

whole world, that is, the essence of the concept of «Smart education» – wide availability of education. For Informatization of training it is necessary to use innovative technologies in the educational process in accordance with modern knowledge. Innovative activity aimed at the development of educational activities, the deepening of the essence of objects, improvement of professional skill of the teacher, the introduction of other new technologies, the use and conduct of creative work, so it saves time of the student, i.e., helps to effectively organize the classroom enhances interest of the student to the subject, expands his knowledge on the subject. New innovative technologies are necessary implementation of the disclosure of the content of teaching mathematics. The purpose of the seminar: the Formation of students 'skills and abilities to use modern innovative technologies in mathematics lessons, the organization of cognitive activity, the development of students' competencies.

In the field of education, there is a transition of traditional learning to e-learning, e-learning to smart learning. Now the task is to develop a Smart learning environment that allows you to work with a person. That is, to improve the quality of education in teaching mathematics, it is necessary to widely introduce new innovative technologies into the educational process.

ӘОЖ 004.42:519.85

**Уразғалиева А.Н.**, оқытушы

«Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КеАҚ, Орал қ., Қазақстан Республикасы

## **КӨЛІК ЕСЕПТЕРІНІҢ ЭЛЕКТР ЭНЕРГЕТИКАДА ҚОЛДАНЫЛУЫ ЖӘНЕ ОНЫ MATHCAD БАҒДАРЛАМАСЫНЫҢ КӨМЕГІМЕН ШЕШУ**

### **Аннотация**

Электр энергиясы тауар ретінде нарықтағы сатып алудың және сатудың негізі болып табылады. Қазақстан электр энергиясының көтерме сауда базары болып саналатын электр энергиясының ырықтандырылған (либерализацияланған) нарықтарында кез келген басқа нарық қатысушыларымен электр энергиясын сатып алу және сату келісім шартын жасауға, және сәйкесінше осы келісім шартпен тек келісім бағасын емес, электр энергиясын жеткізілім - тұтыну көлемін, және де мерзімін (кестесін) анықтау құқығына ие.

Қазіргі таңда математиканың ең жоғарғы жетістіктерімен, заманауи есептік техниканың жетістіктері экономикалық зерттеулер мен жоспарлауларда кеңінен қолданылуда. Бұл мақсатта қолданылып жүрген математикалық жетістіктер: математикалық бағдарламалау секілді көптеген математикалық әдістер. Айтарлықтай табысқа жеткен әдістерінің бірі оптималды жоспарлау. Ал ол өз кезегінде математикалық бағдарламалаудың негізі болуда. Болашақ бағдарламашылар үшін қолданылған математиканың ең маңызды саласының бірі – көлік есебі. Көлік есебі – тасымалдау шығыны аз болатын товарды (бұл жағдайда, электр энергиясын) қуат көздерінен тұтынушы түйіндеріне тасымалдаудың ең тиімді жоспарын құру есебі.

Нарықтық заманында өндірістің дамуын ақпараттық технологиялардың және заманауи бағдарламалардың көмегімен елестету мүмкін емес. Бұл мақалада көлік есептерін электр энергетикада қолданудың жалпы сұрақтары мен оларды MathCAD бағдарламасының көмегімен шешу көрсетілген.

***Түйін сөздер:** көлік есебі әдісі, математикалық модель, оптимизация, мақсатты функция, электр желі, көлік матрицасы.*

Барлық тауарлық нарықтар үшін ортақ электр энергиясы нарығының жалпы шарттарымен бірге олардың өздеріне тән келесі ерекшеліктерді атап өтуге болады: а) өндірілген тауар (электр энергиясы) шұғыл түрде тұтынушыға жеткізіледі (тасымалданады) және бірден тұтынылады; ә) өндірілген электр энергиясын белгілі мөлшерде үнемдеу және сақтау мүмкін емес; б) өндірілген және тұтынылатын тауар стандарттық сапада болуы тиіс; в) электр энергиясын тарату үшін барша электр энергиясын өндірушілер (сатушылар) электр энергиясын жеткізетін, және сәйкесінше электр энергиясын тұтынушылар (сатып алушылар) электр энергиясын тұтынатын жалпы қолданыстағы электрлік желілер пайдаланылады.

