychnoi bezpeky. International Scientific-Practical Conference Innovative potential of socio-economic systems: the challenges of the global world: Conference Proceedings, Part II, June 30, 2016*. Lisbon: Baltija Publishing. 161—164.

UDC 621.311.661

Investigation of the operating modes of integrated power systems with powerful wind power plants and accumulator batteries / M.M. Kulyk, I.V. Dryomin, A.V. Zgurovets // *The Problems of General Energy*. – 2018. – Issue 2(53). – P. 15—20.

We developed and verified a mathematical model for the processes of frequency and power control in integrated power systems (IPSS) with wind power plants (WPPs) and accumulator batteries (ABs), which provides an opportunity to analyze the regimes of energy

system regulation and formation of the most efficient control laws. It was established that the introduction of high-power WPPs into the structure of generating powers of IPSs can lead to unacceptable frequency deviations in the system.

It was proved that the stabilization of frequency and power in IPSs with powerful WPPs in their composition can be ensured by introducing ABs with a capacity comparable to the installed capacity of WPPs into the IPSs structure. The results of simulation of the modes of these power systems showed that the accuracy of frequency and power regulation in them can be achieved by an accuracy that is higher than normative accuracy for the ENTSO-E power system of the European Union.

Keywords: mathematical model, integrated power system, wind power plant, accumulator battery, regulation, accuracy.

References

1. Electricity and Energy Storage (Updated May 2018). *World Nuclear Association*. URL: <http://www.world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/electricity-and-energy-storage.aspx> (Last accessed: 01.06.2018).
2. Vyznachennia hranychnykh obsiahiv, umov i rezhymiv vykorystannia vitrovykh ta soniachnykh elektrostantsii u skladi obiednanoi enerhosystemy Ukrainy. (2015). Zvit pronaukovo-doslidnu robotu. DR № 0113U004085. K.: Instytut zahalnoi enerhetyky NAN Ukrainy,. S. 26—30.
3. Kulyk, M.M., & Dryomin, I.V. (2013). General-purpose model of frequency and capacity regulation in united power systems. *Problemy Zahal'noi Enerhetyky - The Problems of General Energy*, 4(35). 5—15 [in Ukrainian].
4. Kulyk, M.M., & Dryomin, I.V. (2015). Generalized mathematical model and features of adaptive automatic frequency and power control systems. *Problemy Zahal'noi Enerhetyky - The Problems of General Energy*, 4(43). 14—23 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/pge2015.04.014>
5. Kolesnykov, A. (2012). Chto takoe veter? URL: <http://al-kolesnikov.livejournal.com/17152.html> (Last accessed: 01.06.2018).
6. Kulyk, M.M., & Dryomin, I.V. (2013). Discrete Fourier transform application for wind speed simulation. *Problemy Zahal'noi Enerhetyky - The Problems of General Energy*, 3 (34). 5—10 [in Ukrainian].

UDC 620.9 : 66.012.3

Projected demand for fuel and energy resources in the fabrication of some types of energy-intensive chemical products / V.V. Stanytsina // *The Problems of General Energy*. – 2018. – Issue 2(53). – P. 21—27.

We give a review of the state of some energy-intensive productions of chemical industry, namely, of ammonia, nitrogen fertilizers, and caustic soda. We also collected and verified initial data on production volumes and costs per unit of products. Projections of production are developed according to the considered tendencies and the technological potentials of energy saving are estimated. The forecasted demand for energy resources (fuel, thermal and electric energy) for 2020—2040 for the selected types of products is calculated.

The total amount of energy saving, calculated for the specified chemical production, for the final year of forecasted period (2040) is: fuel – 902.1 thousand tons of coal equivalent, electricity – 1072.3 million kWh, and heat energy – 843.4 thousand Gcal.

Keywords: forecast, fuel and energy resources, nitrogen fertilizers, chemical products.

References

1. 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>.
2. Malyarenko, O.Ye. (2016). Methodical approach to determining the predictive structure of the consumption of primary fuel. *Problemy Zahal'noi Enerhetyky - The Problems of General Energy*, 3(46), 28—39. [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/pge2016.03.028>.
3. Dlia vidnovlennia vitchyznianoï promyslovosti neobhidno stvoryty specializovane ministerstvo, pidtrymaty vitchyznianoho vyrobnyka ta stymuliuvaty vidnovlennia promyslovoho vyrobnytsva. *Sait Profesiinoï spilky pratsivnykiv khimichnoi ta naftokhimichnoi haluzei promyslovosti*. 30.05.2016. URL: http://www.profchim.kiev.ua/index.php?subaction=showfull&id=1464600215&archive=&start_from=&ucat=& [in Ukrainian].
4. Svitovi tsiny na azotni dobryva znyzhattsia na

27–38%. *Forbes-Ukraina*. 1 zhovtnia 2016. URL: <http://forbes.net.ua/ua/news/1423279-svitovici-ni-na-azotni-dobri-va-znizyatsya-na-27-38> [in Ukrainian].

5. Khimicheskaja promyshlennost Ukrainy: pochemu prostavaiut zavody i kto potrebliaet udobreniia. *Delo*. 30 lystopada 2016. URL: https://delo.ua/business/himicheskaja-promyshlennost-ukrainy-pochemu-prostavaiut-zavody-325582/?supdated_new=1504952306 [in Russian].

