УДК 622.324:338.5

Перспективи функціонування газотранспортної системи України в умовах інтеграції ринків природного газу / І.Ч. Лещенко, А.І. Спітковський // Проблеми загальної енергетики. – 2016. – Вип. 2(45). – С. 5–15.

Ефективне функціонування газотранспортної системи (ГТС) України суттєво залежить від процесів, які відбуваються на світових ринках природного газу. У статті виконано аналіз цих процесів, який дозволив зробити висновок, що основними факторами інтеграції регіональних газових ринків є розвиток торгівлі зрідженим газом, вдосконалення технологій та розширення географії видобутку нетрадиційних газів.

Показано, що найбільш важливими факторами, які впливають на ефективність роботи української ГТС, є обсяги газу і маршрути їх транспортування. Вони формуються під взаємним впливом сукупності економічних, екологічних та технологічних факторів, що визначаються як станом розвитку світової та європейської економік, так і політичними рішеннями як Європейського Союзу, так і Російської Федерації.

Наведено сформовані представницькі сценарії завантаження української ГТС на період до 2040 року. Показано, що для всіх сценаріїв її функціонування у подальшому буде все менш ефективним, а проведення реконструкції в існуючій схемній структурі є недоцільним, доки не буде вирішено проблему гарантування обсягів і напрямів транзиту природного газу через територію України.

Ключові слова: газотранспортна система, інтеграція ринків газу, представницькі сценарії транзиту природного газу.

УДК 004.942:620.9

Моделювання постачання енергетичного вугілля за марками в економіку країни в умовах світового ринку та скорочення обсягів власного видобутку / Т.Р. Білан, М.І. Каплін // Проблеми загальної енергетики. – 2016. – Вип. 2(45). – С. 16–25.

Запропоновано економіко-математичну модель постачання енергетичного вугілля за марками в економіку країни в умовах світового ринку та скорочення обсягів власного видобутку. Модель побудовано на основі потокового подання системи вуглепостачання. Виконано розрахунки забезпечення енергетичним вугіллям економіки країни за різних значень співвідношення у потребі окремих марочних груп в умовах дефіциту окремих марок вугілля та загального скорочення вуглевидобутку, спричиненого скороченням шахтного фонду країни внаслідок окупації частини території.

Врахування окупації при моделюванні вуглезабезпечення виконано шляхом суттєвої перебудови структури системи постачання енергетичного вугілля на підконтрольній державі території, зокрема врахуванням тимчасово окупованої території як джерела імпорту з власними обсяговими та ціновими параметрами надходження, елементами транспортної інфраструктури, а також необхідним коригуванням обсягу потреби у цілому по країні з урахуванням споживання цієї території. Можливість такої модифікації моделі забезпечується мережним поданням системи.

Суттєво відмінні умови надходження окремих груп енергетичного вугілля, як з джерел власного видобутку, так і за імпортом, враховано вміщенням у модель окремих підсистем постачання та споживання газової та антрацитової груп вугілля, які взаємодіють між собою з метою розподілення обсягів імпортування між країнами-експортерами з близького та далекого зарубіжжя при задоволенні пропускної здатності національної транспортної інфраструктури.

Отримані обсяги імпортування антрацитової групи вугілля значно перевищують вільні обсяги цього типу вугілля на світовому ринку. Тому, забезпечення потреби у цьому виді палива неможливе без надходження необхідних обсягів марок А та П з територій, що наразі не контролюються державою.

Ключові слова: енергетичне вугілля, антрацит, газова група, потокове подання, система вуглепостачання.

УДК [519.245+519.65]:620.92 + 621.31

Триточкова апроксимація функцій розподілу мінливого параметра для стохастичних моделей оцінювання техніко-економічних показників / В.О. Костюк // Проблеми загальної енергетики. – 2016 . – Вип. 2 (45). – С. 26–33.

Розглянуто питання підвищення точності результатів імітаційного моделювання широкого класу фізичних об’єктів з мінливими техніко-економічними показниками, що виконуються на основі детерміновано-стохастичних моделей (ДСМ) для розв’язання економіко-математичних задач з використанням ймовірнісних методів (методу Монте-Карло, методу моментів), в енергетичних системах зокрема.

Проаналізовано стандартні функції опису стохастичних (мінливих) параметрів моделі із застосуван-

ням прийомів триточкового оцінювання розподілу їх імовірних значень. Сконструйовано функцію щільності синтетичного несиметричного розподілу на основі стандартного нормального, яка є придатною для опису прогнозного і/або статистичного розподілу ймовірних значень параметрів моделі енергетичного об'єкта, й отримано аналітичні записи для обчислення моментів такого розподілу. Варіантні й співставні цінові розрахунки, виконані за різними ймовірнісними методами, свідчать про вищу досяжну точність числових результатів імітаційного моделювання за умови застосування прийомів триточкового оцінювання параметрів моделі.

Ключові слова: імітаційне моделювання в енергетиці, точність оцінювання, стохастичний параметр, триточкова апроксимація, дисперсійний і факторний аналіз.

УДК 621.316.726

Визначення граничних потужностей сонячних електростанцій в ОЕС України / І.В. Дрьомін // Проблеми загальної енергетики. – 2016. – Вип. 2 (45). – С. 34–42.

