

Т.П.НЕЧАЄВА

Інститут загальної енергетики НАН України, Київ

ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ФОРМАЛІЗАЦІЇ ЕКОЛОГІЧНИХ ОБМЕЖЕНЬ ТА ВИМОГ ПРИ ПРОГНОЗУВАННІ РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОГО КОМПЛЕКСУ

Наведені методичні підходи урахування екологічних факторів при прогнозуванні розвитку електроенергетичної системи за ринкових умов її функціонування. Це урахування забезпечується на всіх стадіях прогнозування розвитку електроенергетики.

Вплив об'єктів електроенергетики на довкілля є одним із найбільш значних серед всіх галузей економіки України і характеризується інтенсивністю, багатоплановістю (одночасний вплив на різні компоненти навколишнього середовища: атмосферу, гідросферу, літосферу, біосферу), різноманітністю (відчуження територій, порушення природних ландшафтів, хімічне та радіоактивне забруднення, теплові, радіаційні, акустичні та інші фізичні впливи) та широкомасштабністю (вплив не тільки в локальному чи регіональному, а й на глобальному рівні).

Екологічний вплив на довкілля електроенергетичних об'єктів можна розподілити на [1]:

- забруднення повітря в основному через викиди забруднюючих речовин від теплових електростанцій, які спалюють органічне паливо (особливо вугілля та мазут);
- викиди газів, які спричиняють парниковий ефект, внаслідок спалювання органічного палива на теплових електростанціях;
- водокористування та забруднення води хімічними речовинами та стоками (в тому числі тепловими) на теплових та атомних електростанціях;
- вилучення територій для розміщення електростанцій та електричних мереж, вивезення та складування відходів, включаючи тверді, рідкі та ядерні відходи.

Економічно обґрунтована мінімізація негативних наслідків означених впливів у перспективі є однією з найважливіших задач, яку необхідно вирішувати при розробці прогнозів розвитку електроенергетичного комплексу.

Традиційний підхід до вирішення цієї проблеми, який був розроблений в період, коли електроенергетика розглядалась виключно як природна монополія, передбачає врахування екологічних обмежень та вимог на двох основних етапах прогнозування – етапі обґрунтування загальних рішень стосовно розвитку електроенергетичного комплексу та етапі планування розвитку (будівництва, реконструкції) окремих електроенергетичних об'єктів [2, 3]. При такому підході критерієм оптимізації розвитку електроенергетики є мінімум сумарних приведених витрат, що забезпечує узгодженість рішень, отриманих на цих етапах.

На першому етапі прогнозування застосовуються оптимізаційні моделі розвитку та функціонування електроенергетичних систем галузевого та міжгалузевого рівня, в яких екологічні фактори враховуються шляхом впровадження системи обмежень на викиди забруднюючих речовин та витрати природних ресурсів з використанням усереднених та укрупнених питомих показників викидів забруднюючих речовин та витрат природних ресурсів, рівнів платежів за забруднення довкілля та використання природних ресурсів тощо.

На етапі планування розвитку окремих електроенергетичних об'єктів використовуються детальні методи урахування впливу екологічних факторів на рівні площадок існуючих енергетичних об'єктів, при вирішенні питань їх реконструкції та модернізації, та тих, що розглядаються для нового будівництва. На цьому етапі розраховуються обсяги викидів забруднюючих речовин та парникових газів при роботі такого об'єкта на проектних видах палива

з використанням різних факторів: складу палива, видів технологій контролю за викидами, рекомендованих чи розрахованих показників викидів, проектної потужності і т.ін., а також фонові концентрації забруднюючих речовин у приземному повітрі.

