

Литература

1. Higgins D. *Phys. Rev. D* 19, 731. 1979.
2. Olimov K. et al., *Int. J. Mod. Phys. E* 29. 2050058. 2020.
3. Olimov K. et al., *Int. J. Mod. Phys. E* 29. 2050042. 2020.
4. Olimov K. et al., *Int. J. Mod. Phys. E* Vol. 30, №. 10. 2021. 2150086
5. Olimov Kh. et al., *Physical Review C*, Vol 75 067901. 2007.
6. Бекмирзаев Р.Н., Олимов Х. Ядерная физика, том 86, № 1, -С. 240–244, 2023.
7. Olimov K. et al., *Int. J. Mod. Phys. E* Vol. 30, №. 10, 2150086. 2021.
8. Bekmirzaev R. et al., *The Third International Forum “Physics -2024”*. -Samarkand: 2024.
9. D. Kpí c et al., *Phys. Rev. C* 65. 2002. 034909.
10. Kh. K. Olimov, *Phys. Atom. Nucl.* 73 (2010) 433.
11. Olimov X.K., Mahnaz Q. Haseeb Imran Khan et al. *Phys. Rev. C* 85, 2012.
12. Армутлийски Д. и др., Препринт №P1-87-905, ОИЯИ 1987; ЯФ 49, 182, 1989.
13. Бацкович С. и др., Препринт №P1-88-858, ОИЯИ. – Дубна: 1988.
14. Галоян А.С. и др., Препринт № P1-2002-219, ОИЯИ. –Дубна: 2002.
15. Галоян А.С. и др., Препринт № P1-2002-54, ОИЯИ. –Дубна: 2002.
16. Олимов К. ЯФ 73,459 (2010).
17. Олимов К., Бекмирзаев Р.Н., Петров В.Н. и др., ДАН РУз, №4, 29. 2011.

РЕЗЮМЕ. Ушбу маколада бирламчи импульслари 4,2 А GeV/c бўлган марказий $p^{12}\text{C}$ - va $d^{12}\text{C}$ - тўқнашувларида ҳосил бўлган Δ^0 -изобарларининг турли характеристикалари бўйича экспериментал маълумотлар келтирилган. Марказлик даражаси сифатида ушбу ҳодисаларда ҳосил бўлган иштирокчи протонлар сони олинган. Иштирокчи протонларнинг ўртача кўплигининг экспериментал қийматлари ўрганилаётган тўқнашувлар учун аниқланади. Иккала турдаги тўқнашувларда ҳам ушбу изобарларнинг эффектив массасининг қиймати ва масса спектрининг кенглиги бир-бирига тўғри келганлиги кўрсатилган.

РЕЗЮМЕ. В настоящей работе представлены экспериментальные данные о различных характеристиках Δ^0 -изобар, образованных в центральных $p^{12}\text{C}$ - и $d^{12}\text{C}$ -соударениях при 4.2 А ГэВ/с. В качестве степени центральности принято число протонов-участников, образованных в этих событиях. Экспериментальные значения средней множественности протонов-участников определены для изучаемых столкновений. Выявлено, что в обоих типах соударений значение эффективной массы и ширины массового спектра этих изобар оказались совпадающими друг с другом.

SUMMARY. The present paper presents experimental data on various characteristics of Δ^0 -isobars formed in central $p^{12}\text{C}$ - and $d^{12}\text{C}$ - collisions at 4.2 А GeV/c. Take the number of participating protons formed in these events as the degree of centrality. Experimental values of the average multiplicity of participant protons are determined for the studied collisions. It is shown that in both types of collisions the value of the effective mass and the width of the mass spectrum of these isobars were found to coincide with each other.

UO‘K 62-21474

PO‘LAT YUZASIGA PLAZMA NITRIDINI TA‘SIR ETTIRISH NATIJASIDA UNING ISHQALANISHGA BARDOSHLIGINI OSHIRISH VA PARAMETRLARINI ASOSLASH

S.A.Kengboyev – katta o‘qituvchi

Toshkent kimyo-texnologiya institutining Shahrisabz filiali

Tayanch so‘zlar: issiqlik bilan ishlov berish, yadro, mikron, kimyoviy tozalash, plazma nitridlash, vaqt, metal yuzasi, geterogen, metallografik sinov, harorat.