Максимальне значення потужностей СЕС в енергосистемі залежить від величини резерву і швидкодії регулюючих потужностей системи автоматичного регулювання частоти і потужності (АРЧП). Вважається, що регулюючих потужностей системи АРЧП достатньо, якщо АРЧП здатна компенсувати збурення, викликане дією СЕС. При цьому відхилення частоти в енергосистемі має залишатися в діапазоні ±0,02 Гц (за вимогами ENTSO-E) або ±0,2 Гц (актуальні вимоги для ОЕС України).

Наведено підхід (програма експериментів, алгоритм їх проведення) до визначення граничних потужностей СЕС, що входять до складу ОЕС України. В результаті проведених експериментів отримано значення максимальних потужностей СЕС, які система АРЧП в змозі компенсувати при різних початкових умовах. Серед них: різні типи і склад регуляторів (гідроагрегати ГЕС, пиловугільні ТЕС, споживачі-регулятори); допустиме відхилення частоти 0,2 Гц або 0,02 Гц; різні максимальні потужності регуляторів і СЕС.

В результаті досліджень, у тому числі, встановлено, що, наприклад, для допустимого відхилення частоти 0,2 Гц в ОЕС України з АРЧП на базі пиловугільних (ПВ) ТЕС з резервом 1000 МВт гранична потужність СЕС становить 581 МВт, тоді як для компенсації СЕС потужністю 1 ГВт потрібно генераторів-регуляторів ПУ ТЕС потужністю вже 9,3 ГВт. Такий розкид пояснюється ефектом саморегулювання, який проявляється саме на АРЧП з ПВ ТЕС через низьку швидкодію цього типу регуляторів. Для компенсації 1 ГВт СЕС при інших рівних умовах буде потрібно 310 МВт генераторів-регуляторів ГЕС або 300 МВт споживачів-регуляторів.

Визначена величина ефекту саморегулювання. Так, для допустимого відхилення частоти 0,2 Гц тільки за рахунок цього ефекту в ОЕС України може функціонувати 370 МВт потужностей СЕС. Для відхилення 0,02 Гц гранична потужність СЕС становить 38 МВт.

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

УДК 621.165.62-192

Влив роботи у маневрених режимах енергоблоків ТЕС на техніко-економічні характеристики / О.Ю. Черноусенко, Л.С. Бутовський, О.О. Грановська, В.А. Пешко, О.С. Мороз // Проблеми загальної енергетики. – 2016. – Вип. 2(45). – С. 43–51.

Представлено результати аналізу зміни техніко-економічних характеристик енергоблоків ТЕС потужністю 150, 200/210, 300 МВт ТОВ «ДТЕК Енерго» при роботі у маневрених режимах (пуск-зупинка). Розглянуто зміну витрат електричної енергії на власні потреби та питому витрату умовного палива. Показано, що робота в маневрених режимах призводить до підвищення витрати електроенергії на власні потреби, а також питому витрату умовного палива.

Ключові слова: енергоблок, маневрений режим, витрата електроенергії, власні потреби, умовне паливо.

УДК 536.24

Плівкова градирня із профільованою поверхнею зрошувачів/ В.В. Дубровський // Проблеми загальної енергетики. – 2016. – Вип. 2 (45). – С. 52–56.

Застосування градирень – апаратів для охолодження води атмосферним повітрям у системах оборотного водопостачання – забезпечує дуже істотну економію природної води у порівнянні з прямоточними системами і запобігає тепловому забрудненню водойм. У плівкових градирнях, які широко поширено в енергетиці та промисловості, одним із основних її елементів є теплообмінна поверхня – зрошувач, по якому стікає плівка води, що охолоджується.

Від здатності зрошувача ефективно віддавати тепло від води до повітря багато в чому залежить охолоджувальна спроможність градирні.

Мета цієї роботи – запропонувати нову плівкову градирню, у якій в ролі зрошувачів використовується знайдена в результаті комплексу експериментальних досліджень високоефективна теплообмінна поверхня зі сферичними лунками. Важливою особливістю запропонованої градирні у порівнянні з типовими плівковими є те, що зрошувачі розташовуються у просторі градирні під певним кутом нахилу до горизонту, а не вертикально.

Розроблено конструктивну схему плівкової градирні. Розглянуто варіанти компоновки зрошувачів у блоках та секціях градирні.

Ключові слова: конструктивна схема плівкової градирні, блок зрошувачів, ступінь охолодження.

УДК 532.529

Вибір оптимального режиму роботи порожнистого скрубера для очистки газів від твердих частинок / О.А. Шрайбер, І. В. Антонець // Проблеми загальної енергетики. – 2016. – Вип. 2(45). – С. 57–60.

На основі аналізу фізичної картини явищ переносу у трифазовому потоці складено повний перелік величин, які описують поведінку полідисперсної трифазової суміші у порожнистому скрубері. При цьому деякі з цих величин постійні або змінюються у дуже вузькому діапазоні; крім того, ми не можемо міняти довільно характеристики димових газів та золи; висота скрубера, початкові швидкості і питома витрата рідини впливають на ефективність очистки монотонно. Тому, виключивши ці величини, ми прийшли до висновку, що оптимальні умови роботи скрубера слід шукати у просторі параметрів розподілу крапель за розмірами. Встановлено, що у широкому діапазоні визначальних параметрів оптимальні умови відповідають області, де мода розподілу мінімальна. Для одного з числових експериментів оптимізація дозволяє зменшити викиди частинок в атмосферу у 1,52 раза.

Ключові слова: скрубер, краплі, тверді частинки, оптимальні умови.

