

L.V. CHARKHIFALAKYAN, N.K. HAMBARDZUMYAN

**ECONOMIC ESTIMATION OF ENVIRONMENT-PROTECTING AND RESOURCE- SAVING ACTIVITIES IN THE ENERGY SECTOR**

Nowadays, the fuel and energy economy development and ecological safety issues have become extremely important for the entire humanity. It is due to the reduction of the hydrocarbon fuel reserves and the increase in their cost, as well as the increase in the harmful impact of wastes on the environment. The universal (global) energy issues are gaining a greater ecological orientation.

Energy saving is an important contribution to the issue of reducing CO<sub>2</sub>- emissions. As an estimation of the possible power saving can serve the energy intensity of the global gross production (GGP).

**Keywords:** fuel-and-energy economy, hydrocarbon fuel reserves, energy saving, energy intensity.

ՀՏԴ 621.3 016.3:621.311

**Գ.Ա. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ**

**ԲԱՐԴ ԷՆԵՐԳԱՀԱՄԱԿԱՐԳՈՒՄ ԿԱՅԱՆՆԵՐԻ ՕՊՏԻՄԱԼ ՌԵԺԻՄՆԵՐԻ ԸՆՏՐՈՒԹՅՈՒՆԸ ՍԵՊԱՐԱՔԵԼԱՅԻՆ ԾՐԱԳՐԱՎՈՐՄԱՆ ՄԵԹՈԴՈՎ**

Ուսումնասիրվում է բարդ էներգահամակարգում օրական բեռնվածքի օպտիմալ բաշխման խնդիրը, որի լուծման նպատակը համակարգում առկա ջերմային կայանների վառելիքի գումարային ծախսը նվազագույնի հասցնելն է: Խնդրի լուծման համար օգտագործվում է սեպարաբելային ծրագրավորման մեթոդը:

**Առանցքային բաներ.** բարդ էներգահամակարգ, բեռնվածքի բաշխում, բեռնվածքի գրաֆիկ, վառելիքի ծախս, ծախսային բնութագիր:

Ոչ գծային խնդրի լուծման մեթոդի ընտրությունը կախված է վերջինիս բնույթից (քառակուսային, սեպարաբելային, կոտորակագծային, տրանսցենդենտային):

Լավարկման բազմաչափանիշային խնդիրների լուծումը, ընդհանուր առմամբ, հնարավորություն է տալիս կատարելագործել ագրեգատների կազմի լավարկման ընտրությունը տարբեր չափանիշներով: Տարբեր չափանիշներով խնդիրներն ունեն տարբեր բարդություններ: Այսինքն՝ լուծման ալգորիթմների իրականացման համար անհրաժեշտ է հաղթահարել մի շարք բարդություններ՝ կապված լավարկման նպատակային ֆունկցիայի մեջ ընդգրկվող գործոնների քանակական բնութագրերի որոշման հետ:

Անդրադառնալով համակարգում ռեժիմների լավարկման խնդրին՝ նախ դիտարկենք սեպարաբելության առանձնահատկությունները:

Ենթադրենք նպատակային ֆունկցիան կարելի է ներկայացնել  $n$  ֆունկցիաների գումարի տեսքով, որոնցից յուրաքանչյուրը կախված է  $x_j$  փոփոխականից [1].

$$c(x) \equiv \sum_{j=1}^N c_j(x_j), \quad (1)$$

այսպիսի ֆունկցիան անվանում են սեպարաբելային: Սեպարաբելային ծրագրավորման առանձնահատկությունն այն է, որ վերջինս փոփոխականների քանակի ավելացման հաշվին բերվում է գծային խնդրի:

Գծայնացման համար ընտրենք  $x$ -ի նշանակությունների որոշակի <<ցանց>>՝ կառուցված հետևյալ կերպ.  $0 \equiv X_1 < X_2 < \dots < X_p \equiv X$ : Այնուհետև  $x$ -ի ցանկացած նշանակություն արտահայտենք միջին կշռային  $X_k$ -ով:

$$x = X_1 w_1 + X_2 w_2 + \dots + X_p w_p, \quad (2)$$

որտեղ  $w_k$  կշիռները բավարարում են հետևյալ պայմանը.

