2. Alontseva D. Chapter 3., *Structure and Mechanical Properties of Nanocrystalline Metallic Plasma-Detonation Coatings. In Comprehensive Guide for Nanocoatings Technology Editor. Mahmood Aliofkhazraei NY. Nova Science Publishers, Inc., Vol.3, **2015**, 53, 84 (in Eng).*

3. Elsea A., Westerman A. and Manning G., *The Co Cr binary system Trans. AIME Metals Technology 180, **1949**, 579 (in Eng).*

4. Kurzina I.A., Kozlov Ye.V., SHarkeev YU.P., Fortuna S.V., Koneva N.A., Bozhko I.A., Kalashnikov M.P., *Nanokristallicheskie intermetallidnye i nitridnye struktury, formiruyushiesja pri ionno-luchevom vozdeistvii. otv. red.* N.N. Koval'. *T.NTL, **2008**, 324 (in Russ).*

5. Alontseva D., Prokhorenkova N., *Forming Strengthening Nanoparticles in the Metal Matrix of Plasma deposited Powder Alloys Coatings. IOP Conference Series. Materials Science and Engineering, Vol. 87, **2015**, 1, 9 (in Eng).*

ӘОЖ 519.7

К.О. ОРАЛКАНОВА, М.Н. МАДИЯРОВ

С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік университеті,
Өскемен қ., Қазақстан

МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ ӘДІСІМЕН ЕСЕПТЕР ШЫҒАРУ

Мақалада математикалық модельдердің шешу әдістеріне байланысты жіктелуі қарастырылған. Есептерді шығаруда математикалық модельдеу әдісін қолдану сипатталып жазылған. Есептерді модельдеудің тиімді әдісін қолдана отырып шешудің мысалдары қарастырылған. Мақалада оқушыларға жеткілікті дәрежеде қиындық тудыратын есептердің шешу жолдары көрсетілген.

Түйін сөздер: математикалық модель, модельді шешу әдістері, модельдердің жіктелуі.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В статье рассмотрена классификация математических моделей в зависимости от методов решения. Описаны примеры использования методов математического моделирования при решении задач. Рассмотрены примеры решения задач с использованием эффективного метода моделирования, приведены пути решения задач, являющихся достаточно сложными для учащихся.

Ключевые слова: математическая модель, методырешения моделей, классификация моделей.

TASKS METHODS OF MATHEMATICAL MODELING

The article deals with the classification of mathematical models, depending on the methods of solution. Some applications of mathematical modeling in solving problems. Examples of solving problems with the use of effective modeling method. The paper presents the ways

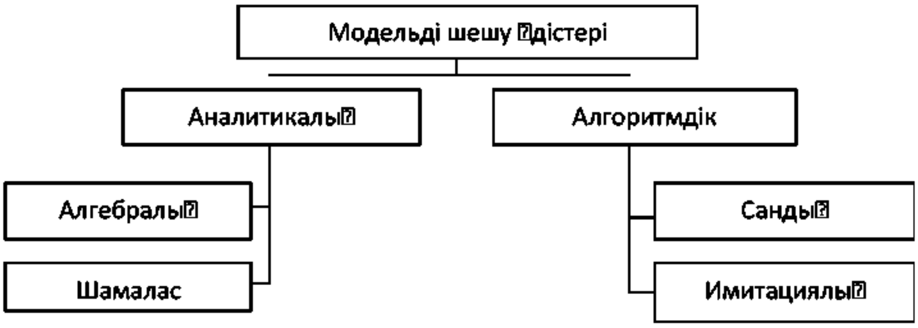
of solving the problems that are difficult enough for students.

Keywords: mathematical model, methods of solution models, classification models.

