

УДК 620.002.8

Прогнозування потреби економіки в енергетичних ресурсах з урахуванням попиту на енергоємні експортно-орієнтовані види продукції / О.Є. Маляренко, Н.Ю. Майстренко, Г.О. Куц // Проблеми загальної енергетики. – 2015. – №4. – С. 5–13.

Надано методичний підхід та математичну модель прогнозування рівнів споживання енергетичних ресурсів з урахуванням попиту на енергоємні види продукції. Проаналізовано енергетичні витрати на експорт за 2010–2012 рр. та тенденції зміни показників випуску, експорту та енергетичних витрат для продукції прокату чорних металів та олії соняшникової.

Для визначення обсягів вивозу або ввозу енергетичних ресурсів в результаті експорту-імпорту певного виду продукції, а також з метою порівняння цих обсягів й оцінки доцільності зазначених операцій з точки зору енергетичного фактора запропоновані алгоритми розрахунку. Оцінено прогнозні обсяги ПЕР, що вивозяться з країни з експортованою продукцією, та їх частку від загального енергоспоживання на виробництво продукції.

Очевидно, що лише збільшення виплавки чавуну та збільшення урожайності соняшнику, як головних експортних продуктів, не врятують економіку України; необхідна суттєва технологічна модернізація, що створить нові галузі, попит на продукцію яких на світових ринках буде стабільно високим в умовах третьої промислової революції.

Ключові слова: обсяги споживання, експорт енергетичних ресурсів, енергоємність продукції, прогнозні рівні енергоспоживання.

УДК 621.311.661

Узагальнена математична модель та характеристики адаптивних систем автоматичного регулювання частоти і потужності / М.М. Кулик, І.В. Дрьомін // Проблеми загальної енергетики. – 2015. – Вип. 4 (43). – С. 14–23.

Розроблена узагальнена модель процесів автоматичного регулювання частоти і потужності (АРЧП) в об'єднаних енергосистемах, яка надає можливість досліджень систем АРЧП з використанням генераторів-регуляторів, споживачів-регуляторів та адаптивних систем АРЧП.

Моделі адаптивних систем АРЧП сформовані з

використанням універсальних моделей АРЧП, розроблених раніше авторами, шляхом введення в регулюючі функції адаптивних складових, які синтезовані на основі рівнянь балансу потужності в енергосистемі. З використанням розроблених адаптивних моделей АРЧП проведено комплекс комп'ютерних розрахунків зі змінами в широких діапазонах основних показників генеруючих та регулюючих джерел енергосистеми (швидкодія, сталі часу, допустиме відхилення частоти).

Використання адаптивних моделей значно зменшує протяжність перехідних процесів в ОЕС при дії САРЧП. Зокрема, при відмиканні потужності 1000 МВт, допустимому відхиленні частоти $|\Delta f|_{\partial} = 0,02$ Гц, швидкодії регулятора $L_p = 40\% P_{\text{регном}}/\text{сек}$ та його сталій часу $\tau_p = 0,5$ сек протяжність процесу регулювання в САРЧП з адаптацією становить 16,1 сек і скорочується у 2,2 раза у порівнянні із системою без адаптації та у 4,4 раза – у порівнянні із САРЧП, побудованій з використанням ГЕС.

В системах АРЧП з адаптацією помітно (більш, ніж на 30%) зменшується модуль максимального відхилення частоти в порівнянні із системою без адаптації при рівності інших умов.

Модуль максимального відхилення частоти при $|\Delta f|_{\partial} = 0,2$ Гц із зростанням швидкодії регулятора для обох систем зменшується. Однак для систем з адаптацією це явище проявляється більш радикально. Результатом цього є те, що для систем з адаптацією при швидкодії регулятора більшій, ніж $30\% P_{\text{регном}}/\text{сек}$ досягається нерівність $|\Delta f(t)|_{\text{max}} < 0,2$ Гц, тобто, навіть при дуже великих збуреннях забезпечується квазістаціонарний режим. Для систем без адаптації такий важливий результат не досягається навіть при швидкодії $80\% P_{\text{регном}}/\text{сек}$.

Застосування адаптивних моделей систем АРЧП забезпечує багатократне підвищення їх швидкодії без жодних додаткових технологічних витрат, а лише за рахунок удосконалення законів регулювання. Ця особливість значно підвищує не тільки технологічну, а й економічну ефективність адаптивних САРЧП, оскільки для підвищення, наприклад, вдвічі швидкодії САРЧП, побудованої на енергоблоках пилувугільної ТЕС, потрібно вдвічі збільшити кількість таких енергоблоків.

Ключові слова: енергосистема, частота, потужність, генератор, регулятор, споживач, швидкодія, автоматичне регулювання.

УДК 004.942:620.9

Економіко-математична модель паливозабезпечення теплової енергетики із врахуванням заміни штатного палива та обмежень на викиди / М.І. Каплін, Т.Р. Білан // Проблеми загальної енергетики. — 2015. — Вип. 4(43). — С. 24–30.

Запропоновано економіко-математичну модель вибору оптимального варіанта функціонування теплової енергетики та відповідного йому способу вуглепостачання. Модель виробничого типу містить технологічні способи вуглезабезпечення варіантів функціонування ТЕС, що розглядаються, виробітку електроенергії, що супроводжується викидами забруднювачів. Модель являє собою задачу змішаного цілочисельного лінійного програмування з бінарними змінними, що забезпечують вибір варіанта вуглезабезпечення. Виконано розрахунки забезпечення вугіллям теплової енергетики України з урахуванням обмежень на викиди шкідливих речовин за різних варіантів функціонування.