Ключевые слова: термическая обработка, сердечник, микрон, химическая обработка, плазменное нитрование, время, поверхность металла, гетерогенный, металлографическое испытание, температура.

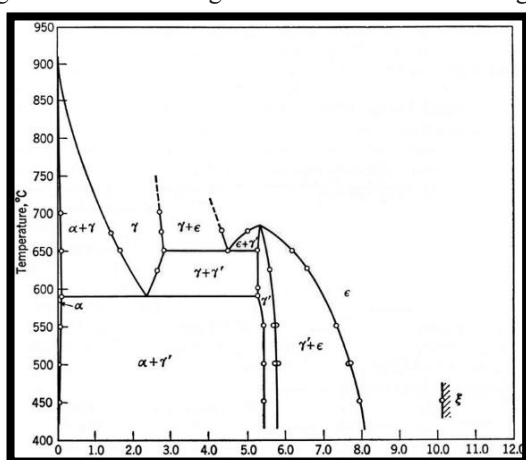
Key words: heat treatment, core, micron, chemical treatment, plasma nitration, time, metal surface, heterogeneous, metallographic testing, temperature.

Kundalik hayotda ham, sanoatda ham hayotimizni osonlashtiradigan, yaxshilaydigan mahsulotlar va xavfsizroqlari juda muhim. Shuni hisobga olgan holda, doimiy ravishda takomillashtirish zarurati mavjud bo‘lgan ishlab chiqarishga yondashuv zarur. Sirt xususiyatlarini yaxshilash usullaridan biri mahsulotning ishlab chiqarilishidan keyin uning yuzasiga ishlov berish, odatda uning qattiqlashishiga qaratilgan bo‘ladi. Materiallarning, ayniqsa metallarning sirtini mustahkamlash zarurati har qachongidan ham ko‘proq talabga ega bo‘lmoqda [1]. Bu metall materiallarga muntazam ravishda o‘sib borayotgan talab tufaylidir, yuqori qattiqlik bilan, yuqori kuch, abraziv yeyilishga qarshilik ko‘rsatish va eng muhimi ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirish orqali olinadi. Ko‘pincha

zamonaviy sirt qattiqligini oshirish usullarida kimyoviy qoplama va plazma nitridlanishidir [2].

Nitridlash zamonaviy sanoat uchun juda muhim bo‘lgan sirt qattiqligini va eyilishga qarshilik ko‘rsatishni oshirish usullaridan biridir. Bu ko‘plab sohalarida, jumladan, mashinasozlik, avtomobilsozlik va asbobsozlik sanoatida qo‘llaniladi. Nitridlash jarayoni sirt xususiyatlarini, birinchi navbatda qotishmani yaxshilashni kafolatlaydi. Nitridlash uchun mo‘ljallangan po‘latlar, minimal o‘lchovli qismining haqiqiy o‘ziga xosligi, shakli yoki joylashuvi va parametrlarining o‘ziga nisbatan ruxsat berilgan farqni ko‘rinishilarni hamda yuqori yuza qarshiliklarni saqlagan holda olib boriladigan jarayondir. Sirt qattiqligini oshirishdan tashqari, yuza qarshilik va korroziyaga chidamliligini ham o‘z ichiga oladi.

Bu jarayonda Temirning (Fe) turli allotropik shakl orqali uning fazasini yo'qotishi, bu fazalar esa belgilangan haroratlar oralig'ida hosil bo'ladi hamda tegishli qotishma qo'shimchalari bilan birgalikda fazalarning shakllanishiga yordam beradi. Temir (Fe) ma'lum bir haroratga yetganda turli kristall panjara tuzilmalarida kristallanadi, bu materialning mexanik va fizik xususiyatlariga ta'sir qiladi. Masalan: 912°C gacha bo'lgan haroratda temir tanaga markazlashtirilgan kristallografik parjara (Body-Centered Cubic) **hosil bo'lsa**, 912°C dan 1394°C gacha bo'lgan harorat oralig'ida temir yuzaga markazlashgan kristallografik parjara (Face-Centered Cubic) hosil qiladi. 1394°C dan 1538°C gacha bo'lgan haroratda temirning yuqori haroratdagi fazasi kristallari (**Fe δ +Body-Centered Cubic**) **hosil bo'ladi**. Bu fazalar qismlarining o'zgarishlar temir va qotishma issiqlikka etkazib berish jarayonida katta yuklanishga ega bo'ladi. Quyida temir-azot tizimida sodir bo'lgan fazalar ko'rsatilgan muvozanat holati keltirilgan.