Егер параметрлерін аналитикалық өрнектер түрінде, яғни арифметикалық операциялар мен шекке ауысудың есептік жиынтықтары ғана қолданылатын өрнектер түрінде алуға мүмкіндік берген жағдайда, модельді шешу әдісін аналитикалық әдіске жатқызамыз.

$$\sum_{k=0}^{\infty}\frac{a_k x^k}{x^k+1}, \lim_{n\to\infty}(1+\frac{x}{n})^n.$$

Математикалық модельдер шешу әдістеріне байланысты келесі түрде жіктеледі (1-сурет).



1-сурет – Математикалық модельдердің жіктелуі

Аналитикалық өрнектердің жеке жағдайы болып бүтінсандық дәреже мен түбірдің бөлініп алынуын есептеу операцияларын, арифметикалық операциялардың ақырғы немесе есептік саны қолданылатын алгебралық өрнектер саналады. Алгебралық өрнекке мысал келтірейік:

$$a x^2 + b x + c, a + b\sqrt{x^3 + 4a c}$$

Өте жиі модель үшін аналитикалық шешім қарапайым және арнайы функцияларды мынадай түрде береді: көрсеткіштік, логарифмдік, тригонометриялық, гиперболалық және т.с.с. Кіріс параметрлердің нақты мәндерінде бұл функциялардың мәнін алу үшін олардың қатарларға жіктелуін қолданады (мысалы, Тейлор). Сонымен көрсеткіштік функция келесі қатармен берілуі мүмкін:

$$\ell^x = 1 + \frac{x}{1!} + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + ...$$

Қатар мүшелерінің әртүрлі сандарын есепке ала отырып, дәлдік дәрежесі әртүрлі функция мәнін есептеп шығаруға болады. Осылайша, аргументтің әрбір мәніндегі функция мәні бұл жағдайда шамалас анықталады. Мұндай амалды қолданатын модельдер болжамданған деп аталады.

Модельдерді ұйымдастырудың аналитикалық әдістері аналитикалық функцияларды талдаудың жақсы дамыған дәстүрлі әдістерін қолдана отырып, модельденетін нысанның қасиеттерін аз есептеуіш шығындармен игеруге мүмкіндік беретін болған жағдайда әлдеқайда құнды болып есептеледі. Шын мәнісінде, аналитикалық әдістердің қолданылуы ЭЕМ-ді қолданбастан шешуге мүмкіндік береді (аналитикалық шешім қатарларда анықталатын және оны санға жеткізу үшін ЭЕМ қолданып күрделі еңбекті қажет ететін есептеулер керек болатын жағдайларды есепке алмағанда). Бұған қоса, ізделінетін параметрлер үшін аналитикалық өрнектерді білу нысанның бастапқы қасиеттерін зерттеуге, оның сапалық түрпаттарын тануға, оның ішкі құрылымы туралы жаңа гипотезалар орнатуға мүмкіндік береді. Айта кетерлік жай, аналитикалық әдістер мүмкіндігі математиканың сәйкес бөлімдерінің даму деңгейіне түбегейлі тәуелді болады.

Қазіргі таңда модельдерді жасау кезіндегі аналитикалық әдістерге қызығушылықтың артуы математикалық есептеу пакеттерінің пайда болуымен байланысты (Derive, MatLab, Mathcad, Maple, Mathematika, Scientifik, WorkPlace және басқалар). Бұл пакеттермен шешілетін тапсырмалар ауқымы өте кең және үнемі артып отырады (элементарлы математика, полиномдар, туындылармен және интегралдармен, векторлармен және матрицалармен бірге таңбалық операциялар шек теориясы мен векторлық талдау тапсырмалары, ақырғы элементтер әдісі және т.с.с.). Мұндай бағдарламалық құралдарды қолдану аналитикалық шешімді алу үрдісін тек қысқартып қана қоймай, алынған шешімнің әр түрін қолдана отырып келесі талдануын жеңілдетуге де мүмкіндік береді.

