

ТАҲҚИҚИ ИБРОҲИМОВ ПАЙРАВ РУСТАМОВИЧ, н.и. тех., дотсенти
ОКСИДШАВИИ ХҶЛАИ кафедраи методикаи таълими физикаи МДТ “ДДХ ба
Zn0.5Al БО МОЛИБДЕН номи акад.Б. Гафуров” (Тоҷикистон, Хуҷанд)

ИССЛЕДОВАНИЕ ИБРОХИМОВ ПАЙРАВ РУСТАМОВИЧ, к.тех.наук, доцент
ОКИСЛЕНИЯ СПЛАВА кафедраи методикаи преподавания физики ГОУ “ХГУ
Zn0.5Al С МОЛИБДЕНОМ имени акад. Б.Гафурова” (Таджикистан, Худжанд)

STUDY OF OXIDATION IBROHIMOV PAYRAV RUSTAMOVICH, Candidate of Technical
OF Zn0.5Al ALLOY WITH Sciences, Associate Professor of the Department of Physics
MOLYBDENUM Teaching Methodology, SEI “Khujand State University
 named after acad.B. Gafurov” (Tajikistan, Khujand),
E-mail: payrav5565@mail.ru

Вожаҳои калидӣ: хӯлаи Zn0.5Al, усули термогравиметрӣ, суръати оксидшавӣ, энергияи фаъол, молибден

Натиҷаҳои таҳқиқоти кинетикаи оксидшавии хӯлаи Zn0.5Al бо молибден дар ҳолати сахт оварда шудаанд. Дар диапазони ҳарорати 523—623 К, параметрҳои кинетикии раванди оксидшавии хӯла муқаррар карда шудааст. Нишон дода шудааст, ки рафтори хӯлаҳое, ки бо компоненти сеюм омехта шудаанд, аз рафтори дар вақти оксидшавии хӯлаи бинарӣ мушоҳидашуда хеле фарқ мекунад; иловаҳои молибден ба миқдори 0,01-0,1 вазн. % оксидшавии хӯлаи Zn0.5Al-ро хеле кам мекунад. Ҳангоми оксидшавии хӯлаҳои сахт дар рӯи онҳо пардаҳои оксиди муҳофизатӣ Al_2O_3 , ZnO, $ZnAl_2O_4$, $Al_2O_3 \cdot Mo_2O_3$ ба вуҷуд меоянд.

Ключевые слова: сплав Zn0.5Al, термогравиметрический метод, скорость окисления, энергия активации, молибден

Приведены результаты исследования кинетики окисления сплава Zn0.5Al с молибденом в твердом состоянии. В интервале температур 523–623 К установлены кинетические параметры процесса окисления сплавов. Показано, что поведение легированных сплавов третьим компонентом существенно отличается от наблюдаемого при окислении двойного сплава; добавки молибдена в количествах 0.01–0.1 мас. % значительно уменьшают окисляемость сплава Zn0.5Al. При окислении твердых сплавов на их поверхности образуются защитные оксидные пленки Al_2O_3 , ZnO, $ZnAl_2O_4$, $Al_2O_3 \cdot Mo_2O_3$.

Key words: Zn0.5Al alloy, thermogravimetric method, oxidation rate, activation energy, molybdenum

The results of a study of the oxidation kinetics of the Zn0.5Al alloy with molybdenum in the solid state are presented. In the temperature range 523–623 K, the kinetic parameters of the alloy oxidation process were established. It has been shown that the behavior of alloys alloyed with a third component differs significantly from that observed during the oxidation of a binary alloy; molybdenum additives in amounts of 0.01–0.1 wt. % significantly reduce the oxidation of the Zn0.5Al alloy. When hard alloys are oxidized, protective oxide films Al_2O_3 , ZnO, $ZnAl_2O_4$, $Al_2O_3 \cdot Mo_2O_3$ are formed on their surface.

Мубориза бо хӯрдашавӣ (коррозия) аз интихоби мавод барои сохтани маснуот оғоз мегардад. Талабот ба устувории хӯрдашавии мавод дар ҳудуди васеи вобаста ба таъиноти маснуот, шароити истифодабарӣ ва банақшагирии муҳлати хизмати он метавонад таъйир ёбад. Ҳамин гуна вобастагиро ҳангоми интихоби рӯйпӯшҳои муҳофизатӣ бояд истифода намуд. Масалан, барои муҳофизати маснуот бо муҳлати хизмати маҳдуд метавонад ошкор шавад, ки аз чихати иқтисодӣ истифодаи рӯйпӯшҳои арзон, ки рушди коррозияи маснуотро қатъ менамоянд, беҳад муфид бошанд [1, с. 235-237; 2, с.365-367].