З огляду на відсутність на разі профіциту вугілля газової групи, а також високий рівень викидів забруднювачів при спалюванні цього вугілля на діючих ТЕС, переоснащення станцій, що споживають антрацитову групу, на марки Г, ДГ, Д без встановлення очисного обладнання є недоцільним. Враховуючи наявність цього виду палива у покладах країни, а також можливість імпортування з джерел світового ринку, на відміну від антрацитової групи, оптимальним напрямком модернізації вугільно-енергетичного комплексу є побудова сучасних ТЕС, що використовують газову групу вугілля. Як тимчасовий варіант вуглезабезпечення теплової енергетики слід розглядати надходження необхідних обсягів антрацитової групи вугілля за імпортом.

Ключові слова: вугілля, тепла енергетика, викиди, паливний баланс, оптимізація, технологічний спосіб.

УДК 621.311.001.57

Розвиток відновлюваної енергетики з використанням акумуляційних технологій / С.В. Шутьженко, О.Л. Радченко // Проблеми загальної енергетики. — Вип. 4(43). — С. 31–43.

Запропонована математична модель визначення собівартості відпуску електричної енергії системами її акумулювання, що є актуальним відповідно до Цілі № 7 “Стале та надійне забезпечення фінансово-доступними, сучасними видами енергії”, реалізація якої передбачена Цілями сталого розвитку

людства до 2030 року. Наведено розрахунки собівартості відпуску електричної енергії системами її акумулювання, які дозволяють зробити висновок, що в майбутньому із зниженням питомих капіталовкладень у встановлену потужність та підвищенням коефіцієнту її використання гібридні системи, до складу яких входять фотоелектричні батареї або вітроелектричні установки та система акумулювання енергії, стає конкурентоздатною за показником собівартості відпущеної електроенергії в порівнянні із традиційною вугільною тепловою електростанцією. Запропонований метод моделювання гібридних систем дозволяє враховувати особливості їх використання в межах енергосистеми в більш загальних моделях розвитку енергетики.

Ключові слова: математична модель, відновлювані джерела енергії, акумулювання електроенергії, енергосистема

УДК 622.232

Методичні підходи до вибору видобувного обладнання при проведенні модернізації шахти / В.М. Макаров // Проблеми загальної енергетики. — 2015. — Вип. 4(43). — С. 44–51.

В Україні підняти вуглевидобування на новий рівень можна тільки одним шляхом — технічним переозброєнням галузі. Нове устаткування повинне стабільно працювати в складних горно-геологічних умовах шахт, а його ресурс, надійність і продуктивність — в 2–3 рази перевищувати аналогічні показники того, що існує. Інтенсифікація виробництва при концентрації гірничих робіт можлива тільки у разі комплексної механізації всіх технологічних процесів, максимальному скороченні ручної праці, обов'язковому забезпеченні безпечних умов роботи обслуговуючого персоналу.

Мета статті — розробка методики порівняння варіантів технічних рішень при проведенні модернізації видобувних дільниць шахт.

Для обґрунтованого порівняння альтернативних варіантів технічних рішень при проведенні модернізації вугільних підприємств сформовано критерії порівняння. В результаті порівняння чисельних значень інтегральних критеріїв якості приймається рішення про вибір найбільш перспективного варіанта оснащення лави високопродуктивною видобувною і транспортною технікою, яка максимально відповідає гірничо-геологічним умовам конкретної лави при максимальній ефективності і надійності її експлуатації.

Наведено приклад розрахунків чисельних значень кількісних критеріїв та порівняння конкуруючих варіантів технічних рішень при проведенні модерні-

зації видобувної дільниці шахти «Холодна Балка» ДП «Макіїввугілля».

Ключові слова: шахта, модернізація, методика, критерій, видобувне обладнання, лава.

УДК 621.311:006.07

Удосконалення механізму впровадження директиви 2012/27/EU про енергоефективність шляхом адаптації міжнародних стандартів з енергоменеджменту на національному рівні / В.П. Розен, І.С. Соколовська, Є.М. Іншеков, І.І. Стоянова // Проблеми загальної енергетики. – 2015. – Вип. 4(43). – С. 52–57.

Проблема енергозбереження в Україні сьогодні є однією з найважливіших, її вирішення має відбуватися з огляду на спрямованість країни в бік євроінтеграції, що передбачає виконання вимог відповідних Директив ЄС, зокрема Директиви 2012/27/EU про енергоефективність, та впровадження міжнародних стандартів. Розглянуто основні положення Директиви 2012/27/EU щодо систем енергоменеджменту та проведення енергоаудиту. Наведено порівняння базових стандартів різних систем менеджменту, створених на основі методології безперервного поліпшення процесів, та коротку характеристику серії стандартів з енергоменеджменту ISO 50000. На основі аналізу чинних національних стандартів та згідно з вимогами Директиви 2012/27/EU визначено групи взаємопов'язаних міжнародних стандартів, які необхідно гармонізувати в Україні з метою побудови ефективних систем енергоменеджменту.

Ключові слова: Директива 2012/27/EU, системи енергоменеджменту, стандарти, гармонізація.

УДК 533.697.3

Про сутність вихрового ефекту Ранка–Хільша / Ф.І. Молочко // Проблеми загальної енергетики. – 2015. – Вип. 4 (43). – С. 58–60.

Запропоновано гіпотезу, яка пояснює сутність ефекту Ранка–Хільша.