Өкінішке орай, қазіргі таңда бар математикалық әдістер параметрлер мәнінің диапазоны тар күрделі емес математикалық модельдер үшін ғана аналитикалық шешімдер алуға мүмкіндік береді. Көп жағдайда модельдерді зерттеу кезінде тек ізделініп отырған параметрлердің жуықталған мәндерін ғана анықтауға мүмкіндік беретін алгоритмдік амалдарды қолдануға тура келеді.

Сандық амалда модельдің математикалық қатынастарының жиынтығы ақырғы өлшемді аналогпен алмастырылады. Бұл ең алдымен бастапқы қатынастардың үзілістігімен жүзеге асады, яғни үздіксіз аргумент функциясынан үзілісті аргумент функциясына өту арқылы. Бастапқы тапсырманы үзілісті еткеннен кейін есептеуіш алгоритм тұрғызу орындалады, яғни ЭЕМ-де орындалатын және соңғы қадамда үзілісті тапсырманың шешімін алуға мүмкіндік беретін арифметикалық және логикалық әрекеттердің реттілігін анықтау керек. Үзілісті тапсырманың табылған шешімі бастапқы математикалық тапсырманың жуықталған шешімі ретінде қабылданады.

Сандық әдіс көмегімен анықталатын модельдің ізделініп отырған параметрлерін жуықтату дәрежесі бастапқы модельді оның үзілісті аналогымен ауыстырумен байланысты сол әдістің қателігіне де, сандарды ақырғы дәлдігімен жадында беруге байланысты ЭЕМ-де кез келген есептеулерді орындау кезінде туындайтын дөңгелектеу қателігіне де тәуелді болады. Есептеуіш алгоритмге қойылатын негізгі талап болып соңғы қадамда берілген дәлдікпен бастапқы тапсырма шешімін алу қажеттілігі саналады.

Осы күні сандық әдістерді жасап шығару және қолдануға, сонымен қатар олардың негізінде есептеу алгоритмдерін құрумен байланысты мәселелер ауқымы өз бетінше тез дамушы және кең тарау – есептеу математикасында айқын байқалады.

Егер де үзілістіктің сандық амалына математикалық қатынастардан алынған жүйесі қолданылатын болса, онда зерттеу нысанының өзі жекелей элементтерге бөлінеді. Бұл жағдайда нысан математикалық қатынастар жүйесі үшін толығымен жазылмайды, оның өзгерістерін модельдейтін және жүйенің жекелей элементтерінің модельдерінің бір-бірімен өзара әрекетін есепке алатын біршама алгоритммен алмастырылады. Жекелей элементтер моделі аналитикалық та, алгебралық та бола алады.

Сандық та, имитациялық та амалдарды қолданатын алгоритмдік модельдер тапсырмалар шешімін аналитикалық формада алуға мүмкіндік бермейді, ол модельдеу нәтижелерін талдау үрдісін қиындатады және күрделі етеді. Мұндай типтегі модельдің қолданылуы тек есептеуіш техника болғанда ғана мүмкін болғандықтан, олардың тиімдігі ЭЕМ-нің қуаты мен тез әрекетіне байланысты болады. Алгоритмдік модельдердің еш даусыз артықшылығы болып модель күрделілігіне қатысты қандай да бір шектеулердің болмауы саналады, бұл оларды еркін күрделі жүйелерді зерттеуде қолдануға мүмкіндік береді.

Алгоритмдік әдістермен құрылған математикалық модельді қолдану нақты нысандармен тәжірибе жүргізгенге ұқсас болып келеді, тек нақты нысанмен тәжірибенің орнына оның моделімен есептеу тәжірибесі жасалады. Модельдің бастапқы параметрлерінің мәндерінің нақты жиынтығынан есептеуіш тәжірибе нәтижесінде ізделініп отырған параметрлердің жуықталған мәндерінің нақты жинағын табамыз. Бастапқы мәліметтердің жаңа жинағына нысанның өзгеріс күйін зерттеу үшін жаңа есептеуіш тәжірибе жасау қажет болады.