УДК 622.324:338.5

Перспективы функционирования газотранспортной системы Украины в условиях интеграции рынков природного газа / И.Ч. Лещенко, А.И. Спитковский // Проблемы общей энергетики. – 2016. – Вып. 2(45). – С. 5–15.

Эффективное функционирование газотранспортной системы (ГТС) Украины существенно зависит от процессов, происходящих на мировых рынках природного газа. В статье выполнен анализ этих процессов, который позволил сделать вывод, что основными факторами интеграции региональных газовых рынков является развитие торговли сжиженным газом, совершенствование технологий и расширение географии добычи нетрадиционных газов.

Показано, что наиболее важными факторами, влияющими на эффективность работы украинской ГТС, являются объемы газа и маршруты их транспортировки. Они формируются под взаимным влиянием совокупности экономических, экологических и технологических факторов, которые определяются как состоянием развития мировой и европейской экономик, так и политическими решениями как Европейского Союза, так и Российской Федерации.

Приведены сформированные представительские сценарии загрузки украинской ГТС на период до 2040 года. Показано, что для всех сценариев ее функционирование в дальнейшем будет все менее эффективным, а проведение реконструкции в существующей схемной структуре нецелесообразно, пока не будет решена проблема обеспечения объемов и направлений транзита природного газа через территорию Украины.

Ключевые слова: газотранспортная система, интеграция рынков газа, представительские сценарии транзита природного газа.

УДК 004.942:620.9

Моделирование поставок энергетического угля по маркам в экономику страны в условиях мирового ринка и сокращения объёмов собственной добычи / Т.Р. Белан, Н.И. Каплин // Проблемы общей энергетики. – 2016. – Вып. 2(45). – С. 16–25.

Предложена экономико-математическая модель поставки энергетического угля по маркам в экономику страны в условиях мирового рынка и сокращения объемов собственной добычи. Модель построена на основе потокового представления системы углеснабжения. Выполнены расчеты обеспечения энергетическим углём экономики страны при разных значениях соотношения потребностей отдельных марочных групп в условиях дефицита отдельных марок угля и общего снижения угледобычи, вызванного сокращением шахтного фонда страны в результате оккупации части территории.

Учет оккупации при моделировании углеобеспечения выполнен путем существенной перестройки структуры системы снабжения энергетического угля на подконтрольной государству территории, в частности представлением временно оккупированной территории в качестве источника импорта с собственными объемными и ценовыми показателями поступления, элементами транспортной инфраструктуры, а также необходимой коррекцией объема потребности в целом по стране с учетом потребления этой территории. Возможность такой модификации модели обеспечивается сетевым представлением системы.

Существенно отличные условия снабжения отдельными группами энергетического угля, как из источников собственной добычи, так и по импорту, учтены помещением в модель отдельных подсистем поставки и потребления газовой и антрацитовой групп угля, которые взаимодействуют между собой в целях распределения объемов импорта между странами-экспортерами ближнего и дальнего зарубежья при удовлетворении пропускной способности национальной транспортной инфраструктуры.

Полученные объемы импорта антрацитовой группы угля значительно превышают свободные объемы этого типа угля на мировом рынке. Поэтому, обеспечение потребности в этом виде топлива невозможно без поступления необходимых объемов марок А и П с территорий, временно не контролируемых государством.

Ключевые слова: энергетический уголь, антрацит, газовая группа, потоковое представление, система углеснабжения.

УДК [519.245+519.65]:620.92 + 621.31

Трехточечная аппроксимация функций распределения изменчивого параметра для стохастических моделей оценки технико-экономических показателей/ В.О. Костюк // Проблемы общей энергетики. – 2016. – Вып. 2 (45). – С. 26–33.

Рассмотрены вопросы повышения точности результатов имитационного моделирования широкого класса физических объектов с меняющимися технико-экономическими показателями, которые выполняются на основе детерминировано-стохастических моделей для решения экономико-математических задач с использованием вероятностных методов (метода Монте-Карло, метода моментов), в энергетических системах в частности.

Проанализированы стандартные функции описания стохастических (изменчивых) параметров

модели с применением приемов трехточечной оценки распределения их возможных значений. Сконструирована функция плотности синтетического несимметричного распределения на основе стандартного нормального, которая пригодна для описания прогнозного и/или статистического распределения вероятных значений параметров модели энергетического объекта, и получены аналитические записи для вычисления моментов такого распределения. Вариантные и сопоставительные ценовые расчеты, выполненные разными вероятностными методами, свидетельствуют о более высокой точности достижимых численных результатов имитационного моделирования в случае использования приемов трехточечной оценки параметров модели.

Ключевые слова: имитационное моделирование в энергетике, точность оценки, стохастический параметр, трехточечная аппроксимация, дисперсионный и факторный анализ.

УДК 621.316.726

Определение предельных мощностей солнечных электростанций в ОЭС Украины / И.В. Дрёмин // Проблемы общей энергетики. – 2016. – Вып. 2 (45). – С. 34–42.

Максимальное значение мощностей СЭС в энергосистеме зависит от величины резерва и быстродействия регулирующих мощностей системы автоматического регулирования частоты и мощности (АРЧМ). Считается, что регулирующих мощностей системы АРЧМ достаточно, если АРЧМ способна компенсировать возмущение, вызываемое действием СЭС. При этом отклонение частоты в энергосистеме должно оставаться в диапазоне ±0,02 Гц (по требованиям ENTSO-E) или ±0,2 Гц (актуальные требования для ОЭС Украины).