На підставі взаємодії електронів з ядром атома з боку сил, протидіючих силам інерції, створюються сприятливі умови для переходу електрона на більш низьку орбіту з випромінюванням кванта енергії, а з протилежного – для переходу на більш високу орбіту з поглинанням кванта енергії. В результаті забезпечується спрямована передача енергії від центру до периферії вихрової труби. Аналогічний фізичний процес відбувається при нагріванні швидкохідних тіл у газовому середовищі, у вихрових теплогенераторах, у результаті тертя твердих тіл і в інших аналогічних процесах, що відбуваються в теплоенергетичних установках.

Ключові слова: сили інерції, електрон, орбіта, ядро, зсув, квант.

УДК 620.002.8

Прогнозирование потребности экономики в энергетических ресурсах с учетом спроса на энергоемкие экспортно-ориентированные виды продукции / О.Е. Маляренко, Н.Ю. Майстренко, Г.О. Куц // Проблемы общей энергетики. – 2015. – Вып. 4 (43). – С. 5–13.

Представлены методический подход и математическая модель прогнозирования уровней потребления энергетических ресурсов с учетом спроса на энергоемкие виды продукции. Проанализированы энергетические затраты на экспорт за 2010–2012 годы и тенденции изменения показателей выпуска, экспорта и энергетических затрат для продукции рота черных металлов и масла подсолнечного.

Для определения объемов вывоза или ввоза энергетических ресурсов в результате экспорта-импорта некоторого вида продукции, а также в целях сравнения этих объемов и оценки целесообразности соответствующих операций с точки зрения энергетического фактора предложены алгоритмы расчета. Проведена оценка прогнозных объемов ТЕР, которые вывозятся из страны с экспортной продукцией, и их доли от общего энергопотребления на производство продукции.

Очевидно, что только рост выплавки чугуна и увеличение урожайности подсолнечника, как главных экспортных продуктов, не спасут экономику Украины; необходима существенная технологическая модернизация, которая создаст новые отрасли, а спрос на их продукцию на мировых рынках будет стабильно высоким в условиях третьей промышленной революции.

Ключевые слова: объемы потребления, экспорт энергетических ресурсов, энергоемкость продукции, прогнозные уровни энергопотребления.

УДК 621.311.661

Обобщенная математическая модель и характеристики адаптивных систем автоматического регулирования частоты и мощности / М.Н. Кулик, И.В. Дремин // Проблемы общей энергетики. – 2015. – Вып. 4 (43). – С. 14–23.

Разработана обобщенная модель процессов автоматического регулирования частоты и мощности (АРЧМ) в объединенных энергосистемах, которая позволяет исследования систем АРЧМ с использованием генераторов-регуляторов, потребителей-регуляторов и адаптивных систем АРЧМ.

Модели адаптивных систем АРЧМ сформированы с использованием универсальных моделей АРЧМ, разработанных ранее авторами, путем вве-

дения в регулирующие функции адаптивных составляющих, которые синтезированы на основе уравнений баланса мощности в энергосистеме. С использованием разработанных адаптивных моделей АРЧМ проведен комплекс компьютерных расчетов с изменениями в широких диапазонах основных показателей генерирующих и регулирующих источников энергосистемы (быстродействие, постоянные времени, допустимое отклонение частоты).

Использование адаптивных моделей значительно уменьшает протяженность переходных процессов в ОЭС при действии САРЧМ. В частности, при отключении мощности 1000 МВт, допустимом отклонении частоты $|\Delta f|_0 = 0,02$ Гц, быстродействию регулятора $L_p = 40\% P_{\text{резном}}/\text{сек}$ и его постоянной времени $\tau_p = 0,5$ сек протяженность процесса регулирования в САРЧМ с адаптацией составляет 16,1 сек и сокращается в 2,2 раза по сравнению с системой без адаптации и в 4,4 раза – по сравнению с САРЧМ, построенной с использованием ГЭС.

В системах АРЧМ с адаптацией заметно (более, чем на 30%) уменьшается модуль максимального отклонения частоты по сравнению с системой без адаптации при равенстве других условий.

Модуль максимального отклонения частоты при $|\Delta f|_0 = 0,2$ Гц с ростом быстродействия регулятора для обеих систем уменьшается. Однако для систем с адаптацией это явление проявляется более радикально. Результатом этого является то, что для систем с адаптацией при быстродействии регулятора больше, чем $30\% P_{\text{резном}}/\text{сек}$ достигается неравенство $|\Delta f(t)|_{\text{max}} < 0,2$ Гц, то-есть, даже при очень больших возмущениях обеспечивается квазистационарный режим. Для систем без адаптации такой важный результат не достигается даже при быстродействии, равном $80\% P_{\text{резном}}/\text{сек}$.

Применение адаптивных моделей систем АРЧМ обеспечивает многократное повышение их быстродействия без дополнительных технологических затрат, а только за счет совершенствования законов регулирования. Эта особенность значительно повышает не только технологическую, но и экономическую эффективность адаптивных САРЧМ, поскольку для увеличения, например, вдвое быстродействия САРЧМ, построенной на энергоблоках пылеугольной ТЭС, нужно вдвое увеличить количество таких энергоблоков.

Ключевые слова: энергосистема, частота, мощность, генератор, регулятор, потребитель, быстродействие, автоматическое регулирование.

УДК 004.942:620.9

Экономико-математическая модель топливно-обеспечения тепловой энергетики с учетом замены штатного топлива и ограничений на выбросы / Н.И. Каплин, Т.Р. Белан // Проблемы общей энергетики. – 2015. – Вып. 4(43). – С. 24–30.