Есептерді шығаруда математикалық модельдеу әдісін қолдану

Есептер шешімін іздеудің графтық моделін тұрғызу әдісін сипаттайық.

1-шарт. Ізделініп отырған және тапсырма салдары болып табылатын мәліметтерді граф төбелері арқылы модельдеуге болады. Төбелерді келесі қағида бойынша әртүрлі қатарларда орналастыратын боламыз: бірінші қатарда – берілген және ізделінетін, екіншіде – бірінші қатар төбелерімен модельденетін нысандар арасындағы мүмкін әрекеттер нәтижелері, үшіншіде – бірінші және екінші қатар төбелерімен модельденетін нысандар арасындағы мүмкін операциялар нәтижесі. Егер салдар екінші қатар нысандары арасындағы операциялар нәтижесі болса, онда оның моделін төртінші қатарға орналастырамыз. Жалпы алғанда: m-ші және n-ші қатарларының төбелерімен модельденетін екі нысан арасындағы операциялар нәтижесінің қатарын $(m + n)$-ші қатарға орналастырамыз.

2-шарт. Егер P және K (нысандар ретінде ізделініп отырған немесе тапсырма салдары болып табылатын мәліметтерді есептейтін боламыз) нысандары арасында амалдарды орындауға мүмкіндік туады және қандай да бір F шешімін алуға болады. Яғни бұл процестің графтық моделін аламыз. Бағытталған қабырға $(P; K)$ көрсетілген әрекет моделі болады, ал бағытталған қабырға осы әрекет нәтижесінде алынған F нысанын көрсетеді.

3-шарт. (A, B) қабырғасымен «тең» A және B төбелерімен модельденетін нысандар теңдігінің шартын модельдеуге негізделеміз.

Қабырға, біріншіден, басқа кез келген қатарда бар модельдің екі төбесін байланыстыра алатын болса, «тең» бола алады. Шынымен де, егер қабырға бірінші қатардың екі төбесін «тең» байланыстыратын болса, мәліметтер арасында әдетте кездеспейтін жағдай – тапсырма сұрағына жауап беретін немесе бірдей мәліметтер бар деген сөз. Теңдеу құрудың ең қысқа жолы қабырға бірінші және екінші қатарлар төбесін біріктірген болса «тең» қабырғаны көрсететіні болып саналады.

4-шарт. формуласы бойынша теңдеу құру жолдарының күрделілік дәрежесін анықтауға негізделеміз, мұндағы m , n – қабырғамен «тең» байланысқан төбелер табылатын қатарлар нөмірі.

Ескерту. Егер P және K төбелерімен модельденген екі нысан арасындағы әрекет нәтижесі $(P; K)$ модельде өз орнын тапқан нысандардың біріне тепе-тең өрнек болса, онда $(P; K)$ операциясын шартқа аламыз және оның нәтижесін модельдемейміз. Егер операция нәтижесі $(P; K)$ қабырғамен «тең» байланысып қойған граф төбесіне сәйкес келетін нысан болса, онда оны модельдемеуге болады.

Берілген шарттарға сай құрылған модель оның барлық төбелері бір реттен қабырғаларымен «тең» байланысатындай болуы керек. Бұл жағдайда тапсырманы шешудің мүмкін жолдары табылды деп есептеуге болады, ең тиімдісімен шектелу жеткілікті.

Ұсынылып отырған модель тапсырманы шешу үшін теңдеулер құрудың мүмкін жолдарын көрсетеді, олардың күрделілік дәрежесін анықтауға (4-шарт), теңдеу құрудың барлық жолдары арасынан ең қысқасын, яғни күрделіктің ең төмен дәрежесіне иесін таңдауға мүмкіндік береді.

Модель күрделілігі бірдей дәрежедегі теңдеулер құрудың бірнеше және әртүрлі жолдарын көрсету де мүмкін. Бұл жағдайда қарапайым болып операциялардың аз санымен шешілетін теңдеуге алып келетін жол саналады.

