

**ТАЪСИРИ ДАРОЗИИ
НАМУНАҲОИ СИЛИНДРИ
ЛАТУНИИ ТАМҒАИ Л63 БА
КИНЕТИКАИ ХУНУКШАВИИ ОН**

**ВЛИЯНИЕ ДЛИНЫ
ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ОБРАЗЦА
ИЗ ЛАТУНИ МАРКИ Л63 НА
КИНЕТИКУ ИХ ОХЛАЖДЕНИЯ**

**INFLUENCE OF CYLINDRICAL
SPECIMEN LENGTH FROM L63
BRASS ON THEIR COOLING
KINETICS**

Отҷонов Сӯҳроб Эргашалиевич, д.ф. (PhD), дотсенти кафедраи физикаи умумӣ ва ҷисмҳои сахт; **Низомов Зиёвуддин**, н. и.ф. ва математика, дотсент, мутахассиси пешбари илм, ИИТ ДМТ; **Комилов Мирҳабиб Мирҳамидович**, докторант PhD – и курси 3-юми факултети физикаю техникаи МДТ “ДДХ ба номи акад.Б. Гафуров” (Тоҷикистон, Хучанд)

Отҷононов Сухроб Эргашалиевич, д.философии (PhD), доцент кафедры общей физики и твердого тела; **Низомов Зиёвуддин**, к.физ.-мат. наук, доцент, ведущий научный сотрудник НИИ ТНУ; **Комилов Мирҳабиб Мирҳамидович**, докторант PhD 3 – го курсу физико-технического факультета ГОУ «ХГУ имени Б. Гафурова» (Таджикистан, Худжанд)

Otajonov Suhrob Ergashalievich, Doctor of Philosophy (PhD), associate Professor (docent) department of general physics and solid bodies, at the Faculty of Physics; **Nizomov Ziyovuddin**, candidate of physical and mathematical science, docent, leading researcher Institute of Tajik National University; **Komilov Mirhabib Mirhamidovich**, 3rd year PhD doctoral student at the Faculty of Physics and Technology of the State Educational Institution “KhSU”

Ключевые слова: латунь марки Л63, охлаждение, конвекция, теплопроводность, излучение, влияние размера, температурная зависимость.

В работе приведены результаты исследования влияния длины цилиндрических образцов из латуни марки Л63 на кинетику её охлаждения. Выявлено, что образцы охлаждаются за счёт конвективного теплообмена, теплопроводности воздуха и излучения. Установлено, что характерное время охлаждения за счёт излучения меньше, чем характерное время охлаждения за счёт теплопроводности и конвекции. Кроме того, характерные времена охлаждения с ростом длины образцов увеличиваются. Это исследование важно для понимания процессов теплопередачи в металлических материалах и может быть использовано при разработке и оптимизации производственных процессов, связанных с обработкой меди и её сплавов.

Вожаҳоикалидӣ: биринҷӣ Л63, хунуқшавӣ, конвексия, афканишот, гармигузаронӣ, эффеќти андоза, вобастаги аз температура.

Дар мақола натиҷаҳои тадқиқоти таъсири дарозии намунаҳои силиндрӣ аз латуни Л63 тайёришуда ба кинетикаи хунуқшавии онҳо оварда шудаанд. Муайян карда шудааст, ки дар сардшавии озоди табиӣ механизмҳои асосии интиқоли гармӣ конвексия, гармигузаронию ҳаво ва афканишот мебошанд. Вақти хоси хунуқшавӣ аз рӯи тартиби афканишоти ҳароратӣ, гармигузаронӣ ва конвексия зиёд мешавад. Муайян карда шуд, ки вақтҳои хоси хунуқшавӣ бо зиёдшавии дарозии намунаҳо меафзояд. Ин таҳқиқот барои фаҳмиши равандҳои гузарониши гармӣ дар маводи металлӣ муҳим буда, метавонад ҳангоми таҳияи равандҳои истеҳсолии марбут ба коркарди мис ва хӯлаҳои он истифода шавад.

Key words: L63 brass, cooling, convection, heat conduction, radiation, size effect, temperature dependence.