1-diagramma. Temir va azot (Fe—N) oralig'idagi muvozanat fazasi diagrammasi.

Diagrammadan ko'rinib turibdiki, temir ferrit (Fe α) fazasi tarkibidagi azotning eruvchanligi past va 590°C da maksimal darajaga etadi. Bu haroratda eruvchanlik 0,10% ni tashkil qiladi va haroratning pasayishi bilan tez kamayadi, shuning uchun 200°C da u faqat 0,004% ni tashkil qiladi. Temirdagi azotning bu oraliq eritmasi azotli ferrit deb ataladi. Fe α panjarasida azotning joylashishi mumkin bo'lgan ikkita interstitsial joy mavjud. Oktaedr va tetraedr bo'sh joylarning radiusi mos ravishda 0,019 nm va 0,052 nm ni tashkil qilmoqda. Azot atomining radiusi 0,07 nm bo'lsa ham, u Fe α panjarasida kichikroq oktaedral bo'shliqda ekanligi aniqlandi, bu esa Fe α panjarasining kengayishiga, eritmaning mustahkamlanishining oshishiga olib keladi. Harorat va azotning miqdori bo'yicha turli fazalar ko'rinishi. Masalan, 590°C da Fe α + γ fazalari mavjud bo'lib, bu temirning ferrit va austenit aralashishini anglatadi. Harorat va azot miqdori o'zgargan sari γ , ϵ kabi yangi fazalar hosil bo'ladi. Diagramma azotning turli fazalar bilan o'zaro ta'siri va kristall panjara tuzilmalarida qanday joyni oshirish uchun muhim ilmiy asosdir.

Ichki eruvchanligi va Feyda azotning eruvchanligi ancha yuqori va azot ostenit deb ataladigan bu eritma faqat 590°C dan yuqori haroratlarda barqaror bo'ladi. Fey da azotning eng katta eruvchanligi 650°C da 2,80% ni tashkil qiladi, keyin esa evtekoid haroratda 2,35% gacha kamayadi. Bunday tarkibga ega azotli ostenit evtekoid tarzda Fe α (N) azotli ferrit va γ' faza aralashmasiga parchalanadi. Sekin

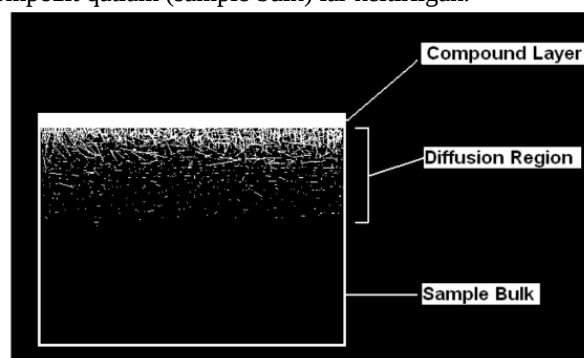
sovutish paytida hosil bo'lgan bu evtekoid braunit deb ataladi. Tez sovutish orqali azot ostenitini diffuziyasiz transformatsiya natijasida azot martensiti hosil bo'ladigan haroratga qadar sovutish mumkin.

Harorat Ms (martensit) bu holda po'latlarga qaraganda pastroq va evtekoid tarkibiga ega qotishmada u atigi 35°C ni tashkil qiladi.

γ' fazasi temir nitridi Fe $_4$ N asosida tor bir jinsli diapazonli qattiq eritma hisoblanadi. Bu faza 680°C gacha barqaror bo'lib, keyin olti burchakli va fazaga o'tadi, bu keng bir xillikka ega bo'lgan qattiq eritma. Azotli ostenit kabi ϵ fazasi 4,55% azotni o'z ichiga oladi, 650°C da γ va γ' fazalarning evtekoid aralashmasiga parchalanadi.