В умовах лібералізації ринку електроенергії, зростання впливу екологічних факторів, жорсткості екологічних обмежень та вимог прогнозування розвитку електроенергетичного комплексу повинно базуватися на принципово інших підходах, а саме – порівняльній оцінці ефективності інвестиційних проектів з розвитку Об'єднаної електроенергетичної системи (ОЕС) при високому ступені невизначеності майбутніх умов формування її виробничо-транспортної структури, у першу чергу, стосовно джерел інвестицій, жорсткості екологічних обмежень, рівня та режимів енергоспоживання тощо. З урахуванням цього, традиційні підходи не забезпечують можливість розробки коректних прогнозів розвитку електроенергетичного комплексу, що обумовлює необхідність удосконалення існуючих і розробки нових методів та засобів проведення відповідних досліджень.

Загальні методичні підходи розробки прогнозу розвитку електроенергетики в сучасних умовах базуються на розробленій в Інституті загальної енергетики НАН України методології системних досліджень в енергетиці, яка передбачає формування варіантів розвитку паливно-енергетичного комплексу (ПЕК) країни та його галузевих підсистем в умовах конкурентного ринку. При цьому повинні виконуватись загальні умови сталого функціонування ПЕК, а критерій прийняття рішень суб'єктами господарювання на конкурентному ринку стосовно участі в його роботі визначається рівнем цін на відповідні види продукції, товарів та послуг.

Методика проведення досліджень прогнозування розвитку структури генеруючих потужностей в умовах ринку передбачає такі кроки [4]:

1. Визначення цілей розробки прогнозу та формування сценаріїв зовнішніх умов розвитку структури генеруючих потужностей ОЕС у перспективі.
2. Визначення методів формування оптимізаційних моделей та формалізації окремих елементів ОЕС, її зовнішніх та внутрішніх зв'язків, вимог та обмежень, в тому числі еко-

логічних, які накладаються на її розвиток та функціонування при побудові конкретної моделі.

3. Підготовка варіантів вхідної інформації для проведення розрахунків.
4. Формування множини прогнозів розвитку структури генеруючих потужностей, розроблених для кожного варіанта вхідної інформації, відповідно до наступної процедури:
 - розрахунок необхідних для побудови моделей показників;
 - побудова та реалізація оптимізаційної моделі формування перспективної структури генеруючих потужностей;
 - аналіз стійкості та ефективності отриманого прогнозу перспективної структури генеруючих потужностей.
5. Аналіз множини отриманих прогнозів структури генеруючих потужностей відповідно до визначених цілей проведення досліджень.
6. Оформлення результатів дослідження, якщо досягнуті цілі його проведення. Якщо цілі дослідження не досягнуті, то виконується уточнення цілей його проведення, показників сценарію, вхідної інформації, моделі, що використовувались для розрахунків тощо, і цикл досліджень повторюється.

Урахування екологічних обмежень та вимог в задачах оптимізації розвитку ОЕС наведено на рисунку.

При прогнозуванні розвитку електроенергетичного комплексу при обґрунтуванні рішень щодо модернізації (реконструкції) існую-