6. Defitsit mineralnykh udobrenii: prichiny i posledstviia dlia APK Ukrainy. *latifundist*. Glavnyi sait ob agrobiznese. 3 kvitija 2017. URL: <http://latifundist.com/blog/read/1749-defitsit-mineralnyh-udobrenij-prichiny-i-posledstviya-dlya-apk-ukrainy> [in Russian].

7. Obzor rynku udobrenii Ukrainy. *InVenture*. 23.02.2016. URL: <https://inventure.com.ua/analytics/investments/obzor-rynka-udobrenij-ukrainy> [in Russian].

8. Khimicheskaja promyshlennost Ukrainy: pochemu prostavaiut zavody i kto potrebliaet udobreniia. *Delo*. 30 lystopada 2016. URL: https://delo.ua/business/himicheskaja-promyshlennost-ukrainy-pochemu-prostavaiut-zavody-325582/?supdated_new=1504952306 [in Russian].

9. Potreblenie udobrenii v Ukraine v 2017 hodu uvelichitsia 8-10%. *Podrobnosti*. 8 chervnia 2016. URL: <http://podrobnosti.ua/2112604-potreblenija-udobrenij-v-ukraine-v-2017-godu-uvelichitsja-8-10.html> [in Russian].

10. Poshliny protiv importa v Ukrainu karbamida i KAS vstupili v silu. (2017). *Infoindustriia*. URL: <http://infoindustria.com.ua/poshliny-protiv-importa-v-ukrainu-karbamida-i-kas-vstupili-v-silu/> [in Russian].

11. Stratehichni napriamy rozvytku silskoho gospodarstva Ukraïny na period do 2020 roku /za red. Ju.O. Lupenka, V.Ja. Mesel-Veseliaka. K.: NNC “IAE”, 2012. 182 s. URL: <http://agroua.net/docs/strateg.pdf> [in Ukrainian].

12. Proekt spilnogo vprovadzhennia «Skorochennia vykydiv parnykovykh haziv vnaslidok modernizatsii vyrobnychyh potuzhnosti TOV «Karpatsnaftokhim». Proektno-tekhnicna dokumentaciia. (2012). K.: TOV «KT-Enerhiia» [in Ukrainian].

13. Jastrubskiy, M.Ja., & Kuznetsov, Ja.V. (2012). Khimicna promyslovist ta ii rol u rozvytku ahrarnoho vyrobnytstva Ukrainy: rehionalnyi, natsionalnyi i mizhnarodnyi aspekty. *Zbirnyk naukovykh prats VNAU*, 3(69). Tom 2, 256—260. URL: <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/6283.pdf> [in Ukrainian].

14. Khlor i kaustik. Sostoianie proizvodstva i potrebleniia v Ukraine. (2016). *Evrazijskij himicheskij rynek*, 137 (02). URL: <http://www.chem-market.info/ru/home/article/4011/> [in Russian].

15. Mordiushenko, O. (2017). Kiev zashchishchaetsia ot rossiiskoi sody. *Kommersant*. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/3235949> [in Russian].

UDC 621.311.183

Application of systems analysis in the field of management of radioactive waste / S.I. Azarov, V.L. Sydorenko, O.S. Zadunay // The Problems of General Energy. – 2018. – Issue 2(53). – P. 28—35.

We substantiated the expediency of using applied systems analysis to study the management of radioactive waste in Ukraine. We adapted the procedures of such analysis and determined the succession of its performing. We present the systemic and structural identification of radiationally dangerous facilities. We also determined the groups of parameters for modeling and defined selected data for their calculation.

Key words: systems analysis, radiationally dangerous facilities, radioactive waste, nuclear power plant.

References

1. On Handling Radioactive Wastes. Verkhovna Rada of Ukraine; Law on June 30, 1995 № 255/95-BP. *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy* on July 4, 1995, № 27 [in Ukrainian].
2. Kontseptsii obrashcheniia s radioaktivnymi otkhodami Ukrainy. (1993). Kiev. 485 p. [in Russian].
3. Pro skhvalennia Stratehii povodzhennia z radioaktyvnymy vidkhodamy v Ukraini: Rozporiadzhennia vid 19 serpnia 2009 r. № 990-r. Kabinet Ministriv Ukrainy. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/990-2009-%D1%80> (Last accessed: 07.03.2017) [in Ukrainian].
4. Pro Zahalnodержavnu tsilovu ekolohicnu prohramu povodzhennia z radioaktyvnymy vidkhodamy: Zakon Ukrainy vid 17 veresnia 2008 r. № 516-VI. *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy*. 2009. № 5. St. 130. [in Ukrainian].
5. Pro vykorystannia yadernoi enerhii ta radiatsiinu bezpeku: Zakon Ukrainy vid 8 liutoho 1995 r.