Электрлік қуат көтерме сауда нарығында сатып алу - сатудың заты болуы мүмкін. Сондықтан да «электр энергиясының нарығы» ұғымымен әдетте тек қана электр энергиясының нарығы емес, онымен ілеспелі жүретін электр қуатының нарығы мен нарық қызметтері де түсіндіріледі.

Соңғы уақытта көптеген қолданбалы бағдарламалар пайда болды, олардың көмегімен көптеген математикалық есептерді (сонымен қатар көптеген математикалық моделдермен сипатталатын ғылыми есептерді) компьютерлік бағдарламаларды құрмай ақ шешу мүмкіндігі пайда болды. Оқу процесінде (кейде ғылыми мекемелерде) MathCAD, Maple, Mat lab, Mathematic және тағы да сол сияқты жүйелерін қолдану арқылы сабақтар қызығырақ, сабақ мазмұнын түсіну жылдамырақ және тереңірек болады, сонымен қатар өткен тақырыпты бекіту және есеп шығару үшін жеткілікті көп уақыт қалады. Жоғарыда көрсетілген жүйелердің ішінен, MathCAD-басқаларына қарағанда қарапайым болып келеді және техникалық ЖОО-ына арналған, ал басқалары, кәсіби математиктерге арналған деп айтуға болады. MathCAD жүйесінде есеп ең шынайы математикалық түрде қалыптастырылады, ал басқа математикалық жүйелерде есептің шығару алгоритмінің қадамдары жүйелік командалар көмегімен қалыптастырылады. MathCAD-та белгілі болғандай, есептер келесі жолдармен шешіледі [1]:

- MathCAD-тың ішкі функцияларын пайдалану арқылы;
- Есепті шешудің математикалық алгоритм қолдану;
- MathCAD-тың ішкі тілінде іске асырылған есепті шешу алгоритмін пайдалану.

Енді жалпы сұрақтардан, көлік есебі электр энергетикада қалай қолданылатынына және оны MathCAD бағдарламасының көмегімен қалай шығарылатынына көшейік. Көлік есебі – бұл тасымалдау шығыны ең аз болатындай өнімді жабдықтаушыдан тұтынушыға жеткізудің жоспарын құру есебі. Көлік есебінің математикалық аппараты энергетика есептеріне де қолданылады. Мұндағы өнім, қуат көздерінен электр желілері арқылы тұтынушыларға берілетін электр қуатын білдіреді. Қуат көздеріне электрлік станциялар немесе қосалқы станциялар, ал тұтынушыларға өнеркәсіптік, қалалық, электр энергиясын тұтынушылары жатады. Электр қуат көздерінің түйіндерін тұтынушылар түйіндерімен байланыстыратын электр желілерінен тұратын электр желісінің сұлбасының шығындарын оңтайландыру керек.

Мысалы, қуат беру жүйесінде қуат көздерінің  $i = 1, 2, \dots, m$  түйіндері және тұтынушылардың  $j = 1, 2, \dots, n$  түйіндері болсын. Әрбір көздің қуаты  $A_i$ , ал тұтынушылардың әрқайсысының қуаты  $B_j$  қуат бірліктері (қ.б.) болсын. Қуат көздері мен тұтынушылардың өзара орналасуы белгілі. Қуат бірлігін  $i$ -інші қуат көзінен  $j$ -інші тұтынушыға дейін жеткізу құны (бірлік құны)  $z_{ij}$  ш.б./қ.б.. Тұтынушыларға көздерді қосу үшін қажетті электр желілерінің жалпы саны  $mn$  болады. Осы желілердің бойымен берілетін қуат - ізделінді  $x_{ij}$  айнымалылары болып табылады, сондықтан ізделінді айнымалылар саны  $mn$  болады. Электр желісінің құны  $i$ -інші көздерінен  $j$ -інші тұтынушыларға берілетін қуаттың нақты шығын жұмыстарының сомасына тең.

