

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ СИСТЕМАМИ ТА КОМПЛЕКСАМИ

УДК 621.311:65.035

В. Ф. НАХОДОВ, А. І. ЗАМУЛКО, М. І. АЛЬ ШАРАРІ, В. В. ЧЕКАМОВА**ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА СНИЖЕНИЯ ЗАТРАТ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ В РЕЗУЛЬТАТЕ ВЫРАВНИВАНИЯ СУТОЧНЫХ ГРАФИКОВ ЕЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ**

Запропоновані методичні підходи до оцінки величини економії витрат енергосистеми на вироблення електроенергії, що базуються на розгляді ряду сценаріїв поступового зниження нерівномірності добових графіків навантаження енергосистеми, розглянуто числовий приклад визначення зазначеної економії витрат на основі аналізу реальних графіків навантаження, що зафіксовані в один із режимних днів. Підтверджено, що потенційна економія грошових коштів в енергосистемі в результаті вирівнювання добових графіків її навантаження являє собою значну величину, що дозволить на її основі сформулювати сучасні механізми ефективного управління режимами виробництва та споживання електричного навантаження.

Ключові слова: добові графіки навантаження, додаткові витрати ТЕС, зниження витрат енергосистеми на виробленні електроенергії.

Предложены методические подходы к оценке величины экономии затрат энергосистемы на выработку электроэнергии, базирующиеся на рассмотрении ряда сценариев постепенного снижения неравномерности суточных графиков нагрузки энергосистемы, рассмотрен численный пример определения указанной экономии затрат на основе анализа реальных графиков нагрузки, зафиксированных в один из режимных дней. Подтверждено, что потенциальная экономия денежных средств в энергосистеме в результате выравнивания суточных графиков ее нагрузки представляет собой значительную величину, что позволит на ее основе формировать современные механизмы эффективного управления режимами производства и потребления электрической мощности.

Ключевые слова: суточные графики нагрузки, дополнительные затраты ТЭС, снижение затрат энергосистемы на выработку электроэнергии.

Proposals methodical approach for estimating the expenses savings of the power system for electricity generation that based on consideration of several scenarios of gradual smoothing of unevenness of chart for daily electrical load of power system, in other words, to gradually withdraw several of thermal power units from the chart covering the daily consumer demand for electric power. Numerical example of determining the specified expenses savings based on the analysis of the real load chart, fixed in one of the working days. It confirmed that the potential of money saving effectiveness in a energy system as a result of smoothing of daily unevenness charts of for daily electrical load of power system for electricity generation are great enough, that will allow to using for form modern market mechanisms for effective management modes of production and consumption of electric power.

Keywords: chart of daily electrical load, the additional expenses of thermal power system, saving expenses of power system for electricity generation.

Введение. Спрос потребителей на электрическую мощность в объединенной энергетической системе (ОЭС) Украины в течение суток характеризуется значительной неравномерностью [1, 2]. Необходимость покрытия неравномерной нагрузки негативно влияет на режимы производства и передачи электроэнергии, что, в свою очередь, приводит к снижению надежности электроснабжения, ухудшению качества электрической энергии, а также отрицательно сказывается на эффективности функционирования энергосистемы [1, 3–8].

Структура генерирующей части объединенной энергетической системы Украины не отвечает тем соотношениям базовых и маневренных мощностей, которые необходимы для эффективного регулирования суточных графиков нагрузки. На сегодняшний день оперативное управление режимами производства электроэнергии в объединенной энергосистеме Украины осуществляется главным образом за счет использования маневренных возможностей энергоблоков тепловых электростанций генерирующих компаний (ТЭС ГК), а также путем изменения количества этих энергоблоков, находящихся в работе в течение суток. Очевидно, что вынужденное использование энергоблоков ТЭС в качестве маневренных мощностей энергосистемы неизбежно связано со значительными дополнительными затратами на их эксплуатацию.

Дополнительных расходов тепловых электроста-

ний генерирующих компаний можно избежать или существенно сократить их величину, если большая часть энергоблоков ТЭС будут задействованы не в регулируемой, а в базовой части графиков нагрузки энергосистемы. Выведение части энергоблоков ТЭС из регулируемой части графика возможно, в частности, в случае выравнивания суточных графиков электрической нагрузки энергосистемы, то есть в случае увеличения спроса потребителей на мощность в ночные часы при одновременном снижении нагрузки энергосистемы в дневное время, прежде всего, в пиковые периоды.

Таким образом, дополнительные расходы тепловых электростанций, связанные с покрытием неравномерного спроса потребителей на мощность, необходимо рассматривать как потенциальную экономию денежных средств, которая может быть получена на уровне объединенной энергосистемы Украины, в случае выравнивания суточных графиков ее электрической нагрузки.

Кроме того, необходимо также принимать во внимание, что выравнивание графиков нагрузки энергосистемы неизбежно приведет к изменению структуры ее генерирующих мощностей, которые будут задействованы для покрытия этой нагрузки, что также будет способствовать снижению затрат на выработку электроэнергии.

© В. Ф. Находов, А. І. Замулко, М. І. Аль Шарарі, В. В. Чекамова, 2016

Анализ литературных данных и постановка проблемы. Неравномерность электрической нагрузки является характерной особенностью энергетических систем практически всех стран. Проблема неравномерности спроса потребителей на электрическую мощность и необходимости ее покрытия исследовалась многими украинскими, а также зарубежными учеными [1–8].

Различным методам и способам повышения надежности и эффективности функционирования энергосистемы в условиях неравномерной ее нагрузки посвящены труды многих исследователей

[3–12]. В частности, в качестве одного из возможных путей достижения этой цели во многих публикациях рассматривается решение задачи выравнивания графиков электрической нагрузки энергетической системы [1–5, 7, 8, 10, 11].

Очевидно, что наименее затратным, наиболее быстрым и вполне реальным путем решения данной задачи является привлечение потребителей электроэнергии к участию в снижении неравномерности нагрузки энергосистемы [1–6, 10, 11]. Однако использование возможностей потребителей электроэнергии регулировать свой спрос на электрическую мощность для выравнивания графиков нагрузки энергосистемы становится реальным только при условии наличия экономической заинтересованности в этом самих потребителей.

Как известно, во многих странах мира принимаются меры по привлечению потребителей к выравниванию графиков нагрузки энергосистемы [1, 4, 5]. При этом управление спросом потребителей на электрическую мощность и энергию, в том числе и в Украине, осуществляется с помощью тарифов на электроэнергию [1].

Однако, как показали исследования, применяемые в Украине дифференцированные по времени тарифы на электроэнергию на сегодняшний день исчерпали свои возможности с точки зрения эффективного стимулирования потребителей к заметным изменениям характера их спроса на электрическую мощность [1]. Следовательно, для дальнейшего выравнивания графиков нагрузки украинской энергосистемы необходимо создание и использование новых, более действенных механизмов управления режимами потребления электроэнергии.

Экономическим источником стимулирования потребителей к снижению неравномерности их спроса на электрическую мощность должна являться экономия затрат энергосистемы, возникающая в результате выравнивания графиков ее нагрузки. Проблеме оценки величины этой экономии посвящено сравнительно немного отечественных публикаций [7, 12].

Очевидно, что зарубежные публикации, в которых рассматривались бы вопросы экономии затрат украинской энергосистемы на выработку электроэнергии при снижении неравномерности графиков ее нагрузки, отсутствуют. В отечественных же публикациях по данной проблеме зачастую рассматриваются и оцениваются только отдельные составляющие экономии затрат энергосистемы.

Поэтому в данной статье сделана попытка комплексной оценки потенциала снижения затрат ОЭС

Украины, возникающего в результате постепенного выравнивания графиков ее нагрузки.