Приведен подход (программа экспериментов, алгоритм их проведения) к определению предельных мощностей СЭС, входящих в состав ОЭС Украины. В результате проведенных экспериментов получены значения максимальных мощностей СЭС, которые система АРЧМ в состоянии компенсировать при разных исходных условиях. Среди них: различные типы и состав регуляторов (гидроагрегаты ГЭС, пылеугольные ТЭС, потребители-регуляторы); допустимое отклонение частоты 0,2 Гц или 0,02 Гц; различные максимальные мощности регуляторов и СЭС.

В результате исследований в том числе установлено, что, например, для допустимого отклонения частоты 0,2 Гц в ОЭС Украины с АРЧМ на базе пылеугольных (ПУ) ТЭС с резервом 1000 МВт предельная мощность СЭС составляет 581 МВт, тогда как для компенсации СЭС мощностью 1 ГВт потребуется генераторов-регуляторов ПУ ТЭС мощностью уже 9,3 ГВт. Такой разброс объясняется эффектом саморегулирования, который проявляется именно на АРЧМ с ПУ ТЭС в виду низкого быстродействия этого типа регуляторов. Для компенсации 1 ГВт СЭС при прочих равных условиях потребуется 310 МВт генераторов-регуляторов ГЭС или 300 МВт потребителей-регуляторов.

Определена величина эффекта саморегулирования. Так, для допустимого отклонения частоты 0,2 Гц только за счет этого эффекта в ОЭС Украины может функционировать 370 МВт мощностей СЭС. Для отклонения 0,02 Гц предельная мощность СЭС составляет 38 МВт.

Ключевые слова: математическое моделирование, солнечные электростанции, регулирование частоты, потребители-регуляторы, генераторы-регуляторы, АРЧМ, объединенная энергосистема.

УДК 621.165.62-192

Влияние работы в маневренных режимах энергоблоков ТЭС на технико-экономические характеристики / О.Ю. Черноусенко, Л.С. Бутовский, Е.А. Грановская, В.А. Пешко, О.С. Мороз // Проблемы общей энергетики. – 2016. – Вып. 2(45). – С. 43–51.

Представлены результаты анализа изменения технико-экономических характеристик энергоблоков ТЭС мощностью 150, 200/210, 300 МВт ООО «ДТЭК Энерго» при работе в маневренных режимах (пуск-остановка). Рассмотрено изменение расхода электрической энергии на собственные нужды и удельный расход условного топлива. Показано, что работа в маневренных режимах приводит к повышению расхода электроэнергии на собственные нужды, а также удельный расход условного топлива.

Ключевые слова: энергоблок, маневренный режим, расход электроэнергии, собственные потребности, условное топливо.

УДК 536.24

Пленочная градирня с профилированной поверхностью оросителей / В.В. Дубровский // Проблемы общей энергетики. – 2016. – Вып. 2 (45). – С. 52–56.

Применение градирен – аппаратов для охлаждения воды атмосферным воздухом в системах оборотного водоснабжения – обеспечивает значительную экономию природной воды по сравнению с прямоточными системами и предотвращает тепловое загрязнение водоемов. В пленочных градирнях, которые широко распространены в энергетике и промышленности, одним из основных их элементов является теплообменная поверхность – ороситель,

по которому стекает пленка охлаждаемой воды. От способности оросителя эффективно отдавать тепло от воды к воздуху во многом зависит охладительная способность градирни.

Цель этой работы – предложить новую пленочную градирню, в которой в качестве оросителей используется найденная в результате комплекса экспериментальных исследований высокоэффективная теплообменная поверхность со сферическими лунками. Важной особенностью предложенной градирни по сравнению с типовыми пленочными является то, что оросители располагаются в пространстве градирни под определенным углом наклона к горизонту, а не вертикально.

Разработана конструктивная схема пленочной градирни. Рассмотрены варианты компоновки оросителей в блоках и секциях градирни.

Ключевые слова: конструктивная схема пленочной градирни, блок оросителей, степень охлаждения.

УДК 532.529

Выбор оптимального режима работы пустотелого скруббера для очистки газов от твердых частиц / А. А. Шрайбер, И. В. Антонец // Проблемы общей энергетики. – 2016. – Вып. 2(45). – С. 57–60.

На основе анализа физической картины явлений переноса в трехфазном потоке составлен полный перечень величин, которые описывают поведение полидисперсной трехфазной смеси в пустотелом скруббере. При этом некоторые из этих величин постоянны или меняются в очень узком диапазоне; кроме того, мы не можем произвольно менять характеристики дымовых газов и золы; высота скруббера, начальные скорости и удельный расход жидкости влияют на эффективность очистки монотонно. Поэтому, исключив эти величины, мы пришли к выводу, что оптимальные условия работы скруббера необходимо искать в пространстве параметров распределения капель по размерам. Установлено, что в широком диапазоне определяющих параметров оптимальные условия соответствуют области, где мода распределения минимальна. Для одного из числовых экспериментов оптимизация позволяет уменьшить выбросы в атмосферу в 1,52 раза.

Ключевые слова: скруббер, капли, твердые частички, оптимальные условия.

UDC 622.324:338.5

Prospects of the operation of Ukrainian gas transportation system under the integration natural gas markets / I. Leshchenko, A. Spitkovskyi // The Problems of General Energy. – 2016. – Issue 2 (45). – P. 5–15.

The effective functioning of the gas transmission system (GTS) of Ukraine greatly depends on the processes that occur in the world natural gas markets. This article gives an analysis of the processes that led to the conclusion that the main factors of integration of regional gas markets is the development of LNG trade, improving technology and expanding the geography of unconventional gas production.