Сондықтан, минимизациялау қажетті мақсатты функцияның түрі төмендегідей:

$$z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n z_{ij} * x_{ij} \Rightarrow \min, \quad (1)$$

Теориялық электротехника тұрғысынан электр желісі электр тізбегі болып табылады және бұл желіге электротехника курсына белгілі барлық заңдар қолданылады, атап айтқанда 1 Кирхгоф заңы. Әрбір  $i$ -інші қуат көзі үшін, барлық  $j=1, 2, \dots, n$  тұтынушы түйіндеріне желі бойымен тарайтын қуаттардың сомасы осы қуат көзінің  $A_i$  қуатына тең:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \Rightarrow A_i, \quad (2)$$

Әрбір  $j$ -інші тұтынушы үшін, барлық  $i=1, 2, \dots, m$  қуат көздерінен желі бойымен келетін қуаттардың сомасы осы тұтынушының  $B_j$  қуатына тең:

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \Rightarrow B_j, \quad (3)$$

(2) және (3) сәйкестіктері әрбір түйіннің қуат баланстарын білдіретін көлік есебінің шектеулері болып табылады. Шектеулердің жалпы саны қуат көздері мен тұтынушылар

түйіндерінің сандарының қосындысына  $m + n$  тең. Қарастырылып отырған көлік есебінің қойылымында қуат көздерінен тұтынушыларға берілетін барлық ізделінді  $x_{ij}$  қуат мөлшері теріс емес сан. Демек, шекаралық шарттар келесі түрге ие:

$$x_{ij} > 0, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n, \quad (4)$$

(1), (2), (3) және (4) өрнектері көлік есебінің математикалық моделін құрайды. (1) - мақсатты функциясы, (2) және (3) шектеулері сызықтық екені көрінеді.

Көлік есебінің ерекшеліктері:

- 1) барлық шектеулері теңдік түрінде;
- 2) шектеулер жүйесіндегі барлық айнымалылардың коэффициенттері плюс бірге тең;
- 3) әр айнымалы шектеулер жүйесіне екі рет кіреді: бірінші рет қуат көздерінің (2) теңгерімінде, екінші рет тұтынушы түйіндерінің теңгерімінде (3).

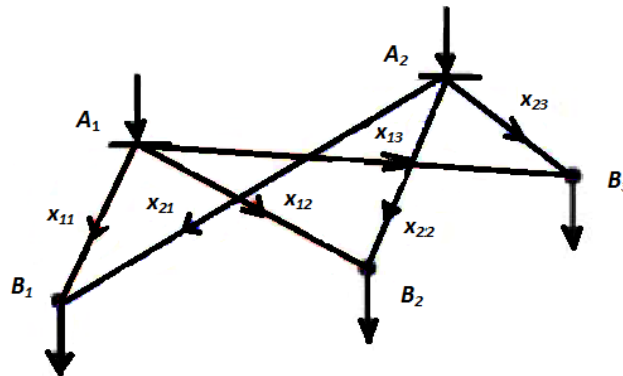
Осы ерекшеліктерді есепке ала отырып, басқа оңтайландыру есептерін шешуге арналған әдістерге қарағанда жеңілрек болатын көлік есебін шешудің арнайы әдістері жасалды [2].

Көлік есебін шешуінің мысалын қарастырайық.