Предложена экономико-математическая модель выбора оптимального варианта функционирования тепловой энергетики и соответствующего ему способа углеснабжения. Модель производственного типа содержит технологические способы углеснабжения рассматриваемых вариантов функционирования ТЭС, выработки электроэнергии, сопровождающейся выбросами загрязнителей. Модель представляет собой задачу смешанного целочисленного линейного программирования с бинарными переменными, обеспечивающими выбор варианта углеснабжения. Выполнены расчеты обеспечения углем тепловой энергетики Украины с учетом ограничений на выбросы вредных веществ при различных вариантах функционирования.

Учитывая отсутствие в настоящее время профицита угля газовой группы, а также высокий уровень выбросов загрязнителей при сжигании этого угля на действующих ТЭС, переоснащение станций, потребляющих антрацитовую группу, на марки Г, ДГ, Д без установки очистного оборудования является нецелесообразным. Учитывая наличие газовой группы угля в залежах страны, а также возможность импорта из источников мирового рынка, в отличие от антрацитовой группы, оптимальным направлением модернизации угольно-энергетического комплекса является строительство современных ТЭС, использующих газовые угли. В качестве временного варианта углеснабжения тепловой энергетики следует рассматривать импорт угля антрацитовой группы.

Ключевые слова: уголь, тепловая энергетика, выбросы, топливный баланс, оптимизация, технологический способ.

УДК 621.311.001.57

Развитие возобновляемой энергетики с использованием аккумуляционных технологий / С.В. Шульженко, А.Л. Радченко // Проблемы общей энергетики. – Вып. 4 (43). – С. 31–43.

Предложена математическая модель определения себестоимости отпуска электрической энергии системами ее аккумулирования, что является актуальным в соответствии с Целью № 7 "Устойчивое и надежное обеспечение финансово-доступными,

современными видами энергии", реализация которой предусмотрена Целями устойчивого развития человечества до 2030 года. Приведены расчеты себестоимости отпуска электрической энергии системами ее аккумулирования, которые позволяют сделать вывод, что в будущем со снижением удельных капиталовложений в установленную мощность и повышением коэффициента ее использования гибридные системы, в состав которых входят фотоэлектрические батареи или ветроэлектрические установки и система аккумулирования энергии, становится конкурентоспособной по показателю себестоимости отпущенной электроэнергии по сравнению с традиционной угольной тепловой электростанцией. Предложенный метод моделирования гибридных систем позволяет учитывать особенности их использования на уровне энергосистемы в более общих моделях развития энергетики.

Ключевые слова: математическая модель, возобновляемые источники энергии, аккумулирование электроэнергии, энергосистема.

УДК 622.232

Методические подходы к выбору добывающего оборудования при проведении модернизации шахты / В.М. Макаров // Проблемы общей энергетики. – 2015. – Вып. 4(43). – С. 44–51.

В Украине поднять угледобычу на новый уровень можно только одним путем – техническим перевооружением отрасли. Новое оборудование должно стабильно работать в сложных горно-геологических условиях шахт, а его ресурс, надежность и производительность – в 2–3 раза превышать аналогичные показатели существующего. Интенсификация производства при концентрации горных работ возможна только в случае комплексной механизации всех технологических процессов, максимальном сокращении ручного труда, обязательном обеспечении безопасных условий работы обслуживающего персонала.

Цель статьи – разработка методики сравнения вариантов технических решений при проведении модернизации добывающих участков шахт.

Для обоснованного сравнения альтернативных вариантов технических решений при проведении модернизации угольных предприятий сформированы критерии сравнения. В результате сравнения численных значений интегральных критериев качества принимается решение о выборе наиболее перспективного варианта оснащения лавы высокопродуктивной добывающей и транспортной техникой, которая максимально отвечает горно-геологическим условиям конкретной лавы при максимальной

эффективности и надежности ее эксплуатации.

Приведен пример расчетов численных значений количественных критериев и сравнения конкурирующих вариантов технических решений при проведении модернизации добывающего участка шахты «Холодная Балка» ГП «Макеевуголь».

Ключевые слова: шахта, модернизация, методика, критерий, добывающее оборудование, лава.

УДК 621.311:006.07

Совершенствование механизма внедрения директивы 2012/27/EU об энергоэффективности путем адаптации международных стандартов по энергоменеджменту на национальном уровне / В.П. Розен, И.С. Соколовская, Е.М. Иншекков, И.И. Стоянова // Проблемы общей энергетики. – 2015. – Вып. 4(43). – С. 52–57.

Проблема энергосбережения в Украине сегодня является одной из важнейших, ее необходимо решать с учетом направленности развития страны в сторону евроинтеграции, предусматривающей выполнение требований соответствующих Директив ЕС, в частности Директивы 2012/27/EU об энергоэффективности, и внедрение международных стандартов. Рассмотрены основные положения Директивы 2012/27/EU относительно систем энергоменеджмента и проведения энергоаудита. Приведены сравнения базовых стандартов различных систем менеджмента, созданных на основе методологии непрерывного улучшения процессов, и краткая характеристика серии стандартов по энергоменеджменту ISO 50000. На основе анализа действующих национальных стандартов и в соответствии с требованиями Директивы 2012/27/EU определены группы взаимосвязанных международных стандартов, которые необходимо гармонизировать в Украине в целях создания эффективных систем энергоменеджмента.