- № 39/95-VR. *Verkhovna Rada Ukrainy*. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/39/95-%D0%B2%D1%80> (Last accessed: 07.03.2017) [in Ukrainian].
6. Pro dozvilnu diialnist u sferi vykorystannia yadernoi enerhii: Zakon Ukrainy vid 11 sichnia 2000 r. № 1370-XIV. Verkhovna Rada Ukrainy. *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy*. 2000. № 9. St. 68.
7. Pro tsyvilnu vidpovidalnist za yadernu shkodu ta yii finansove zabezpechennia: Zakon Ukrainy vid 13 hrudnia 2001 r. № 2893-III. Verkhovna Rada Ukrainy. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2893-14> [in Ukrainian].
8. Zvit z povodzhennia z RAV u DP NAEK «Enerhoatom» za 2014 rik. Derzhavne pidpriemstvo «Natsionalna enerhoheneruiucha kompaniia «Enerhoatom»». Kyiv, 2015. 87 p. [in Ukrainian].
9. Kompleksna prohrama povodzhennia z radioaktyvnymi vidkhodamy u DP «NAEK «Enerhoatom» na period 2012–2016 rr.: PM-D.0.18.174–12. Derzhavne pidpriemstvo «Natsionalna enerhoheneruiucha kompaniia «Enerhoatom»». Kyiv, 2012. 100 p. [in Ukrainian].
10. Zaitov, V. (2002). Promyshlennyi kompleks po pererabotke tverdykh radioaktivnykh otkhodov ChAES (PKOTRO ChAES): promezhutochnyi otchet po analizu bezopasnosti ustanovki izvlecheniia tverdykh otkhodov i zavoda po pererabotke tverdykh radioaktivnykh otkhodov. Hl. 1. Obshchyi svedeniia. Institut podderzhki ekspluatatsii AES, 447 p. [in Russian].
11. Shcherbin, V.; Rudko V.; & Batii, V. et al. Zavod po pererabotke zhydkikh radioaktivnykh otkhodov: otchet po analizu bezopasnosti. Okonchatelnaia redaktsiia 3. Chernobylskaia AES. 361 p. [in Russian].
12. Hryhorash, O.V., Dybach, O.M., Kondratiev S.M. et al. (2017). Pytannia yadernoi ta radiatsiinoi bezpeky tsentralizovanoho skhovyshcha vidpratovanoho yadernoho palyva AES Ukrainy. *Yaderna ta radiatsiina bezpeka*, 3(75), 3–10 [in Ukrainian].
13. Assistance to the Ministries and Organizations Responsible for Radwaste Management in Ukraine: U.04.01/09A, Peine, DBE Technology, 2016, CDROM [in Russian].
14. Shestopalov, V.M. [Ed.]. (2008). Razrabotka natsionalnoi stratehii i kontseptsii obrashcheniia s radioaktivnymi otkhodamy v Ukraine, vkluchaia stratehiiu obrashcheniia s radioaktivnymi otkhodami NAEK «Enerhoatom»: proekt TACIS U4.03/4. T. 1. K.: Promin, 500 p. [in Russian].
15. Concepts for Radioactive Waste Disposal in Ukraine: U.04.01/09B, Peine, DBE Technology, 2017, CDROM [in Russian].
16. Azarov, S.I., Sydorenko, V.L., & Lytvynov, Yu.V. (2012). Issues of Preventing Illicit Management of Radioactive Materials in Ukraine. *Nuclear & Radiation Safety*, 2(54), 23–29 [in Ukrainian].
17. Predisposal Management of Radioactive Waste: Safety Standards. Vienna: IAEA, 2010. 67 p. (IAEA General Safety Requirements, № GSR, Part 5).
18. Disposal of Radioactive Waste: Safety Standards. Vienna: IAEA, 2011. 83 p. (IAEA, Specific Safety Requirements, NSSR-5).
19. Classification of Radioactive Waste Safety Standards. Vienna: IAEA, 2009. 68 p. (General Safety Guide. IAEA, № GSG-1).
20. Sharapov, O.D., Terekhov, L.M., & Sidniev, S.P.(1983). Systemnyi analiz. K.: Vyshcha shkola, 234 p. [in Ukrainian].
21. Zghurovskiy, M.Z., & Pankratova, N.D. (2011). Sistemnyi analiz. Problemy, metodolohiia, prilozheniia: monohrafiia. K.: Naukova dumka, 726 p. [in Russian].

UDC 620.92

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 / V.D. Bilodid // The Problems of general energy. – 2018. – Issue 2(53). – P.36–44.

The results of a study on the determination of the efficiency of electric power generation by nuclear power plants with VVER-1000 reactors based on the full energy cost methodology are presented. The methodology for determining the effectiveness of technology using this methodology was published earlier. Part 1 defines the total energy costs for the construction of nuclear power plants. The main indicators of the energy intensity of the construction of nuclear power plants with VVER-1000 reactors are determined, among which: the specific energy intensity of the NPP unit construction is 246 GJ / kW provided that the policy of National Bank of Ukraine is invariable, and the average hryvnia inflation is 6% /yr, or it is 140 GJ/kW at the hryvnia rate corresponding to the predicted parity of purchasing power of US dollar. The specific energy intensity of a large nuclear power plant is 220 or 125 GJ/kW for the Same two variants. The obtained results will allow to estimate the NPP energy efficiency by the methodology of determining the total energy costs. In Part 2, calculations will be made on the energy costs for nuclear fuel. Part 3 provides coverage of en-

ergy costs for NPP operation for 40 years, the costs of its elimination and the determination of the final efficiency of electricity generation at nuclear power plants. Parts 2 and 3 will be published in the next issue of the collection.