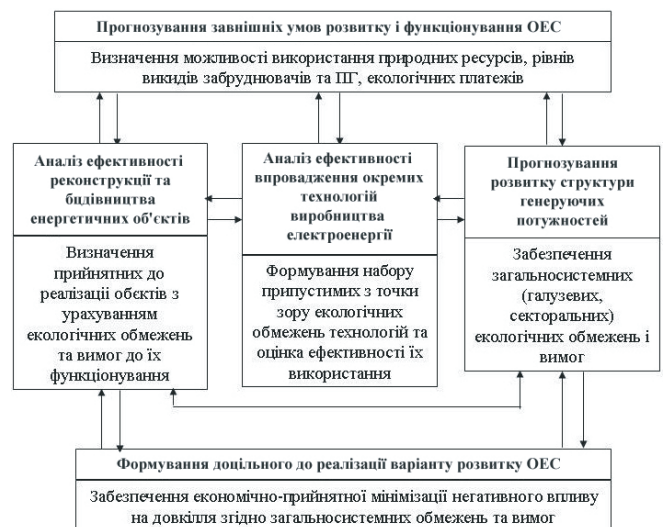


Рис. Урахування екологічних обмежень та вимог в задачах оптимізації розвитку ОЕС

чих об'єктів та будівництва нових електроенергетичних об'єктів вплив екологічних обмежень та вимог необхідно враховувати на трьох рівнях: на рівні технології у виді нормативних обмежень на викиди та скиди забруднюючих речовин; на рівні об'єкту у виді прийняттого рівня викидів і скидів та платежів за такі викиди та скиди, платежів за використання природних ресурсів (воду, землю, паливо і т.ін.), застосування устаткування зі зниження викидів та скидів забруднюючих речовин; на рівні площадки розміщення таких об'єктів враховується вплив викидів від цього об'єкту на фонову концентрацію забруднюючих речовин в повітрі; на рівні всієї електроенергетичної системи – обмеження (квоти) на викиди певних забруднюючих речовин, парникових газів на користування певними видами природних ресурсів, які накладаються на основі міжнародних зобов'язань.

При цьому екологічні обмеження задаються як у виді економічних показників (різні види платежів за забруднення, умови сплати за земельні та водні ресурси, умови інвестування в об'єкт, види урахування цих платежів у різних складових ціни на електроенергію), так і нормативних (нормативні обмеження на викиди та скиди, на використання природних ресурсів). Але на практиці найчастіше використовуються економічно-нормативні показники, які є комбінацією як нормативних, так і економічних показників. Так, викиди забруднювачів у повітря обмежені певними нормативними припустимими значеннями, що забезпечує прийнятність негативного впливу на довкілля при експлуатації ТЕС на органічному паливі. Поряд з цим, є і платежі за викиди цих забруднюючих речовин, що є стимулюючим фактором для їх зниження.

З урахуванням означеного, пропонується такий підхід до вирішення проблеми врахування екологічних факторів при прогнозуванні розвитку електроенергетики.

На етапі розробки сценаріїв прогнозів зовнішніх умов розвитку та функціонування електроенергетичного комплексу врахування екологічних факторів та обмежень проводиться за рахунок такої інформації:

1. Нормативно-довідкова інформація про існуючі та перспективні нормативні обмеження на викиди та скиди забруднюючих речовин,

різні види екологічних платежів і т.ін. в галузі електроенергетики.

2. Характеристики існуючих та нових електроенергетичних об'єктів.
3. Характеристики можливих площадок будівництва нових енергетичних об'єктів.
4. Техніко-економічні показники існуючих та перспективних технологій виробництва та транспортування електроенергії та технологій контролю за викидами та скидами забруднюючих речовин.
5. Прогнози рівнів та режимів електроспоживання.
6. Характеристики та вартість палива.

Сценарії зовнішніх умов розвитку електроенергетичного комплексу формуються відповідно до сценаріїв розвитку економіки з урахуванням таких екологічних чинників як:

- жорсткість екологічних обмежень;
- рівень екологічних платежів;

– умови сплати за природні ресурси (землю, воду);

- механізми, стимулюючі використання екологічно чистих технологій виробництва електроенергії.

До нормативно-довідкової інформації, яка стосується екологічних обмежень та вимог до функціонування електроенергетики, відносяться обмеження на викиди та скиди певних забруднюючих речовин у навколишнє середовище як на рівні держави, так і в межах міжнародних зобов'язань, а також обмеження на використання певних ресурсів (вода, земля, паливо).

На рівні технологій виробництва електроенергії в якості нормативно-довідкової інформації розглядаються граничнодопустимі концентрації певних забруднюючих речовин у димових газах теплоенергетичних установок, на яких спалюється органічне паливо, як найзначніших забруднювачів повітря в електроенергетичній галузі.