The paper presents the results of studying the effect of the length of cylindrical samples made of brass grade L63 on their cooling kinetics. It was found that the samples cool due to convective heat exchange, thermal conductivity of air, and radiation. It was established that the characteristic cooling time due to radiation is shorter than the characteristic cooling times due to thermal conductivity and convection. Additionally, the characteristic cooling times increase with the length of the samples. This research is important for understanding heat transfer processes in metallic materials and can be used in the development and optimization of manufacturing processes related to the processing of copper and its alloys.

ВВЕДЕНИЕ

Среды сплавов меди больше всего нашли применения в промышленности латунь марки Л63 благодаря дешевизне, высокой прочностью и коррозионной стойкостью [1,с.8].

Элемент	Обозначение	Массовая доля (%)
Фосфор	P	До 0,01
Никель	Ni	Не более 0,3
Свинец	Pb	Менее 0,05
Цинк	Zn	Остальное
Медь	Cu	62-65
Железо	Fe	Менее 0,2

Таблица №1. Химический состав латуни Л63

Плотность металла составляет 8 840 кг/м³. Температура плавления 906°С [9]. При T=300 К, теплопроводность составляет 245 Вт/(м К) и в процессе нагрева постепенно увеличивается.

В работах [10-11] исследованы влияния диаметра цилиндрических образцов из алюминия на кинетику их охлаждения. Выявлено, что с ростом диаметра образца время охлаждения увеличиваются.

Целью данной работы является исследование влияние длины цилиндрических образцов из латуни марки Л63 на кинетику их охлаждения.

Объекты исследования являлись цилиндрические образцы из латуни марки Л63 диаметром 1,8 см и длиной 10 см, 9 см, 8 см, 7 см, 6 см, 4,9 см, 4 см, 3 см, 2 см и 1 см.

ТЕХНИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Измерение зависимости температуры образца от времени охлаждения производили на установке, принцип работы, которого подробно описан в работах [12,с.13]. Строили график зависимости разности температуры образца T и окружающей среды T₀ от времени охлаждения τ . Обработка результатов проводили с помощью программы Microsoft Office Excel, а графики строили и обрабатывали с помощью программы Sigma Plot 10.

Для выбранных размеры образцов число Био намного меньше единицы. Поэтому для исследования кинетики охлаждения выбрали закон внешней теплопроводности Ньютона – Рихмана:

$$C\rho VdT = -\alpha S(T - T_0) d\tau. \quad (1)$$

где C, ρ , V, S –соответственно удельная теплоемкость, плотность, объем площади и температуры образца, α -коэффициент теплоотдачи. В (1) V и S являются геометрическими характеристиками образца.

Решая уравнение (1), получим

$$\Delta T = (\Delta T)_{\tau=0} e^{-\left(\frac{\alpha S}{C\rho V}\right)\tau}. \quad (2)$$

В выражение (2) величина

$$\frac{C\rho V}{\alpha S} = \tau_i \quad (3)$$

имеет размерности времени и зависит от материала и теплоемкость образца, и соответствующего коэффициента теплоотдачи. τ_1, τ_2, τ_3 - характерные времена охлаждения для процессов теплообмена. Как видно из уравнения (3) характерное время охлаждения зависит от отношении объема тела к его площади поверхности теплоотдачи

$$\frac{V}{S} = \frac{h}{2\left(1+\frac{h}{r}\right)}.$$

$$\tau_i = \frac{c\rho}{\alpha} \frac{h}{2\left(1+\frac{2h}{d}\right)}. \quad (4)$$

Предполагая независимость процессов теплоотдачи друг от друга из формула (2) получим зависимости температуры поверхности тела от времени охлаждения [14с.15]:

$$\Delta T = \Delta T_1 e^{-\tau/\tau_1} + \Delta T_2 e^{-\tau/\tau_2} + \Delta T_3 e^{-\tau/\tau_3}, \quad (5)$$

где $\Delta T_1, \Delta T_2, \Delta T_3$ - разность температур при $\tau = 0$ для процессов теплоотдачи лучеиспускания, теплопроводности и конвекции.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Методом охлаждения исследованы зависимости температуры цилиндрических образцов из латуни марки Л63 диаметра 1,8 см и различной длины от времени охлаждения в широком диапазоне температур. Экспериментально полученные временные зависимости температуры образцов с удовлетворительно описываются уравнением (5).