Цель и задачи исследования. Целью исследования является оценка экономии затрат объединенной энергосистемы Украины на выработку электроэнергии в результате снижения неравномерности спроса потребителей на электрическую мощность.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи исследования:

1 – Определение состава дополнительных затрат энергосистемы на выработку электроэнергии, связанных с необходимостью покрытия неравномерного спроса на мощность.

2 – Разработка методических основ определения величины дополнительных затрат энергосистемы и возможного их снижения в результате выравнивания суточных графиков нагрузки энергосистемы.

3 – Количественная оценка потенциала снижения указанных дополнительных затрат энергосистемы на основе анализа реальных графиков нагрузки.

Материалы и методы исследования потенциала снижения затрат энергосистемы в результате выравнивания суточных графиков ее электрической нагрузки. В качестве исходной информации в процессе исследования рассматриваемой проблемы были использованы реальные статистические данные о функционировании объединенной энергетической системы Украины. В частности, рассматривались фактические суточные графики электрической нагрузки энергосистемы, а также тепловых электростанций, зафиксированные в режимные дни ряда предыдущих лет.

Указанные графики нагрузки, а также отдельные показатели работы энергосистемы, тепловых и атомных электростанций Украины, использованные в ходе исследования, были приняты на основании ежегодных статистических материалов Госэнергонадзора Украины, соответствующих ресурсов сети интернет, а также отдельных результатов предыдущих исследований, выполненных ранее авторами данной статьи.

Для оценки величины дополнительных затрат энергосистемы, связанных с необходимостью покрытия неравномерного спроса потребителей на электрическую мощность, а также потенциала снижения этих затрат был использован метод сценариев, основанный на рассмотрении ряда возможных ситуаций постепенного выравнивания реальных суточных графиков нагрузки энергосистемы.

Результаты исследования потенциала снижения затрат энергосистемы в результате выравнивания суточных графиков ее электрической нагрузки. Дополнительные затраты ТЭС ГК, связанные с необходимостью покрытия неравномерного спроса потребителей на мощность, прежде всего, связаны с дополнительным расходом топлива на ежедневные пуски тепловых энергоблоков, которые используются в регулируемой части графика электрической нагрузки объединенной энергосистемы. В частности, для нормального прохождения ночного минимума нагрузки энергосистемы ежесуточно на 4...6 часов отключается значительное количество энергоблоков и корпусов дубль-блоков ТЭС, после чего эти энергоблоки снова вводятся в работу на дневной период. Причем

число отключаемых на ночь тепловых энергоблоков, как правило, ежегодно возрастает.

При этом оценка величины дополнительных затрат ТЭС ГК на ежесуточные пуски их энергоблоков, задействованных для регулирования графиков нагрузки энергосистемы, (и, соответственно, потенциала снижения этих затрат) может быть получена на основании следующих рассуждений.

На время ночного провала нагрузки энергосистемы в основном выводятся в холодный резерв (останавливаются) тепловые энергоблоки мощностью 150 и 200 МВт, а также корпуса блоков 300 МВт. То есть, можно принять, что средняя мощность энергоблоков ТЭС, используемых в регулируемой части графика нагрузки энергосистемы, составляет 200 МВт.

Таким образом, исходя из конфигурации суточных графиков электрической нагрузки энергосистемы, может быть определена общая мощность энергоблоков ТЭС ($P_{\text{рег.ТЭС}}$), которые ежесуточно необходимо задействовать в регулируемой части этих графиков, а также среднее количество таких энергоблоков ($N_{\text{рег.ТЭС}}$):

$$N_{\text{рег.ТЭС}} = \frac{P_{\text{рег.ТЭС}}}{200}. \quad (1)$$

Очевидно, что ежесуточные пуски энергоблоков и корпусов ТЭС связаны со значительным дополнительным расходом топлива для розжига котлоагрегатов, причем топлива наиболее дорогостоящего: природного газа или мазута. Так, для пуска одного энергоблока ТЭС из холодного резерва необходимо от 50 до 100 тыс. м³ природного газа (то есть, в среднем 75 тыс. м³). Следовательно, при ежесуточном выведении в холодный резерв в ночной период соответствующего количества ($N_{\text{рег.ТЭС}}$) энергоблоков ТЭС годовые затраты на топливо для их пусков ($Z_{\text{т.пуск}}$) могут быть определены как:

$$Z_{\text{т.пуск}} = N_{\text{рег.ТЭС}} \times 75 \times 365 \times C_{\text{н.г}}, \quad (2)$$

где $C_{\text{н.г}}$ – цена природного газа, грн./тыс. куб. м.

Причем это только стоимость топливной составляющей. Реальные дополнительные затраты на пуски тепловых энергоблоков, которые останавливаются на ночной период, будут несколько большими. Исходя из стоимости пусков энергоблоков ТЭС, установленной ГП «Энергорынок» для определения оптовой рыночной цены на электроэнергию, полные дополнительные затраты на ежесуточные пуски этих блоков ($\Delta Z_{\text{доп.пуск}}$) в среднем на 7 % превышают стоимость соответствующей топливной составляющей.

Следовательно, возможное снижение дополнительных затрат тепловых электростанций на ежесуточные пуски их энергоблоков ($\Delta Z_{\text{доп.пуск}}$) может быть определено, исходя из количества энергоблоков ТЭС, исключаемых из регулируемой части графиков электрической нагрузки энергосистемы ($\Delta N_{\text{рег.ТЭС}}$), в случае соответствующего выравнивания этих графиков:

$$\Delta Z_{\text{доп.пуск}} = (\Delta N_{\text{рег.ТЭС}} \times 75 \times 365 \times C_{\text{н.г}}) \times 1,07. \quad (3)$$

Следующая составляющая дополнительных затрат ТЭС ГК, часть энергоблоков которых задействована в регулируемой части графика нагрузки энергосистемы, возникает в связи с энергетически неэффективными режимами работы этих энергоблоков. Речь идет о том, что на тепловых энергоблоках, участвующих в регулировании графиков покрытия нагрузки энергосистемы, снижается коэффициент использования их установленной мощности и соответственно возрастает удельный расход условного топлива на производство электроэнергии.

Исследования, выполненные авторами этой статьи, свидетельствуют, что между средними фактическими удельными расходами условного топлива энергоблоками ТЭС ($b_{y.m}$) и фактическими коэффициентами использования их установленной мощности (КИ-УМ) существует очень тесная статистическая зависимость. Следовательно, для количественной оценки дополнительных затрат тепловых электростанций, связанных с использованием их энергоблоков в регулируемой части графика нагрузки энергосистемы, (и, соответственно, потенциала снижения этих затрат), прежде всего, необходимо на основании соответствующих статистических данных построить математическую модель зависимости между упомянутыми показателями, простейшая из которых может иметь вид уравнения парной линейной регрессии:

$$b_{y.m} = A - B \times \text{КИУМ}, \quad (4)$$

где А и В – параметры (константы) уравнения регрессии.

Используя зависимость (4), можно вычислить ожидаемые значения среднего удельного расхода условного топлива тепловыми энергоблоками в случае использования определенного их количества в регулируемой части графиков нагрузки энергосистемы ($b_{y.m.\text{рег.}}$), а также при условии, что энергоблоки ТЭС будут задействованы только в нерегулируемой (базовой) части графиков нагрузки ($b_{y.m.\text{баз.}}$).