$$\sum_{k=1}^p w_k = 1 \text{ և } w_k \geq 0, k = 1, 2, \dots, p: \quad (3)$$

<<Ցանցի>> կառուցման ժամանակ անհրաժեշտ է ղեկավարվել հետևյալ հարմար կանոնով. եթե  $x_1$ -ի որոշակի ինտերվալում  $c_1(x_1)$  ֆունկցիան գծային է, ապա այդ ինտերվալին պետք է համապատասխանեն ցանցի ոչ ավելի, քան երկու կետեր:

Ապրոքսիմացված մոդելի կառուցման համար փոխարինենք  $x$ -ը (2) արտահայտության աջ մասով, մոդել ներառենք (3) սահմանափակումները, իսկ (1) նպատակային ֆունկցիան փոխարինենք իր մաս-մաս գծային ապրոքսիմացիայով [1,2]՝

$$c(X) = \sum_{k=1}^p c(X_k) w_k: \quad (4)$$

Այս հատկության կարևոր հետևանքը հետևյալն է. եթե դրված պայմանները բավարարվում են բոլոր  $c_j(x_j)$ -երի համար, իսկ բոլոր սահմանափակումները, որոնք կիրառվում են  $x_j$ -երի վրա, գծային են, ապա ձևավորված մոդելը ներկայացնում է գծային ծրագրավորման (ԳԾ) խնդիր և կարող է լուծվել սովորական սիմպլեքս մեթոդով:

**Սեպարաբելային սահմանափակումները:** Ենթադրենք՝ լավարկման խնդիրը ներառում է սեպարաբելային սահմանափակումներ՝

$$\sum_{j=1}^n a_j(x_j) \leq b: \quad (5)$$

Այստեղ կարող են օգտագործվել վերը նշված գծայնացման մեթոդները: Այդ դեպքում կունենանք հետևյալ արտահայտությունը.

$$\sum_{j=1}^p a_j(X_k)w_k, \quad (6)$$

որը կներկայացնի ընդհատ գծային ապրոքսիմացիա:

**Սեպարաբելության ձեռքբերումները:** Ենթադրենք՝ լավարկման խնդիրը ձևակերպված է հետևյալ կերպ [3].

$$\sum_{j=1}^n c_j(x_j) \rightarrow \max, \quad (7)$$

հետևյալ սահմանափակումների առկայության դեպքում.

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}(x_j) \leq b_i, i = 1, 2, \dots, m: \quad (8)$$

Այդ դեպքում վերը ներկայացված մեթոդները հնարավորություն են տալիս ձևակերպել այնպիսի խնդիր, որում բոլոր ոչ գծային ֆունկցիաները ապրոքսիմացվում են մաս-մաս գծային ֆունկցիաներով [3]:

**Խնդրի դրվածքը:** Դիտարկվում է էներգահամակարգ, որը բաղկացած է հիդրոէլեկտրակայանից (ՀԷԿ) և ջերմային էլեկտրակայանից (ՋԷԿ): Անհրաժեշտ է բեռնվածքը բաշխել համակարգում առկա ագրեգատների միջև այնպես, որ օրական կտրվածքով համակարգի վառելիքի ծախսը լինի նվազագույնը՝ միաժամանակ ապահովելով կայանների և համակարգի վրա դրված սահմանափակումները [4]:

Խնդրի լուծման համար որպես ելակետային տվյալներ ծառայում են՝

- համակարգի օրական բեռնվածքի գրաֆիկը՝  $P_i, i = \overline{1, 24}$ ,
- ՀԷԿ-ի ծախսային բնութագիրը՝  $Q = f(P^Հ)$ ,
- ՋԷԿ-ի ծախսային բնութագիրը՝  $B = \varphi(P^Ջ)$ ,
- ՀԷԿ-ի ջրամբարում առկա ջրի ծավալը, որը կարելի է օգտագործել՝  $V^*$ ,
- ինչպես ՀԷԿ-ի, այնպես էլ ՋԷԿ-ի յուրաքանչյուր ագրեգատի վրա դրված

սահմանափակումները՝  $P_i^Հ_{min} \leq P_i^Հ \leq P_i^Հ_{max}, P_i^Ջ_{min} \leq P_i^Ջ \leq P_i^Ջ_{max}$ :

Խնդրի նպատակային ֆունկցիան կներկայացվի հետևյալ տեսքով [4].

$$\sum_{i=1}^{24} B_i(P_i^Ջ) \rightarrow \min, \quad (9)$$

որտեղ  $B_i$ -ն օրվա  $i$ -րդ ժամում ՋԷԿ-ի վառելիքի ծախսն է,  $P_i^Ջ$ -ն՝ օրվա  $i$ -րդ ժամում ՋԷԿ-ի զարգացրած հզորությունը:

Խնդրում առկա սահմանափակումները կարելի է ներկայացնել հետևյալ կերպ.

