

УДК 622.324

Агрегування моделей міжгалузевого балансу / М.М. Кулик // Проблеми загальної енергетики. – 2016. – Вип. 1 (44). – С. 5–9.

Запропоновано метод агрегування таблиць статистичної звітності «витрати-випуск» (матриця проміжного споживання, вектори кінцевого споживання, випуску товарів та послуг, валового внутрішнього продукту (доданої вартості), загальних витрат) з метою зменшення їх розмірності до величин, необхідних при виконанні досліджень із середньота довгострокового прогнозування. Метод не накладає обмежень на предметну сутність таблиць і забезпечує їх перетворення без втрати точності. При формуванні агрегованих математичних моделей міжгалузевого балансу потрібно спочатку агрегувати матрицю проміжного споживання у вартісній формі, після чого здійснити її перетворення в безрозмірну матрицю прямих витрат шляхом відповідного нормування з подальшими відомими операціями.

Ключові слова: матриця, вектор, проміжне споживання, кінцеве споживання, валовий внутрішній продукт, витрати, випуск.

УДК 621.316.726

Математичне моделювання процесів автоматичного регулювання частоти та потужності в ОЕС з сонячними електростанціями / І.В. Дрьомін // Проблеми загальної енергетики. – 2016. – Вип.1 (44). – С. 10–17.

Нестабільний характер видачі потужності сонячних електростанцій (СЕС) в мережу зумовлює необхідність всебічного дослідження відповідних процесів регулювання та їх впливу на роботу енергосистеми, насамперед, з точки зору впливу процесів генерації потужності СЕС на частоту та відповідні процеси автоматичного регулювання частоти і потужності (АРЧП).

Наведено математичну модель процесів генерації на СЕС, яка включена у модель АРЧП, що дозволяє досліджувати процеси регулювання як у системах АРЧП з традиційними регуляторами (генераторами), так і в системах АРЧП з швидкодіючими споживачами-регуляторами.

На прикладі ОЕС України представлені результати експериментів з наведеною у статті математичною моделлю СЕС. Встановлено, що для генераторів-регуляторів ключовим є обмеження на швидкість набору/скидання потужності, на відміну від споживачів-регуляторів, для яких ключовим є обмеження на рівень максимальної потужності.

Виявлено, що за умови максимальної потужності СЕС, що дорівнює максимальній потужності генератора-регулятора ГЕС (3 ГВт), швидкість набору/скидання потужності ГЕС забезпечує ефективне регулювання при допустимому відхиленні частоти 0,02 Гц. При інших рівних умовах ні пилосугільні, ні газомазутні ТЕС не в змозі утримувати відхилення частоти навіть в межах 0,2 Гц.

Ключові слова: математичне моделювання, вітрові електростанції, регулювання частоти, споживачі-регулятори, генератори-регулятори, АРЧП, об'єднана енергосистема.

УДК 621.311.22

Дослідження кінетичних характеристик зразків твердої біомаси / Т.С. Щудло, Н.І. Дунаєвська // Проблеми загальної енергетики. – 2016. – Вип. 1 (44). – С. 18–23.

Стаття присвячена питанню поліпшення екологічності роботи ТЕС України шляхом впровадження на них технології спільного факельного спалювання вугілля з твердою біомасою. За допомогою методу термогравиметрії, досліджено зразки деревини та соломи пшениці, кукурудзи, ріпаку і сої. Визначено окремі стадії термічного перетворення зразків твердої біомаси та отримані кінетичні константи для стадій зневоднення та виходу летких. Отримані дані та їх порівняння з дослідженнями інших авторів вказують на можливі суттєві відмінності у характеристиках твердої біомаси як окремих видів, так і різних зразків одного виду.

Ключові слова: тверда біомаса, спільне спалювання, тга, кінетика горіння.

УДК 620.97

Прогнозна структура теплозабезпечення України на період до 2040 року / В.Д. Білодід // Проблеми загальної енергетики. – 2016. – Вип.1 (44). – С. 24–33.

На основі аналізу стану теплозабезпечення та гіпотетичного варіанта прогнозу економічного розвитку України обґрунтовуються положення щодо доцільної стратегії розвитку систем теплозабезпечення України на період до 2040 року. Пропонується раціональна структура теплогенеруючих потужностей країни за двома сценаріями: без окупованих територій (АР Крим та частин Донецької і Луганської областей) та для всієї України в цілому.

Розвиток цієї галузі пропонується здійснювати переважно на основі широкого використання теплонасосних технологій та альтернативних видів палива із скороченням споживання природного газу, що призведе до зменшення вироблення теплової енергії котельними. За сценарієм 1 (з поверненням окупованих територій до складу України) прогнозується, що обсяги генерування теплової енергії у 2040 р. досягатимуть рівня 439,1 млн Гкал. За сценарієм 2 (з неповерненням окупованих територій до складу України) прогнозовані обсяги у 2040 р. менші на 80 млн Гкал.

Ключові слова: стратегія розвитку, теплозабезпечення, структура потужностей, тепловий насос, котельні, прогнозування.

УДК 621.311.001.57

Техніко-економічні показники виробництва електроенергії АЕС в маневреному режимі / С.В. Шульженко // Проблеми загальної енергетики. – 2016. – Вип. 1 (44). – С. 34–40.