Тогда количественная оценка величины возможного снижения дополнительных затрат тепловых электростанций, связанных с энергетически неэффективными режимами работы части их энергоблоков, используемых в качестве маневренных генерирующих мощностей ($\Delta Z_{\text{доп.рег.}}$), при достижении той или иной степени выравнивания суточных графиков электрической нагрузки энергосистемы, может быть получена с помощью выражения:

$$\Delta Z_{\text{доп.рег.}} = W_{\text{выр.ТЭС}} \times C_{\text{т.выр}} \times (b_{y.m.\text{рег.}} - b_{y.m.\text{баз.}}) / b_{y.m.\text{рег.}}, \quad (5)$$

где $W_{\text{выр.ТЭС}}$ – количество электроэнергии, произведенное на ТЭС в течение соответствующего периода;

$C_{\text{т.выр}}$ – средняя величина топливной составляющей в себестоимости электроэнергии, выработанной тепловыми энергоблоками, грн./кВт.ч.

Еще одна составляющая дополнительных затрат энергосистемы, возникающих вследствие использования энергоблоков тепловых электростанций в регулируемой части графиков нагрузки, связана с тем, что применение таких энергоблоков в качестве маневрен-

ных генерирующих мощностей не предусмотрено их конструкцией. Работа энергоблоков ТЭС в режиме частого изменения их нагрузки неизбежно приводит к повышенному износу оборудования, к снижению надежности его работы, к повышенной аварийности и, следовательно, к увеличению затрат на плановые и внеплановые ремонты таких энергоблоков.

Количественная оценка этой составляющей дополнительных затрат может быть получена косвенным путем на основе анализа статистических данных Министерства энергетики и угольной промышленности Украины о фактических ежегодных расходах ТЭС на выполнение ремонтов их энергоблоков. При этом упомянутые статистические данные необходимо рассматривать и анализировать отдельно для двух «разновидностей» тепловых электростанций: тех станций, которые систематически (или достаточно часто) используются в регулируемой части графиков нагрузки, и для тех ТЭС, энергоблоки которых никогда (или очень редко) используются в качестве маневренных генерирующих мощностей энергосистемы.

В качестве достаточно объективной оценки дополнительных затрат энергосистемы в связи со снижением надежности работы тепловых энергоблоков, задействованных в регулируемой части графиков нагрузки, может быть использована разность между среднестатистическими значениями расходов на ремонты, имевшими место на ТЭС первой и второй «разновидности». При этом целесообразно определять удельную величину этих дополнительных затрат ($Z_{уд.рем.}$) в расчете на один дополнительный пуск-останов тепловых энергоблоков:

$$Z_{уд.рем.} = (Z_{рем.рег.} - Z_{рем.баз.}) / (N_{пуск.рег.} - N_{пуск.баз.}), \quad (6)$$

где $Z_{уд.рем.}$ и $Z_{рем.баз.}$ – фактические средние годовые затраты на ремонты энергоблоков ТЭС, которые соответственно систематически (достаточно часто) и очень редко используются в качестве маневренных генерирующих мощностей энергосистемы;

$N_{пуск.рег.}$ и $N_{пуск.баз.}$ – фактическое среднее количество пусков-остановов энергоблоков ТЭС, которые соответственно систематически (достаточно часто) и очень редко используются для регулирования нагрузки энергосистемы.

В случае постепенного выравнивания графиков нагрузки энергосистемы возможное снижение дополнительных затрат на ремонты энергоблоков тепловых электростанций, используемых в качестве маневренных генерирующих мощностей ($Z_{доп.рем.}$), может быть оценено, исходя из ожидаемого уменьшения количества ежесуточных пусков-остановов этих энергоблоков ($\Delta Z_{доп.рем.}$):

$$\Delta Z_{доп.рем.} = \Delta N_{рег.ТЭС} \times 365 \times Z_{уд.рем.} \quad (7)$$

Как было сказано выше, при постепенном выравнивании суточных графиков нагрузки энергосистемы возможным является не только увеличение базовой мощности тепловых электростанций, но также и другие изменения в покрытии этих графиков. В частности, исключение определенного количества энергобло-

ков тепловых электростанций из регулируемой части графиков нагрузки ОЭС может компенсироваться соответствующим увеличением базовой мощности АЭС при неизменном количестве базовых энергоблоков ТЭС. Очевидно, что в данном случае общие затраты энергосистемы на выработку электроэнергии также будут снижаться.

Возможное снижение затрат на выработку электроэнергии в результате замещения части тепловых энергоблоков соответствующим увеличением мощности энергоблоков атомных электростанций ($\Delta Z_{выр.}$) может быть определено на основании зависимости:

$$\Delta Z_{выр.} = \Delta W_{выр.АЭС} \times (C_{выр.ТЭС} - C_{выр.АЭС}), \quad (8)$$

где $\Delta W_{выр.АЭС}$ – увеличение объема электроэнергии, вырабатываемой на АЭС в течение соответствующего периода;

$C_{выр.ТЭС}$ и $C_{выр.АЭС}$ – средняя себестоимость выработки электроэнергии энергоблоками тепловых и атомных электростанций, грн./кВт.ч.

Таким образом, общая величина возможного снижения затрат энергосистемы, связанных с вынужденным использованием энергоблоков ТЭС в качестве маневренных генерирующих мощностей, которая может быть достигнута в результате выравнивания суточных графиков нагрузки, может быть определена как сумма приведенных выше составляющих:

$$\Delta Z_{доп.общ.} = \Delta Z_{доп.пуск.} + \Delta Z_{доп.рег.} + \Delta Z_{доп.рем.} + \Delta Z_{доп.выр.} \quad (9)$$

Расчет численных значений возможного снижения затрат энергосистемы в случае постепенного выравнивания суточных графиков ее электрической нагрузки может быть продемонстрирован на примере анализа графика нагрузки тепловых электростанций для зимнего режимного дня 2014 года, которые при выполнении соответствующих расчетов приняты в качестве базовых.

Для количественной оценки потенциала экономии затрат энергосистемы целесообразно рассмотреть несколько сценариев, которые соответствуют постепенному выравниванию суточных графиков ее нагрузки, то есть постепенному выведению определенного количества энергоблоков ТЭС из регулируемой части этих графиков. Возможные изменения графиков покрытия электрической загрузки ОЭС Украины в случае их постепенного выравнивания приведены в табл. 2.

Анализируя график электрической нагрузки тепловых электростанций в рассматриваемый зимний режимный день, можно сделать вывод, что общая величина маневренной мощности энергоблоков ТЭС с некоторым округлением составляла 2300 МВт. При этом среднее количество энергоблоков тепловых электростанций, которые ежесуточно использовались в регулируемой части графика электрической нагрузки энергосистемы, исходя из зависимости (1), округлено было равным 12.

При сегодняшней цене 1000 м³ природного газа для промышленных потребителей, равной 6874 грн., дополнительные затраты ТЭС ГК на ежесуточные пуски их энергоблоков, используемых в регулируемой

части графиков нагрузки энергосистемы, на основании формулы (3) составляли бы:

$$\Delta Z_{\text{доп.пуск}} = 12 \times 365 \times 75 \times 6874 \times 1,07 = 2416,2 \frac{\text{млн.грн}}{\text{год}}$$

Таким образом, при условии достижения идеально ровных суточных графиков электрической нагрузки ОЭС, можно было бы избежать дополнительных затрат тепловых электростанций на ежесуточные пуски их энергоблоков, используемых сейчас в качестве маневренных мощностей, на общую сумму 2,42 млрд. грн./год.

В случае же постепенного выравнивания графиков нагрузки энергосистемы, например, при увеличении электрической нагрузки энергосистемы в ночной период на 200 МВт из регулируемой части графиков нагрузки энергосистемы может быть исключен 1 энергоблок ТЭС. При этом количество ежесуточных пусков тепловых энергоблоков может быть уменьшено на 1 (табл. 2). Следовательно, дополнительные затраты тепловых электростанций на пуски их энергоблоков ($\Delta Z_{\text{доп.пуск}}$) могут быть снижены на:

$$\begin{aligned} \Delta Z_{\text{доп.пуск}} &= 1 \times 75 \times 365 \times 6874 \times 1,07 = \\ &= 201,35 \frac{\text{млн.грн}}{\text{год}} \end{aligned}$$

Возможное снижение затрат на пуски энергоблоков тепловых электростанций для других сценариев увеличения ночной нагрузки ОЭС с учетом приведенного в табл. 2 уменьшения среднесуточного количества пусков этих блоков определено аналогичным образом. Результаты этих расчетов для всех рассматриваемых сценариев постепенного выравнивания графиков нагрузки энергосистемы приведены в табл. 4.