It is shown that the most important factors affecting the operational efficiency of the Ukrainian gas transportation system is the amount of gas and their transportation routes. They are formed under the influence of the mutual combination of economic, environmental and technological factors, which are defined as the state of the world and European economies, and political decisions of the European Union and the Russian Federation.

Results generated representative scenarios of the Ukrainian GTS download for the period until 2040. It is shown that for all scenarios its functioning in the future will be less effective, and the reconstruction of an existing circuit structure makes no economic sense until the problem to ensure the volume and direction of natural gas transit through the territory of Ukraine is solved.

Keywords: gas transportation system, the integration natural gas markets, forecasting, transit of natural gas representative scenarios.

References

1. Kulahyna, V.A., & Mitrovoi, T.A. (Ed.). (2015). Hazovyi rynok Evropy: utrachennye illiuzii i robkie nadezhdy. Moskva: NIU VShE-INEI RAN [in Russian].
2, Hazprom vykhodit iz korziny nefteproduktov. (2016). *Kommersant.* Retrieved from http://www.kommersant.ru/doc/2963025 [in Russian].
3. Medium-Term Gas Market Report 2014. Retrieved from http://www.iea.org/bookshop/473-Medium-Term_Gas_Market_Report_2014.
4. IGU World LNG Report – 2015 Edition. Retrieved from http://www.igu.org/sites/default/files/node-page-field_file/IGUWorld%20LNG%20Report-2015%20Edition.pdf.
5. Global LNG market outlook 2014/15. *BG Group.* Retrieved from http://www.bg-group.com/480/about-us/lng/global-lng-market-outlook-2014-15/.
6. Kitai vlozhyl 3,7 mlrd dollarov v slantsevyi haz, - Natural Gas Asia. www.censor.net. Retrieved from http://censor.net.ua/news/342681/kitayi_vlojil_37_mlrd_ dollarov_v_slantsevyyi_gaz_natural_gas_asia [in Russian].
7. Boersma, T, Mitrova, T., Greving, G., & Galkina, A. (2014). Business As Usual. European Gas Market Functioning in Times of Turmoil and Increasing Import Dependence. Energy Security Initiative at BROOKINGS. Retrieved from http://www.brookings.edu/~/media/Research/Files/Papers/2014/10/european-gas-market-import-dependence/business_as_usual_final_3.pdf?la=en.
8. Prohnoz razvitiia enerhetiki mira i Rossii do 2040 hoda. FHBUN *«Institut enerheticheskikh issledovanii Rossiiskoi akademii nauk», Analiticheskii tsentr pri Pravitelstve Rossiiskoi Federatsii.* Retrieved from http://www.eriras.ru/files/prognoz-2040.pdf [in Russian].
9. Leshchenko, I.Ch., & Stohniy, O.V. (2015). Perspektyvy rozvytku hazovydobuvnoi promyslovosti Ukrainy [Prospects of gas production industry in Ukraine]. *Problemy zagal'noi energetyky - The Problems of General Energy, 3(42)*, 5-12 [in Ukrainian].
10. Long-Term Outlook for gas to 2035. *Eurogas.* Retrieved from http://www.eurogas.org/uploads/media/Eurogas_Brochure_Long_Term_Outlook_for_gas_to_2035.pdf.

UDC 004.942:620.9

Modelling of energy coal supply by rank for country's economy at world market conditions and domestic mining decrease / T.R. Bilan, M.I. Kaplin // The Problems of General Energy. – 2016. – Issue 2 (45). – P. 16–25.

An economic and mathematical model of thermal coal supply by ranks to the country's economy in the global market environment and under reduction of domestic production capacity. The model is based on flow representation of coal supply system. The simulation results are presented for coal supply at different ratios of the rank consumption and at general decrease of production caused by the reduction of mining sector, because of the occupation of country's territory.

Taking into acount the occupation in steam coal supply model is performed by significant change of supply system structure on state-controlled territory. In particular, the temporarily occupied territory is presented as a source of imports with its own volume and price indices and transport infrastructure elements. Also, the overall

demand of the country is corrected by the occupied territory consumption amounts. The possibility of such a modification of the model is provided by network presentation of system.

Significantly different conditions of individual thermal coal ranks supply, both from its own production sources, and on import, are taken into account by inserting to the model separate supply and consumption subsystems of gas and anthracite coal groups, that interact to allocate import amounts among nearby and far abroad exporting countries while meeting the capacity of the national transport infrastructure.

The imports demand of anthracite coal group is significantly higher than the free volumes of this type of coal on the world market. Therefore, providing demand with this type of fuel is impossible without the supply of necessary amounts of anthracite and gas coal from the territories temporarily out of state control.

K e y w o r d s: steam coal, anthracite, gas group, flow representation, optimization, coal supply system.