В статті наведено аналіз впливу використання АЕС в маневреному режимі на техніко-економічні показники виробництва нею електроенергії. Очікуване в Україні підвищення долі генеруючих потужностей, що використовують відновлювані джерела, зокрема, вітрових та фотоелектричних станцій, які генерують нестабільну електричну потужність, зумовлює підвищення вимог до покриття маневрової частини графіка електричних навантажень національної Об'єднаної енергосистеми, що вимагає наявності додаткових маневрених потужностей. Впровадження маневрених режимів експлуатації АЕС, які відповідно до проекту передбачалось використовувати в номінальному режимі, є усталеною практикою, наприклад, в Німеччині та Франції і може бути застосовано і в Україні. З використанням детерміновано-стохастичного методу здійснена оцінка собівартості виробництва електроенергії в маневреному режимі для АЕС, які наразі використовуються в Україні, так і для перспективних АЕС середньої потужності.

Ключові слова: атомна електростанція, математична модель, стохастична змінна, національна енергосистема.

УДК 536.24

Теплообмін між рідиною та повітрям на поверхнях з різною формою поглиблень / В. В. Дубровський // Проблеми загальної енергетики. – 2016. – Вип. 1

(44). – С. 41–47.

Профілювання поверхні зрошувачів плівкових градирень у вигляді поглиблень призводить до суттєвого підвищення теплообміну між рідиною та оточуючим повітрям у порівнянні з гладкою поверхнею. Від форми поглиблень на поверхні течії залежить ступінь турбулізації потоку і інтенсифікація тепловіддачі. Пошук геометричних форм поглиблень на поверхні зрошувачів, які призводять до підвищення ефективності роботи градирні, є актуальною технічною задачею.

Мета цієї роботи – експериментально дослідити вплив форми поглиблень на поверхні зрошувача на тепловіддачу від стікаючої плівки води до оточуючого повітря і визначити найкращу профільовану поверхню зрошувача.

Досліди проводились з поглибленнями сферичної, циліндричної, ромбоподібної та квадратної форми на поверхнях зрошувачів. Дослідження виконано на різних режимах взаємодії фаз вода – повітря при поперечному обдуванні стікаючої плівки повітрям різної інтенсивності, а також в умовах нерухомого повітряного середовища.

Отримано емпіричні залежності, що дозволяють обчислити коефіцієнти тепловіддачі на поверхнях зі сферичними, циліндричними, ромбоподібними та квадратними поглибленнями.

Встановлено, що найкращі з точки зору тепловіддачі є поверхні з поглибленнями у вигляді сферичних лунок і вони можуть бути рекомендовані для впровадження на плівкових градирнях.

Ключові слова: плівкова градирня, форма поглиблень на поверхні зрошувача, тепловіддача, ступінь охолодження.

УДК 536.7

Вплив режимних параметрів та нерівноважності конверсії на показники термoxiмічної регенерації теплоти відпрацьованих газів високотемпературних установок / В.П. Яценко, В.Б. Редькін // Проблеми загальної енергетики. – 2016. – Вип. 1 (44). – С. 48–53.

Виконано розрахунки термодинамічних показників термoxiмічної регенерації (ТХР) теплоти відпрацьованих газів промислової печі і двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ), в яких спалюється природний газ. ТХР базується на конверсії суміші природного газу із продуктами його згоряння.

Встановлено, що при проведенні ТХР теплоти промислової печі з розподілом потоку відпрацьованих газів між реактором і нагрівачем повітря негативний вплив нерівноважності конверсії можна нівелювати

РЕФЕРАТИ

зменшення частки потоку, що направляється в реактор.

Показано, що збільшення частки потоку реагуючої суміші, яка направляється у високотемпературний реактор ДВЗ, і відповідне зменшення потоку в низькотемпературний призводять до збільшення як економії первинного палива, так і ефективності його використання.

Для зменшення впливу нерівноважності конверсії на показники регенерації теплоти ДВЗ слід забезпечувати умови, при яких нерівноважність конверсії паливної суміші в низькотемпературному реакторі буде мінімальною.

Ключові слова: термохімічна регенерація, промислова піч, двигун внутрішнього згорання, відпрацьовані гази, конвертоване паливо, термодинамічний розрахунок.

УДК 621.311.661

Агрегирование моделей межотраслевого баланса / М.Н. Кулик // Проблемы общей энергетики. – 2016. – Вып. 1 (44). – С. 5–9.

Предложен метод агрегирования таблиц статистической отчетности «затраты-выпуск» (матрица промежуточного потребления, векторы конечного потребления, выпуска товаров и услуг, валового внутреннего продукта (добавленной стоимости), общих расходов) в целях уменьшения их размерности до величин, необходимых при выполнении исследований по средне- и долгосрочному прогнозированию. Метод не накладывает ограничений на предметную сущность таблиц и обеспечивает их преобразование без потери точности. При формировании агрегированных математических моделей межотраслевого баланса нужно сначала агрегировать матрицу промежуточного потребления в стоимостной форме, после чего осуществить ее преобразования в безразмерную матрицу прямых затрат путем соответствующего нормирования с последующими известными операциями.

Ключевые слова: матрица, вектор, промежуточное потребление, конечное потребление, валовой внутренний продукт, затраты, выпуск.

УДК 621.316.726

Математическое моделирование процессов автоматического регулирования частоты и мощности в ОЭС с солнечными электростанциями / И.В. Дрёмин // Проблемы общей энергетики. – 2016. – Вып. 1 (44). – С. 10–17.