Есепті тиімді шешімін іздеу моделінің мысалында қарастыралық.

1-тапсырма.

Конус көлемі оған салынған шар көлемінен 2 есеге көп. Түзуші мен конус табанының жазықтығы арасындағы бұрышты табу керек.

Бұл тапсырманың заттық аумағы қандай да бір конустан, шардан және конус элементтерінен тұрады: түзушіден, табан жазықтығы мен олардың арасындағы бұрыштан, сонымен қатар конус, шар көлемінің және айтылған бұрыш шамасынан. Заттық аумақ элементтері келесі қатынастармен байланысқан: шар конусқа сызылған, конус көлемінің шар көлеміне қатынасы 2-ге тең. Тапсырма талабы көрсетілген бұрыш шамасын табудан тұрады.

Бұл тапсырма толықтай анықталған, ал оның заттық аумақтағы элементтері келесідей деп болжауға әбден болады: конус және оған сызылған шар – нақты анықталмаған, яки шынымен де, тапсырма шартын, атап айтқанда конус пен шардың көлемдерінің қатынасы 2 болады деген шартын қанағаттандыратындай, конус пен оған сызылған шеңбердің шексіз жиыны бар. Мұндай шексіз көп шарлар мен конустардан тұратын жинақтармен жұмыс жасау өте күрделі екендігі белгілі, сондықтан тапсырма нысаны ретінде көрсетілген шексіз жиыннан қандай да бір нақты өкілдерін ала отырып, нақтылау қажет. Оны біз тапсырма шартын қанағаттандыратын «еркін конус» ретінде қарастыра отырып, біз толық анықталған конус пен оған сызылған шарды салатын сызбаны тұрғызу арқылы орындаймыз.

Бірақ конустың және оған сызылған шардың барлығын сызбай, тек тең бүйірлі үшбұрыш пен оған сызылған шеңберден тұратын осьтік қимасын ғана сызу жеткілікті (суретті қараңыз). Сипаттамалық нүктелерді әріптермен белгілей отырып, біз қабылданған белгілеулерді қолдана отырып, тапсырманың барлық шартын жаза аламыз.

Берілгені: $\Delta\ ABM$ – конустың осьтік қимасы.

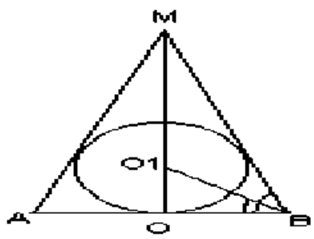
$O_1(O_1O)$ – конусқа сызылған шар қимасы.

Конус көлемі – $V_к$.

Шар көлемі – $V_ш$.

$$\frac{V_к}{V_ш} = 2 \qquad (1)$$

Табу керек: $\angle\ ABM$.



2-сурет – Конусқа сызылған шар

Тұрғызылған сызба (суретке қараңыз) «берілгені – табу керек» жазбаларымен қоса берілген тапсырманың көмекші моделін түзеді. Бұл көмекші модель, біз көріп тұрғандай, біріншіден, шартты анықтау үшін, тапсырмада берілген заттық аумақтың қатаң түрде анықталмаған элементтерін қатаң түрде анықталғанға айналдыру, екіншіден, тапсырма шартын көрнекі және оңай түрде қарау көмектеседі.

ABM бұрышының шамасын табу үшін, шынымен де, осы ізделініп отырған бұрышты қалай да (1)-қатынаспен байланыстыру керек. Ол үшін осы бұрыш арқылы конус пен шардың көлемдерін өрнектеу керек. Бірақ бұл үшін бір бұрыш жеткіліксіз. Сондықтан белгілі деп конус немесе шардың қандай да бір сызықтық элементін аламыз. Мысалы, конус табанының радиусын төмендегіше алайық

$OB = r$, а $\angle ABM = x$.