Количественная оценка возможного снижения второй составляющей дополнительных затрат тепловых электростанций, связанной со снижением энергетической эффективности части их энергоблоков, используемых в качестве маневренных генерирующих мощностей ($\Delta Z_{\text{доп.реж.}}$ в формуле (9)), может быть получена следующим образом.

В табл. 1 приведены статистические данные о средних фактических значениях коэффициентов использования установленной мощности (КИУМ) энергоблоков ТЭС ГК и средних величинах их удельного расхода условного топлива для ряда предыдущих лет.

Таблица 1 – Средние значения коэффициентов использования установленной мощности и удельного расхода условного топлива энергоблоков ТЭС ГК

Год	Средний КИУМ, %	Средний удельный расход условного топлива ($b_{y,m}$), г у.т./кВт.ч
2003	27,4	392,6
---	---	---
2005	25,3	400,5
---	---	---
2007	30,9	393
---	---	---
2015	22	450

Линейная регрессионная зависимость между приведенными в табл. 1 показателями имеет уравнение:

$$b_{y,m} = 572,8098 - 6,20397 \times \text{КИУМ}.$$

Анализируя существующий график электрической нагрузки тепловых электростанций в зимний режимный день 2014 года, можно определить, что средняя мощности энергоблоков ТЭС ГК, задействованных как в базовой, так и в регулируемой части этого графика, составляла 9906,71 МВт. Общая установленная мощность имеющихся в Украине тепловых энергоблоков равна 28700 МВт. Следовательно, величина коэффициента использования установленной мощности энергоблоков ТЭС для указанного режимного дня равна 34,5 %.

Используя приведенное выше уравнение регрессии, можно оценить величину существующего среднего удельного расхода условного топлива тепловых энергоблоков, которая в данном случае равна 358,8 г у.т./кВт.ч.

В случае постепенного выравнивания графиков электрической нагрузки энергосистемы, определенное количество тепловых энергоблоков будет исключаться из регулируемой части этих графиков (табл. 2). При этом в «зимний» период на соответствующее количество энергоблоков будет увеличиваться базовая мощность ТЭС. Следовательно, возрастет и коэффициент использования общей установленной мощности тепловых электростанций.

Так, при увеличении нагрузки энергосистемы в ночной период на 200 МВт из регулируемой части ее суточных графиков может быть исключен 1 энергоблок ТЭС (табл. 2). При этом в «зимний» период этот энергоблок будет использоваться в базовой части суточных графиков нагрузки энергосистемы. Тем самым общий объем выработки электроэнергии тепловыми энергоблоками за счет повышения их нагрузки в ночной период, длящийся 6 часов, увеличится на 1200 МВт.ч в сутки. Средняя мощность используемых энергоблоков ТЭС в этом случае возрастет на 50 МВт.

Следовательно, для зимнего режимного дня 2014 года при повышении нагрузки энергосистемы в ночной период на 200 МВт и указанных выше изменениях в покрытии этой нагрузки коэффициент использования установленной мощности тепловых электростанций был бы равен 34,7 %. Используя приведенное выше уравнение регрессии, можно оценить, что при таком значении КИУМ ТЭС средний удельный расход условного топлива их энергоблоков был бы равен 357,5 г у.т./кВт.ч.

Таким образом, в указанных условиях удельный расход условного топлива на ТЭС по сравнению с фактическим использованием их энергоблоков в зимний режимный день 2014 года в среднем мог бы сократиться на 1,3 г у.т./кВт.ч, то есть на 0,35 %.

Выработка электрической энергии в Украине в 2015 году составляла 157,265 млрд. кВт.ч. При этом доля тепловых электростанций в общем объеме производства электроэнергии была равной 31,5 %, а затраты на топливо для их энергоблоков составляли 0,91 грн./кВт.ч. Следовательно, при условии снижения среднего удельного расхода условного топлива на тепловых электростанциях на 0,35 %, общие затраты на топливо для производства электроэнергии на ТЭС ($\Delta Z_{\text{выр.ТЭС}}$) могли бы сократиться на:

$$157,265 \times 0,315 \times 0,91 \times 0,0035 \times 10^3 = 157,78 \frac{\text{млн.грн}}{\text{год}}$$

Принимая во внимание, что указанное снижение удельного расхода условного топлива может быть достигнуто только в «зимний» период (табл. 2), возможное сокращение затрат на выработку электрической энергии в результате повышения коэффициента использования установленной мощности энергоблоков ТЭС ($\Delta Z_{\text{доп.рем.}}$) при увеличении нагрузки энергосистемы в ночной период на 200 МВт составляет 78,89 млн. грн./год.

Возможное снижение затрат на выработку электроэнергии в результате повышения КИУМ энергоблоков ТЭС для других сценариев увеличения ночной нагрузки ОЭС определено на основании аналогичных расчетов. Результаты этих расчетов для всех рассматриваемых сценариев постепенного выравнивания графиков нагрузки энергосистемы приведены в табл. 4.

Третья составляющая дополнительных затрат ТЭС ГК, возникающих вследствие вынужденного использования тепловых энергоблоков в регулируемой части графиков нагрузки энергосистемы ($\Delta Z_{\text{доп.рем.}}$ в зависимости (9)), связана с тем, что увеличиваются расходы на плановые и внеплановые ремонты таких энергоблоков.

Как было сказано, оценка указанных дополнительных затрат может быть получена косвенным путем на основе анализа статистических данных о количестве пусков-остановов энергоблоков ТЭС, связанных с проведением на них плановых или внеплановых ремонтов, а также о фактических ежегодных затратах на выполнение этих ремонтов [13]. Так, например, энергоблоки Кураховской и Старобешевской ТЭС в 2007 году принимали наибольшее участие в регулировании электрической нагрузки ОЭС Украины. Количество пусков-остановов энергоблоков на этих станциях в 2007 году составляло соответственно 314 и 297. С другой стороны, энергоблоки 200 МВт и корпуса блоков 300 МВт Змиевской ТЭС в том же году были в значительно меньшей степени задействованы для регулирования нагрузки энергосистемы. При этом количество пусков-остановов на этой станции равнялось 138.

Согласно статистическим данным Министерства энергетики и угольной промышленности Украины затраты на текущие ремонты энергоблоков Старобешевской и Змиевской ТЭС в том же 2007 году составляли соответственно 27,4 и 24,4 млн. грн. Принимая во внимание, что количество энергоблоков на указанных электростанциях одинаково, можно предположить, что большие затраты на ремонты на Старобешевской ТЭС, прежде всего, были вызваны увеличением количества и длительности аварийных ремонтов энергоблоков вследствие их использования в качестве маневренных генерирующих мощностей энергосистемы.

Таким образом, удельные дополнительные затраты на ремонты, связанные со снижением надежности энергоблоков из-за увеличения числа их пусков-остановов, можно оценить, используя зависимость (6):

$$z_{\text{уд.рем}} = (27,4 - 24,4) / (187 - 138) = 0,019 \frac{\text{млн.грн}}{\text{год}}$$

Принимая во внимание, только изменение курса украинской валюты к доллару США, произошедшее с 2007 года, указанную удельную величину дополнительных затрат ТЭС ГК на ремонты энергоблоков, используемых в регулируемой части графиков нагрузки энергосистемы, на сегодняшний день можно округленно принять равной 0,1 млн. грн. в год в расчете на каждый пуск-останов таких энергоблоков.