Нестабильный характер выдачи мощности солнечных электростанций (СЭС) в сеть обуславливает необходимость всестороннего исследования соответствующих процессов регулирования и их влияния на работу энергосистемы, прежде всего, с точки зрения влияния процессов генерации мощности СЭС на частоту и соответствующие процессы автоматического регулирования частоты и мощности (АРЧМ)

Приведена математическая модель процессов генерации на СЭС, включенная в модель АРЧМ, что позволяет исследовать процессы регулирования как в системах АРЧМ с традиционными регуляторами (генераторами), так и в системах АРЧМ с быстродействующими потребителями-регуляторами.

На примере ОЭС Украины представлены результаты экспериментов с приведенной в статье математической моделью СЭС. Установлено, что для генераторов-регуляторов ключевым является ограничение на скорость набора/сброса мощности, в отличие от потребителей-регуляторов, для которых

ключевым является ограничение на уровень максимальной мощности.

Выявлено, что при условии максимальной мощности СЭС, равной максимальной мощности генератора-регулятора ГЭС (3 ГВт), скорость набора/сброса мощности ГЭС обеспечивает эффективное регулирование при допустимом отклонении частоты 0,02 Гц. При прочих равных условиях ни пылеугольные, ни газомазутные ТЭС не в состоянии удерживать отклонение частоты даже в пределах 0,2 Гц.

Ключевые слова: математическое моделирование, автоматическое регулирование, численные методы, система нелинейных дифференциальных уравнений, солнечные электростанции, потребители-регуляторы, генераторы-регуляторы.

УДК 621.311.22

Исследование кинетических характеристик образцов твердой биомассы / Т.С. Щудло, Н.И. Дунаевская // Проблемы общей энергетики. – 2016. – Вып. 1 (44). – С. 18–17.

Статья посвящена вопросу улучшения экологичности работы ТЭС Украины путем внедрения на них технологии совместного факельного сжигания угля с твердой биомассой. С помощью метода термогравиметрии, исследованы образцы древесины и соломы пшеницы, кукурузы, рапса и сои. Определены отдельные стадии термического преобразования образцов твердой биомассы и получены кинетические константы для стадий обезвоживания и выхода летучих. Полученные данные и их сравнение с исследованиями других авторов указывают на возможные существенные различия в характеристиках твердой биомассы как отдельных видов, так и различных образцов одного вида.

Ключевые слова: твердая биомасса, совместное сжигание, тга, кинетика горения.

УДК 620.97

Прогнозная структура теплоснабжения Украины на период до 2040 года / В.Д. Белодед // Проблемы общей энергетики. – 2016. – Вып. 1 (44). – С. 24–33.

На основе анализа состояния теплоснабжения и гипотетического варианта прогноза экономического развития Украины обосновываются положения относительно целесообразной стратегии развития систем теплообеспечения Украины на период до 2040 года. Предлагается рациональная структура тепловых генерирующих мощностей страны по

двум сценариям: без оккупированных территорий (АР Крым и частей Донецкой и Луганской областей) и для всей Украины в целом. Развитие этой отрасли предлагается осуществлять преимущественно на основе широкого использования теплонасосных технологий и альтернативных видов топлива с сокращением потребления природного газа, что приведет к уменьшению выработки тепловой энергии котельными. По сценарию 1 (с возвращением оккупированных территорий в состав Украины) прогнозируется, что объемы генерирования тепловой энергии в 2040 г. будут достигать уровня 439,1 млн Гкал. По сценарию 2 (с возвратом оккупированных территорий в состав Украины) прогнозируемые объемы в 2040 г. меньше на 80 млн Гкал.

Ключевые слова: стратегия развития, теплообеспечение, структура мощностей, тепловой насос, котельные, прогнозирование.

УДК 621.311.001.57

Технико-экономические показатели производства электроэнергии АЭС в маневренном режиме / С.В. Шульженко // Проблемы общей энергетики. – 2016. – Вып. 1 (44). – С. 34–40.

В статье приведен анализ влияния использования АЭС в маневренном режиме на технико-экономические показатели производства ею электроэнергии. Ожидаемый в Украине рост доли генерирующих мощностей, использующих возобновляемые источники энергии, например, ветровых и фотоэлектрических станций, генерирующих нестабильную электрическую мощность, обуславливает повышение требований к покрытию маневренной части графика электрических нагрузок национальной Объединенной энергосистемы, что требует наличия дополнительных маневренных мощностей. Внедрение маневренных режимов эксплуатации АЭС, которые в соответствии с проектом предполагалось использовать в номинальном режиме, является обычной практикой, например, в Германии и Франции и может быть внедрено и в Украине. С использованием детерминировано-стохастического метода сделана оценка себестоимости производства электроэнергии в маневренном режиме для АЭС, которые сейчас используются в Украине, а также и для перспективных АЭС средней мощности.

Ключевые слова: атомная электростанция, математическая модель, стохастическая переменная, национальная энергосистема.

УДК 536.24

Теплообмен между жидкостью и воздухом на поверхностях с разной формой углублений // В.В. Дубровский // Проблемы общей энергетики. – 2016. – Вып. 1 (44). – С. 41–47.