Онда $\Delta\ O_1OB$ үшбұрышынан табамыз:

$$O_1O = rtg\frac{x}{2} \qquad (2)$$

не O_1B ABM бұрышының биссектрисасы болады.

$\Delta\ OMB$ үшбұрышынан табамыз: $OM = rtgx$.

Енді біз шар мен конустың көлемдерін *r* және *x* арқылы өрнектей аламыз:

$$\upsilon_к = \frac{1}{3}\pi r^2 OM$$

$$\upsilon_ш = \frac{4}{3}\pi O_1O^3. \qquad (3)$$

Осы формулаларға ОМ мен O_1O орнына олардың мәндерін (3)- және (2)-ші теңдеудегі мәндерді қою арқылы аламыз:

$$\upsilon_{к} = \frac{1}{3}\pi r^3 tgx;$$

$$\upsilon_{ш} = \frac{4}{3}\pi r^3 tg^3\frac{x}{2}.$$

Табылған $\upsilon_{к}$ және $\upsilon_{ш}$ мәндерін (1)-теңдеуге қоямыз, қысқартудан кейін келесіні аламыз:

$$tgx = 8tg^3\frac{x}{2.} \tag{4}$$

x бұрышына қатысты тригонометриялық теңдеу аламыз, мұндағы

$0<x<90°$(5)

Бұл теңдеу бастапқы тапсырманың шешуші моделін береді. Бұл теңдеуді (5)-шарт кезінде шеше отырып, сол арқылы 1-тапсырманы да шешеміз.

(4)-теңдеуді шешу үшін теңдеудің оң және сол жақ бөліктерінде бірдей бұрышқа өту керек. Ол үшін tgx-ті $tg\frac{x}{2}$ арқылы белгілейміз. Белгілі формула бойынша келесіні аламыз:

$$\frac{2tg\frac{x}{2}}{1-tg^2\frac{x}{2}} = 8tg^3\frac{x}{2}$$

немесе

$$tg\frac{x}{2} = 4tg^3\frac{x}{2}(1-tg^2\frac{x}{2}). \tag{6}$$

Алынған (6)-теңдеудің шешімін жеңілдету үшін, $tg\frac{x}{2} = y$ деп белгілейміз, мұндағы $y>0$ (7) (5)-шартқа сай. Онда *y-ке* қатысты келесі теңдеуді аламыз:

$$y = 4y^3(1-y^2). \tag{8}$$

(7)-шарт кезіндегі (8)-теңдеу шешімді қысқару үшін тұрғызылған бастапқы тапсырманың екінші шешуші моделі болып саналады.

(8)-теңдеуден, (7)-шартты ескеріп, келесіні аламыз:

$$1 = 4y^2(1 - y^2)$$

немесе: $4y^4 - 4y^2 + 1 = 0$.

Осыдан $(2y^2 - 1)^2 = 0$.

Онда $2y - 1 = 0$; $y^2 = \frac{1}{2}$; $y = \pm\frac{\sqrt{2}}{2}$,

(7)-ні есепке алғанда, келесіні аламыз: $y = \frac{\sqrt{2}}{2}$. Сонда, $tg\frac{x}{2} = \frac{\sqrt{2}}{2}$ өрнегін аламыз. Осыдан,

$$x = 2arctg\frac{\sqrt{2}}{2}$$

шығады.

Осы берілген тапсырманың жауабы болып табылады.

Айта кетелік, нақты түрде осы тапсырманы шешу кезінде біз модельдеуді үш рет емес, одан көп рет қолдандық. Шынымен де, мысалы, $4y^4 - 4y^2 + 1 = 0$ теңдеуінен $(2y^2 - 1)^2 = 0$. теңдеуіне ауысуды қалай жүргізгенімізді қарастыралық.