Дар ҳақиқат, қариб нисфи истифодабарии ҷаҳонии руҳ ба ҳиссаи рӯйпӯшҳо, ки барои муҳофизати маснуоти пӯлодии карбондор, ки дар атмосфера ва об истифода мешаванд, рост меояд. Дар айни замон барои муҳофизати амалии пӯлоди масолеҳи нимтайёр аз рӯйпӯшҳои руҳ-алюминии намуди «галфан» (Zn5Al, Zn0.5Al) ва «галвалюм» (Zn0.5Al-1.6Si) дар муҳитҳои гуногуни агрессивӣ истифода мебаранд.

Бинобар ин, мубрами таҳқиқотро зарурати омӯзиши равандҳои таъсири мутақобилаи хӯлаҳои металлӣ дар муҳитҳои газмонанд ва агрессивӣ ҳангоми ҳароратҳои баланд ва ҷустуҷӯи усулҳои самараноки муҳофизати маводи пӯлодӣ аз коррозия муайян карда мекунад [3, с.584-586; 4, с.221-223].

Хӯлаҳо барои таҳқиқот дар кӯраи муқовимати электрикии намуди СШОЛ дар ҳудуди ҳарорати 700–850 °С ҳосил карда шуд. Таркиби химиявии хӯлаҳо бо таҳлили микрорентгеноспектралӣ дар микроскопи электронии тасвирбардори SEM (AIS 2100) назорат карда шуд. Аз хӯлаҳои ҳосилнамуда, намунаҳоро дар қолиби графитӣ бо андозаҳои диаметри 8 мм ва дарозии 140 мм рехтагарӣ намудем. Пеш аз воридкунии хӯла ба маҳлули корӣ қисмати ғуллаҳои онро бо қоғази сунбода тоза намуда, сайқал дода, беравғангардонӣ намуда, бо спирт шуста ва баъдан ба электролитҳои HCl, NaCl ва NaOH ворид кардем. Электролитро дар ячейка бо ёрии термостати МЛШ-8 дар ҳарорати доимии 20° С нигоҳ доштем [5, с. 21-26; 6, с.150].

Оксидшавии хӯлаҳоро дар ҳолати саҳт бо усули термогравиметрӣ омӯхтем. Таҳқиқот дар дастгоҳе, ки аз кӯраи муқовимати карбонӣ бо чилдпушонӣ аз оксиди алюминий иборат аст, гузаронида шуд. Барои сохтани атмосфераи назоратӣ қисми болоии охири чилд бо сарпӯши обхунуккунанда маҳкам карда мешавад, ки дорои сурӯҳӣ барои найчаи газгузарон, термопараҳо ва бӯта бо хӯлаи таҳқиқшаванда овезон ба ноқили платинагӣ бо фанар аз ноқили молибденӣ дорад. Тағйирёбии вазни хӯлаҳоро бо ёзандагии фанар тавассути катетометр КМ-8 қайд намудем. Бӯтаҳо бо қутри 18-20 мм ва баландии 25-26 мм пеш аз таҳқиқот дар ҳарорати 1000-1200 °С дар муҳити оксигенӣ то вазни доимӣ тафсонӣ дода шуд. Пас аз интиҳои таҳқиқот системаро хунук намуда, бӯтаро бо намунаи хӯлаҳо баркашида, сатҳи реаксионии онро муайян намудем. Баъдан пардаи оксидии ҳосилшударо аз сатҳи намуна ҷудо намуда, онро бо усули таҳлили рентгенофазавӣ омӯхтем. Таҳлили рентгенофазавиро дар дифрактометри ДРОН-3.0 гузаронида, дифрактограммаҳоро бошад бо истифода аз Ка-нурафқани мисӣ аксардорӣ намудем [3, с.584-586; 4, с.221-223].