Профилирование поверхности оросителей пленочных градирен в виде углублений приводит к существенному повышению теплообмена между жидкостью и окружающим воздухом по сравнению с гладкой поверхностью. От формы углублений на поверхности течения зависит степень турбулизации потока и интенсификация теплоотдачи. Поиск геометрических форм углублений на поверхности оросителей, которые приводят к повышению эффективности работы градирни, является актуальной технической задачей.

Цель работы – экспериментально исследовать влияние формы углублений на поверхности оросителя на теплоотдачу от стекающей пленки воды к окружающему воздуху и определить наилучшую профилированную поверхность оросителя.

Опыты проводились с углублениями сферической, цилиндрической, ромбовидной и квадратной формы на поверхностях оросителей. Исследования проведены на разных режимах взаимодействия фаз вода – воздух при поперечном обдуве стекающей пленки воздухом разной интенсивности, а также в условиях неподвижной воздушной среды.

Получены эмпирические зависимости, которые позволяют вычислить коэффициенты теплоотдачи на поверхностях со сферическими, цилиндрическими, ромбовидными и квадратными углублениями.

Установлено, что наилучшими с точки зрения теплоотдачи являются поверхности с углублениями в виде сферических лунок и они могут быть рекомендованы для внедрения на пленочных градирнях.

Ключевые слова: пленочная градирня, форма углублений на поверхности оросителя, теплоотдача, степень охлаждения.

УДК 536.7

Влияние режимных параметров и неравновесности конверсии на показатели термохимической регенерации теплоты отработанных газов высокотемпературных установок / В.П. Яценко, В.Б. Редькин // Проблемы общей энергетики. – 2016. – Вып. 1 (44). – С. 48–53.

Выполнены расчеты термодинамических показателей термохимической регенерации (ТХР) теп-

лоты отработанных газов промышленной печи и двигателя внутреннего сгорания (ДВС), в которых сжигается природный газ. ТХР базируется на конверсии смеси природного газа с продуктами его сгорания.

Установлено, что при проведении ТХР теплоты промышленной печи с распределением потока отработанных газов между реактором и нагревателем воздуха отрицательное влияние неравновесности конверсии можно нивелировать уменьшением доли потока, направляемого в реактор.

Показано, что увеличение доли потока реагирующей смеси, направляемой в высокотемпературный реактор ДВС, и соответствующее уменьшение потока в низкотемпературный приводят к увеличению как экономии первичного топлива, так и эффективности его использования.

Для уменьшения влияния неравновесности конверсии на показатели регенерации теплоты ДВС следует обеспечивать условия, при которых неравновесность конверсии топливной смеси в низкотемпературном реакторе будет минимальной.

Ключевые слова: термохимическая регенерация, промышленная печь, двигатель внутреннего сгорания, отработанные газы, конвертируемое топливо, термодинамический расчет.

UDC 622.324

Input-output model aggregation method /M. Kulyk// The problems of general energy. – 2016. – Issue 1(44). – P. 5–9.

The aggregation method is proposed for input-output statistical tables (intermediate consumption matrix and vectors of final consumption, production, gross domestic product (value added), overall costs) to reduce their dimension to be suitable for studies on medium-term and long-term forecast. The method does not impose constraints on a substantive nature of the tables and ensures their transformation without the loss of accuracy. When forming the aggregated mathematical input-output balance models, first of all, it is necessary to aggregate the intermediate consumption matrix in monetary form and after that transform it into the dimensionless matrix of direct costs through relevant valuation with subsequent well-known operations.

Key words: matrix, vector, intermediate consumption, final consumption, gross domestic product, costs, production.

References

1. Leontyev, V et al. (1958). *Issledovaniye struktury amerikanskoj ekonomiki [U.S. Economy Structure Study]*. Moscow: Gosudarstvennoye statisticheskoye izdatelstvo [in Russian].
2. Karter, A. (1974). *Strukturnye izmeneniya v ekonomike SShA [Structural Changes in the U.S. Economy]*. Moscow: Statistika [in Russian].
3. Kuboniva, M. et al. (1991). *Matematicheskaya ekonomika na personalnom kompyutere [Mathematical Economy on Personal Computer]*. Moscow: Finansy i statistika [in Russian].
4. Statystychnyi shchorichnyk Ukrainy za 2013 rik [Ukraine's Statistical Yearbook for 2013]. Kyiv: State Statistic Service of Ukraine [in Ukrainian].
5. Natsionalni rakhunky Ukrainy za 2014 rik: statystychnyi zbirnyk [Ukraine National Accounts for 2014: statistics digest]. State Statistic Service of Ukraine: www.ukrstat.gov.ua [in Ukrainian].

UDC 621.316.726

Mathematical modeling of processes of automatic frequency and power control in IPS with solar power plants / I.V. Dryomin // The problems of general energy. – 2016. – Issue 1(44). – P. 10–17.

The unstable nature of solar power plant (SPP) power output in the network determines the need for a compre-

hensive study of the relevant control processes and their impact on the operation of the power system, especially from the point of view of influence of processes of generation capacity in the SPP on the frequency, and on the relevant processes of automatic frequency and power control (AFPC)

The mathematical model of the generation processes on the SPP included in the AFPC model allows to investigate the processes of regulation in the AFPC systems with traditional regulators (generators), and in the AFPC systems with fast controllable loads.