Ключевые слова: Директива 2012/27/EU, системы энергоменеджмента, стандарты, гармонизация.

УДК 533.697.3

О сущности вихревого эффекта Ранка-Хильша / Ф.И. Молочко // Проблемы общей энергетики. – 2015. – Вып. 4 (43). – С. 58–60.

Предложена гипотеза, поясняющая сущность эффекта Ранка-Хильша.

На основании взаимодействия электронов с ядром атома со стороны сил, противодействующих силам инерции, создаются благоприятные условия для перехода электрона на более низкую орбиту с излучением кванта энергии, а с противоположной – для перехода на более высокую орбиту с поглощением кванта энергии. В результате обеспечивается направленная передача энергии от центра к периферии вихревой трубы. Аналогичный физический процесс происходит при нагреве быстродвижущихся тел в газовой среде, в вихревых теплогенераторах, в результате трения твердых тел и в других аналогичных процессах, происходящих в теплоэнергетических установках.

Ключевые слова: силы инерции, электрон, орбита, ядро, смещение, квант.

UDK 620.002.8

Prediction needs economy in energy resources taking into account the demand for energy-intensive export-oriented products / O.Ye. Malyarenko, N.Yu. Maystrenko, H.O. Kuts // The problems of general energy. – 2015. – Issue 4 (43). – P. 5–13.

It was provided the methodological approach and mathematical model for predicting levels of energy consumption taking into account demand for energy-intensive products. It was analyzed energy consumption for exports for 2010-2012 and changing trends of indicators of output, exports, and energy costs for production of ferrous metals and sunflower oil.

To determine the volume of export or import of energy resources as a result of export-import of certain types of products, and to compare these volumes and assess the feasibility of these operations in terms of power factor the calculation algorithms were proposed. It was assessed expected FER (fuel and energy resources) volumes exported from the country with exported products and their share of total energy consumption in production.

Evidently, increase in cast iron smelting and yield of sunflower as the main export products, will not save the economy of Ukraine; it is required substantial technological modernization, which will create new industries, demand for products in the world markets, will be consistently high in conditions of the third industrial revolution.

Key words: consumption volumes, export of energy resources, energy-intensity of production, expected consumption levels.

References

1. Lier, V.E., & Pysmenna, U.Ye. (2010). *Ekonomichniy mekhanizm realizatsii polityky enerhoefektyvnosti v Ukraini [Economic mechanism of implementing energy efficiency policy in Ukraine]*. Kyiv: Institute for Economics and Forecasting Ukrainian National Academy of Science [in Ukrainian].
2. Heyets, V.M. et al. (2009). *Sotsialno-ekonomichny stan Ukrainy: naslidky dlia narodu ta derzhavy: natsionalna dopovid [Socio-economic Ukraine: consequences for people and the state: national report]*. V.M. Heyets (Ed). Kyiv: Vernadsky National Library [in Ukrainian].
3. Stalinskii, D.V., Kanevskii, A.L., & Litvinenko, V.G. (2010). *Energoyemkost proizvodstva produktii na metallurgicheskikh predpriyatiyakh Ukrainy [Energy intensity of production in metallurgical enterprises of*

Ukraine]. *Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost - Metallurgical and mining industry*, 4, 126-130 [in Russian].

4. Simborsky, A.I., Malyarenko, O.E. (2007). *Napriamy pidvyshchennia enerhoefektyvnosti tovarnoyi struktury eksportno-importnykh operatsii u promyslovosti Ukrainy [Ways of increasing energy saving of goods structure of export-import operations in industry of Ukraine]*. *Problemy zahal'noi enerhetyky - The Problems of General Energy*, 16, 39-46 [in Ukrainian].

5. Lytvynenko, V.H., Hretskaya, H.N, & Andreeva, T.A. (1999). *Metody analiza y rascheta snyzhenyya raskhoda toplyva y enerhii na metallurhicheskyykh predpriatiiakh. DSTU 3740–98. [Methods for analysis and calculation of fuel and energy consumption reduction in metallurgical enterprises. DSTU 3740-98]*. Kyiv: State Standard of Ukraine [in Russian].

6. Hnidy, M.V., Kuts, H.O., & Tereshchuk, D.A. (1997). *Metod rozrakhunku povnoi enerhoiemnosti vytrat na vyrobnytstvo produktii [The calculation method of total energy intensity of production costs]*. *Enerhotekhnologii y resursosberezhenie - Power technology and resource-saving*, 5, 67–71 [in Ukrainian].

7. Palyvno-enerhetychni resursy Ukrainy. *Statystychnyi zbirnyk [Fuel and energy resources Ukraine. Statistical Yearbook]*. (2014). Kyiv: *State Statistics Service of Ukraine*. Retrieved from <http://www.ukrstat.gov.ua> [in Ukrainian].

8. Katunin, V.V. (2013). *Osnovnye pokazateli razvitiia chernoi metallurhii Rossii za 2000–2012 g. [Basic indicators of development of ferrous metallurgy of Russia for 2000-2012]*. *Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost - Metallurgical and mining industry*, 3, 20-26 [in Russian].

9. Antipov, V.G., & Zynovieva, N.G. (2013). *Sostoyanie i nekotorye perspektivy mirovoi chernoi metallurgii [State and some perspectives of world ferrous metallurgy]*. *Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost - Metallurgical and mining industry*, 3, 2-19 [in Russian].

10. Molodezhnikova, L.I. (2011). *Enerhosberezhenie v teploenergetike y teplotekhnolohiiakh: uchebnoe posobie [Power saving in heat and power engineering: study guide]*. Tomsk: Izd-vo Tomskogo polytekhnicheskogo unyversiteta [in Russian].