**Мысал 1.** Электрмен жабдықтаудың жобаланған жүйесінде екі қуат көзі және тұтынушылардың үш түйіні бар. Қуат көздерінің қуаты  $A_1$  және  $A_2$ , ал тұтынушылардың қуаты сәйкесінше  $B_1$ ,  $B_2$  және  $B_3$ , ш.б.. Электр түйіндерінің өзара орналасуы және электр түйіндерінің құрылысына мүмкін болатын электр түйіндерінің өзара орналасуы 1 суретте көрсетілген. Қуат көздері мен тұтынушылар түйіндерінің арасындағы желілер бойынша қуаттарды жеткізуге жұмсалатын үлестік шығындар  $z_{11}, z_{12}, z_{13}, z_{21}, z_{22}, z_{23}$  ш.б./к.б құрайды. Көлік есебін шешу үшін математикалық модель құру.

**Шешуі.** (1) өрнегіне сәйкес, электр желісіне жиынтық ақшалай шығындар болып табылатын мақсатты функцияның түрі:

$$Z = z_{11} \cdot x_{11} + z_{12} \cdot x_{12} + z_{13} \cdot x_{13} + z_{21} \cdot x_{21} + z_{22} \cdot x_{22} + z_{23} \cdot x_{23} \rightarrow \min.$$



1 сурет - Қуат көздері мен тұтынушылардың өзара орналасуы

(2) және (3) өрнектерге сәйкес, электр желісінің түйіндердегі қуат теңгерімдерін білдіретін шектеулер мынадай түрге ие болады:

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} = A_1,$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} = A_2,$$

$$x_{11} + x_{21} = B_1,$$

$$x_{12} + x_{22} = B_2,$$

$$x_{13} + x_{23} = B_3.$$

(4) қатынасына сәйкес, шекаралық шарттар келесі түрде жазылады:

$$x_{11} > 0, x_{12} > 0, x_{13} > 0, x_{21} > 0, x_{22} > 0, x_{23} > 0.$$

Алынған өрнектер 1 суретте келтірілген схемаға арналған көлік есебінің математикалық моделі болып табылады.

Көлік есептерін шешу кезінде жазудың кестелік түрін пайдаланған ыңғайлы. Бұл жағдайда (2) және (3) шектеулері  $mn$  өлшемді көлік матрицасы түрінде жазылады. Қарастырылып отырған мысал үшін көлік матрицасы 1 кесте түрінде ұсынылған.

1 кесте - Алғашқы шешім.

$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{13}$	$A_1$
$z_{11}$	$z_{12}$	$z_{13}$	
$x_{21}$	$x_{22}$	$x_{23}$	$A_2$
$z_{21}$	$z_{22}$	$z_{23}$	
$B_1$	$B_2$	$B_3$	$Z$

Оң жағында  $A_1$  және  $A_2$  көздерінің берілген қуаттары, төменгі жағында –  $B_1$ ,  $B_2$  және  $B_3$  тұтынушылардың берілген қуаттары, оң жақ төменде –  $Z$  мақсатты функциясының мәні көрсетілген.

Көлік матрицасының торларының ішінде анықталуы тиіс ізделінді  $x_{ij}$  айнымалылары және қуаттың берілуінің меншікті құнының берілген мәндері  $z_{ij}$  жазылған.

Матрицаның әрбір  $i$ -ші жолы  $i$ -ші қуат көзінің қуатының теңгерім теңдеуіне, әрбір  $j$ -ші баған –  $j$ -ші тұтынушының қуатының теңгерім теңдеуіне сәйкес келеді.

Алғашқы мүмкін шешім ең төменгі меншікті құнның алгоритмі бойынша алынуы мүмкін:

1. Көлік матрицасында  $z_{ij}$  ең аз мәні бар тор таңдалады. Егер осындай бірнеше тор болса, онда олардың кез келгені таңдалады.

2. Таңдалған торға базистік айнымалы ретінде  $A_i$  немесе  $B_j$  екі шаманың ең азы, яғни  $x_{ij} = \min(A_i, B_j)$  енгізіледі. Бұл ретте  $i$ -інші жол немесе  $j$ -інші баған бойынша  $x_{ij}$  айнымалы кіретін қуат теңгерімі орындалады.