On the example of interconnected power system (IPS) of Ukraine presents the results of experiments with the mathematical model of the SPP given in the article. It is established that for generators-regulators is a key limitation on the speed of the power set/reset, unlike controllable loads for which key is a maximum power limitation. It is revealed that under the condition of maximum power SPP equal to the maximum power of the generator-regulator of the power plant (3 GW) speed of the power set/reset of hydroelectric power provides effective regulation for the permissible frequency deviation of 0.02 Hz. *Ceteris paribus*, neither coal-fired nor oil-gas thermoelectric power station is not able to hold the frequency deviation even in the range of 0.2 Hz.

Key words: mathematical modeling, automatic control, numerical methods, the system of nonlinear differential equations, solar power plant, generator-regulator, controllable load.

References

1. Dryomin, I.V. (2014). Matematicheskoe modelirovanie i analiz vliyaniya momenta inertsii vrashchayushchikh-sya chastey VES na protsess regulirovaniya chastoty [Mathematical modeling and analysis of the influence of on the frequency regulation process]. *Problemy zagal'noi energetyky - The Problems of General Energy*, 1(36), 33-38 [in Russian].
2. Khemming, R.V. (1972) Chislennyye metody [Numerical methods]. Moscow: Nauka [in Russian].
3. Javier Marcos, Luis Marroyo, Eduardo Lorenzo, David Alvira, Eloisa Izco (2011) Power output fluctuations in large scale PV plants: one year observations with one second resolution and a derived analytic model. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 19(24) [in English].
4. Kulyk, M.M., & Dryomin, I.V. (2013) Universalna model rehulyuvannia chastoty i potuzhnosti v obyednanykh enerhosystemakh. [General-purpose model of frequency and power regulation in united power systems]. *Problemy zagal'noi ener-*

getyky - *The Problems of General Energy*, 4(35), 5-15 [in Ukrainian].

UDC 621.311.22

The study of kinetic characteristics of solid biomass / T.S. Schudlo, N.I. Dunaevskaya // *The problems of general energy*. – 2016. – Issue 1(44). – P. 18–23.

The article is devoted to the issue of improving the environmental performance of TPP of Ukraine by introducing them to pulverized coal and solid biomass co-firing technology. The samples of wood and wheat straw, corn, rape and soybeans were investigated by means of thermogravimetry. Determined individual stage of solid biomass thermal conversion and obtained kinetic constants for dehydration and devolatilization stages. The data and its comparison with the research of other authors point to possible significant differences in the characteristics of the solid biomass of individual species and different samples of the same species.

Key words: solid biomass, co-firing, tga, combustion kinetics.

References

1. Renewables Information IEA 2014 [Electronic resource]: IEA statistics. Retrieved from <http://www.cne.es/cgi-bin/BRSCGI.exe?CMD=VEROBJ&MLKOB=820858630202>.
2. Geletuha, G., & Zheleznaya, T. (2014). Sostoyanie i perspektivy razvitiya bioenergeticheskikh tehnologiy v Ukraine. *Ekologiya predpriyatiya*, 4, 32-41 [in Russian].
3. Database of Biomass Cofiring initiatives [Electronic resource]: IEA Bioenergy Task 32. Retrieved from <http://www.ieabcc.nl>
4. Geletuha, G.G., Zheleznaya, T.A., & Olynyk, E.N. (2013). Prospects for electricity generation from biomass in Ukraine. *Prom. Teplotekhnika*, 5 (35), 48-57 [in Russian].
5. Zasyadko, Ya.I., Schudlo, T.S., Bestsenyiy, I.V., Bondzik, D.L., & Dunaevskaya, N.I. (2009). Experimental Study into the Wooden Biomass with Anthracite Coal. *Energotehnologii i resursoberezhnie*, 3, 10-17 [in Russian].
6. Guo, J. & Lua, C. (2001). Kinetic Study on Pyrolytic Process of Oil-Palm Solid Waste Using Two- Step Consecutive Reaction Model. *Biomass and Bioenergy*, 20, 223–233.
7. M.V. Gil, D. Casal, C. Pevida, J.J. Pis, & F. Rubiera. (2010). Thermal behaviour and kinetics of coal/biomass blends during co-combustion. *Bioresource Technology*, July, Volume 101, Issue 14, 5601–5608.

8. Sema Yurdakul Yorulmaz, Aysel T. Atimtay. (2009). Investigation of combustion kinetics of treated and untreated waste wood samples with thermogravimetric analysis. *Fuel Processing Technology*, 90, 939–946.

9. Myroshnyk, M. M. (2013). Kinetyka termichnoi destruktzii okremykh vydiv biomasy yak alternatyvnoho palyva: avtoref. dys... kand tekhn. nauk: 05.14. 06. *Kyiv: National University of Food Technologies* [in Ukrainian].

10. Yu Zhaosheng, Ma Xiaoqian, Liu Ao. (2008). Kinetic studies on catalytic combustion of rice and wheat straw under air- and oxygen-enriched atmospheres, by using thermogravimetric analysis. *Biomass and bioenergy*, 32, 1046–1055.

11. Maria Inez G. de Miranda, Clara I. D. Bica*, Sonia M. B. Nachtigall, N. Rehman, Simone M. L. Rosa. Thermal decomposition of soybean hull cellulose: a kinetic study 12° Congresso Brasileiro de Polimeros (12°CBPol), September 22–26, 2013: Proceedings. – Mode of access: Retrieved from <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/81824/000901361.pdf?sequence=1>.