В качестве примера на рис. 1-3 приведены зависимости температур образца из латуни марки Л63 диаметром 1,8 см и высотой 10 см, 4 см и 1 см от времени охлаждения. Ниже рисунка приведено результаты обработки графиков с помощью программы Sigma Plot 10.

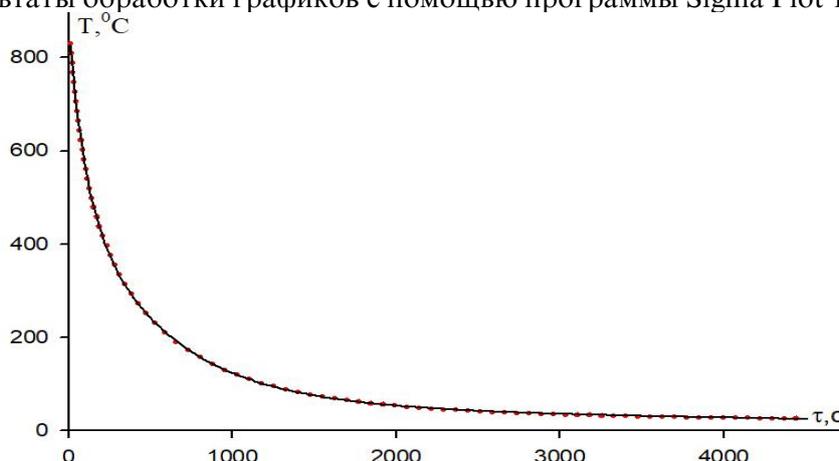


Рисунок №1. Зависимость температуры от времени для образца длиной 10 см.

	Coefficient	Std. Error	t	P	VIF
a	343,8066	1,5217	225,9350	<0,0001	10,4760<
b	0,0103	7,2214 10 ⁻⁵	142,7608	<0,0001	14,5698<
c	460,0958	1,2266	375,1020	<0,0001	41,1141<
d	0,0019	8,9247 10 ⁻⁶	208,4574	<0,0001	67,8150<
g	65,0351	0,8129	80,0007	<0,0001	138,0938<
h	0,0002	3,5818 10 ⁻⁶	58,6919	<0,0001	44,7473<

Таблица №2. Результаты обработки с помощью программы Sigma Plot 10

для случая рис.1

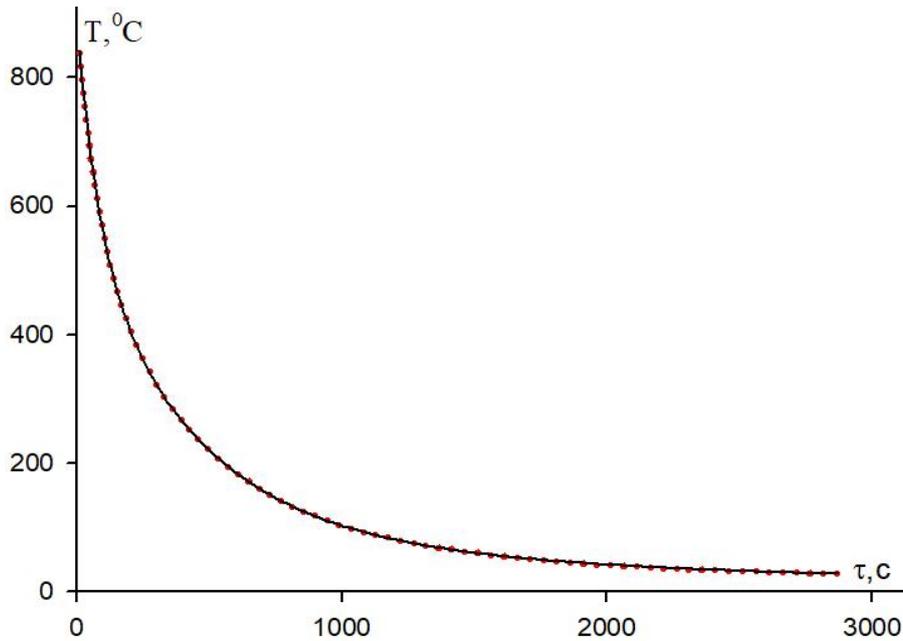


Рисунок №2. Зависимость температуры образца длиной 4 см от времени.