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

References

1. 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>.
2. Enerhetychna stratehiia Ukrainy na period do 2035 roku «Bezpeka, enerhoefektyvnist, konkurentospromozhnist». Skhvalena rozporiadzhenniam Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 18 serpnia 2017 r. № 605-r. [in Ukrainian].
3. Kulyk, M.M., Horbulin, V.P., & Kyrylenko, O.V. (2017). Kontseptualni pidkhody do rozvytku enerhetyky Ukrainy (analytychni materialy). Kyiv: Institute of General Energy of NAS of Ukraine [in Ukrainian].
4. Turchyn, N.Ya., Aheev, H.S., & Alekseev Y.A. et al. (1985). Stroytelstvo teplovykh i atomnykh elektrostantsii: spravochnik stroytelia. V 2-kh vol. Vol. 1 [pod red. P.S. Neporozhneho]. 3-e izd., pererab. i dop. M.: Stroiizdat [in Russian].
5. VVER-1000. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%92%D0%95%D0%A0-1000>
6. Marhulova, T.Kh. (1974). Atomnye elektricheskie stantsii: ucheb. dlia VUZ-ov. Izd. 2-e, pererab. i dopoln. Moscow: Vysshaya shkola, 359 p. [in Russian].
7. Key World Energy Statistics 2016. Paris: IEA, 2016. 80 p.
8. The Economics of Nuclear Power. *World Nuclear Association*. URL: <http://www.worldnuclear.org/info/Economic-Aspects/Economics-of-Nuclear-Power>.
9. Rishennia Kolehii Ministerstva palyva ta enerhetyky Ukrainy vid 07.04.2004 №3.3 [in Ukrainian].
10. Pro skhvalennia tekhniko-ekonomichnoho obgruntuvannia budivnytstva enerhobloktiv № 3 i 4 Khmelnytskoi atomnoi elektrostantsii: Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 04.07.2012 №498-r. [in Ukrainian].
11. Volkov, D. P., Aleshin, N.Y., Krikun V.Ya., & Rynskov, O.E. (1998). Stroitelnye mashyny:

ucheb. dlia vuzov. Pod red. D.P. Volkova. Moscow: Vysshaya shkola, 319 p. [in Russian].

12. HOST R 51750-2001. Metodika opredeleniia enerhoemkosti pri proizvodstve produkt-sii i okazanii usluh v tekhnolohyeheskikh enerhetycheskikh sistemakh: [Deistvuet s 2002.01.01]. URL: http://www.elec.ru/library/gosts_e01/gost_r_51750-2001/ [in Russian].
13. Sbezhenie teplovoi i elektricheskoi enerhii pri proizvodstve betona i zhelezobetona. URL: <http://www.nestor.minsk.by/sn/2001/17/sn11708.html> [in Russian].
14. DSTU B V.2.7-43-96. Betony vazhki. Tekhnichni umovy. URL: <http://beton.dp.ua/pdf/2-7-43-96.pdf> [in Ukrainian].
15. Raskhod armatury na kub betona. URL: <http://stroibeton.com/%D0%B1%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%BD/%D1%80%D0%B0%D1%81%D1%85%D0%BE%D0%B4%D0%B0%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D1%8B%D0%BD%D0%B0%D0%BA%D1%83%D0%B1%D0%B1%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%BD%D0%B0> [in Russian].
16. Perspektivy snizheniia enerhoemkosti staleplavilnoho proizvodstva na metallurhicheskikh mini zavodakh. URL: <http://steeltimes.ru/books/steelmaking/minizavod/15/15.php> [in Russian].
17. Hnidy, M.V. (Nauk. ker.). (2006). Otsinka enerhoefektyvnosti eksportno-importnoi diialnosti v haluziakh promyslovosti Ukrainy: Zvit pro NDR. DR № 0104U003064. Kyiv: Institute of General Energy of NAS of Ukraine. 75 p. [in Ukrainian].
18. Shaliahin H.L., Poloz, V.N., & Klykov, M.S. (1998). Proektirovanie proizvodstva montazhnykh robot. Part 1. Opredelenie obemov robot i vybor montazhnykh sredstv. Khabarovsk: Ministerstvo putei soobshcheniia Rossiiskoi Federatsii, Dalnevostochnyi hosudarstvennyi universytet putei soobshcheniia. 48 p. [in Russian].
19. Statystychni shchorichnyky Ukrainy za 2005-2015 rr. Kyiv: Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy [in Ukrainian].
20. Serednia zarplata v Yevrosoiuzi — 244 hryvni za hodynu. URL: <http://vkurse.ua/ua/economics/srednyaya-zarplata-v-evrosoyuze.html> [in Ukrainian].
21. Obsheche ustroistvo reaktornoho otdeleniia s reaktorom VVER-1000. URL: <http://ecoatominf.ru/ustr-rost-aehs/obsh-ustr-reak-otde-reak-vveh.html> [in Russian].
22. Podatkovyi kodeks Ukrainy vid 2 hrudnia 2010 roku № 2755-VI. (2011). *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy*, 13-17, st.112 [in Ukrainian].