UDK 621.311.661

Generalized mathematical model and features of adaptive automatic frequency and power control systems / M.M. Kulyk, I.V. Dryomin // The problems of general energy. – 2015. – Issue 4 (43). – P. 14–23.

ABSTRACTS

The generalized model for processes of automatic frequency and power control (AFPC) in interconnected power systems that enables to carry out studies of AFPC systems using generators-regulators, controllable loads, and AFPC adaptive systems.

The models of AFPC adaptive systems consists of universal AFPC models earlier developed by the authors by introduction in regulatory functions the adaptive components that are obtained based on the equations of power balance in the power system. Using the developed AFPC adaptive models the complex of computer calculations were conducted with changes in a wide range of key indicators of generating and control sources of power system (speed, time constants, frequency).

Usage of adaptive models significantly reduces the length of transition process in energy system during operation of AFPC system. In particular, in power activation of 1000 MW, frequency tolerances $|\Delta f|_{\delta} = 0.02$ Hz, regulator speed $L_p = 40\% P_{regnom}/\text{sec}$ and its constant time $\tau_p = 0.5$ sec the duration of process control in AFPC system with adaptation is 16.1 sec and is reduced 2.2 times compared with the system without adaptation and 4.4 times – compared with AFPC system, formed using hydroelectric power plant.

In AFPC systems with adaptation, maximum frequency deviation is significantly reduced (more than 30%) compared with the system without adaptation in case of other equal conditions.

Maximum frequency deviation at $|\Delta f|_{\delta} = 0.2$ Hz with increasing the controller operation speed for both systems is reduced. However, for system with adaptation this phenomenon manifests itself more radically. The result of it is that for the systems with adaptation in case of controller operation speed is more than $30\% P_{regnom}/\text{sec}$, inequality $|\Delta f(t)|_{max} < 0.2$ Hz is achieved, i.e. even at very large disturbances quasi mode is ensured. For systems without adaptation such important result is not achieved even at speed $80\% P_{regnom}/\text{sec}$.

The use of AFPC adaptive models provides multiple increase of their speed without any additional process costs, and only by improving the control laws. This feature significantly improves not only technological but economic efficiency of adaptive AFPC systems, since to double, for example, the speed of AFPC system formed from power unit of pulverized-coal-fired power plant, it is necessary to double the number of such units.

Key words: power system, frequency, power generator, regulator, consumer, operation speed, automatic control.

References

1. *UCTE Operation Handbook Policy 1: Load-Frequency Control and Performance (Final policy 2.2 E, 20.07.2004)* [in English].
2. Osnovni vymohty shchodo rehuliuвання chasty ta potuzhnosti v OES Ukrainy. SOU NEE YAEK 04156:2009. Nakaz Ministerstva palyva ta enerhetyky Ukrainy vid 26.03.2009 r. No. 158 [Basic requirements for frequency and power control in consolidated power systems of Ukraine. SOU NEE YaEK 04156: 2009. Order of the Ministry of Fuel and Energy dated 26.03.2009 No. 158] [in Ukrainian].
3. Kulyk, M.M., & Dryomin, I.V. (2010). Osnovy orhanizatsii avtomatychnoi systemy rehuliuвання chasty i potuzhnosti na bazi spozhyvachiv-rehulyatoriv [Fundamentals of automatic frequency and power control system based on the controllable loads]. *Problemy zahal'noi enerhetyky - The Problems of General Energy*, 21, 5-10 [in Ukrainian].
4. Kulyk, M.M., & Dryomin, I.V. (2013). Universalna model rehuliuвання chasty i potuzhnosti v obiednanykh enerhosystemakh [General-puropse model of frequency and capacity regulation in united power systems]. *Problemy zahal'noi enerhetyky - The Problems of General Energy*, 35, 5-15 [in Ukrainian].
5. Kulyk, M.M. (2014). Spivstavnyi analiz tekhniko-ekonomichnykh kharakterystyk Kanivskoi HAES ta kompleksu spozhyvachiv-regulyatoriv dlia pokryttia grafikiv elektrychnykh navantazhen [Comparative Analysis of Technical and Economic Features of Kaniv PSPS and a Suite of Load-Controlled Consumers for Following Electrical Load Curves]. *Problemy zahal'noi enerhetyky - The Problems of General Energy*, 39, 5-10 [in Ukrainian].
6. Kulyk M.M. (2015). Tekhniko-ekonomichni aspekty vykorystannia spozhyvachiv-rehulyatoriv v systemakh avtomatychnoho rehuliuвання chasty i potuzhnosti [Techno-Economic Aspects of Using Consumers-Controllers in Automatic Frequency and Power Control Systems]. *Problemy zahal'noi enerhetyky - The Problems of General Energy*, 40, 20–28 [in Ukrainian].

UDK 004.942:620.9

Economic-mathematical model of fuel supply for thermal power sector taking into account the substitution of regular fuel and limits for emissions / M.I. Kaplin, T.R. Bilan // The problems of general energy. – 2015. – Issue 4(43). – P. 24–30.

The economic and mathematical model for choosing the optimal variant of the thermal power sector operation and the corresponding method of coal supply is pre-

sented. The model includes production activities for coal supply variants of power plants operation, electricity generation, accompanied by the emission of pollutants. The model presents a problem of the mixed integer linear programming with binary variables, providing a choice of coal supply variant. The results of calculations of coal supply for power plants of Ukraine subjected to restrictions on emissions in different variants of operation are done.