References

1. Statystychna informatsiia za sichen – hruden 2013 roku [Statistical information for January-December 2013]. Retrieved from http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/ control/uk/publish/printable_article?art_id=244907076 [in Ukrainian].
2. Statystychna informatsiia za sichen – hruden 2015 roku [Statistical information for January-December 2015]. Retrieved from http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/ control/uk/publish/printable_article?art_id=245086132 [in Ukrainian].
3. Ekonomichna sytuatsiia na okupovanykh terytoriiakh Donbasu [The economic situation in the occupied territories of Donbass]. *Instytut stratehichnykh doslidzhen Nova Ukraina.* Retrieved from http://newukraineinstitute.org/new/583#_Toc435611179 [in Ukrainian].
4. Pro zatverdzhennia Metodychnykh rekomendatsij schodo rozrakhunku rivnia ekonomichnoi bezpeky Ukrainy [On approval of guidelines for the calculation of economic security of Ukraine]. (2013). Kyiv: Ministry of Economic Development and Trade of Ukraine [in Ukrainian].
5. Hisao Makino (Ed). (1998). Improvement of Pulverized Coal Combustion Technology for Power Generation. *Central Research Institute of Electric Power Industry.*
6. Vuhillia bure, kamiane ta antratsyt. Klasyfikatsiia [Lignite, coal and anthracite. Classification]. (1998). *DSTU 3472-96 from 01 January 1998.* Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
7. Standard Classification of Coals by Rank. *Standard by ASTM International ASTM D388-98a from 01 January 1998.*
8. Yakubov, A. (2006). Rossiiskie proizvoditeli uhlia: v poiskakh kachestva. – TsentrInvest Hrup [Russian coal producers: in search of quality. – TsentrInvest Grup] [in Russian].
9. William G. (Bill) Meister. Anthracite production Ó exports. A world map: World Coke Ó Anthracite Summit, 16-17 March 2009, Krarow, Poland.
10. Uholnye heneraly. Kto nelehalno vyvozit antratsyt iz Donbassa [Coal generals. Those who illegally exports anthracite from the Donets Basin]. Retrieved from http://biz.liga.net/print/all/tek/stati/3360062-ugolnye-generaly-kto-nelegalno-vyvozit-antratsit-iz-donbassa.htm [in Russian].
11. Perov, M.O., & Makarov, V.M. (2015). Struktura ta potentsial vyrobnytstva enerhetychnoho vuhillia v Ukraini [The structure and production capacity of thermal coal in Ukraine]. *Problemy zagal'noi energetyky - The Problems of General Energy, 2(41)*, 23-32 [in Ukrainian].
12. Prohrama rozvytku vuhilnoi promyslovosti Ukrainy na period do 2030 roku [The program of development of the coal industry in Ukraine to 2030].(2012). Kyiv: *Ministry of Energy and Coal Industry of Ukraine* [in Ukrainian].
13. Spozhyvannia vuhillia v Ukraini v 2015 rotsi skorotylosia na tretynu [Coal consumption in Ukraine in 2015 will be reduced by one third]. Retrieved from http://economics.unian.ua/energetics/1259540-spojivannya-vugillya-v-ukrajini-v-2015-rotsi-skorotilosya-na-tretinu.html [in Ukrainian].
14. Bilan, T.R. (2015). Metody ta zasoby ekonomiko-matematychnoho modeliuvannia rozvytku vuhilnoi promyslovosti v umovakh svitovoho rynku [Methods and means of economic and mathematical modeling of coal industry development under the world market conditions]. *Extended abstract of candidate's thesis.* Kyiv: Institute of General Energy of NAS of Ukraine [In Ukrainian].

UDC [519.245+519.65]:620.92 + 621.31

The three-point approximations for a distribution function of uncertain parameter to estimate technical and economic indicators relevant for stochastic modeling / V.O. Kostiuk // The Problems of General Energy. – 2016. – Issue 2 (45). – P. 26–33.

Simulation accuracy increase of a wide class of physical

objects with uncertain technical and economic parameters, performed with deterministic and stochastic models (DSM), relevant for solving economic and mathematical problems and probabilistic methods use (Monte Carlo method points); for power systems in particular.
Standard functions of stochastic (uncertain) model parameters representation have been analyzed using the three-point estimate approach for distribution of probable values. Synthetic asymmetrical probability density function based on the standard normal distribution, which is suitable to draw the forecast and/or statistical distribution of possible values of modelled parameters for an energy facility, and the analytical records for the computation of the distribution moments. Variant and comparative price calculations has been completed using various probabilistic methods to indicate higher attainable accuracy of numerical modeling results provided the three-point approximation technique model is applied to estimate the model parameters.

K e y w o r d s: simulation in power systems, accuracy of estimate, stochastic parameter, three-point approximation, variance and factor analysis.