Масъалаҳои таъсири мутақобилаи хӯлаҳои металлӣ дар муҳитҳои газмонанд ва агрессивӣ ҳангоми ҳароратҳои баланд ва ҷустуҷӯи усулҳои самараноки муҳофизати маводи пӯлодӣ аз коррозия дар маводшиносии муосир нақши калидӣ доранд. Рӯҳ аксар вақт дар истехсоли рӯйпӯшҳои металлҳои электрохимиявӣ истифода мешавад.

Ба андешаи муҳаққиқон тақрибан нисфи захираҳои рӯҳ дар ҷаҳон барои муҳофизати сохторҳои металлӣ истифода мешаванд. Хӯлаҳои рӯҳ бо алюминий ҳамчун маводи анодӣ барои муҳофизати намудани маснуоти пулодӣ, конструксия ва иншооти пӯлодии карбондор аз коррозия истифода мешаванд [5, с. 21-26; 6, с.150].

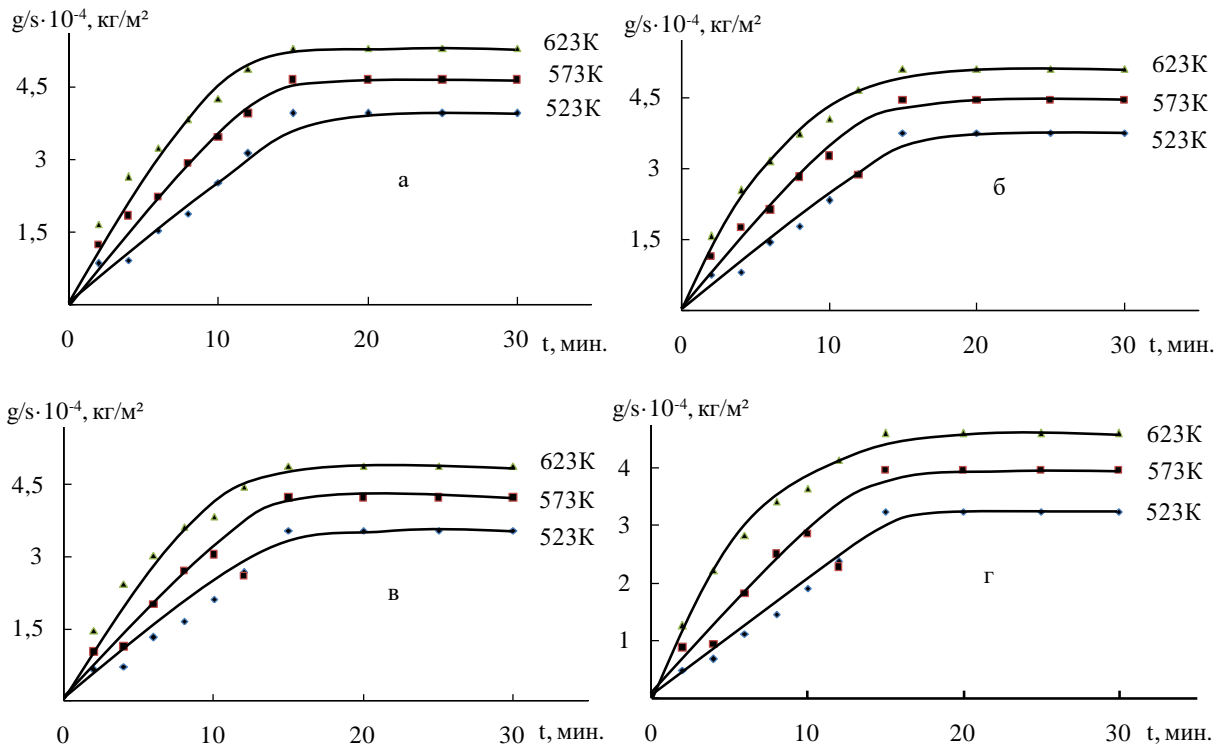
Маълум аст, ки барои аз коррозия муҳофизат кардани пулод якҷанд намуди хӯлаҳои (Zn-Al) нави ба коррозия устувори коркардшуда ҳамчун рӯйпӯшҳои анодии муҳофизатӣ ва протекторҳо сохта шудаанд.

Таҳқиқи таъсири ҳарорат ва таркиби кимёвӣ ба оксидшавии хӯлаи рӯҳи Zn0.5Al, ки бо молибден дар ҳолати саҳти бо усули термогравиметрии бевосита баркашидани намунаҳо дар ҳаво бо методикае, ки дар корҳои гузашта муфассал оварда шудааст, гузаронида шуд.