UDC 621.311:006.07

Improvement of normative provisions for heat pumps as a mechanism for the implementation of European directives / I.S. Sokolovska // *The Problems of General Energy*. – 2018. – Issue 2(53). – P. 45—50.

We consider the currently in force European Directives 2009/28/EC, 2009/125/EC, 2010/30/EC, and 2010/31/EU, Regulations and other normative documents corresponding to them as well as international standards for heat pumps, the presence of which confirms large-scale practical application of heat pumps in the world. We show the degree of their introduction in Ukraine. We also determine the necessity of active introduction of the national standards for heat pumps harmonized with the international ones in Ukraine. It will favor the implementation of mentioned European Directives and corresponding Regulations.

Keywords: heat pumps, Directives 2009/28/EC, 2009/125/EC, 2010/30/EC, 2010/31/EU, standards, harmonization.

References

1. Heat pumps at the heart of the Energy Union. EHPA position on the Energy Union package. URL: http://www.ehpa.org/homepage/?eID=dam_frontend_push&docID=2393.
2. Matsevity, Yu.M., Chirkin, N.B. & Klepanda, A.S. (2014). About the use of heat pumps in the world and what holds back their large-scale implementation in Ukraine. *Energy saving, power engineering, energy audit*, 2 (120), 1—17 [in Russian].
3. Heat pumps today. (2016). *Informatsionnyi bulletin. 1* [in Russian].
4. Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC. O.J.EC L 140 of 5.06.2009. URL: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:02009L0028-20151005>.
5. Commission Decision 2007/742/EC of 9 November 2007 establishing the ecological criteria for the award of the Community eco-label to electrically driven, gas driven or gas absorption heat pumps (notified under document number C(2007) 5492). O.J.EC L 301/14 of 20.11.2007.
6. Commission Decision 2014/314/EU of 28 May 2014 establishing the criteria for the award of the

EU Ecolabel for water-based heaters (C(2014) 3452). O.J.EC L 164/83 of 3.6.2014.

7. Commission decision 2013/114/EU of 1 March 2013 establishing the guidelines for Member States on calculating renewable energy from heat pumps from different heat pump technologies pursuant to Article 5 of Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council (C(2013) 1082). O.J.EC L 62/27 of 6.3.2013.

8. Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for energy-related products. OJ L 285, 31.10.2009, p. 10–35. URL: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32009L0125>.

9. COMMISSION REGULATION (EU) No 813/2013 of 2 August 2013 implementing Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for space heaters and combination heaters. O.J.EC L 239/136 of 6.9.2013.

10. COMMISSION REGULATION (EU) No 814/2013 of 2 August 2013 implementing Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for water heaters and hot water storage tanks. O.J.EC L 239/162 of 6.9.2013.

11. Directive 2010/30/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the indication by labelling and standard product information of the consumption of energy and other resources by energy-related products. O.J.EC L 153/1 of 18.6.2010

12. Allington, M. (2015). Directive 2009/125/EC of ecodesign is a powerful instrument for the achievement of energy efficiency aims in the EU. *VII International investment business-forum on energy efficiency and renewable energy*. Kyiv, November 13, 2015. URL: www.inogate.org [in Ukrainian].

13. COMMISSION DELEGATED REGULATION (EU) No 811/2013 of 18 February 2013 supplementing Directive 2010/30/EU of the European Parliament and of the Council with regard to the energy labelling of space heaters, combination heaters, packages of space heater, temperature control and solar device and packages of combination heater, temperature control and solar device. O.J.EC L 239/83 of 6.9.2013.

14. COMMISSION DELEGATED REGULATION (EU) No 812/2013 of 18 February 2013 supplementing Directive 2010/30/EU of the Eu-

European Parliament and of the Council with regard to the energy labelling of water heaters, hot water storage tanks and packages of water heater and solar device. O.J.EC L 239/83 of 6.9.2013.

15. 2014/C 207/02. Commission communication in the framework of the implementation of Commission Regulation (EU) No 813/2013 implementing Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for space heaters and combination heaters and of Commission Delegated Regulation (EU) No 811/2013 supplementing Directive 2010/30/EU of the European Parliament and of the Council with regard to the energy labelling of space heaters, combination heaters, packages of space heater, temperature control and solar device and packages of combination heater, temperature control and solar device. O.J.EC C 207/2 of 3.7.2014.

16. 2014/C 207/03. Commission communication in the framework of the implementation of Commission Regulation (EU) No 814/2013 implementing Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for water heaters and hot water storage tanks and of Commission Delegated Regulation (EU) No 812/2013 supplementing Directive 2010/30/EU of the European Parliament and of the Council with regard to the energy labelling of water heaters, hot water storage tanks and packages of water heater and solar device. O.J.EC C 207/3 of 3.7.2014.

17. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings. *OJ L 153, 18.6.2010, p. 13–35*. URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/2010/31/oj>.

18. Guidelines accompanying Commission Delegated Regulation (EU) No 244/2012 of 16 January 2012 supplementing Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings by establishing a comparative methodology framework for calculating cost-optimal levels of minimum energy performance requirements for buildings and building elements, OJ C 115, 19.4.2012, p. 1–28.