Hosil bo'lgan diffuziya qatlamlarining tuzilishi, birinchi navbatda, nitridlanish haroratiga, nitridlanish atmosferasining kimyoviy tarkibiga va nitridlangan obyektlar materialining kimyoviy tarkibiga bog'liq.

Yuqorida aytib o'tilganidek, nitridlangan namuna sirt qattiqligining oshishi, qarshilikka bardoshliligi, yeyilishga chidamliligi, korroziyaga chidamliligi bilan tavsiflanadi. Bu mumkin, chunki po'lat yuzasida azotning yetarlicha yuqori konsentratsiyasi Fe-N fazalarining shakllanishini belgilaydi. Agar azot konsentratsiyasi yetarli darajada oshsa, sirtida bu birikmalarning qattiqligi juda yuqori bo'lgan qatlam hosil bo'ladi. Bu qatlam ostida qotishma nitridlarning mayda cho'kmalari bilan oraliq qattiq eritmadagi azotdan iborat diffuziya zonasi hosil bo'ladi. Oddiy nitridlangan namunaning soddalashtirilgan tasvirlar diagrammasi quyida ko'rsatilgan. Diffuziya zonasi Fex panjarasida erigan interstitsial azot va Fe qotishma karbonitridlaridan iborat. Azotlash natijasida olingan yuqori sirt qattiqligi mayda donador qotishma karbonitridlarning cho'kishidan kelib chiqishi ko'rsatilgan. Ikkinchisi po'lat substratda Al, Cr, Mo, Ti, Mn, Si va V kabi kuchli nitrid hosil qiluvchi elementlarning mavjudligi natijasidir. Diffuziya zonasidagi qattiqlik po'latdagi qotishma elementlarning turi va soniga bog'liq. Bundan tashqari, yuqori qotishma po'latlarda qotishma nitridlarning cho'kishi tufayli nitridlashdan keyin qattiqlashuv chuqurligining pasayishi kuzatiladi, bu esa azotning substratga tarqalishini qo'shimcha ravishda cheklaydi. Quyidagi diagrammada namuna hajmi (compound layer), diffuziya maydoni (diffusion region), kompozit qatlam (sample bulk) lar keltirilgan.



2- diagramma. Nitridlangan komponentning tipik kesma ko'rinishining diagrammasi. Bu yerda diffuziya hududi bo'lgan aralash qatlam (Diffusion Region) ham bor.

Plazmani nitridlash termokimyoviy zamonaviy usullaridan biri bo'lib, u odatda asosan azot va boshqa ikkilamchi kimyoviy moddalardan foydalangan holda amalga oshiriladi. Jarayon kamaytirilgan bosim ostida amalga oshiriladi, bu erda namunalar va pechning devorlari

o'rtasida kuchlanish holatida qo'llaniladi. Qism atrofida yuqori darajadagi ionlanish (plazma) bo'lgan nurli razryad hosil bo'ladi. To'g'ridan-to'g'ri ionlar bilan bombardimon qilingan ish qismi yuzasida azotga boy nitridlar hosil bo'ladi va parchalanadi va faol azotni yuzaga chiqaradi. Katodik darajasini sozlash, tegishli oqim kuchlanish xususiyatlarini tanlash va ish kamerasidagi bosimni oshirish yoki kamaytirish qobiliyati nitridlangan qatlamlarning tuzilishini shakllantirish imkonini beradi. Plazmali nitridlash sirtini kerakli xususiyatlarga ko'ra o'zgartirishga imkon beradi. Gaz aralashmasini (proporsiyalarini) sozlash orqali, past azotli birikmalar qatlami bo'lmagan va qalinligi 20 mikrongacha bo'lgan sirtan nitrid birikmalari va qattiq eritmani o'z ichiga olgan qatlamgacha moslashtirilgan qatlamlar va qattiqliklashgan yuza natijaslarini olish mumkin.