В случае постепенного выравнивания графиков нагрузки энергосистемы, возможное снижение дополнительных затрат на текущие ремонты энергоблоков ТЭС, задействованных в регулируемой части этих графиков, можно оценить в соответствии с ожидаемым уменьшением количества их пусков-остановов (табл. 2). Так, при увеличении электрической нагрузки энергосистемы в ночной период на 200 МВт из регулируемой части графиков нагрузки энергосистемы может быть исключен 1 энергоблок ТЭС. При этом количество ежесуточных пусков тепловых энергоблоков может быть уменьшено на 1 (табл. 2). Следовательно, возможное снижение дополнительных затрат тепловых электростанций на текущие ремонты их энергоблоков будет составлять:

$$\Delta Z_{\text{доп.рем}} = 1 \times 365 \times 0,1 = 36,5 \text{ млн.грн/год.}$$

Возможное снижение затрат на ремонты энергоблоков тепловых электростанций для других сценариев увеличения ночной нагрузки ОЭС определено аналогичным образом с учетом приведенного в табл. 2 уменьшения среднесуточного количества пусков этих блоков. Результаты этих расчетов для всех рассматриваемых сценариев постепенного выравнивания графиков нагрузки энергосистемы приведены в табл. 4.

Как свидетельствует табл. 2, при постепенном выравнивании суточных графиков нагрузки энергосистемы исключение определенного количества энергоблоков тепловых электростанций из регулируемой части этих графиков в «летний» период будет компенсироваться соответствующим увеличением базовой мощности АЭС. Очевидно, что в данном случае общие затраты энергосистемы на выработку электроэнергии будут снижаться.

Так, при увеличении нагрузки энергосистемы в ночной период на 200 МВт из регулируемой части ее суточных графиков может быть исключен 1 энергоблок ТЭС (табл. 2). При этом в «летний» период в графике покрытия нагрузки этот энергоблок будет замещен соответствующим увеличением мощности энергоблоков АЭС, используемых в базовой части суточных графиков нагрузки энергосистемы. Тем самым общий объем выработки электроэнергии атомными энергоблоками за счет указанного повышения их мощности увеличится на 4800 МВт.ч в сутки.

Таблица 2 – Возможные изменения графиков покрытия электрической нагрузки ОЭС Украины в случае их постепенного выравнивания

Увеличение электрической нагрузки энергосистемы в ночной период									
на 200 МВт		на 400 МВт		на 600 МВт		на 800 МВт		на 1000 МВт	
6 месяцев в году («лето»)	6 месяцев в году («зима»)	6 месяцев в году («лето»)	6 месяцев в году («зима»)	6 месяцев в году («лето»)	6 месяцев в году («зима»)	6 месяцев в году («лето»)	6 месяцев в году («зима»)	6 месяцев в году («лето»)	6 месяцев в году («зима»)
Из регулируемой части графика нагрузки ОЭС исключается 1 блок ТЭС	Из регулируемой части графика нагрузки ОЭС исключается 1 блок ТЭС	Из регулируемой части графика нагрузки ОЭС исключаются 2 блока ТЭС	Из регулируемой части графика нагрузки ОЭС исключаются 2 блока ТЭС	Из регулируемой части графика нагрузки ОЭС исключаются 3 блока ТЭС	Из регулируемой части графика нагрузки ОЭС исключаются 3 блока ТЭС	Из регулируемой части графика нагрузки ОЭС исключаются 4 блока ТЭС	Из регулируемой части графика нагрузки ОЭС исключаются 4 блока ТЭС	Из регулируемой части графика нагрузки ОЭС исключаются 5 блоков ТЭС	Из регулируемой части графика нагрузки ОЭС исключаются 5 блоков ТЭС
Количество ежесуточных пусков-остановов блоков ТЭС уменьшается на 1	Количество ежесуточных пусков-остановов блоков ТЭС уменьшается на 1	Количество ежесуточных пусков-остановов блоков ТЭС уменьшается на 2,5	Количество ежесуточных пусков-остановов блоков ТЭС уменьшается на 2,5	Количество ежесуточных пусков-остановов блоков ТЭС уменьшается на 4	Количество ежесуточных пусков-остановов блоков ТЭС уменьшается на 4	Количество ежесуточных пусков-остановов блоков ТЭС уменьшается на 5	Количество ежесуточных пусков-остановов блоков ТЭС уменьшается на 5	Количество ежесуточных пусков-остановов блоков ТЭС уменьшается на 6,5	Количество ежесуточных пусков-остановов блоков ТЭС уменьшается на 6,5
Базовая мощность ТЭС не изменяется	Базовая мощность ТЭС увеличивается на 200 МВт	Базовая мощность ТЭС не изменяется	Базовая мощность ТЭС увеличивается на 400 МВт	Базовая мощность ТЭС не изменяется	Базовая мощность ТЭС увеличивается на 600 МВт	Базовая мощность ТЭС не изменяется	Базовая мощность ТЭС увеличивается на 800 МВт	Базовая мощность ТЭС не изменяется	Базовая мощность ТЭС увеличивается на 1000 МВт
Базовая мощность АЭС увеличивается на 200 МВт	Базовая мощность АЭС не изменяется	Базовая мощность АЭС увеличивается на 400 МВт	Базовая мощность АЭС не изменяется	Базовая мощность АЭС увеличивается на 600 МВт	Базовая мощность АЭС не изменяется	Базовая мощность АЭС увеличивается на 800 МВт	Базовая мощность АЭС не изменяется	Базовая мощность АЭС увеличивается на 1000 МВт	Базовая мощность АЭС не изменяется

Средняя себестоимость выработки электроэнергии энергоблоками тепловых и атомных электростанций в 2015 году составляла соответственно 1,22 и 0,42 грн./кВт.ч. Таким образом, в случае замещения 1 энергоблок ТЭС, выводимого из регулируемой части графиков нагрузки энергосистемы, повышением базовой мощности энергоблоков АЭС на 200 МВт, годовые затраты ($\Delta Z_{\text{выр.}}$) на производство соответствующего объема электроэнергии могли бы сократиться на:

$$4800 \times 10^{-3} \times 365 \times (1,22 - 0,42) = 1401,6 \frac{\text{млн.грн}}{\text{год}}$$

Принимая во внимание, что указанное замещение 1 энергоблока ТЭС соответствующим увеличением мощности энергоблоков АЭС может быть достигнуто только в «летний» период, возможное сокращение затрат на выработку электрической энергии ($\Delta Z_{\text{выр.}}$) составляет 700,8 млн. грн./год.

Возможное снижение затрат на выработку электроэнергии в результате постепенного замещения тепловых энергоблоков соответствующим увеличением мощности атомных энергоблоков для других сценариев повышения ночной нагрузки ОЭС определено на основании аналогичных рассуждений и расчетов. Результаты этих расчетов для всех рассматриваемых сценариев постепенного выравнивания графиков нагрузки энергосистемы приведены в табл. 4.

Полученные на основании приведенных выше рассуждений суммарные величины ожидаемого снижения годовых затрат энергосистемы на выработку электроэнергии при условии постепенного выравнивания суточных графиков ее нагрузки также указаны в табл. 4.

Нетрудно заметить, что указанные суммарные значения ожидаемого снижения годовых затрат энергосистемы на выработку электроэнергии для рассмотренных сценариев выравнивания суточных графиков нагрузки энергосистемы изменяются пропорционально величине мощности, на которую в каждом сценарии увеличивается нагрузка ОЭС в ночной период.