Барои таҳқиқи раванди оксидшавӣ намунаҳои хӯлаи рӯҳ Zn0.5Al-ро, ки бо молибден ҷавҳаронида шудааст, дар ҳудуди 0.01-1.0% вазн ҳосил намудем. Барои омӯзиши кинетикаи оксидшавии баландҳароратии хӯлаҳо дар муҳити ҳаво афзоиши вазнҳои ҳосил намунаро дар натиҷаи афзудани пардаи оксидӣ аз рӯйи вақт ҳангоми ҳароратҳои 523, 573 ва 623 К ҷен намудем. Суръати ҳақиқии оксидшавиро бо расиши аз саршавии меҳвар ба қачхатта аз рӯйи муодилаи: $K=g/s\cdot\Delta t$ ва қимати энергияи самараноки фаволшавии раванди оксидшавии баландҳароратиро бошад, аз рӯйи тангенси кунҷи майлони рост вобаста аз $\lg K-1/T$ ҳисоб кардем.

Таъсири мутақобилаи хӯлаи Zn0.5Al бо молибдени консентратсияи гуногун дошта, бо оксигени дорои фазаи газӣ ҳангоми таҳқиқи ҳарорат аз оксидшавии хӯлаи аслии Zn0.5Al ба қадри кофӣ фарқ мекунад.

Вобастагии хаттӣ дар муддати 12-15 дақиқа идома меёбад, баъд ҳангоми пайдо шудани пардаи оксидӣ хусусияти раванди оксидшавӣ гиперболӣ шуда, ҳосилшавии сатҳи оксиди муҳофизатӣ дар 30 дақиқа ба охир мерасад (расми 1). Ҷавҳаронидани хӯлаи Zn0.5Al бо молибден (дар ҳудуди 0,01-0,1 мас.%) ба каме сустшавии суръати оксидшавии ҳақиқӣ мусоидат менамояд. Илова намудани зиёда аз 0.5 мас.% молибден ғайримасад аст, зеро он боиси баланд шудани суръати оксидшавӣ ва мутаносибан кам шудани энергияи активатсияи оксидшавии хӯлаи аввала мегардад. Энергияи самараноки фаволшавии раванди оксидшавии хӯлаҳои таҳқиқшаванда аз 168.4 то 183.5 кҶ/мол тағйир меёбад.



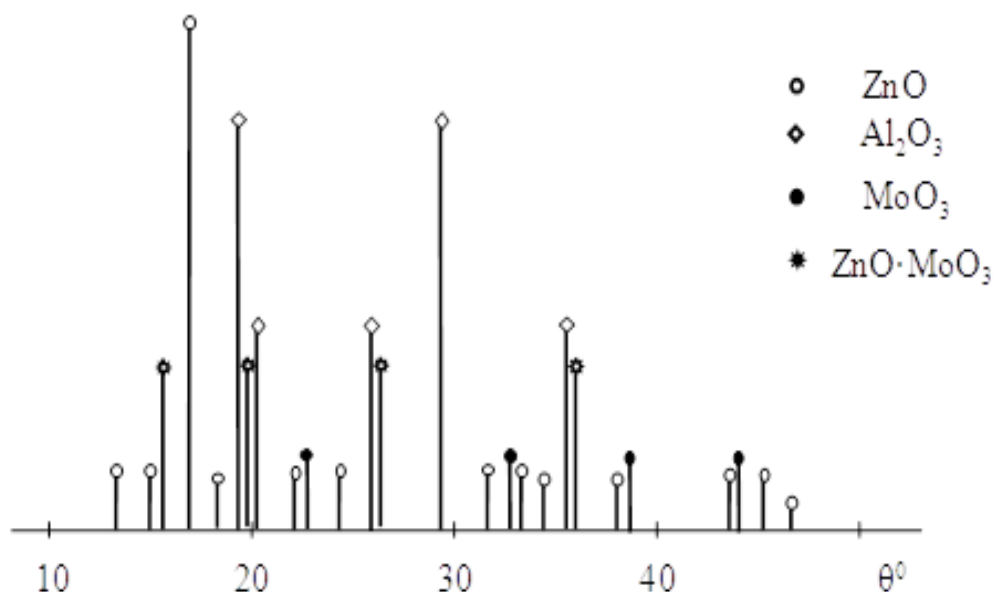
Расми №1. Қаҷхатҳои мураббаи кинетикии раванди оксидшавии хӯлаи руҳ Zn55Al (а) бо молибден ҷавҳаронидашуда, мас. %: 0.01(б); 0.1(в); 0.5(г).