UDC 620.97

Forecast of the structure of heat supply of Ukraine for the period till 2040 / V.D. Bilodid // *The problems of general energy*. – 2016. – Issue 1(44). – P. 24–33.

Based on the analysis of the state of heat supply and hypothetical variant of the forecast of economic development of Ukraine, we substantiate the grounds for the reasonable strategy of the development of Ukrainian heating systems for the period till 2040. We propose the rational structure of heat-generating capacities of the country by two scenarios: excluding the occupied territories (AR of Crimea and certain parts of Donetsk and Lugansk regions) and for the whole Ukraine. The development of this branch is proposed to be carried out mainly on the basis of wide using heatpump technologies and alternative types of fuel, which will lead to the reduction of natural gas consumption and heat production by boiler houses. According to scenario 1 (in the case of return of the occupied territories to Ukraine), it is estimated that the volume of heat energy generation in 2040 will reach 439.1 million Gcal. According to scenario 2 (in the case of non-return of the occupied territories to Ukraine), the estimated volume in 2040 will be by 80 million Gcal less.

Key words: strategy of development, heat supply, structure of capacities, heatpump, boiler houses, forecast

References

1. Enerhetychna stratehiya Ukrainy na period do 2030 roku, zatverdzhena Rozpoyadzhenniam Kabinetu Ministriv Ukrainy 24 lypnya 2013 r. No. 1071-r [Energy Strategy of Ukraine for the period till 2030 by the Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine on 24 July 2013 No. 1071-r] [in Ukrainian].
2. Bilodid, V.D., Kuts, G.O., Malyarenko, O.Ye., Symborskyi, A.I., Tarasenko, P.V., & Stanytsina, V.V. et al. (2011). Stvorennya metodychnykh pidkhodiv ta matematychnykh modelei, doslidzhennya prioritetnykh napryamiv vykorystannya enerhoefektyvnykh tekhnolohiy v haluzyakh enerhokompleksu Ukrainy [Methodological approaches and mathematical models creation, investigation of priority areas of energy efficiency technologies usage in the branches of energy complex of Ukraine. Final Report on research work "DIRECTION 2". Vol. 2. Ukrainian heat supply system. Supervisor Kulyk M.M. DRNo. 0107U002336. – DONo. 0212U000256.]. Kyiv: *Institut zahal'noi enerhetyky NAN Ukrainy* [in Ukrainian].
3. Rezultaty vykorystannia kotelno-pichnoho palyva, teploenerhii ta elektroenerhii za 2010 rik: stat.biuletyn [Results of the use of boiler and furnace fuels, heat and electricity in 2010: statistical bulletin]. (2011). Kyiv: *State Statistics Service of Ukraine* [in Ukrainian].
4. Rezultaty vykorystannia kotelno-pichnoho palyva, teploenerhii ta elektroenerhii za 2011 rik: stat.biuletyn [Results of the use of boiler and furnace fuels, heat and electricity in 2011: statistical bulletin]. (2012). Kyiv: *State Statistics Service of Ukraine* [in Ukrainian].
5. Rezultaty vykorystannia kotelno-pichnoho palyva, teploenerhii ta elektroenerhii za 2012 rik: stat.biuletyn [Results of the use of boiler and furnace fuels, heat and electricity in 2012: statistical bulletin]. (2013). Kyiv: *State Statistics Service of Ukraine* [in Ukrainian].
6. Rezultaty vykorystannia kotelno-pichnoho palyva, teploenerhii ta elektroenerhii za 2013 rik: stat.biuletyn [Results of the use of boiler and furnace fuels, heat and electricity in 2013: statistical bulletin]. (2014). Kyiv: *State Statistics Service of Ukraine* [in Ukrainian].
7. Pro osnovni pokaznyky roboty opalyvalnykh kotelen i teplovykh merezh Ukrainy za 2010 rik: statystychnyi biuletyn [On the basic characteristics of the work of Ukrainian heating plants and heat networks in 2010: statistical bulletin]. (2011). Kyiv: *State Statistics Service of Ukraine* [in Ukrainian].
8. Pro osnovni pokaznyky roboty opalyvalnykh kotelen i teplovykh merezh Ukrainy za 2011 rik: statystychnyi biuletyn [On the basic characteristics of the work of Ukrainian heating plants and heat networks in 2011: statistical bulletin]. (2012). Kyiv: *State Statistics Service of Ukraine* [in Ukrainian].
9. Pro osnovni pokaznyky roboty opalyvalnykh kotelen i teplovykh merezh Ukrainy za 2012 rik: statystychnyi biuletyn [On the basic characteristics of the work of Ukrainian heating plants and heat networks in 2012: statistical bulletin]. (2013). Kyiv: *State Statistics Service of Ukraine* [in Ukrainian].
10. Pro osnovni pokaznyky roboty opalyvalnykh kotelen i teplovykh merezh Ukrainy za 2013 rik: statystychnyi biuletyn [On the basic characteristics of the work of Ukrainian heating plants and heat networks in 2013: statistical bulletin]. (2014). Kyiv: *State Statistics Service of Ukraine* [in Ukrainian].
11. Rezultaty vykorystannia kotelno-pichnoho palyva, teploenerhii ta elektroenerhii za 2014 rik: stat.biuletyn [Results of the use of boiler and furnace fuels, heat and electricity in 2014: statistical bulletin]. (2015). Kyiv: *State Statistics Service of Ukraine* [in Ukrainian].
12. Pro osnovni pokaznyky roboty opalyvalnykh kotelen i teplovykh merezh Ukrainy za 2014 rik: statystychnyi biuletyn [On the basic characteristics of the work of Ukrainian heating plants and heat networks in 2014: statistical bulletin]. (2015). Kyiv: *State Statistics Service of Ukraine* [in Ukrainian].