На рівні електроенергетичного об'єкта нормативно-довідковою інформацією є вимоги до якості атмосферного повітря як на національному, так і міжнародному рівні. На цьому рівні нормативно-довідковою інформацією є також нормативи збору за забруднення навколишнього середовища, нормативні показники забруднення води, платежі за використання природних ресурсів, фізико-хімічні ха-

рактеристики палив, які використовуються на електроенергетичних об'єктах.

На рівні електроенергетичної системи враховуються міжнародні зобов'язання України за Конвенцією про транскордонне забруднення повітря на великі відстані економічної комісії ООН, протоколів до неї та Рамкової конвенції ООН про зміну клімату та Кіотського протоколу до неї, тобто застосування існуючих та перспективних обмежень (квот) на викиди забруднюючих речовин та парникових газів як на рівні всієї економіки країни, так і її галузей.

При формуванні характеристик існуючих та нових енергетичних об'єктів для врахування екологічних обмежень та вимог використовується інформація про техніко-економічні показники існуючих та перспективних технологій виробництва електроенергії, обсяги та склад природних ресурсів, що споживаються, техніко-економічні показники системи водокористування, техніко-економічні показники технологій контролю за викидами забруднюючих речовин, технологій очищення води, а також характеристики площадок нового будівництва – наявні природні ресурси, фонові концентрації забруднюючих речовин в атмосфері в місцях розташування об'єкта та перспективних площадок нового будівництва.

При визначенні методів формування оптимізаційних моделей та формалізації окремих елементів ОЕС ключовим поняттям, яке використовується для формування прогнозних варіантів структури генеруючих потужностей, є поняття технології виробництва електроенергії, до якого зводяться всі інші технології, а саме: транспортування (розподілу), постачання та споживання.

Під технологією, в залежності від рівня абстрагування, мається на увазі як конкретний виробничий об'єкт, наприклад, електростанція чи енергоблок конкретного типу, так і узагальнені технології, для яких можливий різний рівень агрегування, наприклад, парогазові установки на природному газі, перспективні технології виробництва електроенергії на вугіллі тощо.

При моделюванні технологія описується набором вхідних та вихідних даних. До вхідних даних відносяться:

– набір ресурсів, необхідних для впровадження в роботу (часові, природні, матеріальні, людські, фінансові, економічні);

– набір ресурсів, необхідних для підтримки технології в працездатному стані, які відносяться до умовно-постійних витрат на функціонування технології;

– набір ресурсів, необхідних для виробництва продукції, товарів та послуг, які відносяться до умовно-змінних витрат на функціонування технології;

– набір ресурсів, необхідних для зняття з експлуатації (виведення з роботи, припинення діяльності).

До вихідних даних відносяться:

– набір корисних (позитивних) наслідків діяльності (продукція, послуги тощо);

– набір шкідливих (негативних) наслідків діяльності (втрати, забруднення, відходи тощо).

Технологія, в загальному випадку, характеризується наступними показниками:

1. Типом технології.
2. Встановленою потужністю технології та її станом відносно попереднього етапу – існуюча, нова, реконструйована, та потужністю, яка фактично використовується.
3. Питомими витратами природних ресурсів, які визначаються відповідно до нормативних (прогнозних) показників потреби відповідної технології у цих ресурсах з урахуванням рівня її завантаження.
4. Питомим виробництвом продукції та питомими викидами в довкілля забруднюючих речовин у різних агрегатних станах та газів, що викликають парниковий ефект. Залежність їх рівнів та загальні обсяги визначаються аналогічно їх визначенню для питомих витрат.
5. Наявністю та ефективністю технологій та заходів контролю за викидами та скидами.
6. Необхідним обсягом інвестицій для впровадження в роботу відповідної технології та схемою їх освоєння по роках періоду проектування, будівництва та введення в експлуатацію, а також витрат на зняття з експлуатації.
7. Гранично-прийнятною ціною виробництва електроенергії, яка є максимально можливою ціною для споживачів (при її перевищенні вони відмовляються від придбання електроенергії) і мінімально можливою для виробників (при її зменшенні вони відмовляються від поставок електроенергії на ри-

нок та від інвестування в розвиток генеруючих потужностей).