3. Қуаттың теңгерімі орындалған  $i$ -інші жол немесе  $j$ -інші бағандарының қалған жасушаларына бос айнымалыға сәйкес келетін нөлдер енгізіледі.  $A_i$  және  $B_j$  екі шамасының үлкені шартты түрде осы екі шаманың айырмашылығымен алмастырылады.

4. Көлік матрицасының қалған толтырылмаған торларынан қайтадан ең аз  $z_{ij}$  мәні бар тор таңдалады. Бұдан әрі 2 және 3 - тармақтары көлік матрицасының барлық жасушалары толық толтырылғанға дейін қайталанады.

Айта кету керек, айнымалылардың жалпы саны  $mn$ . Базистік айнымалылардың нөлінен ерекшеленетін саны  $(m + n - 1)$ . Нөлге тең бос айнымалылардың саны  $(mn - (m+n - 1))$  құрайды.

Енді, бастапқы деректерге сәйкес келетін, келесі оңтайлы шешімін табамыз:

$$A_1 = 50, A_2 = 30, B_1 = 20, B_2 = 25, B_3 = 35 \text{ қ. б.}$$

$$z_{11} = 1,2; z_{12} = 1,8; z_{13} = 1,5;$$

$$z_{21} = 1,6; z_{22} = 2,3; z_{23} = 1,9.$$

Жоғарыда көрсетілген бастапқы деректер бойынша математикалық модель келесідей көрінеді.

Мақсатты функция:

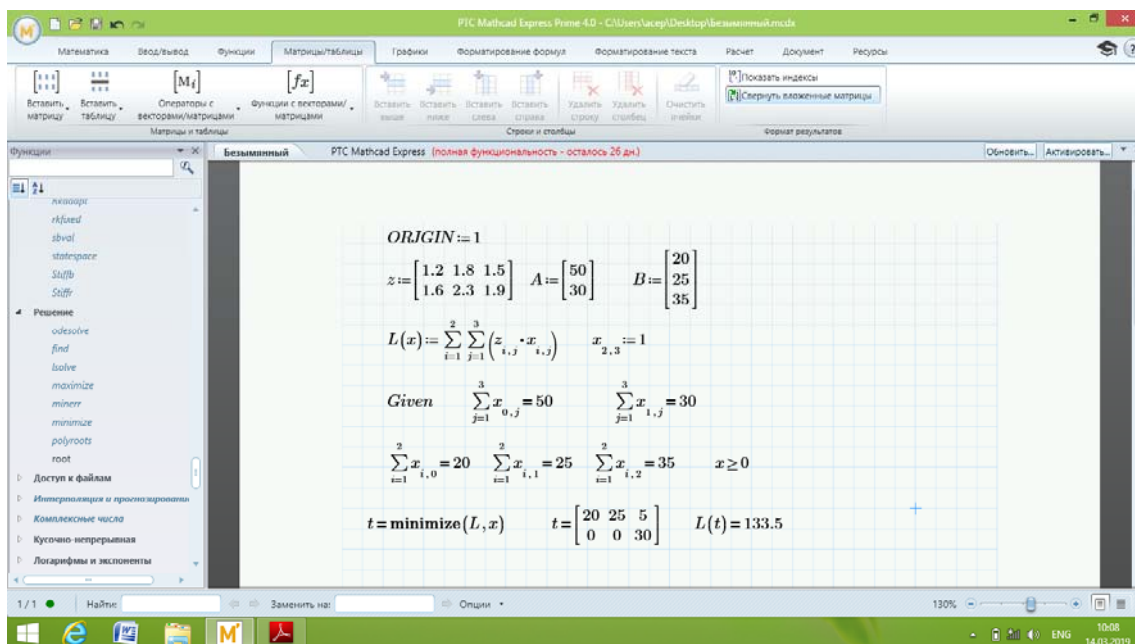
$$Z = 1,2x_{11} + 1,8x_{12} + 1,5x_{13} + 1,6x_{21} + 2,3x_{22} + 1,9x_{23} \rightarrow \min$$