В связи с этим, для упрощения оценки величины возможной экономии затрат на производство электроэнергии для любого сценария выравнивания суточных графиков нагрузки энергосистемы необходимо определить регрессионную зависимость между этой экономией и значениями показателя, характеризующего неравномерность графиков нагрузки. В качестве такого показателя наиболее целесообразно использовать величину среднеквадратичного отклонения (СКО) часовых значений нагрузки тепловых электростанций от их среднесуточной величины. Численные значения этого показателя неравномерности графиков нагрузки ТЭС, соответствующие рассматриваемым сценариям увеличения нагрузки энергосистемы в ночной период (табл. 2), приведены в табл. 3.

На основании имеющихся суммарных значений ожидаемого снижения годовых затрат энергосистемы на выработку электроэнергии для разных сценариев выравнивания суточных графиков нагрузки (табл. 4) и величин СКО (σ) соответствующих графиков нагрузки ТЭС (табл. 3) можно установить, что линейная регрессионная зависимость между этими показателями имеет уравнение:

$$\Delta Z_{\text{сум.выр.}} = 11335,96 - 12,8328 \times \sigma$$

Таблица 3 – Показатели неравномерности графиков нагрузки ТЭС для рассматриваемых сценариев увеличения нагрузки энергосистемы в ночной период

Сценарий	Увеличение электрической нагрузки в ночной период	Дисперсия суточного графика нагрузки ТЭС	СКО (σ) суточного графика нагрузки ТЭС
0	Базовый график 17.12.2014	786106,5	887
1	на 200 МВт	640936,9	801
2	на 400 МВт	511419,5	715
3	на 600 МВт	397554,3	631
4	на 800 МВт	299341,3	547
5	на 1000 МВт	216780,4	466

Таблица 4 – Возможное снижение затрат энергосистемы в результате выравнивания суточных графиков ее электрической нагрузки (млн. грн. в год)

Составляющие затрат энергосистемы на выработку электроэнергии	Увеличение электрической нагрузки энергосистемы в ночной период									
	на 200 МВт		на 400 МВт		на 600 МВт		на 800 МВт		на 1000 МВт	
	6 месяцев в году (лето)	6 месяцев в году (зима)	6 месяцев в году (лето)	6 месяцев в году (зима)	6 месяцев в году (лето)	6 месяцев в году (зима)	6 месяцев в году (лето)	6 месяцев в году (зима)	6 месяцев в году (лето)	6 месяцев в году (зима)
Возможное снижение затрат на ежесуточные пуски энергоблоков ТЭС	100,68	100,68	251,69	251,69	402,7	402,7	503,38	503,38	654,39	654,39
Возможное снижение затрат на выработку электроэнергии в результате повышения КИУМ энергоблоков ТЭС	0	78,89	0	155,53	0	209,62	0	272,73	0	351,62
Возможное снижение затрат на выработку электроэнергии в результате замещения энергоблоков ТЭС блоками АЭС	700,8	0	1401,6	0	2102,4	0	2803,2	0	3504,0	0
Возможное снижение затрат на текущие ремонты энергоблоков ТЭС	18,25	18,25	45,63	45,63	73,0	73,0	91,25	91,25	118,63	118,63
Сумма по сезонам	819,73	197,82	1698,92	452,85	2578,1	685,32	3397,83	867,36	4277,02	1124,64
Возможное снижение годовых затрат, млн. грн.	1017,55		2151,77		3263,42		4265,19		5401,66	

Используя приведенное выше уравнение регрессионной зависимости или ее график (рис. 1), можно получать достаточно точную оценку суммарной величины возможной экономии затрат на производство электроэнергии для любого сценария выравнивания

суточных графиков нагрузки энергосистемы, предварительно вычислив среднеквадратичное отклонение (СКО) часовых значений нагрузки ТЭС от их среднесуточной величины, характеризующее неравномерность соответствующего графика.

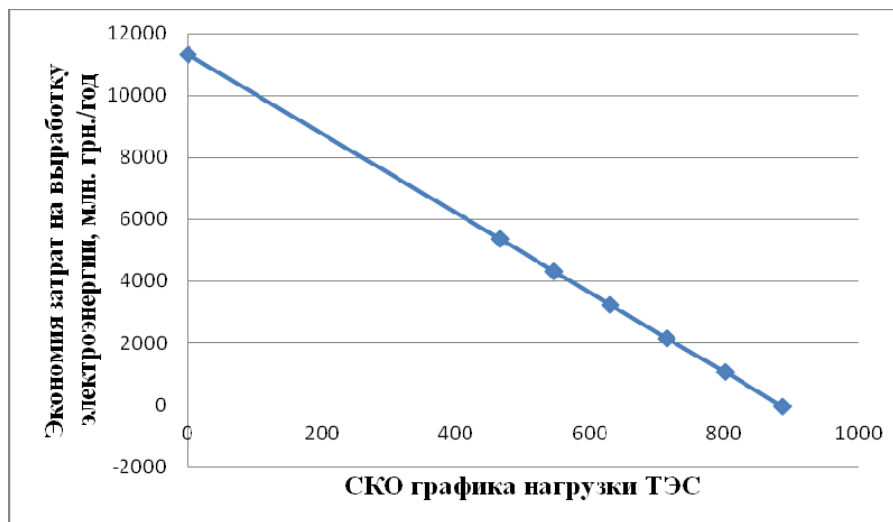


Рис. 1 – Регресійна залежність між СКО суточних графіків навантаження ТЭС та сумарною величиною очікуваного зниження щорічних витрат енергосистеми на вироботку електроенергії

Висновки: В результаті проведених досліджень встановлено:

1. Вимушене використання енергоблоків ТЭС в якості маневрених потужностей енергосистеми неизбежно пов'язано з значительними додатковими витратами на їх експлуатацію.

2. Основні з указаних додаткових витрат пов'язані з додатковим расходом палива на щоденні пуски теплових енергоблоків, задіяваних в регульованій частині графіка електричної навантаження енергосистеми, з підвищеним расходом палива внаслідок енергетично неефективних режимів роботи цих енергоблоків, а також з підвищеним їх износом і ростом аварійності.

3. Виведення визначеної кількості енергоблоків ТЭС з регульованій частині графіка можливо, в частині, в разі зниження щоденної нерівномірності попиту споживачів на електричну потужність.

4. Таким чином, додаткові витрати теплових електростанцій, пов'язані з використанням їх енергоблоків в якості маневрених потужностей, необхідно розглядати як потенціальну економію грошових засобів, яка може бути отримана в об'єднаній енергосистемі України, в разі поступового вирівнювання щоденних графіків електричної навантаження.

5. Як показали приведені в цій статті результати розрахунків, чисельні значення вказаної потенціальної економії грошових засобів достатньо великі, що дозволить на основі її використання формувати сучасні ринкові механізми для ефективного управління режимами виробництва і споживання електричної потужності в енергосистемі.