19. Regulation (EC) No 1005/2009 of the European Parliament and of the Council of 16 September 2009 on substances that deplete the ozone layer. O.J.EC L 286/1 of 31.10.2009.

20. Regulation (EU) No 517/2014 of the European Parliament and of the Council of 16 April 2014 on

fluorinated greenhouse gases and repealing Regulation (EC) No 842/2006. URL: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R0517&from=EN>.

21. COMMISSION IMPLEMENTING REGULATION (EU) 2015/2067 of 17 November 2015 establishing, pursuant to Regulation (EU) No 517/2014 of the European Parliament and of the Council, minimum requirements and the conditions for mutual recognition for the certification of natural persons as regards stationary refrigeration, air conditioning and heat pump equipment, and refrigeration units of refrigerated trucks and trailers, containing fluorinated greenhouse gases and for the certification of companies as regards stationary refrigeration, air conditioning and heat pump equipment, containing fluorinated greenhouse gases. O.J.EC L 301/28 of 18.11.2015.

22. COMMISSION IMPLEMENTING REGULATION (EU) 2015/2068 of 17 November 2015 establishing, pursuant to Regulation (EU) No 517/2014 of the European Parliament and of the Council, the format of labels for products and equipment containing fluorinated greenhouse gases. O.J.EC L 301/39 of 18.11.2015.

23. Commission Regulation (EC) No 1516/2007 establishing pursuant to Regulation (EC) No 842/2006, standard leakage checking requirements for stationary refrigerating system, air conditioning and heat pump equipment containing certain fluorinated greenhouse Gases. The European Parliament and of the Council, 2007. O.J.EC L № 335/10 of 20.12.2007.

24. Commission Implementing Regulation (EU) 2015/2065 of 17 November 2015 establishing, pursuant to Regulation (EU) No 517/2014 of the European Parliament and of the Council, the format for notification of the training and certification programmes of the Member States. O.J.EC L 301/14 of 18.11.2015.

25. On Alternative Energy Sources: The Law of Ukraine No. 555-IV of February 20, 2003. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/555-15> [in Ukrainian].

26. On Amendments to the Law of Ukraine “On Heat Supply “on Stimulation of the Production of Thermal Energy from Alternative Energy Sources: The Law of Ukraine. URL: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/JH3CE00V.html [in Ukrainian].

27. On Energy Efficiency of Buildings: The Law of Ukraine. *Vidomosti Verkhovnoi Rady (VVR)*. 2017, No. 33, 359 p. [in Ukrainian].

UDC 622.23

Directions of the modernization of coal processing industry on the basis of advanced coal preparation technologies / M.O. Perov, V.M. Makarov, I.Yu. Novytskyi // *The Problems of General Energy*. – 2018. – Issue 2(53). – P. 51—59.

We have determined measures to improve the coal preparation technologies and directions of the introduction of technological equipment at the coal preparation plants of Ukraine as well as estimated the expected volumes of coal concentrate for power and coking industry. By results of, we defined options of efficient technologies and optimal equipment for implementation at the coal preparation plants of Ukraine provided that they reach the maximum volumes of coal concentrate output, corresponding to the forecast volume of coal production in 2030. The implementation of efficient preparation technologies in coal processing can increase the concentrate output by 5–6%, and the ash content of concentrate for power and coking industries will decrease by 3.2% and 1.4%, respectively.

Keywords: coal processing industry, modernization, coal preparation, technology, implementation directions.

References

1. Litvinov, V.G. & Litvinova, N.F. (2003). Novaia tekhnolohiia obohashcheniia uhlei. *Uhol Ukrainy – Coal of Ukraine*, 7, 41—43 [in Russian].
2. OOO “Kompaniia “Ugol-Treid”. (2003). Novyie tekhnolohii v obohashcheniia uglia. *Uhol – Coal*, 10, 26—27 [in Russian].
3. Anisimov, N.T., Holubnichii, V.G. & Bahmut, Z.V. (2003). Otrabotka tekhnolohii dlia individualnykh obohatitelnykh ustanovok shakht. *Uhol Ukrainy – Coal of Ukraine*, 3, 40—41 (in Russian).
4. Pilov, P.I., Kirnarskii, A.S. & Kochetov, V.V. (1999). Mokraia vintovaia separatsiia kak sredstvo sovershensvovaniia tekhnolohii obohashcheniia. *Obogashchenie poleznykh iskoraiemykh – Enrichment of mineral resources*, 4, 3—7 [in Russian].
5. Kirnarskii, A.S. (1999). Perspektivnyie metody obohashcheniia melkikh i tonkikh uhlei. *Obogashchenie poleznykh iskoraiemykh – Enrichment of mineral resources*, 3(44), 35—42 [in Russian].
6. Povnyi S.N. (2004). Sovremennyye podkhody k obogashcheniiu uhlei, postavliaiemykh na teplovyie elektrostantsii, v kontekste resheniia resurs-

no-enerheticheskoi problemy. *Khliukauf – Gluckauf*, 2, 62—65 [in Russian].