- համակարգի հզորությունների հաշվեկշռի պայմանը՝

$$P_i^Հ + P_i^Ջ = P_i^Համ, i = \overline{1, 24},$$

համապատասխանաբար  $P_i^Հ$ -ն  $i$ -րդ ժամում ՀԷԿ-ի զարգացրած հզորությունն է,  $P_i^Համ$ -ը՝  $i$ -րդ ժամում համակարգի համար պահանջվող բեռը:

- համակարգում առկա յուրաքանչյուր ագրեգատի վրա դրված սահմանափակումները՝

$$P_{i\min}^z \leq P_i^z \leq P_{i\max}^z \quad i = \overline{1, 24},$$

$$P_{i\min}^{\Omega} \leq P_i^{\Omega} \leq P_{i\max}^{\Omega} \quad i = \overline{1, 24},$$

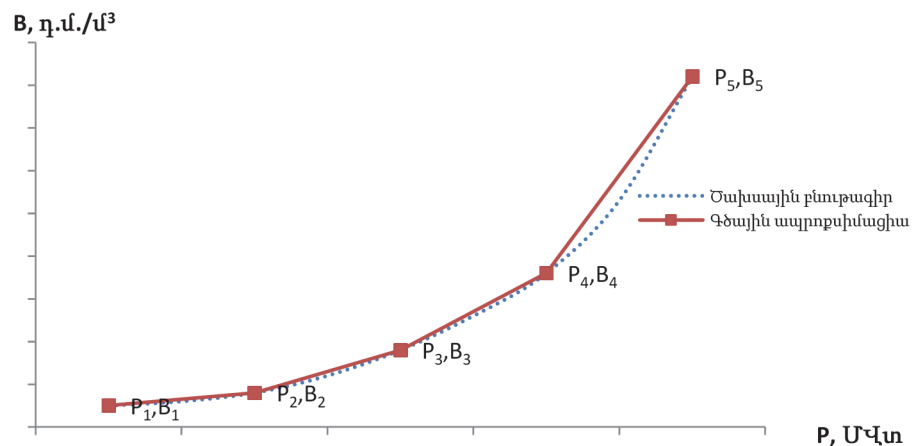
- համակարգում առկա ՀԷԿ-ի ջրամբարից օգտագործվող ջրի քանակի վրա դրված սահմանափակումները՝

$$\Delta t \sum_{i=1}^{24} Q_i(P_i^z) = V^*,$$

որտեղ  $Q_i$ -ն  $i$ -րդ ժամում ՀԷԿ-ի ջրի ելքն է,  $l^3/վ$  [4]:

**Աշխատանքային ռեժիմների լավարկումը ոչ գծային ծախսային բնութագրերով:** Դիտարկվում է ռեժիմների օպտիմալ կառավարման խնդիր՝ ոչ գծային ծախսային բնութագրերով: Խնդրի լուծման համար առաջարկվում է սեպարաբելային ծրագրավորման մեթոդը:

Դիտարկենք ջերմային կայանի ծախսային բնութագրի մաս-մաս գծային ապրոքսիմացիան (նկ. 1):



Նկ. 1. Ծախսային բնութագրի ընդհանուր գծային ապրոքսիմացիան

Ընդհանուր առմամբ  $P \in [P_{\min}, P_{\max}]$  միջակայքը բաժանվում է  $0 \leq P_1 < P_2 < P_3 < \dots < P_k$  ( $P_1 = P_{\min}, P_k = P_{\max}$ ) կետերի միջև, և  $P$ -ի ցանկացած արժեք որոշվում է միջին կշռային  $P_i$ -ի միջոցով [5].

$$P = \sum_{i=1}^k P_i \cdot w_i, \quad (10)$$

որտեղ  $w_i$ -ն լրացուցիչ փոփոխական է, որը բավարարում է հետևյալ պայմանը.

$$\sum_{i=1}^k w_i = 1, w_i \geq 0, i = \overline{1, k}; \quad (11)$$

Ընդ որում, ծախսային բնութագիրը փոխարինվում է իր ընդհատ գծային ապրոքսիմացիայով՝

$$B(P) = \sum_{i=1}^k B_i(P_i) \cdot w_i:$$

Ապրոքսիմացված մոդելի կառուցման համար  $P$  փոփոխականի փոխարեն կիրառվում է (10)-ի աջ մասը, իսկ  $B(P)$  ֆունկցիան փոխարինվում է իր ընդհատ գծային ապրոքսիմացիայով: Խնդրի սահմանափակումների համակարգը լրացվում է (11) պայմանով [5]:

Նախորդ ենթավերնագրում բերված խնդրի մոդելը գծային ծախսային բնութագրի համար կլինի հետևյալը.