Список літератури:

- Находов, В. Ф. Визначення пріоритетних напрямків удосконалення диференційованих тарифів на електричну енергію [Текст] / В. Ф. Находов, А. І. Замулко, Мохаммад Аль Шарари, Ю. Н. Ісаєнко // *Всхідно-Європейський журнал передових технологій*. 2015. – № 6/1 (78). – С. 24–32. Режим доступу: <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/55785>
- Маляренко, В. А. Аналіз виробництва і споживання електроенергії в об'єднаній енергосистемі України [Електронний ресурс] / В. А. Маляренко, І. Е. Щербак // *Ползуновський вісник*. – 2013. – № 4 (2). – С. 125–130. Режим доступу: <http://new.elib.altstu.ru/journal/show/103091>

- Маляренко, В. А. Нерівномірність графіка навантаження енергосистеми і способи її вирівнювання [Електронний ресурс] / В. А. Маляренко, І. Е. Нечмоглод, І. Д. Колоділо // *Світлотехніка та Електроенергетика*. – 2011. – № 4. – С. 61–66. Режим доступу: <http://new.elib.altstu.ru/journal/show/103091>
- Гуртовцев, А. Електрична навантаження енергосистеми, вирівнювання графіка [Електронний ресурс] / А. Гуртовцев, Е. Забелло // *Новини електротехніки*. – 2008, № 5 (53). Режим доступу: <http://www.news.elteh.ru/arb/2008/53/19.php>
- Гітельман, Л. Д. Управління попитом на енергію: адаптація зарубіжного досвіду в Росії [Електронний ресурс] / Л. Д. Гітельман, Б. Е. Ратніков, М. В. Кожевніков // *Ефективне антикризове управління*. – 2013. Режим доступу: http://www.info.e-c-m.ru/magazine/76/eau_76_207.htm
- Находов, В. Ф. Аналіз результатів використання в Україні диференційованих за періодами часу тарифів на електричну енергію [Текст] / В. Ф. Находов, А. І. Замулко, Т. В. Яроцька // *Електропанорама*. – 2011. – № 5. – С. 26–27.
- Находов, В. Ф. Додаткові витрати енергосистеми на покриття нерівномірних графіків електричної навантаження [Текст]: Збірка наукових праць VIII міжнар. наук.-техн. конф. молодих дослідників, аспірантів та студентів 1–3 червня 2016 р. / В. Ф. Находов, А. І. Замулко, Мохаммад Аль Шарари, Д. А. Медінцева. Енергетика. Екологія. Людина. Київ: НТУУ «КПІ», 2016. – С. 265–269.
- Праховник, А. В. Актуальні питання управління попитом на електричну енергію та потужність [Текст] / А. В. Праховник, В. Ф. Находов, А. І. Замулко та ін. // *Проблеми розвитку енергетики. Погляд громадськості*. – 2010. – № 7. – С. 191–193.
- Праховник, А. В. Пути компенсації нерегульованої потужності нових атомних енергоблоків [Текст] / А. В. Праховник, В. Ф. Находов, А. І. Замулко // *Енергетична політика України*. – 2005. – № 3. – С. 58–64.
- Torriti, J. Price-based demand side management: Assessing the impacts of time-of-use tariffs on residential electricity demand and peak shifting in Northern Italy [Text] / J. Torriti // *Energy*. – 2012. – Vol. 44, Issue 1. – P. 576–583. doi: [10.1016/j.energy.2012.05.043](https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.05.043)
- Vera, S. Do distribution companies lose money with an electricity flexible tariff?: A review of the Chilean case [Text] / S. Vera, F. Bernal, E. Sauma // *Energy*. – 2013. – Vol. 55. – P. 295–303. doi: [10.1016/j.energy.2013.03.024](https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.03.024)
- Лазуренко, А. П. Визначення потенціального економічного ефекту від вирівнювання графіків електричної навантаження ОЭС України [Текст] / А. П. Лазуренко, Г. І. Черкашина // *Світлотехніка та Електроенергетика*. – 2009. – № 1 (17). – С. 4–12. Режим доступу: <http://eprints.kname.edu.ua/11653/>.
- Заключний звіт про виконання НДР «Управління попитом споживачів на електричну потужність та енергію шляхом подальшого розвитку системи диференційованих за часом та

рифів» [Текст]. – Київ: ІЕЕ НТУУ «КПІ», 2009. – 240 с.

Bibliography (transliterated):

- Nahodov, V. F., Zamulko, A. I., Mohammad Al' Sharari, Isaenko, Ju. N. (2015). Opredelenie pervoocherednyh napravlenij sovershenstvovanija differencirovannyh tarifov na jelektricheskiju jenergiyu. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6/1 (78), 24–32. Available at: <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/55785>
- Maljarenko, V. A., Shherbak, I. E. (2013). Analiz proizvodstva i potreblenija elektroenerгии v obiedinenoj energosisteme Ukrainy. Polzunovskij vestnik, 4 (2), 125–130. Available at: <http://new.elib.altstu.ru/journal/show/103091>
- Maljarenko, V. A., Nechmoglod, I. E., Kolotilo, I. D. (2011). Neravnomernost' grafika nagruzki energosistemy i sposoby ee vyravnivanija. Svitlotehnika ta Elektroenergety'ka, 4, 61–66 Available at: <http://eprints.kname.edu.ua/11653/>
- Gurtovcev, A., Zabello, E. (2008). Elektricheskaja nagruzka energosistemy, vyravnivanie grafika. Novosti elektrotehniki, 5 (53). Available at: <http://www.news.elteh.ru/arh/2008/53/19.php>
- Gitel'man, L. D., Ratnikov, B. E., Kozhevnikov, M. V. (2013). Upravlenie sprosom na energiju: adaptacija zarubezhnogo opyta v Rossii. Effektivnoe antikrizisnoe upravlenie. Available at: http://www.info.e-c-m.ru/magazine/76/eau_76_207.htm
- Nahodov, V., Zamulko, A., Yarotska, T. (2011). Analiz rezultativ vikoristannya v Ukraini diferentsiyovanih za periodami chasu tarifv na elektrichnu energiyu. Elektropanorama, 5, 26–27.
- Nahodov, V., Zamulko, A., AlSharari, M., Medintseva, D. (2016). Dopolnitelnyie zatraty energosistemy na pokrytie neravnomernykh grafikov elektricheskoy nagruzki. Energetika. Ekologiya. Lyudina. Kyiv: NTUU «KPI», 265–269.
- Prahovnik, A., Nahodov, V., Zamulko, A. (2010). Aktualni pitannya upravlinnya popitom na elektrichnu energiyu ta potuzhnist. Problemi rozvitku energetiki. Poglyadgromadskosti, 7, 191–193.
- Prahovnik, A., Nahodov, V., Zamulko, A. (2005). Puti kompensatsii nereguliruemoy moschnosti novykh atomnykh energoblokov. Energeticheskaya politika Ukrainyi, 3, 58–64.
- Torriti, J. (2012). Price-based demand side management: Assessing the impacts of time-of-use tariffs on residential electricity demand and peak shifting in Northern Italy. Energy, 44(1), 576–583. doi:10.1016/j.energy.2012.05.043
- Vera, S., Bernal, F., Sauma, E. (2013). Do distribution companies loose money with an electricity flexible tariff?: A review of the Chilean case. Energy, 55, 295–303. doi:10.1016/j.energy.2013.03.024
- Lazurenko, A., Cherkashina, G. (2009). Opredelenie potentsialnogo ekonomicheskogo efekta ot vyravnivaniya grafikov elektricheskoy nagr
- Zaklyuchny'j zvit pro vy'konannya NDR 'Upravlinnya popy'tom spozhy'vachiv na elektry'chnu potuzhnist' ta energiyu shlyahom podal'shogo rozvy'tku sy'stemy' dy'ferenciyovany'x za chasom tary'fiv' (2009). Kyiv: ІЕЕ НТУУ «КПІ», 240.

Поступила (received) 14.01.2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Оценка потенциала снижения затрат энергосистемы в результате выравнивания суточных графиков ее электрической нагрузки/ В. Ф. Находов, А. И. Замулко, М. И. Аль Шарари, В. В. Чекамова // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – No 4(1176). – С.21–31. – Бібліогр.: 13 назв. – ISSN 2079-5459.

Оцінка потенціалу зниження витрат енергосистеми в результаті вирівнювання добових графіків її електричного навантаження/ В. Ф. Находов, А. І. Замулко, М. І. Аль Шарарі, В. В. Чекамова // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – No 4(1176). – С.21–31. – Бібліогр.: 13 назв. – ISSN 2079-5459.