References

1. Ron Davis. (2008). Teaching Project Simulation in Excel Using PERT-Beta Distributions. Teaching Note. *INFORMS Transactions on Education*, 8(3), 139-148.
2. Shulzhenko, S.V. (2011). Metody ta zasoby vyznachennia pokaznykiv efektyvnosti funktsionuvannia i rozvytku elektrychnykh stantsii v umovakh rynku [Methods and tools for determining the performance and operation factors of power plants in the market conditions]. *Extended abstract of candidate's thesis.* Kyiv: Institute of General Energy of NAS of Ukraine [In Ukrainian].
3. Kostiuk, V.O. (2015) Systemnyi ohliad metodiv doslidzhennia enerhoustanovok z minlyvymy tekhnolohichnymy pokaznykamy i praktychni aspekty modeliuvannia [System overview of the methods used to study power units with variable process parameters, and practical aspects of modeling]. *Problemy zahal'noi enerhetyky - The Problems of General Energy, 2(41)*, 39–47 [in Ukrainian].
4. Kostiuk, V.O. (2015). Modyfikovani skhemy rozrakhunku normovanoi tsiny vyrobnytstva v zadachakh determinovano-stokhastychnoho modeliuvannia novykh heneruval'nukh obiektiv [The modified technique for levelized energy cost computing to provide deterministic and stochastic modeling of new generating facilities]. *Enerhetyka: ekonomika, tekhnologii,ekolohiia - Power engineering: economics, technics, ecology 2*, 64–77 [in Ukrainian].
5. Ventsel, E.S. (1999). *Teoria veroiatnostei* [*Probability theory*]. Moscow: Vysshaya shkola [in Russian].
6. Kostiuk, V.O. (2015) Determinovano-stokhastychni modeli obiektiv elektrychnoi heneratsii dlia rozrahunku normovanoi tsiny vyrobnytstva elektroenerhii [Deterministic and stochastic models of electrical power utiltity applicable for computation of levelized electricity prices]. *Pratsi Instytutu Elektrodynamiky Natsional'noi Akademii Nauk Ukrainy, 42*, 42–47 [in Ukrainian].
7. Oleinikova, S.A. (2008) O nedostatkakh otsenok matematicheskogo ozhydaniia i dispersii, ispolzuiemykh v metode PERT [On the shortcomings of the mathematical expectation and variance estimations used in the PERT-method]. *Novyie tekhnologii v nauchnykh issledovaniiakh, proektirovanii, upravlenii, proizvodstve: Trudy Vserossiyskoi konferencii.* (pp. 11–12). Voronezh: Voronezhskii Gosudarstvennyi Tekhnicheskii Universitet [in Russian].
8. Campbell, M., Aschenbrenner, P., Blunden, J., Smeloff, E., & Wright, S. (2008). The drivers of the levelized cost of electricity for utility-scale photovoltaics. *SunPower Corp., USA.*

UDC 621.316.726

The determination of maximum capacities of solar power plants in IPS of Ukraine / Dryomin I.V. // The Problems of General Energy. - 2016. – Issue 2 (45). – P. 34–42.

The maximum value of the solar power plant (SPP) in the power system depends on the performance reserve and regulating capacity of the automatic frequency and power control (AFPC) system. It is believed that the regulatory capacity of the system AFPC enough if AFPC is able to compensate for perturbations caused by the action of SPP. The frequency deviation in the power system should remain in the range of ±0.02 Hz (according to the requirements of ENTSO-E) or ±0.2 Hz (actual requirements for IPS of Ukraine).
Given the approach (program of experiments, the algorithm of their conduct) to the determination of maximum capacities of SPP as a part of IPS of Ukraine. As a result of experiments obtained values of maximum capacity of SPP that the system AFPC is able to compensate under different initial conditions. Among them: the different types and composition of regulators (hydrounits of hydroelectric power plant, coal-fired thermal power plants, controllable loads); the permissible frequency deviation of 0.2 Hz or 0.02 Hz; the maximum power the various regulators, and SPP.
As a result of research, including it is established that, for

example, for a permissible frequency deviation of 0.2 Hz in IPS of Ukraine with AFPC based on the pulverized coal (PC) power station with a reserve of 1000 MW power limit SPP is 581 MW, whereas for compensation of SPP power of 1 GW need generators-regulators PC thermal power plant with the capacity of 9.3 GW. This variation is explained by the self-regulatory effect which is manifested at AFPC with PC thermal power plants due to low performance of this type of regulators. To compensate for a 1 GW SPP ceteris paribus will require 310 MW generators-regulators hydroelectric power plant of 300 MW or controllable load.

K e y w o r d s: mathematical modeling, automatic control, frequency control, solar power plant, generator-regulator, controllable load, automatic frequency and power control system, interconnected power system.

References

1. Dryomin I.V. (2014). Matematicheskoe modelirovanie protsesov avtomaticheskogo regulirivania chastoty i moschnosi v OES s solnechnymi elektostantsiami [Mathematical modeling of processes of automatic frequency and power control in IPS with solar power plants]. *Problemy zagal'noi energetyky - The Problems of General Energy, 1(44)*, [in Russian].
2. 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 energetyky - The Problems of General Energy, 4(35)*, 5-15 [in Ukrainian].
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].

UDC 621.165.62-92

The influence of the work in the maneuvering regimes of power units of coal-firing generating station on the technological and economic characteristics / O.Yu. Chernousenko, L.S. Butovsky, O.O. Hranovskaya, V.A. Peshko, O.S. Moroz // The problems of general energy. – 2016. – Issue 2(45). – P. 43–51.

There is a necessity to provide the peak of load energy in Ukraine. Because of absence of gas turbines and insufficient capacity of hydroelectric power plants, the large energy blocks, which were designed for working in the stationary regime, are being used for the realization of variable loads. The results of the analysis of changes in technical and economic characteristics of power units of 150, 200/210, 300 MW of "DTEK Energy" during the working in the maneuvering regimes (start-up – shut-down) are examined. The change in the consumption of electrical energy for own needs and specific consumption of standard fuel was analyzed. It is shown that the work in the maneuvering mode leads to the higher energy consumption for own needs, and the specific consumption of the standard fuel.

K e y w o r d s: power, maneuvering regime, power consumption, own needs, standard fuel.