(9) նպատակային ֆունկցիան փոխարինենք իր ընդհատ գծային ապրոքսիմացիայով՝

$$\sum_{i=1}^{24} \sum_{j=1}^n w_i^{\mathcal{Q}}(j) \bar{B}_i \rightarrow \min, \quad (12)$$

որտեղ  $n$ -ը այն  $A_j^{\mathcal{Q}}(\bar{P}_j^{\mathcal{Q}}, \bar{B}_j^{\mathcal{Q}})$  կետերի քանակն է, որոնցով ՋԷԿ-ի ծախսային բնութագրի ոչ գծային ֆունկցիան ապրոքսիմացվում է:

Համապատասխանաբար խնդրի սահմանափակումները կփոխարինվեն՝

- համակարգի հզորությունների հաշվեկշռի պայմանը՝

$$\sum_{j=1}^m w_i^{\mathcal{Z}}(j) \bar{P}_i^{\mathcal{Z}} + \sum_{j=1}^n w_i^{\mathcal{Q}}(j) \bar{P}_i^{\mathcal{Q}} = P_i^{\mathcal{Z}\cup\mathcal{Q}}, i = \overline{1, 24},$$

որտեղ  $m$ -ը այն  $A_j^{\mathcal{Z}}(\bar{P}_j^{\mathcal{Z}}, \bar{Q}_j^{\mathcal{Z}})$  կետերի քանակն է, որոնցով ՀԷԿ-ի ծախսային բնութագրի ոչ գծային ֆունկցիան ապրոքսիմացվում է.

- համակարգում առկա յուրաքանչյուր ագրեգատի վրա դրված սահմանափակումները՝

$$P_{i \min}^{\mathcal{Z}} \leq \sum_{j=1}^m w_i^{\mathcal{Z}}(j) \bar{P}_i^{\mathcal{Z}} \leq P_{i \max}^{\mathcal{Z}} \quad i = \overline{1, 24},$$

$$P_{i \min}^{\mathcal{Q}} \leq \sum_{j=1}^n w_i^{\mathcal{Q}}(j) \bar{P}_i^{\mathcal{Q}} \leq P_{i \max}^{\mathcal{Q}} \quad i = \overline{1, 24},$$

- համակարգում առկա ՀԷԿ-ի ջրամբարից օգտագործվող ջրի քանակի վրա դրված սահմանափակումները՝

$$\Delta t \sum_{i=1}^{24} \sum_{j=1}^m w_i^z(j) \bar{Q}_i = V^*,$$

- կշիռների վրա դրված սահմանափակումները՝

$$\sum_{j=1}^m w_i^z(j) = 1, \sum_{j=1}^n w_i^g(j) = 1, 0 \leq w_i^z(j) \leq 1, j = \overline{1, m}, 0 \leq w_i^g(j) \leq 1, j = \overline{1, n};$$

Ստացվածը գծային ծրագրավորման խնդիր է, որը կարելի է լուծել հայտնի սիմպլեքս մեթոդով [5]:

Մշակված է համակարգչային ծրագիր՝ վերոնշյալ խնդիրը սեպարաբելային ծրագրավորման մեթոդով լուծելու համար:

#### ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Вагнер Г.** Основы исследования операций.- Том 1.- М.: Мир, 1972.-337 с.
2. **Труды IV Всероссийской конференции** “Винеровские чтения”. - Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2011.- Часть I. – 313 с.
3. Математические методы и модели исследования операций: Учебник для вузов/**В.А. Колемаев, В.И. Соловьев, Т.М. Гатауллин и др.**; Под ред. В.А. Колемаева. –М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2008.-592 с.
4. **Հարությունյան Գ.Ա.** Բարդ էներգահամակարգում կայանների օպտիմալ ռեժիմների ընտրության մեթոդը // ՀՀ ԳԱԱ և ՀՊՃՀ Տեղեկագիր. Տեխն. գիտ. սերիա. – 2014. – Հ. 67, № 1. – էջ 21 – 28:
5. **Բուռնաչյան Հ.Ա., Հարությունյան Գ.Ա.** Բարդ էներգահամակարգում կայանների օպտիմալ ռեժիմների ընտրությունը սեպարաբելային ծրագրավորման մեթոդով // ՀՃԱ Լրաբեր. – 2016. – Հ.13, № 1. – էջ 49-53:

**Г.А. АРУТЮНЯН**

#### **ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ СТАНЦИЙ В СЛОЖНОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЕ МЕТОДОМ СЕПАРАБЕЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ**

Рассматривается задача оптимального распределения суточного графика в сложной энергосистеме с целью минимизации суммарного расхода топлива тепловых станций системы. Для решения задачи используется метод сепарабельного программирования.

**Ключевые слова:** сложная энергосистема, распределение нагрузки, график нагрузки, расход топлива, расходная характеристика.

G.A. HARUTYUNYAN

**SELECTING THE OPTIMUM MODES OF PLANTS IN A COMPLEX  
POWER SYSTEM BY THE SEPARABLE PROGRAMMING METHOD**

The problem of optimal load distribution in a complex power system is studied for the purpose of minimizing the total fuel consumption in the thermal power plants. For the problem solution, the separable programming method is used.

**Keywords:** complex power system, load distribution, load schedule, fuel onsumption, consumption characteristics.

ՀՏԴ 621.311:658.14(479.25)

**Ն.Հ. ԽԱԼԱԹՅԱՆ, Կ.Հ. ԱՐԱԲՅԱՆ**

**ԷՆԵՐԳԱԽՆԱՅՈՂՈՒԹՅՈՒՆԸ՝ ՈՐՊԵՍ ՌԵՍՈՒՐՍԱԽՆԱՅՈՂՈՒԹՅԱՆ  
ԲԱՂԿԱՑՈՒՑԻՉ ՄԱՍ**

Շրջանառու տնտեսության տեսլականի հիմքում ընկած է էներգախնայողությունը՝ որպես ռեսուրսախնայողության բաղկացուցիչ մաս: Ուսումնասիրվել է ԵՄ օրենսդրությունը շենքերում էներգախնայողության վերաբերյալ, և վերլուծվել է Հայաստանի Հանրապետությունում այդ տեսլականի օգտագործման հնարավորությունը:

**Առանցքային բաներ.** էներգախնայողություն, ֆինանսավորում, ռեսուրսախնայողություն, շրջանառու տնտեսություն:

Երկրի բնակչության աճը զուգորդվում է ռեսուրսների, այդ թվում՝ ջրի, էներգիայի սպառման աճի հետ [1]: Մասնավորապես, համաձայն Միջազգային էներգետիկ Գործակալության կանխատեսումների՝ երկրագնդի վրա էներգիայի սպառումը 2016-2030թթ. կաճի 30%-ով: Նշված խղիղների լուծման արդյունքում մշակվել է տնտեսության զարգացման նոր մոդել, որն անվանվել է «Շրջանառու տնտեսություն»: Շրջանառու տնտեսության գաղափարներն իրականացնելու նպատակով Եվրամիությունն ընդունել է Շրջանառու տնտեսության փաթեթ [2], որը ներկայացնում է գործողությունների ցանկ և ժամանակացույց՝ ռեսուրսախնայողության ռազմավարության իրագործման համար: Փաթեթում առաջարկված միջոցառումները ներառում են տնտեսության բոլոր ճյուղերը՝ արտադրությունը, սպառումը, թափոնների կառավարումը և վերամշակված թափոնների ու նյութերի շուկայի ստեղծումը:

Շրջանառու տնտեսության ոլորտի օրենսդրական դաշտի անբաժանելի մաս են շենքերի էներգախնայողությանը վերաբերող օրենքները (դիրեկտիվները):

ԵՄ «Շենքերի էներգախնայողություն» դիրեկտիվը (այսուհետ՝ ՇԷԴ) [3] ԵՄ հիմնական օրենսդրական փաստաթուղթ է, որը սահմանում է շենքերում էներգիայի սպառման և նրա նվազեցման պահանջները: Համաձայն ՇԷԴ-ի.