Гранично-прийнятні ціни виробників розраховуються з використанням спеціалізованих розрахункових моделей-імітаторів процесів впровадження та експлуатації технологій виробництва електроенергії та визначення їх техніко-економічних та екологічних показників, які будуються на методах оцінки фінансових потоків при аналізі ефективності інвестицій. Гранично-прийнятні ціни споживачів та обсяги потреби в електроенергії, в загальному випадку, є вхідною інформацією для прогнозування розвитку структури генеруючих потужностей ОЕС [5].

При розрахунку гранично-прийнятної ціни для можливості проведення аналізу впливу екологічних факторів на її рівень доцільно виділити екологічну складову цієї ціни:

$$c_i = c_i^n + c_i^e, \quad (1)$$

де i – тип технології виробництва електроенергії, $i=1 \div I$;

c_i – гранично-прийнятна ціна i -ої технології виробництва електроенергії;

c_i^n – неекологічна складова гранично-прийнятної ціни;

c_i^e – екологічна складова гранично-прийнятної ціни. Ця складова залежить від таких екологічних показників, як капітальні вкладення в засоби контролю за викидами, видатки, необхідні для введення їх в експлуатацію, експлуатаційні витрати на їх обслуговування, платежі за викиди та скиди забруднюючих речовин, платежі за викиди парникових газів, рівні та умови оплати за користування природними ресурсами (наприклад, умови сплати за землю – державна власність, оренда, приватна власність), механізми, стимулюючі використання екологічно чистих технологій виробництва електроенергії. Дослідження залежності екологічної складової гранично-прийнятної ціни від жорсткості екологічних обмежень та вимог дозволить визначити вплив екологічних факторів на формування перспективних цін на електроенергію для споживачів та формування економічно-прийнятної державної екологічної політики в електроенергетичній галузі.

На етапі формування та оцінки варіантів розвитку структури генеруючих потужностей

врахування екологічних факторів проводиться формуванням припустимого набору технологій з точки зору забезпечення нормативів викидів забруднюючих речовин, яка задається наступним обмеженням:

$$b'_{ij}X_i - \sum_{k=1}^K b''_{jk}Y_{jk} \leq B_{ij}, \quad (2)$$

де i – тип технології, $i=1 \div I$;

j – тип забруднюючої речовини, $j=1 \div J$;

k – тип технології контролю за викидами забруднюючих речовин, $k=1 \div K$;

b'_{ij} – питомий показник викиду j -ої забруднюючої речовини i -ою технологією;

X_i – потужність i -ої технології;

b''_{jk} – ефективність зниження викиду j -ої забруднюючої речовини k -ою технологією контролю за викидами забруднюючих речовин;

Y_{jk} – потужність k -ої технології контролю за викидами j -ої забруднюючої речовини;

B_{ij} – обмеження на викиди j -ої забруднюючої речовини для i -ої технології.

Реалізація алгоритму формування припустимого набору технологій складається з наступних кроків:

1. Формується набір технологій $I' \subset I$, які відповідають умові:

$$b'_{ij}X_i \leq B_{ij}, \quad \forall j, \quad (3)$$

тобто такі технології задовольняють нормативним обмеженням без застосування технологій контролю за викидами.

2. Для тих забруднюючих речовин j , для яких умова (2) не виконується, для кожної технології i формується набір технологій контролю за викидами $\{Y_{jk}\}$, застосування яких задовольняє умові (2). При цьому формується набір припустимих технологій $I'' \subset I$, кожна з яких має відповідний набір технологій зниження викидів.

Для вирішення задачі формування варіантів розвитку структури генеруючих потужностей для кожного сценарію зовнішніх умов розвитку електроенергетичного комплексу можливо застосовувати два підходи.