Бо усули термогравиметрӣ нишон дода шудааст, ки механизми оксидшавии хӯлаҳои системаҳои Zn0.5Al (Mo) дар ҳолати саҳт ба қонунияти расман-кинетикӣ афзоиши пардаи оксидии муҳофизатӣ – гипербола итоат менамоянд. Бо афзоиши ҳарорат ва миқдори молибден (0.01-0.1%-и вазн) дар хӯлаи руҳ Zn0.5Al оксидшавии хӯлаҳо назаррас кам мешавад. Суръати ҳақиқии оксидшавӣ дорои тартиби 10^{-4} ($\text{кг}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$) аст. Иловаҳои манган дар ҳудуди концентратсионии омӯхташудаи (0.01-1.0%-и вазн) оксидшавии хӯлаи руҳ Zn0.5Al -ро чандон зиёд намекунад. Энергияи самараноки фаълшавии раванди оксидшавии хӯлаҳо (дар ҳудуди концентратсияҳои омӯхташуда) хангоми гузариш аз хӯлаҳо бо манган ба хӯлаҳо бо молибден, баъдан ба хӯлаҳо бо хром зиёд мешавад.

Ҷадвали 1. Нишондиҳандаҳои кинетикӣ ва энергетикӣ раванди оксидшавии хӯлаи руҳ Zn0.5Al бо молибден, дар ҳолати саҳт

Иловаҳои Мо дар хӯла, %-и вазн	Ҳарорати оксидшавӣ, К	Суръати ҳақиқии оксидшавӣ $K\cdot 10^4$, $\text{кг}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$	Энергияи самараноки фаълшавӣ, кҶ/мол
-	523	3.68	168.4
	573	3.91	
	623	4.11	
0.01	523	3.10	175.2
	573	3.24	
	623	3.54	
0.1	523	2.57	183.5
	573	2.85	
	623	3.03	
0.5	523	3.86	160.3
	573	3.98	
	623	4.47	

Бо усули рентгенофазавии таҳлил таркиби фазавии маҳсули оксидшавии хӯлаи Zn0.5Al-Mo, дар кори зерин таҳқиқ карда шудааст [13]. Аз расми 2 дида мешавад, ки маҳсули оксидшавии хӯлаи руҳ Zn0.5Al бо вазни 0.1 % молибден аз оксидҳои зерин ZnO, Al₂O₃, MoO₃, ZnO·MoO₃ иборат мебошад.



Расми 2. Дифрактограммаи маҳсули оксидшавии хӯлаи Zn0.5Al бо 1.0%-и вазн молибден

Дар умум, муқаррар карда шуд, ки оксидшавии хӯлаи Zn0.5Al дар ҳудуди 0.01-0.1 % бо вазн молибден ба қадри кофӣ кам мешавад. Муайян карда шуд, ки маҳсули оксидшавии хӯлаҳои таҳқиқшаванда аз оксидҳои ZnO, Al₂O₃, MoO₃, ZnO·MoO₃ иборат мебошад.

Самти қачхатҳои кинетикӣ ба хусусияти гиперболии механизми оксидшавии хӯлаҳои таҳқиқшаванда ишора менамояд. Ба ин, хусусияти хати рост набудани қачхатҳо дар меҳвари (g/s)²-t, инчунин вобастагҳои аналитикии $y = Kt^n$, дар ин ҷо $n = 2 \div 5$ шаҳодат медиҳанд (ҷадвали 2).

Ҷадвали 2. Натиҷаҳои коркарди математикии қачхатҳои мураббаи кинетикии оксидшавии хӯлаи руҳ Zn0.5Al бо молибден

Миқдори компоненти чавҳаронӣ дар хӯла, %-и вазнӣ	Ҳарорати оксидшавӣ, К	Полиномаҳои қачхатҳои мураббаи кинетикии оксидшавии хӯла	Зариби ҳамгирӣ R
1.0 Мо	523	$y = -0.001x^4 - 0.017x^3 + 0.333x^2 - 0.304x$	0.993
	573	$y = -0.0001x^4 - 0.019x^3 + 0.342x^2 - 0.738x$	0.990
	623	$y = -0.0001x^4 - 0.021x^3 + 0.353x^2 - 0.965x$	0.986

Хӯлаи руҳ Zn0.5Al, ки бо молибден чавҳаронидашуда барои мутахассисони соҳаи коррозия ва муҳофизати металлҳо, галванотехника, металлургия, инчунин маводшиносон ва коргарони истеҳсолот, ки ба масъалаҳои муҳофизати конструксияҳои металлӣ ва таҷдизотҳо аз вайроншавии коррозсионӣ машғуланд истифода мебаранд.