UDC 621.311.001.57

Technical and economic indicators of electricity production by load-following NPP / S.V. Shulzhenko // The problems of general energy. – 2016. – Issue 1(44). – P. 34–40.

Dependence of technical and economic indicators from NPP operation in load-following mode is analyzed in the article. Increasing part of renewables, namely wind and PV, in the Ukrainian power sector generating intermittent electric power leads to increased requirements to integrated electric grid stability by using more load-following generators. Implementation of load-following modes at NPP that was designed as base-load is an accepted practice, for example in Germany and France and could be used in Ukraine. The estimation of electricity production costs generated by existing in Ukraine and perspective mid-power load-following NPP were calculated using deterministic and stochastic mathematical method.

Key words: NPP, mathematical model, stochastic variable, national energy system

References

1. Technical and Economic Aspects of Load Following with Nuclear Power Plants. (2011). Preprint: *Nuclear Energy Agency, OECD*.
2. Stromproduktion in Deutschland. *Fraunhofer Energy Charts*. Retrieved from https://energy-charts.de/power_de.htm.
3. Load Following EDF Experience Feedback. IAEA Technical Meeting – Load Following Sept 4–6, 2013, Paris. Retrieved from https://www.iaea.org/NuclearPower/Downloadable/Meetings/2013/2013-09-04-09-06-TM-NPE/8.feutry_france.pdf.
4. Additional Costs for Load-following Nuclear Power Plants. Experiences from Swedish, Finnish, German and French nuclear power plants – Elforsk rapport 12:71, December 2012. Preprint: *Svenska Elforsks Forsknings – Och Utvecklings – Elforsk – AB, December 2012*.
5. Economic aspects on Flexible Production and the Nordic Market. Flexible Operation Approaches for Nuclear Power Plants [Elektronnyi resurs] / IAEA Technical Meeting – Load Following Sept 4–6, 2013, Paris. Retrieved from https://www.iaea.org/NuclearPower/Downloadable/Meetings/2013/2013-09-04-09-06-TM-NPE/18.henriksson_sweden.pdf.
6. Vprovadzhennia rezhymu dobovoho reholiuvannia potuzhnosti na enerhoblokakh AES Ukrainy. *Derzhavna inspektsiia atomnoho reholiuvannia Ukrainy*. Retrieved from <http://www.snrc.gov.ua/nuclear/uk/publish/article/320023>.
7. Shulgenko, S.V. (2008). Osoblyvosti rozrakhunku vartisnykh pokaznykiv u zadakhakh prohnozuvannia rozvytku elektroenerhetychnykh system za rynkovykh umov ikh funktsionuvannia [Estimation of cost indicators for the task of electrical power system development forecast under the market liberalization conditions]. *Problemy zagal'noi enerhetyky - The Problems of General Energy*, 2(18), 16–20 [in Ukrainian].
8. Westinghouse Electric Company. *The Westinghouse Small Modular Reactor*. Retrieved from <http://www.westinghousenuclear.com/New-Plants/Small-Modular-Reactor>.
9. NuScale Power – SMR Nuclear Technology. *NuScale Technology Overview*. Retrieved from <http://www.nuscalepower.com/our-technology/technology-overview>.
10. Projected Costs of Generating Electricity 2005 Update. *OECD/IEA, 2005*. Retrieved from <https://www.oecd-neo.org/ndd/pubs/2005/5968-projected-costs.pdf>.

UDC 536.24

Heat transfer between liquid and air on surface with different shape of dimples / V.V. Dubrovskii // The problems of general energy. – 2016. – Issue 1(44). – P. 41–47.

Profiling of the surface of sprinklers of film-type cooling towers in the form of dimples leads to a significant increase in heat transfer between the liquid and surrounding air as compared with a smooth surface. The shape of dimples on the surface of the flow affects the degree of flow turbulization and heat transfer intensification. The search for the geometric shapes of dimples on the sprinklers surface leading to an increase in the efficiency of the operation of cooling towers is a topical technical problem.

The aim of this work is to investigate experimentally the influence of dimples shape on the surface of sprinklers on the heat transfer from flowing water film to ambient air and determine the best profiled surface of sprinklers.

Our experiments were carried out with dimples of spherical, cylindrical, rhombic, and square shapes on the surfaces of sprinklers. These investigations were performed on different modes of interaction between the water and air phases under conditions of cross flow of water film by air of different velocity as well as under conditions of quiescent air environment.

We have obtained empirical dependencies that allow one to calculate the coefficients of heat transfer on the surfaces with spherical, cylindrical, rhombic, and square dimples. We have established that, from the view point of heat transfer, surfaces with spherical dimples are the best, and we recommend them for the implementation at film-type cooling towers.

Key words: film-type cooling tower, the shape of dimples on the surface of sprinklers, heat transfer, degree of cooling.