References

1. Ryzhkin, V.Ja. (1987). *Teplovye elektricheskie stancii.* Moscow: Enerhiia [in Russian].
2. Vorobev, I.E., & Todorovich, E.G. (2000). *Reabilitaciia TES i TETs: puti, effektivnost.* Kiev: Eenerhetika i elektrifikaciia [in Russian].
3. Korchevoi, Yu.P. (2009). Stan ta perspektyvy rozvytku tverdopalyvnoi enerhetyky Ukrainy. *Teplova energetyka – novi vyklyky chasu.* P. Omelianovskii, Y. Mysak (Ed.). Lviv: Ukrainski tekhnolohii [in Ukrainian].
4. Volchyn, I.A., Dunayevska, N.I., & Haponych, L.S. (2013). Perspektyvy vprovadzhennia chystykh vuhilnykh tekhnolohii v enerhetyku Ukrainy. Kyiv: HNOZIS [in Ukrainian].
5. Chernousenko, O.Yu. (2014). Stan enerhetyky Ukrainy ta rezultaty modernizatsii enerhoblokiv TES [State of energetics in Ukraine and results of modernization of power-generating units at TPP]. *Problemy zagal'noi energetyky - The Problems of General Energy, 4(39)*, 20-27 [in Ukrainian].
6. Enerhetychna stratehiia Ukrainy na period do 2035 roku (proekt). Bila knyha enerhetychnoi polityky Ukrainy «Bezpeka ta konhurentnospromozhnist». (2014). Kyiv [in Ukrainian].
7. Skladannya enerhetychnykh kharakterystyk ustatkuvannia, poriadok vyznachennia normatyvnykh pytomykh vytrat ta zaoshchadzhennia palyva na enerhopidpryemstvakh. Metodychni vkazivky. SOU-N MPE 40.109.151: 2005. Kyiv: HRIFRE [in Ukrainian].
8. Rozrakhunkovi pytomi vytraty palyva na vidpushchenu teplovu ta electrychnu enerhiiu na prohnozovanyi period. Metodychni vkazivky. SOU-N MPE 40.1.09.111: 2005. Kyiv: HRIFRE [in Ukrainian].

UDC 536.24

A film-type cooling tower with a profiled sprinklers surface // V.V. Dubrovskii // The Problems of General Energy. – 2016. – Issue 2 (45). – P. 52–56.

The application of cooling towers, i. e., apparatus for water cooling by atmospheric air in water-recycling systems provides a significant economy of natural water as compared with once-through systems and prevents thermal pollution of reservoirs. In film-type cooling towers, which are widely applied in power engineering and industry, one of their key elements is the heat-transfer surface, i.e., the sprinkler, which drains the film of cooled water. The cooling efficiency of such towers, depends largely on the ability of sprinklers to transfer heat from water to air.
The aim of this work is to propose a new film-type cooling tower, where the high-efficient heat-transfer surface with spherical dimples, found as a result of a complex of experimental investigations is used as the sprinklers. An important feature of the proposed cooling tower as compared to typical film-type apparatus consists of the fact that the sprinklers are arranged in the tower space not vertically, but under a certain angle to the horizont.
We have developed a construction diagram of new film-type cooling tower. We have considered variants of sprinklers layout in blocks and sections of the cooling tower.

K e y w o r d s: construction diagram of film-type cooling tower, block of sprinklers, degree of cooling.

References
1. 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].
2. Dubrovskii, V.V., Podvysotskii, O.M., Gryshuk, M.S., & Nedilko, A.P. (2014). Teploviddacha na profiliovanykh poverkhnyakh 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].
3. Ponomarenko, V.S., & Aref'ev, U.I. (1998). *Hradyrni promyshlennykh i energetycheskikh predpriiatii [Cooling towers of energy and industry].* Moscow: Energoatomizdat [in Russian].

UDC 532.529

Determination of the optimal conditions of the work of a hollow scrubber for gas cleaning from solid particles / O. A. Shraiber, I. V. Antonets // The Problems of General Energy. – 2016. – Issue 2(45). – P. 57–60.

Based on the analysis of the physical picture of transfer phenomena in a three-phase flow, we have composed a complete list of quantities that describe the behavior of a polydisperse three-phase mixture in a hollow scrubber. At the same time, some of these quantities are constant or vary within a very narrow range; furthermore, we may not change arbitrarily the characteristics of flue gases and volatile ash; scrubber height, initial velocities and liquid specific flow rate affect the efficiency of cleaning monotonically. Hence, excluding these quantities, we have come to a conclusion that the optimal conditions of scrubber operation should be searched in the space of parameters of the drops distribution by sizes. We have established that, over a wide range of determining parameters, the optimal conditions correspond to that domain where the distribution mode is minimal. For one of numerical experiments, optimization enables one to decrease particle emission to the atmosphere by a factor of 1.52.

K e y w o r d s: scrubber, drops, solid particles, optimal conditions.

References
1. Shraiber, O.A., & Fedinchyk, I.V. (2012). Modeliuvannia protsesu mokroi ochystky dymovykh haziv vid letkoi zoly. *Prom. teplotekhnika. Vol. 34, No 3*, 86-92 [in Ukrainian].
2. Fedinchyk, I.V. (2013). Vplyv rezhymnykh parametriv na efektyvnist mokroi ochystky dymovykh haziv vid chastynok zoly [Influence of operating conditions on the efficiency of the wet cleaning of flue gases from ash particles]. *Problemy zahal'noi enerhetyky - The Problems of General Energy, 1(32)*, 50-54 [in Ukrainian].
3. Shraiber, O.A., Dubrovskyi, V.V., Pidvysotskyi, O.M., & Shraiber, K.O. (2007). Optymizatsiia rezhymu okholodzhennia tsyrkuliatsijnoi vody u bryzkalnykh hradyrniakh [Optimization of the cooling mode of circulating water in atomizing cooling towers]. *Problemy zahal'noi enerhetyky - The Problems of General Energy, 2(16)*, 81-86 [in Ukrainian].