An'anaviy nitridlash usullari ko'pincha nuqsonlarning paydo bo'lishiga olib keladi, masalan, mo'rt sirt qatlamlari shakllanadi, metal yuzasida bir xil bo'lmagan mikro qirralar paydo bo'ladi. Ushbu muammolarni bartaraf etish uchun, ayniqsa plazma nitridlashda, tegishli nitridlash usullari chiqilgan. Ushbu sohadagi so'nggi yangiliklardan biri Active Screen Plasma Nitriding (ASPN) innovatsion texnologiyasini joriy etishdir. ASPN nitridlash usuli ishlov beriladigan qismning shaklini aks ettiruvchi nitridlarning bir xil shakllanishini ta'minlaydi. Bu effektga metal yuzasi kristallografik ko'rinishi, shuningdek, nitridlangan detalda bombardimon bo'layotgan azotni faollashtiruvchi plazma orqali erishiladi, bu detalda katta o'lchamli plazma ajralishi natijasida kelib chiqadigan boshqa qatlam yuzalari shikastlanishi yoki metal yuzasida kuyishlar bo'lmashligini kafolatlaydi. Bu texnologiyada elektr yoyi bilan ishlov berilgan elementlarning shikastlanish xavfini va turli o'lchamdagi elementlarning yuzasiga ishlov berish vaqtida issiqlikning notekis tarqalish xavfini kamaytiradi va an'anaviy plazma nitridlashdagi ishlov beriladigan elementlarga boshqa bir qancha kuchlanishlarini yo'q qilishga yoki kamaytirishga katta yordam beradi.

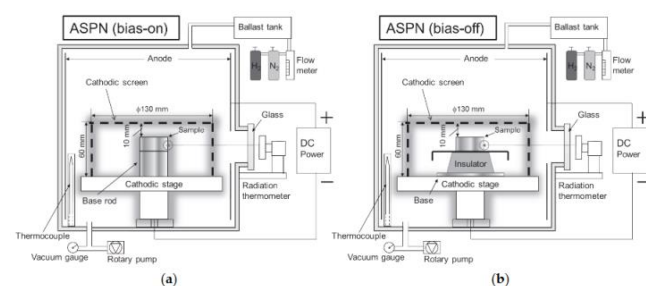
Tadqiqotning birinchi bosqichida plazma qo'llanilishidan oldin va keyingi holatda bo'lgan 38HMJ po'latdan olingan namunalar nitrlash jarayoni sinovdan o'tkazildi. Korxona uchun xos bo'lgan nitridlash jarayonining parametrlaridan foydalanildi: gaz oqimining tezligi (1,3 litr hajmda/min N; 0,7 litr hajmda/min H; 0,2 litr hajmda/min Ar); oqimlari (BIAS-420 V 5,0 A, SCREEN-320 V 3,0 A); vaqt (26 soat va 35 minut); va harorat (510°C).

Adabiyotlar

1. Kengboyev S.A., Safarov N.M., «Tikuv mashinalari transport mexanizmi va ulardagi mumkin bo'lgan muammolarni bartaraf etish usullari», Buxoro davlat universiteti ilmiy axborotnomasi. 40-45-b. 2023.
2. Olimov Q.T., «Yengil sanoat mashina va apparatlari». –Toshkent: 2011, 24-b.
3. Mamasoliyeva Sh. Texnologik ta'limi praktikumi. –Toshkent: 2020.
4. Safarov N., Kengboyev S.A., Sanoat tikuv mashinalari mokisini azotlash va borlash jarayonidan so'ng uning ichki devoridagi harorat kuchlanishi tadqiqi. – Buxoro: 2024.
5. Safarov N., Abrorov A. and Abdullaev L. AAPM-2023 “Dynamic analysis of physical and mechanical forces of acting on the needle of a shoe sewing machine in the process of sewing leather”. Journal of Physics: Conference Series. 2573 012036. 12.
6. Safarov N., Mirsultonov I. Development of mathematical model of drying the raw cotton during transportation in pipeline by hot air flow. Participated in the II International scientific conference on “ASEDU-II 2021: Advances in Science, Engineering Digital Education” on October 28. –Krasnoyarsk: 2022.
7. Kengboyev S.A., Safarov N.M., Buxoro davlat universiteti ilmiy axboroti, Ilmiy-nazariy jurnal 2023, № 10, noyabr.