Taking into account the absence of surplus of coal with high volatile matter now as well as a high level of pollutant emissions from the combustion of this coal type in existing thermal power plants, retrofitting the plants that consume anthracite to coal with high volatile matter without installing pollution control equipment is inappropriate. Given the coal with high volatile matter deposits in the country, as well as the ability to import from world market, in contrast to the anthracite, the optimal direction of modernization of coal-energy sector is the construction of modern heat power plants using coal with high volatile matter. As a temporary option coal supply for thermal power plants must be considered anthracite coal imports.

Key words: coal, thermal power sector, emission, fuel balance, optimization, production activity.

References

1. Volchyn, I.A. et al. (2013). *Perspektyvy vprovadzhennia chystykh vuhilnykh tekhnolohii v enerhetytsi Ukrainy [Prospects of implementation of clean coal technologies in energy sector of Ukraine]*. K.: HNOZIS [in Ukrainian].
2. Kharakterystyka stantsii [Characteristics of the plants] Retrieved from http://www.ecu.gov.ua/ua/aktivity/production/power_plant.html [in Ukrainian].
3. Ilchenko, K.D. (2008). Issledovaniye zavisimosti vrednykh vybrosov v atmosferu ot vida tverdogo topliva, szhigayemogo na teplovykh elektricheskikh stantsiyakh [Dependence study of harm emissions into the atmosphere due to solid fuel burnt in Thermal Power Plants]. *Metallurhiyna teplotekhnika: Zbirnik naukovikh prats Natsionalnoi metalurgiinoi akademii Ukrainy - Metallurgical heating engineering: Collection of scientific papers of the National Metallurgical Academy of Ukraine* (pp. 152 – 158). Dnipropetrovsk: Nova ideologiya [in Ukrainian].

UDK 621.311.001.57

Development of renewable energy using accumulative technologies / S.V. Shulzhenko, O.L. Radchenko // The problems of general energy.

– 2015. – Issue 4 (43). – P. 31–43.

A mathematical model for determining the cost of Electric energy supply by different types of storage systems is proposed. This is relevant in accordance with the goal No. 7 – "to ensure stability and reliability of financial and accessible, modern forms of energy", and which implementation is provided by Sustainable human development until 2030. The calculations of the energy supply cost by different types of storage systems allow to conclude that in future with decreasing the specific investment in installed capacity and increasing the coefficient of its use of hybrid systems, photovoltaic or wind power farms along with the storage systems will become competitive in terms of supplied electricity cost compared with traditional coal-fired power plant. The proposed modeling method of hybrid systems allows to take into account the peculiarities within the power grid in more general models of energy development.

Key words: mathematical model, renewable energy resources, power accumulation, electricity grid

References

1. Goal 7 “Ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy for all” Retrieved from <https://sustainabledevelopment.un.org/sdg7> [in English].
2. Swisher, J., Jannuzzi, G., & Redlinger, R. (1997). *Integrated Resource Planning*. UNEP & RISO National Laboratory, Denmark, June 1997 [in English].
3. Short, W., Packey, D., & Holt, T. (1995). *A Manual for Economic Evaluation of Energy Efficiency and Renewable Energy Technologies*. National Renewable Energy Laboratory, U.S. Department of Energy Managed by Midwest Research Institute [in English].
4. Shulzhenko, S.V. (2008). Osoblyvosti rozrakhunku vartisnykh pokaznykiv u zadachakh prognozuvannia rozvytku elektroenergetychnykh system za rynkovykh umov ich funktsionuvannia [Estimation of cost indicators for the task of electrical power system development forecast under the market liberalization conditions]. *Problemy zahal'noi enerhetyky - The Problems of General Energy*, 1(18), 16-20 [in Ukrainian].
5. Kulyk, M.M. (2014). Spivstavnyi analiz tekhniko-ekonomichnykh kharakterystyk Kanivskoi HAES ta kompleksu spozhivachiv-regulatoriv dlia pokryttia grafikiv elektrychnykh navantazhen [Comparative Analysis of Technical and Economic Features of Kaniv PSPS and a Suite of Load-Controlled Consumers for Following Electrical Load Curves]. *Problemy zahal'noi enerhetyky - The Problems of General Energy*, 39, 5-10 [in Ukrainian].
6. Development of a 270 Megawatt Compressed

Air Energy Storage Project in Midwest Independent System Operator. Retrieved from <http://www.sandia.gov/ess/publications/120388.pdf> [in English].

7. Tesla Energy. Retrieved from <https://www.teslamotors.com/presskit/teslaenergy> [in English].

8. LAZARD'S LEVELIZED COST OF ENERGY ANALYSIS — VERSION 8.0 Retrieved from https://www.lazard.com/media/1777/levelized_cost_of_energy_-_version_80.pdf [in English].

9. LAZARD'S LEVELIZED COST OF ENERGY ANALYSIS — VERSION 9.0 Retrieved from <https://www.lazard.com/media/2390/lazards-levelized-cost-of-energy-analysis-90.pdf> [in English].

UDK 622.232

Methodological approaches to the selection of mining equipment in the course of modernization of the mine / V.M. Makarov // The problems of general energy. — 2015. — Issue 4(43). — P. 44–51.

In Ukraine there is just one way to improve coal production up to the new level — technical re-equipment of the industry. New equipment should operate permanently operate in complicated geological conditions of mines, and its service life, reliability, and performance should be 2–3 times higher compared to similar existing parameters. Intensification of production at concentration of mining operations is possible only in case of the comprehensive mechanization of all processes, minimum manual labor, compulsory ensuring safe conditions of work of service personnel.