Перший підхід полягає в застосуванні наступного алгоритму формування варіантів розвитку структури генеруючих потужностей:

1. Для кожної потенційної або існуючої площадки r розміщення електроенергетичного об'єкта визначається набір можливих варіантів розвитку цього об'єкта (нове будівництво, ре-

конструкція) із впровадженням різних технологій, які відповідають ресурсним обмеженням цієї площадки і формалізуються у наступному виді:

$$\sum_{i \in P \cup I^r} b_{pi} X_{irt} - B_{prt} \leq P_{prt}, \quad (4)$$

де p – вид ресурсу, $p = 1 \div P$;

b_{pi} – питомий показник витрат i -ою технологією p -го ресурсу;

X_{irt} – потужність технології i на площадці r в t етап розрахункового періоду;

B_{prt} – заходи, необхідні для забезпечення можливості впровадження об'єктів (доцільна висота труби, необхідна для розсіювання димових газів, системи охолодження, очищення води, утилізація відходів);

P_{prt} – природний ресурс площадки (земельні, водні ресурси, розсіюючий потенціал атмосфери, ґрунту).

При цьому під енергетичним об'єктом, в залежності від рівня агрегування та абстрагування, мається на увазі як конкретний енергетичний об'єкт (площадка розміщення електростанції, траса ліній електропередачі) з точки зору визначення P_{prt} , так і типовий (модельний) об'єкт, для якого P_{prt} формалізується окремою методикою.

2. Для кожного варіанта розвитку об'єкта з використанням моделей життєвого циклу розраховуються необхідні показники, зокрема гранично-прийнятні ціни виробництва електроенергії.

3. З використанням розрахованих показників формується оптимізаційна модель розвитку енергетичного комплексу з булевими змінними, які враховують різні варіанти розвитку кожного об'єкта.

При цьому використовуються наступні співвідношення:

$$X_{ivrt} = z_{vr} B_{ivrt}, \quad (5)$$

$$\sum_{v \in V_r} z_{vr} \leq 1, \quad (6)$$

де v – варіант розвитку об'єкта; $v \in V_r$;

X_{ivrt} – потужність i технології виробництва електроенергії в t етап розрахункового періоду на r площадці, що оптимізується в моделі;

B_{ivrt} – потужність i технології в етап t розрахункового періоду згідно варіанту v розвитку енергетичного об'єкта на площадці r ;

V_r – множина варіантів розвитку (реконструкції) об'єкта на площадці r ;

z_{vr} – булева змінна, яка використовується для забезпечення можливості вибору лише одного варіанту розвитку об'єкта на площадці r . $z_{vr} = 1$, якщо при оптимізації вибраний варіант v , $z_{vr} = 0$ - у протилежному випадку.

Критерієм оптимізації структури генеруючих потужностей є мінімізація гранично-прийнятної ціни виробництва електроенергії, в розрахунок якої входять такі екологічні показники, як платежі за викиди та скиди забруднюючих речовин, за розміщення відходів, вартість палива та установок з очищення викидів та скидів і т.п. [6]. Цільова функція при цьому має вигляд:

$$\sum_{t=1}^T \sum_{g=1}^G \sum_{r=1}^R \sum_{i=1}^I c_{ivrt} Y_{ivrgt} H_{ivrgt} \rightarrow \min, \quad (7)$$

де c_{ivrt} – гранично-прийнятна ціна виробництва електроенергії i -ою технологією, яка складається з екологічної та неекологічної складових (формула 1);

Y_{ivrgt} – потужність технології i , яка фактично використовується для покриття g зони графіка електричного навантаження;

H_{ivrgt} – тривалість роботи i технології при покритті g зони графіка електричного навантаження.