7. Populiakh, A.D., Kurchenko, I.P. & Milai, A.A. (2000). Ob ekonomicheskoi effektivnosti obohashcheniia riadovykh uhlei piatiu mashinnyimi klassami. *Obogashchenie poleznykh iskoraiemykh – Enrichment of mineral resources*, 10, 8—12 [in Russian].

8. Makarov, V.M. (2008). Analysis of the state of obstruction of coal in the process of his booty. . *Problemy Zahal'noi Enerhetyky - The Problems of General Energy*, 17, 78—83 [in Ukrainian].

9. Blahov, I.S., Kotkin, A.M. & Zarybin, L.S. (1984). *Spravochnik po obohashcheniiu uhlei*. Moscow: Nedra [in Russian].

UDC 621.165

Enhancement of the efficiency of operation of heat and power plants with using low-cost technologies / L.O. Kesova, V.V. Horskyi // *The Problems of General Energy*. – 2018. – Issue 2(53). – P. 60—64.

The formation of new heat-supply systems is connected with the solution of problems concerning the change in structure of heat-generating sources with attaining higher technical and economic parameters, i.e., the synthesis of construction of heat supply systems throughout the entire chain from heat generation to its consumption. In the world experience, electricity generation at HPP is about 9%, and it is growing steadily. However, heat and power plants in Ukraine are developing slowly, and their equipment is outdated, does not meet current environmental and economic requirements, and needs to be reconstructed, modernized or completely replaced. Furthermore, present decrease in the production of energy-intensive enterprises has led to the drop of consumption of technological steam from the industrial bleedings of turbines, i.e., to the underproduction of electric and thermal energy.

In view of the deterioration of power equipment and the absence of financial assets for its replacement, low-cost technologies are required for increasing the power and efficiency of heating and industrial HPP. Such modernization technologies include options with minimal investment, positive economic effect, and return of funds faster than after a year.

Keywords: thermal power engineering, heat and power plant, heat generation, centralization, low-cost technologies.

References

1. *Ekolohichnyi visnyk*. (2017). 3—4 [in Ukrainian].
2. *Novyny Enerhetyky Ukrainy*. URL: <https://energynews.com.ua/> [in Ukrainian].
3. A power generation system by low-temperature waste heat recovery. Caddet energy efficiency. Caddet Centre. September 2002, 42 p.
4. ORMAT ENERGI CONVERTER. Technical bulletin, ORMAT INK, 1990. 11 p.
5. Arnette, A., & Zobel, C.W. (2012). An optimization model for regional renewable energy development. *Arnette Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 16, Issue. 7, 4606—4615.
6. Palyvno-enerhetychnyi kompleks Ukrainy: zahalnoukrainskyi proekt. Vyp. 2. Kyiv: Novyi svit, 2008, 103 p. [in Ukrainian].
7. Khlebalin, Yu.M. (2000). Povyshenie manevrenosti TETs s ispolzovaniem malozatratnykh tekhnolohii. *Promyshlennaia enerhetika*, 1, 9—13 [in Russian].
8. Khlebalin, Yu.M., & Zakharov, V.V. (1998). Ispolzovanie para promyshlennykh otborov turbin dlia vyrabotki pikovoi kondensatsionnoi eektroenerhii na TETs. *Promyshlennaia enerhetika*, 10, 29—34 [in Russian].
9. Khlebalin, Yu.M., & Zakharov, V.V. (1997). Puti povysheniia effektivnosti ispolzovaniia promyshlennykh otborov turbin TETs. *Promyshlennaia enerhetika*, 8, 32—3 [in Russian].
10. Khlebalin, Yu.M., & Zakharov, V.V. (1999). Primenenie turboprivoda pitatelnykh nasosov na promyshlennykh TETs. *Promyshlennaia enerhetika*, 1, 4—45 [in Russian].
11. Lescoeur, J. B. (1987). Calland Tariffs and load managment: the Frenh experienct. Electricite de Frace. *IEEE Transactions on Power Systems*. Vol. PWRS-2. No. 2. 458—464.
12. Ryzhkin V.Ya. (1987). *Teplovyie elektricheskie stantsii*. Moscow: Enerhoatomizdat [in Russian].
13. Khlebalin, Yu.M., & Zakharov, V.V. (1999). Primenenie isparitelei na promyshlennykh TETs. *Promyshlennaia enerhetika*, 12, 2—6 [in Russian].
14. Khlebalin, Yu.M., & Zakharov, V.V. (1999). Primenenie separatorov pitatelnoi vody na TETs. *Promyshlennaia enerhetika*, 10, 37—39 [in Russian].

UDC 621.165.62-192

Features of prolongation of the service life of high- and intermediate-pressure rotors of K-200-130

steam turbine of Luhansk TPP / O.Yu. Chernousenko, D.V. Rindyuk, V.A. Peshko // The Problems of General Energy. – 2018. – Issue 2(53). – P. 65—70.