The objective of the article is development of comparison methods of different technical decisions during modernization of mining sites.

For reasonable comparison of alternative technical solutions during modernization of coal mines the comparison criteria were formed. As a result of comparison of the numerical values of integral quality criteria the decision on selection of the most promising option of equipping the face with high-performance mining equipment and transport machines is made, which is best choice for mining and geological conditions of specific face at maximum efficiency and reliability of its operation.

The example of calculations of quantitative criteria numerical values and comparing the competing options

of technical solutions during modernization of mining site of the mine “Kholodna Balka” SE “Makiivuhillia.”

Key words: mine, modernization, method, criteria, mining equipment, face.

References

1. Kosarev, V.V. Kompleksnoie tekhnicheskoe pereosnashcheniye shakht sovremennym gorno-shakhtnym oborudovaniyem — radikalnaya mera v uvelichenii obiemov dobychi uglia [Complex technical re-equipment of mines with modern mining equipment — a radical measure to increase coal production]. Retrieved from <http://library.stroit.ru/articles/comptech/index.html> [in Ukrainian].

2. Topchyev, A.V., & Solod, V.I. (1966). *Raschiot proizvoditelnosti vyemochnykh kompleksov i ahrehatov* [Calculation of performance of mining complexes and assemblies]. Moscow: Nedra [in Russian].

3. Pinskiy, A.A. (1982). Effektivnost podzemnoi dobychi uglia [The efficiency of underground coal mining]. Kyiv: Vyshcha shkola [in Russian].

4. Blahov, I.S. (Eds). (1984). *Spravochnyk po obohashchenyyu uhlei* [Handbook on coal enrichment]. (2d ed.). Moscow: Nedra [in Russian].

5. Vuhillia bure, kamiane ta antratsyt. *Metodyka rozrakhunku pokaznykiv yakosti* [Brown coal, black coal, and anthracite. The calculation method of quality indicators]. (2004). SOU 10.1.00185755.001-2004. Kyiv: Minpalyvererho Ukrainy [in Ukrainian].

UDK 621.311:006.07

Improving the mechanism of implementation of Directive 2012/27/EU on energy efficiency by adapting international standards on energy management at the national level / V.P. Rozen, I.S. Sokolovska, E.M. Inshekov, I.I. Stoyanova // The Problems of General Energy. — 2015. — Issue 4(43). — P. 52–57.

The problem of energy conservation is one of the most important in Ukraine. It should be decided in view of the orientation of the country towards European integration, providing for compliance with the requirements of relevant EU Directives, in particular Directive 2012/27/EU on energy efficiency, and the introduction of international standards. The main provisions of Directive 2012/27/EU concerning energy audits and energy management systems are considered. The com-

parison of basic standards for different management systems that are based on the methodology of continuous process improvement and a brief description of a series of standards ISO 50000 on energy management are given. The groups of interconnected international standards, which need to be harmonized in Ukraine to create efficient energy management systems, are determined based on the analysis of existing national standards and in accordance with the requirements of Directive 2012/27/EU.

Key words: Directive 2012/27/EU, energy management systems, standards, harmonization.

References

1. Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC. Official Journal of the European Union, L 315, 14 November 2012. Retrieved from <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:315:0001:0056:en:PDF> [in English].
2. Plan – Do – Check – Act (PDCA). Retrieved from http://www.mindtools.com/pages/article/newPPM_89.htm [in English].
3. Khokhliavin, S.A. Energomenedzhment. Standarty. Osnovnyie tendentsii [Energy management. Standards. The main trends]. Retrieved from <http://portal-energo.ru/articles/details/id/527> [in Russian].
4. Guidebook for ISO 50001 Energy Management System. The Hong Kong Electronic Industries Association (HKEIA). Retrieved from: www.hkeia.org [in English].
5. Rozen, V.P., Solovei, A.I., & Cherniavskii, A.V. (2006). Formirovaniye funktsionalnogo yadra modeli sistemy energeticheskogo menedzhmenta proizvodstvennykh system [Forming the functional core of the energy management model of production systems]. *Promelektro*, 4, 78–83 [in Russian].

UDK 533.697.3

On the of Ranque-Hilsch effect / F.I. Molochko // The problems of general energy. – 2015. – Issue 4 (43). – P. 58–60.

We have proposed a hypothesis to explain the essence of Ranque-Hilsch effect.

Based on the interaction of electrons with an atom nucleus, from the side of forces opposing the inertia forces, the conditions are created that favor electron transition to a lower orbit with the radiation of an energy quantum, and from the opposite side its transition to a higher orbit with the absorption of an energy quantum. As a result the directed energy transfer from the center of a vortex tube to its periphery is provided. A similar physical process is realized during heating of rapidly moving bodies in gaseous environment, in vortex heat generators, as a result of friction of solids, and in other similar processes taking place in thermal power plants.

Key words: inertia forces, electron, orbit, core, shift, quantum.

References

1. Alekseyev, T.S. (1964). O prirode effekta Ranka [On the nature of the Ranque effect]. *Inzhenerno-fizicheskii zhurnal - Journal on Engineering and Physics*, 4, 121–130 [in Russian].
2. Merkulov, A.P. (1969). *Vikhrevoi effect i yego primeneniye v tekhnike [Vortex effect and applying it in engineering]*. Moscow: Mashinostroenie [in Russian].