Залежність між встановленою потужністю X_{ivrt} та потужністю Y_{ivrgt} , яка фактично використовується, задається наступним виразом:

$$Y_{ivrgt} \leq d_{ivrgt} X_{ivrt}, \quad (8)$$

де d_{ivrgt} – коефіцієнт готовності i технології при покритті g зони графіка електричного навантаження.

4. Ця оптимізаційна модель реалізується і визначається найбільш відповідний для прийнятого сценарію зовнішніх умов варіант розвитку електроенергетичного комплексу.

Другий підхід до формування варіантів розвитку структури генеруючих потужностей з урахуванням екологічних обмежень та вимог передбачає моделювання розвитку окремих об'єктів на основі формування системи обмежень виду (4) безпосередньо в оптимізаційній моделі для кожної площадки, а потужність окремих технологій визначається в процесі оптимізації [2].

Використання першого підходу дозволяє детально враховувати екологічні показники та вимоги конкретних площадок можливого бу-

дівництва енергетичних об'єктів та екологічні фактори існуючих об'єктів при оцінці доцільності реалізації різних варіантів їх реконструкції з урахуванням екологічних обмежень та вимог. Тому його застосування, у першу чергу, доцільно при наявності інформації стосов-

но планів реконструкції існуючих або будівництва нових енергетичних об'єктів.

Другий підхід найбільш доцільно застосувати в умовах, коли використовуються модельні площадки, тобто їх екологічні характеристики є узагальненими.

ВИСНОВКИ

Екологічні обмеження та вимоги при прогнозуванні розвитку електроенергетичного комплексу необхідно враховувати на трьох рівнях: на рівні технології при формуванні набору припустимих технологій; на рівні об'єкта та на рівні площадки розміщення таких об'єктів при формуванні набору можливих варіантів розвитку цього об'єкта; на рівні всієї електроенергетичної системи при оптимізації структури ге-

неруючих потужностей. Екологічні показники входять у розрахунок гранично-прийнятної ціни виробництва електроенергії при формуванні екологічної складової цієї ціни, за рахунок аналізу якої можна проводити дослідження впливу жорсткості екологічних обмежень та вимог на рівень загальносистемної гранично-прийнятної ціни на електроенергію та на формування структури генеруючих потужностей.

1. *Нечаєва Т.П., Шульженко С.В., Сас Д.П., Парасюк М.В.* Фактори екологічного впливу електроенергетичних об'єктів на довкілля // Проблеми загальної енергетики. — 2008. — №18. — С.54–60.
2. Оптимизация республиканского топливно-энергетического комплекса и его отраслевых систем / Кулик М.Н., Юфа А.И., Дунаев В.Н. и др. / Под ред. В.Е.Тонкаля — Киев: Наук.думка, 1992.— 216 с.
3. Математические модели и информационно-программная система для задач оптимизации развития топливно-энергетического комплекса республики/ М.Н.Кулик, В.Н.Дунаев, Т.В.Богомолец, Б.А.Костюковский. — Киев, 1990. — 40 с. — (Препр./ АН УССР. Ин-т пробл. энергосбережения; 90–5).
4. *Костюковский Б.А.* Методи та засоби прогнозування розвитку структури генеруючих потужностей об'єднаних електроенергетичних систем в умовах ринкового регулювання діяльності в електроенергетиці: дисертація на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.14.01 / Інститут загальної енергетики НАН України. — К., 2007. — 161 с.
5. *Шульженко С.В.* Особливості розрахунку вартісних показників у задачах прогнозування розвитку електроенергетичних систем за ринкових умов їх функціонування // Проблеми загальної енергетики. — 2008. — №18. — С.16–20.
6. *Костюковский Б.А., Шульженко С.В., Радченко А.Л., Нечаєва Т.П.* Прогнозирование развития электроэнергетических систем в условиях рыночного регулирования в электроэнергетике // Энергоэффективность-2007: Тезисы докладов международной научно-практической конференции. — К.: Институт газа НАНУ, 2007. — С.14–15.