Осы кезде есепті шешудің барысы келесідей болуы керек: бірінші теңдеудің сол жақ бөлігі екі өрнектің айырмасының квадратының формуласын еске түсіреді. Шын мәнісінде, $4y^4$санын $2y^2$ санының квадраты ретінде алуға болады, $4y^2$ - $2y^2$-дің 1-ге екі еселенген көбейтіндісі, ал 1 – 1-дің квадраты ретінде. Бұл теңдеудің сол жақ бөлігі $2y^2$ және 1 сандарының айырмасының квадраты болады. Екінші теңдеуді аламыз.

Келтірілген саралау (көбіне мойындалмағаны) бірінші теңдеудің сол жақ бөлігінің жалпыланған моделінің тұрғызылуын көрсетеді, дәлірек айтсақ: ол екі сан айырмасының квадраты ретінде қарасырылады.

Көріп тұрғанымыздай, тапсырмаларды шешу үрдісіндегі модельдеу алуан түрлі функцияларды орындайды және тапсырмаларды шешуді жүзеге асыру мен іздеуде маңызды рөл атқарады. Ол тапсырмаларды шешудегі негізгі құрал болып табылады.

2-тапсырма.

Келесі сызықтармен шектелген фигура ауданын есептейік: $y = -x^2, y = 0, x = -2$. Мұнда Ньютон-Лейбниц формуласы қолданылады, ал кез келген формула тапсырма шешімінің моделі болып саналады.

Шешімі: Ауданын табу керек болатын фигура толығымен абсцисса осінде орналасқан.

Бұл жағдайда, фигура ауданын анықтау үшін $S = F(b) - F(a)$ формуласында минус таңбасымен алынады.

$y = -x^2$ функциясы үшін бастапқылардың бірі $F(x) = -\frac{x^3}{3}$. Біздің жағдайда a=-2, b=0.

Онда: $S = -(F(b) - F(a) = F(b) - F(a) = -\frac{(-2)^3}{3} + 0 = 2\frac{2}{3}$.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Репьев В.В. Очерки по общей методике математики. Горьковское книжное издательство, 1955.
2. Игнатьев В.А. и др. Сборник задач и упражнений по арифметике (для педучилищ), изд. IV / В.А. Игнатьев и др. – М.: Просвещение, 1966.
3. Муравин К.С., Крейдлин Е.Г. Сборник задач по алгебре (для 6-8 классов), изд. 2-е. / К.С. Муравин, Е.Г. Крейдлин. – М.: Просвещение, 1968.
4. Введение в математическое моделирование: уч. пособие под ред. П.В. Трусова.
5. Журнал «Математика в школе» 1974.

REFERENCES

1. Rep'ev V.V., *Ocherki po obshhej metodike matematiki. Gor'kovskoe knizhnoe izdatel'stvo, **1955** (in Russ).*
2. Ignat'ev V.A. i dr., *Sbornik zadach i uprazhnenij po arifmetike dlja peduchilishh), izd. IV. M., Prosveshhenie, **1966** (in Russ).*
3. Muravin K.S., Krejdlin E.G., *Sbornik zadach po algebre dlja 6,8 klassov, izd. 2e. M., Prosveshhenie, **1968** (in Russ).*
4. *Vvedenie v matematicheskoe modelirovanie. Uch. posobie pod red.* P.V. Trusova *(in Russ).*
5. *Zhurnal Matematika v shkole, **1974** (in Russ).*

UDC 004.94.621.75

B.N. POLYAKOV

Uralsk Heavy Engineering Industry, Yekaterinburg, Russian Federation

THE METHODOLOGY OF PARAMETRIC OPTIMIZATION OF DETAILS AND DESIGNS OF COMPLEX CONFIGURATIONS

The opportunity is substantiated and the algorithm of stage-by-stage consecutive parametric optimization of carrier details and designs of the complex configurations, based on correct application of strict mathematical methods is offered, serviceability and efficiency which is proved of many years practice of designing of the equipment of heavy mechanical