Ion nitridlash usuli bilan issiqlik-kimyoviy ishlov berilgan namunalarni mikroskopik tekshirish natijasida yuqorida qayd etilgan parametrlarga ko'ra yupqa, g'ovak va bir hil bo'lmagan nitridlangan qatlam mavjudligi va diffuziya mavjudligi aniqlangan.

Olingan natijalarni tahlil qilgandan so'ng, hozirda foydalanilayotgan po'latga alternativ sifatida zamonaviy po'latdan foydalanish imkoniyati taklif qilindi, masalan, 33CrMoV12-9, 32CrAlMo7-10, 42CrMo4 markali po'latlar.



Biroq, yuqorida keltirilgan harakatlar kerakli natijani bermadi. Shu sababli, nitrlash jarayonining parametrlarini o'zgartirish choralarini ko'rildi. Shunday qilib, to'rtta sinov o'tkazildi. Har safar boshqa jarayon parametrlari (gaz aralashmasi, oqimlar, vaqt va harorat) o'zgartirildi, qolganlari esa dastlabki qiymatlariga qaytdi.

Nitridlashdan so'ng namunalarni mikroskopik tekshirishlar asosida yadroda issiq plastmassa bilan ishlov berishdan keyingi xom holatga xos bo'lgan ferrit-perlit tasmasimon strukturaning mavjudligi aniqlandi. Bu nitrlash jarayonidan oldin talab qilinadigan issiqlik bilan ishlov berish qo'llanilmaganligini ko'rsatadi. Nitrlashdan keyin namunalar yuzasida azot miqdori o'rtacha 8,50% massani tashkil etdi.

Sirt zonasida umumiy metallografik qalinligi taxminan 0,2 mm bo'lgan nitridlangan qatlam topildi.

Xulosa. Tadqiqot shuni ko'rsatadiki, po'latning turi va nitridlash parametrlarining to'g'ri tanlanishi nitridlash qatlamining samaradorligiga katta ta'sir ko'rsatadi, bu esa komponentlarning qattiqligi, aşınma qarshiligi va ishlash xususiyatlariga ta'sir qiladi. Xom holatda 38HMJ po'lat foydalanish uchun mos plazmali nitridlash orqali olinadi. Uning tuzilishida ko'plab metall bo'lmagan qo'shimchalarning mavjudligi notekis taqsimlanish va nozik dispersli ferritning bir hil bo'lmagan tarmoqli tuzilishi bilan perlit topilgan. Bu materialning sifatini pastlatadi. Shu bilan birga, sirtan azot miqdorini kamaytirish aniqlandi.

РЕЗЮМЕ. Мақоллада плазмали нитридлаш (азотлаш билан по'латнинг yуza қатлам о'згарishi) борасида олиб борилган. О'қазилган металлографик синовлар натијасида, yуpqa, g'ovak va geterogen азотли қатлам mavjudligi yoki uning yo'qligi, yadrosi uning to'yinmagan holati va termal parametrlari o'zgarganligi aniqlangan. Nitridlash parametrlarini o'zgartirishda gazlar, vaqt va nitridlashning harorati o'zgartirish bo'yicha jarayon taklif qilindi. Ion азотлаш jarayonining eng optimal natija olish uchun gaz oqimi, vaqt, harorat parametrlarini rostlash zarur.

РЕЗЮМЕ. В статье рассматривалось плазменное нитрование (изменение поверхностного слоя стали азотированием). Проведенные металлографические испытания выявили наличие или отсутствие тонкого, пористого и неоднородного азотистого слоя, ядра в его ненасыщенном состоянии и изменение тепловых параметров. При изменении параметров азотирования был предложен процесс изменения газов, времени и температуры азотирования. Для получения оптимального результата процесса ионного азотирования необходимо отрегулировать параметры расхода газа, времени, температуры.

SUMMARY. Plasma nitration (changing the surface layer of steel by nitriding) was considered in the article. The metallographic tests carried out revealed the presence or absence of a thin, porous and heterogeneous nitrogen layer, a core in its unsaturated state and a change in thermal parameters. When changing the nitriding parameters, the process of changing gases, time and temperature of nitriding was proposed. To obtain the optimal result of the ion nitriding process, it is necessary to adjust the parameters of gas flow, time, and temperature.