At present, there is a significant quantity of DTEK “Energo” power units that already worked for their park lifetime. In particular, this concerns the K-200-130-3 steam turbine of 9th power unit of DTEK “Luhansk TPP”. There arises a necessity to make decision on the possibility of its further service. We estimated its residual lifetime based on 3D-spatial analogs of high- and intermediate-pressure rotors of the K-200-130-3 steam turbine of 9th power unit of DTEK “Luhansk TPP”. Here, the experimentally obtained safety factors of metal strength were taken into account, and the actual conditions of operation were determined according to the data of metal damage, obtained by the results of inspection of the state of metal of the power equipment. Recommendations for the re-prolongation of service lifetime of high-temperature power equipment are considered.

Keywords: safety factor, intermediate-pressure rotor, high-pressure rotor, static damage, cyclic damage, residual lifetime, low-cycle fatigue, long-term strength.

References

1. SOU-N MPE 40.17.401:2004. Kontrol metalu i prodovzhennia terminu ekspluatatsii osnovnykh elementiv kotliv, turbin i truboprovodiv teplovykh elektrostantsii. Kyiv: HRIFRE, 2005 [in Ukrainian].
2. SOU-N MEV 40.1-21677681-52:2011. Vyznachennia rozrakhunkovoho resursu ta otsinky zhyvuchosti rotoriv ta korpusnykh detalei turbiny: metodychni vkazivky. Kyiv: Minenerhovuhillia Ukrainy, 2011 [in Ukrainian].
3. Chernousenko, O.Yu., & Peshko, V.A. (2017). Computation Investigation of the Thermal and Stress-Strain Behavior of the Rotor of High Pressure Turbine T-100/120-130; block No 1 Operated by the PJSC “Kharkiv CHPP-5”. *Visnyk NTU «KhPI»*. Seriya: Enerhetychni ta teplotekhnichni protsesy y ustatkuvannia, 9(1231), 34—40 [in Russian]. <https://doi.org/10.20998/2078-774X.2017.09.05>
4. Chernousenko, O.Yu., & Peshko, V.A. (2017). Estimating the Low-Cycle Fatigue, Damageability and the Residual Life of the Rotor of High Pressure Turbine T-100/120-130 unit No 1 used by PJSC “Kharkiv CHPP-5”. *Visnyk NTU «KhPI»*.

- Seriia: Enerhetychni ta teplotekhnichni protsesy y ustatkuvannia*, 10(1232), 29—37 [in Russian]. <https://doi.org/10.20998/2078-774X.2017.10.04>
5. RTM 108.021.103. Detali parovykh statsyonarnykh turbin. Raschet na malotsyklovuiu ustalost. Moscow, 1985. № AZ–002/7382. 49 p. [in Russian].
6. RD 34.17.440-96. Metodicheskie ukazaniia o poriadke provedeniia rabot pri otsenke individualnogo resursa parovykh turbin i prodlenii stroka ikh ekspluatatsii sverkh parkovoho resursa. Moscow, 1996. 98 p. [in Russian].
7. Peshko, V, Chernousenko, O., Nikulenkova T. et. al. (2016). Comprehensive rotor service life study for high & intermediate pressure cylinders of high power steam turbines. Propulsion and Power Research. China: National Laboratory for Aeronautics and Astronautics, Volume 5, Issue 4, 302—309.
8. Chernousenko, O.Yu., & Peshko, V.A. (2016). Influence of the operation of the power units of thermal power plants in the maneuvering mode on the aging rate of power equipment. *Visnyk NTU «KhPI»*. *Seriia: Enerhetychni ta teplotekhnichni protsesy y ustatkuvannia*, 10(1282), 6—17 [in Russian]. <https://doi.org/10.20998/2078-774X.2016.10.01>

UDC 621.039

Concept on the management of safety margins of nuclear power plants / S.V. Klevtsov // *The Problems of General Energy*. – 2018. – Issue 2(53). – P. 71—76.

At present, there exists only a single approach to decision making on the safety of NPP, based on a proba-

bilistic estimate. Nevertheless, the safety of NPP is substantiated, as earlier, from deterministic positions. To remove this contradiction, we have developed a concept of safety management, based on deterministic analysis. It involves the measurement of safety margins and their comparison with the deterministic safety criteria for substantiated decision making. This methodology is recommended for the nuclear regulation and NPP designing and operation.

Keywords: safety deficit, limiting value of safety deficit, dimensionless safety margin, safety profile, management of safety margins.

References

1. INSAG-25. Struktura protsessa priniattia reshennii na osnove kompleksnogo risk-orientirovanoho podkhoda. MAHATE. Vena, 2014, STI/PUB/1499, ISBN 978–92–0–406814–6, ISSN 1025–2193 [in Russian].
2. International Atomic Energy Agency. Safety Standard. Integrated Risk Informed Decision Making Process Guidance. IAEA-TECDOC DS 365 Draft 1, IAEA, Vienna, April 2008.
3. Otchet po analyzu bezopasnosti. (2013). Analiz proektnykh avarii. Blok 5 Zaporozhskaia AES. 21.5.70.OB.02 [in Russian].
4. Osnovopolahaiushchie printsipy bezopasnosti. Normy MAHATE po bezopasnosti. *Seriia osnovy bezopasnosti № SF-1*. MAHATE, Vena, 2007 [in Russian].
5. On Permit Activity in the Field of Nuclear Energy Utilization. Verkhovna Rada of Ukraine; Law on January 11, 2000 № 1370-XIV [in Ukrainian].