ПАЙНАВИШТ:

1. Раджабова, Ш.Г. Кинетика окисления сплава Zn55Al с молибденом в твердом состоянии / Ш.Г. Раджабова, П.Р. Иброхимов, И.Н. Ганиев, З.Р. Обидов // Журнал физической химии.- 2023.- Том.97.- №2. – С. 237-240.
2. Sharipov Ja.H. The influence of thallium additives on the kinetics of oxidation of the Zn22Al alloy / Ja.H. Sharipov, I.B. Hakimov, Z.R. Obidov // Journal of Siberian Federal University. Engineering and Technologies.-2023.-Vol. 16.- № 3. P. 363-370.
3. Radzhabova, Sh.G. Study of the anodic behavior of the chromium-doped Zn55Al alloy in corrosive environments / Sh.G. Radzhabova, R.N. Amini, I.N. Ganiev, Z.R. Obidov // Russian Journal of Applied Chemistry. 2022. Vol. 95. № 4. P. 582-587.

4. Obidov, Z.R. Kinetics of the oxidation of chromium-doped Zn0.5Al alloy in the solid state / Z.R. Obidov, P.R. Ibrokhimov, F.A. Rakhimov, I.N. Ganiev // Russian Journal of Physical Chemistry A. 2021. Vol.95.- № 1.- P. 221-223.
5. Obidov, Z.R. High temperature and electrochemical corrosion of Zn0.5Al alloy doped with calcium in various media / Z.R. Obidov, R. Amini, Ja.Kh. Dzhayloev, I.N. Ganiev, R. Usmanov // ChemChemTech. 2020. Vol.63. № 11.- P. 21-26.
6. Obidov, Z.R. Thermophysical properties and thermodynamic functions of the beryllium, magnesium, and praseodymium alloyed Zn–55Al alloy / Z.R. Obidov// High Temperature.- 2017.- Vol. 55.- № 1. P. 150-153.

REFERENCES:

1. Rajabova, Sh.G. Oxidation kinetics of Zn55Al alloy with molybdenum in the solid state / Sh.G. Rajabova, P.R. Ibrohimov, I.N. Ganiev, Z.R. Obidov // Journal of Physical Chemistry. 2023. Vol.97. №. 2. P. 237-240.
2. Sharipov Ja.H. The influence of thallium additives on the kinetics of oxidation of the Zn22Al alloy / Ja.H. Sharipov, I.B. Hakimov, Z.R. Obidov // Journal of Siberian Federal University. Engineering and Technologies. 2023. Vol. 16. № 3. P. 363-370.
3. Rajabova, Sh.G. Study of the anodic behavior of the chromium-doped Zn55Al alloy in corrosive environments / Sh.G. Rajabova, R.N. Amini, I.N. Ganiev, Z.R. Obidov // Russian Journal of Applied Chemistry.- 2022. Vol. 95. № 4. P. 582-587.
4. Obidov, Z.R. Kinetics of the oxidation of chromium-doped Zn0.5Al alloy in the solid state / Z.R. Obidov, P.R. Ibrohimov, F.A. Rahimov, I.N. Ganiev // Russian Journal of Physical Chemistry A. 2021. Vol.95. № 1. P. 221-223.
5. Obidov, Z.R. High temperature and electrochemical corrosion of Zn0.5Al alloy doped with calcium in various media / Z.R. Obidov, R. Amini, Ja.Kh. Jayloev, I.N. Ganiev, R. Usmanov // ChemChemTech. 2020. Vol.63. № 11. P. 21-26.
6. Obidov, Z.R. Thermophysical properties and thermodynamic functions of the beryllium, magnesium, and praseodymium alloyed Zn–55Al alloy / Z.R. Obidov// High Temperature. 2017. Vol. 55. № 1. P. 150-153.