INTERVAL EIGENVALUE PROBLEM AND METHODS FOR ESTIMATING SOLUTION SETS

D.N.Khamroeva – *doctor of philosophy in physical and mathematical sciences*

Navoi state university

Tayanch so'zlar: interval tahlil, xos qiymat, simmetrik, interval matritsa, ichki baholash, tashqi baholash.

Ключевые слова: интервальный анализ, собственное значение, симметричное, интервальная матрица, внутренняя оценка, внешняя оценка.

Key words: interval analysis, eigenvalue, symmetric, interval matrix, internal evaluation, external evaluation.

Introduction. In many practical problems, it is necessary to take into account the inaccuracies or uncertainties of the numerical information being processed. For this purpose, there are currently such uncertainty models as, for example, probabilistic (stochastic), interval (limited in magnitude) and fuzzy (blur), which have found wide application in solving various applied problems. Among them, the interval description of uncertainty is the most "sparse", but the mathematical apparatus for its processing is quite developed. A review of the world literature indicates that interest in interval analysis methods has been increasing intensively recently. The basics of interval analysis are covered in monographs by G.G.Alefeld [1], Yu.I.Shokin [2], S.A.Kalmykov [2], Z.Kh.Yuldashev [2], S.P.Shary [3], R.Moore [4], R.B.Keafott, Z.Rump, A.Neumayer [5], G.Mayer, E.Hansen and others.

Preliminary facts and notations. The interval algebraic eigenvalue problem arises in those problems where the value of the elements of a given matrix fluctuates with a known amplitude, i.e. is limited from below and above by certain numbers, in the form of intervals. In this case, the analysis is applied to interval matrices to answer three main questions [6]:

1. What is the arrangement of the eigenvalues of an interval matrix?
2. How does the spectrum of an interval matrix depend on the spectrum of its point matrices?
3. How can we calculate the tight lower and upper bounds for each eigenpair of an interval matrix?

One of the typical problems of interval analysis, which is closely related to the solution of the eigenvalue problem, is the problem of solving interval systems of linear algebraic equations (ISLAE).

By interval linear system

$$Ax = b \quad (1)$$

we mean the family of all systems of linear equations $Ax = b$, with the condition $A \in \mathbf{A}$, $b \in \mathbf{b}$.

Here it is assumed that the matrix elements and the components of the vector of the right parts lie in the given intervals. Such an assumption is possible in the case when the coefficients of the system lie within some permissible deviations or have some variations. Systems of the form (1) are often encountered in practice.

The set of solutions of ISLAU in most cases is formulated as

$$\Xi = \{x \in \mathbb{R}^n \mid (\exists A \in \mathbf{A})(\exists b \in \mathbf{b})(Ax = b)\}. \quad (2)$$

Set (2) is called the united set of solutions of ISLAU [3]. For the combined set of ISLAU solutions, we present the Oettli-Prager characterization [7].

Theorem 1. The vector $x \in \mathbb{R}^n$ belongs to the set of solutions Ξ of the system $Ax = b$ if and only if

$$|(\text{mid } \mathbf{A})x - \text{mid } \mathbf{b}| \leq \text{rad } \mathbf{A} \cdot |x| + \text{rad } \mathbf{b}. \quad (3)$$

For ISLAU of the form (1), a large number of methods for obtaining lower and upper bounds for the vector have been developed [1], [2], [3], [4], [8]. Some developed algorithms, for example [4], [9], [10], also calculate the exact interval hull covering the sets Ξ .

Statement of the problem. Algebraic eigenvalue problem with square interval matrix $A \in \mathbb{IR}^{n \times n}$:

$$Ax = \lambda x, \quad (4)$$

are a little-studied area of interval analysis, relative to ISLAU.

The set of all eigenvalues for system (4) in the general case constitutes a domain in the field of complex numbers $\mathbb{C}$, defined as the united set

$$\Lambda(\mathbf{A}) := \{\lambda \in \mathbb{C} \mid A \in \mathbf{A}, \lambda \neq 0, Ax = \lambda x\}, \quad (5)$$

and it is a compact set. If the interval matrix A has a special structure, stronger results can be obtained. This is especially true when the interval matrix A is symmetric, since in this case all its eigenvalues form continuous real intervals.