References

1. Dubrovskii, V.V., Podvysotskii, A.M., & Shrayber, A.A. (2009). Eksperimentalnoe issledovanie teploobmena plenki zhidkosti, stekayushchei po profilirovannoi poverkhnosti, s vozdukhom [Experimental study of the heat transfer of a liquid film, flowing over profiled surface, with air]. *Problemy zahal'noi enerhetyky - The Problems of General Energy*, 19, 39–45 [in Russian].
2. Shrayber, A.A., Dubrovskii, V.V., & Podvysotskii, A.M. (2010). Obobshchenie opytnykh dannykh po teploobmenu plenki zhidkosti, stekayushchei po gladkim i profilirovannym

poverkhnostiam, s vozdukhom [Generalization of experimental data on the heat transfer of a liquid film, flowing over plane and profiled surfaces, with air] *Promyshlennaya teplotekhnika*, V. 32, No. 4, 21-27 [in Russian].

3. Dubrovskii, V.V., Podvysotskii, O.M., Gryshuk, M.S., & Nedilko, A.P. (2014). Teploviddacha na profiliovanykh poverkhnnyakh promyslovykh plivkovykh hradyren [Heat transfer on profiled surfaces of industrial film-type cooling towers]. *Problemy zahal'noi enerhetyky - The Problems of General Energy*, 3 (38), 50-56 [in Ukrainian].

4. Khalatov, A.A., Borisov, I.I., & Shevtsov, S.V. (2005). Teploobmen i hidrodinamika v polyakh tsen-trobrezhnykh massovykh sil, T. 5, Teplomassoobmen i teplohidravlcheskaya efektyvnost vikhrevykh i zakruchennykh potokov [Heat transfer and fluid dynamics in the fields centrifugal bulk forces, Vol. 5, Heat- and mass transfer and thermohydraulic efficiency of vertical and twisted flows]. Kiev: *Institut tekhnicheskoi teplofiziki NAN Ukrainy* [in Russian].

5. Leont'ev, A.I., & Olimp'ev, V.V. (2011). Teplofizika i teplotekhnika perspektivnykh intensifikatorov teploobmena (obzor) [Thermophysics and heat power engineering of promising heat-transfer intensifiers (survey)]. *Energetika, RAN (Izvestiya AN), № 1* [in Russian].

UDC 536.7

Influence of operating parameters and non-equilibrium conversion on the characteristics of thermochemical recuperation of the heat of gases of high-temperature installations / V.P. Yatsenko, V.B. Redkin // The problems of general energy. – 2016. – Issue 1(44). – P. 48–53.

We have performed the calculations of thermodynamic of parameters of thermochemical recuperation (TCR) of the heat of exhaust gas of industrial furnaces and internal combustion engine (ICE), which burn natural gas. TCR is based on the conversion of the mixtures natural gas with products of its combustion.

We have established that, in performing the TCR of the heat of an industrial furnace with the distribution of the flow of exhaust gases between the reactor and air heater, one can compensate the negative action non-equilibrium character of conversion by a decrease in the fraction of the flow fed to the reactor.

We have shown that an increase in fraction of reaction mixture fed to the high-temperature reactor of ICE and

the corresponding decrease in the flow to the low-temperature enhance both the economy of primary fuel and the efficiency of its use.

To reduce influence of non-equilibrium generation character of conversion on the parameters of recuperation of the heat of an ICE. One should provide conditions under which the non-equilibrium character of reacting mixture in the low-temperature reactor will be minimal.

Key words: thermochemical recuperation, industrial furnace, internal combustion engine, exhausts gases, the converted fuel, and hemodynamic calculation.

References

1. Hubynskii, V.Y. & Chzhun-U Lu. (1995). Teoryia plamennykh pechej. Moscow: *Mashynostroenye* [in Russian].
2. Hoikhman, V.Yu., Ruslov, V.N., & Kostyria, V.A. (1997). Pechnaia teplotekhnika v proyzvodstve stekla. Kh.: Fakt [in Russian].
3. Mysnik, M.Y., & Svistula, A.E. (2009). Analiz teplofizicheskikh svoistv alternativnykh topliv dlia dvigatelei vnutrenneho shoraniia. *Polzunovskii vestnik. 1-2*, 37-43 [in Russian].
4. Levterov, A.M., Bhantsev, V.N., & Nechvolod, P.Yu. (2015). Sravnitelnaia eksperimentalnaia otsenka enerhoekologicheskikh pokazatelei konvertirovannogo hazovoho dvigatel'ia na baze dizelia. *Enerhosberezhnie. Enerhetika. Enerhoaudit*, 6 (137), 20-27 [in Russian].
5. Shraiber, O., & Yatsenko V. (2013). Vykorystannia teplovykh vtorynnykh enerhoresursiv metodom termokhimichnoi reheneratsii u dvyhuni vnutrishn'oho zghoriannia [Use of thermal secondary energy resources by the method of thermochemical recuperation in a reciprocating internal combustion engine]. *Problemy zahal'noi enerhetyky - The Problems of General Energy*, 4 (35), 47-51 [in Ukrainian].
6. Yatsenko, V.P., & Shraiber, O.A. (2014). Vykorystannia teploty vidpratsovanykh haziv promyslovykh pechej metodom termokhimichnoi reheneratsii [Use of the heat of the exhaust gases of industrial furnaces by the method of thermochemical recuperation]. *Problemy zahal'noi enerhetyky - The Problems of General Energy*, 1 (36), 19-23 [in Ukrainian].