Шектеулер:

$$\begin{cases} x_{11} + x_{12} + x_{13} = 50 \\ x_{21} + x_{22} + x_{23} = 30 \\ x_{11} + x_{21} = 20 \\ x_{12} + x_{22} = 25 \\ x_{13} + x_{23} = 35 \end{cases}$$

Шекаралық шарттар:  $x_{11} > 0, x_{12} > 0, x_{13} > 0, x_{21} > 0, x_{22} > 0, x_{23} > 0$

Келтірілген көлік есебінің математикалық моделінің шешуін 2 суретте MathCad бағдарламасының көмегімен көрсетейік.



2 сурет - Көлік есебінің MathCad бағдарламасындағы шешуі

2 суретте көрсетілгендей, минималды тасымалдау шығыны 133,5 құрайды.

**Қорытынды:** Математиканың техникалық саладағы, соның ішінде энергетикадағы, маңызына ешкім күмән келтірмейтіні сөзсіз. Алайда, егер біз нарықтық заманда бәсекеге қабілетті болып, жаңа шындыққа қол жеткізгіміз келсе, онда біз түрлі компьютерлік бағдарламаларды, соның ішінде MathCad бағдарламасын, меңгеріп, мейлінше кеңінен қолдануымыз қажет.

### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Ракитин В.И. Руководство по ВМ и приложения MathCad. - М.:ФМ, 2005.- 264 с.
2. Костин В.Н. Оптимизационные задачи электроэнергетики.- СПб., 2003.- 120 с.

### РЕЗЮМЕ

Электроэнергия как товар является основой покупки и продажи на рынке. На либерализованных рынках электрической энергии, являющихся оптовым рынком электрической энергии, Казахстан имеет право заключить договор купли - продажи электрической энергии с любыми другими участниками рынка, и, соответственно, определить настоящим договором не только цену соглашения, но и объемы поставки - потребления электрической энергии, а также сроки (графики).

В настоящее время самые высокие достижения математики, достижения современной вычислительной техники широко используются в экономических исследованиях и планировании. Для этого используются математические достижения: множество математических методов, таких как математическое программирование. Одним из наиболее успешных методов является оптимальное планирование. А это, в свою очередь, является основой математического программирования. Одна из важнейших областей математического программирования – транспортная задача. Транспортная задача - задача составления наиболее эффективного плана перевозки товара (в данном случае, электроэнергии) из источников энергии в узлы потребителя.

В рыночные времена развитие производства невозможно представить без помощи информационных технологий и современных программ. В данной статье отражены общие вопросы использования транспортных задач в электроэнергетике и их решение с помощью программы MathCAD.

### **RESUME**

Electricity as a commodity is the basis for buying and selling on the market. In the liberalized markets of electric energy which are the wholesale market of electric energy, Kazakhstan has the right to sign the contract of purchase and sale of electric energy with any other participants of the market, and, accordingly, to define by this contract not only the price of the agreement, but also volumes of delivery - consumption of electric energy, and also terms (schedules).

Currently, the highest achievements of mathematics, the achievements of modern computer technology are widely used in economic research and planning. Mathematical achievements are used for this: a variety of mathematical methods, such as mathematical programming. One of the most successful methods is optimal planning. And this, in turn, is the basis of mathematical programming. One of the most important areas of mathematical programming is the transportation problem. The transport task is the task of drawing up the most efficient plan for the transport of goods (in this case, electricity) from energy sources to the consumer's nodes.

In market times, the development of production can not be imagined without the help of information technology and modern programs. This article reflects the general issues of the use of transport problems in the electric power industry and their solution using the MathCAD program.