Assessing the potential of lowering expenses of energy system as a result of smoothing of chart electrical daily load/ V. Nakhodov, A. Zamulko, M. Alsharari, V. Chekamova // Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2016. – No 4 (1176).– P. 21–31. – Bibliogr.: 13. – ISSN 2079-5459.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Находов Володимир Федорович – кандидат технічних наук, доцент, Кафедра Електропостачання, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», вул. Борщагівська, 115, м. Київ, Україна, 03056, e-mail: nakhodov@ukr.net

Находов Владимир Федорович – кандидат технических наук, доцент, Кафедра Электроснабжения, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», ул. Борщаговская, 115, г. Киев, Украина, 03056, e-mail: nakhodov@ukr.net

Nakhodov Volodymyr – associate professor, PhD, Department of Electricity supply, Institute of energy saving and energy management, National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute”, 115 Borschagivska Str., Kyiv, Ukraine, 03056, e-mail: nakhodov@ukr.net

Замулко Анатолій Ігорович – кандидат технічних наук, доцент, Кафедра Електропостачання, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», вул. Борщагівська, 115, м. Київ, Україна 03056, e-mail: zai@ukr.net

Замулко Анатолий Игоревич – кандидат технических наук, доцент, Кафедра Электроснабжения, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», ул. Борщаговская, 115, г. Киев, Украина 03056, e-mail: zai@ukr.net

Zamulko Anatolii – associate professor, PhD, Department of Electricity supply, Institute of energy saving and energy management, National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute”, 115 Borschagivska Str., Kyiv, Ukraine, 03056, e-mail: zai@ukr.net

Аль Шарарі Мохаммад Ібрагім – аспірант, Кафедра Електропостачання, Інститут енергозбереження та енергоменеджменту, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», вул. Борщагівська, 115, м. Київ, Україна, 03056, e-mail: mr_sharari@yahoo.com

Аль Шарари Мохаммад Ибрагим – аспірант, Кафедра Електроснабження, Інститут енергосбереження і енергоменеджмента, Национальный технический университет Украины, «Киевский политехнический институт», ул. Борщаговская, 115, г. Киев, Украина, 03056, e-mail: mr_sharari@yahoo.com

Alsharari Mohammad – postgraduate student, Department of Electricity supply, Institute of energy saving and energy management, National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute”, 115 Borschagivska Str., Kyiv, Ukraine, 03056, tel.: (093) 289-33-42, e-mail: mr_sharari@yahoo.com

Чекамова Вікторія Вікторівна – магістр, кафедра Електропостачання, Інститут енергозбереження та енергоменеджменту, Национальный технический университет Украины «Київський політехнічний інститут», вул. Борщагівська, 115, м. Київ, Україна, 03056, e-mail: vika.chekamova@gmail.com

Чекамова Виктория Викторовна – магістр, Кафедра Електроснабження, Інститут енергосбереження і енергоменеджмента, Национальный технический университет Украины, «Киевский политехнический институт», ул. Борщаговская, 115, г. Киев, Украина, 03056, e-mail: vika.chekamova@gmail.com

Chekamova Viktoriia – master, Department of Electricity supply, Institute of energy saving and energy management, National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute”, 115 Borschagivska Str., Kyiv, Ukraine, 03056, e-mail: vika.chekamova@gmail.com

УДК 004.912

О. Б. КУНГУРЦЕВ, О. А. БЛАЖКО, С. В. КОВАЛЬЧУК, М. О. СКРИПКІН

АВТОМАТИЗАЦІЯ СТВОРЕННЯ СХОВИЩА ДАНИХ ЕЛЕКТРОННИХ ДОКУМЕНТІВ З ВЕБ-ПОРТАЛІВ ВІДКРИТИХ ДАНИХ

Розглядається процес створення сховища даних електронних документів національного Веб-порталу відкритих даних України. Для скорочення трудомісткості процесу запропоновано розвиток методу порівняння текстів шляхом визначення інтегральної близькості структурованих текстів та їх елементів у вигляді рядків і стовпців, що дозволяє автоматизувати процес встановлення зв'язку між наборами даних при створенні сховища. Програмне забезпечення методу апробовано на наборах відкритих даних національного Веб-порталу. Результати дослідження можуть бути використані при створенні сховищ даних в системах електронного документообігу.

Ключові слова: електронні документи, відкриті дані, зв'язані дані, синтаксичний аналізатор, сховище даних.

Рассматривается процесс создания хранилища данных электронных документов национального Веб-портала открытых данных Украины. Для сокращения трудоемкости процесса предложено развитие метода сравнения текстов путем определения интегральной близости структурированных текстов и их элементов в виде строк и столбцов, что позволяет автоматизировать процесс установления связи между наборами данных при создании хранилища. Программное обеспечение метода апробировано на наборах открытых данных национального Веб-портала. Результаты исследования могут быть использованы при создании хранилищ данных в системах электронного документооборота.

Ключевые слова: электронные документы, открытые данные, связанные данные, синтаксический анализатор, хранилище данных.

The paper considers the process of creating of electronic documents in data warehouse on the web-portal of open data. The result of this study is the method of text comparison for two structured electronic documents, which presented in tabular form to determine the possibility of their association in the data warehouse. The Scientific novelty of work is improvement of method for comparing the texts with integrated proximity of structured texts and their elements in rows and columns in a table, which allows to automate the process of establishing a semantic link between the data sets to create a data warehouse. The software of proposed method is approved by the example of the DOC-format documents on the web-site of the Main Statistical Office in the Odessa region, which stores the operational statistics of socio-economic development of the region. For the experiments was created a public Web-portal of open data at the Odessa area on the basis of free software DKAN. As a result of automated analysis of documents with data tables were created open data sets. For more than half sets automatically semantic links have been established and carried out the union of these sets into a single data warehouse. It will allow a more qualitative analytical assessment of socio-economic processes using diagrams and cartographic type of visualization. The results of work can be used to create any kind of data warehouse in electronic document management systems.

Keywords: electronic documents, open data, linked data, data parser, data warehouse.

Вступ. На початку 2015 року з появою Закону «Про внесення змін до деяких законів України щодо доступу до публічної інформації у формі відкритих даних» держава приєдналася до всесвітнього процесу структуризації публічної інформації. Закон передбачає централізоване розміщення публічної інформації на Веб-порталах у формі електронних даних. За рік до появи цього Закону силами громадських організацій із грантовою підтримкою з'явився національний портал за адресою <http://data.gov.ua>, на якому було створено 100 наборів даних у 12 категоріях. Нажаль, поява Закону не стала поштовхом до відкриття даних і на порталі з'явилося лише декілька наборів. Наступна Постанова Кабінету Міністрів України № 835 від 21.10.2015 «Про затвердження Положення про набори даних, які підлягають оприлюдненню у формі відкритих даних» [1] зобов'язала державні установи розмістити публічні дані на порталі, надавши перевагу структурованим текстовим

форматам *CSV/XML/JSON* перед слабоструктурованими форматами *DOC(X)/XLS(X)/PDF*. Після виходу Постанови процес не прискорився і менше половини наборів так і залишається у nereкомендованих неструктурованих форматах, що не дозволяє надати *API*-доступ у форматі *XML/JSON* для Веб/мобільних застосувань у соціально-економічних сферах, збільшуючи вартість їх супроводу та, відповідно, підвищуючи ризик зриву планів Кабінету Міністрів із реалізації *IT*-проектів створення *E*-сервісів на основі відкритих даних. Основною причиною низької якості у відкритті даних є:

1) значна трудомісткість ручного процесу перетворення даних з документів офісних систем у *CSV*-формат та наявність помилок користувачів, які пов'язані з різними форматами зберігання, кодування та структурами таблиць;

© О. Б. Кунгурцев, О. А. Блажко, С. В. Ковальчук, М. О. Скрипкін. 2016