	Coefficient	Std. Error	t	P	VIF
a	322,6816	1,3958	231,1721	<0,0001	18,8138<
b	0,0121	7,2356 10 ⁻⁵	167,3908	<0,0001	20,3006<
c	488,0913	0,9380	520,3560	<0,0001	49,3643<
d	0,0023	1,1619 10 ⁻⁵	198,3446	<0,0001	173,8256<
g	79,1761	1,2878	61,4803	<0,0001	519,2434<
h	0,0004	6,4362 10 ⁻⁶	57,6532	<0,0001	120,8796<

Таблица 3. Результаты обработки с помощью программы Sigma Plot 10 для случая рис.2

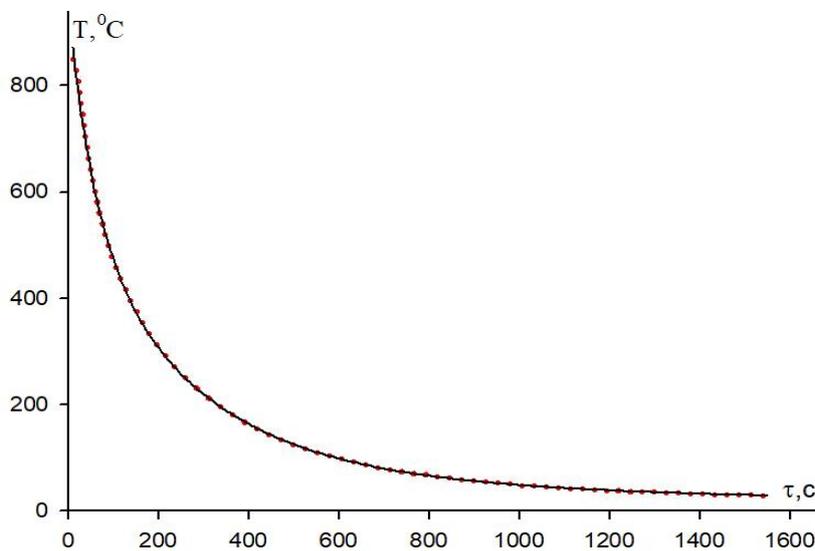


Рисунок №3. Зависимость температуры цилиндра длиной 1 см от времени.

	Coefficient	Std. Error	t	P	VIF
a	381,6260	12,3158	30,9867	<0,0001	40,0668<
b	0,0175	0,0007	26,4775	<0,0001	32,8362<
c	507,5849	7,5521	67,2114	<0,0001	80,7964<
d	0,0038	0,0002	24,5664	<0,0001	313,8068<
g	62,2870	10,4533	5,9586	<0,0001	920,7821<
h	0,0005	0,0001	4,5949	<0,0001	216,6305<

Таблица № 3. Результаты обработки с помощью программы Sigma Plot 10 для случая рис.3

Дифференцируя (5), получим формулу для вычисления общей скорости охлаждения:

$$\frac{dT}{dt} = -\frac{\Delta T_1}{\tau_1} e^{-t/\tau_1} - \frac{\Delta T_2}{\tau_2} e^{-t/\tau_2} - \frac{\Delta T_3}{\tau_3} e^{-t/\tau_3}. \quad (6)$$

В таблице приведены вычисленные значения постоянных в уравнении (5) и (6).

d, см	V/S, см	$\Delta T_1, K$	τ_1, c	$\Delta T_2, K$	τ_2, c	$\Delta T_3, K$	τ_3, c	$\Delta T_1/\tau_1, K/c$	$\Delta T_2/\tau_2, K/c$	$\Delta T_3/\tau_3, K/c$
10	0,413	343,8	97,1	460,1	526,3	65,0	5000	3,54	0,87	0,013
9	0,409	368,9	90,1	498,2	500,0	78,7	3333	4,09	1,00	0,024
8	0,405	325,2	97,1	472,6	476,2	98,9	2500	3,35	0,99	0,040
7	0,399	322,5	94,3	469,9	476,2	98,2	2500	3,42	0,99	0,039
6	0,392	323,3	87,7	471,5	434,8	105,4	2500	3,69	1,08	0,042
4,8	0,379	324,0	87,7	475,4	454,5	87,2	2500	3,69	1,04	0,035
4	0,368	322,7	82,6	488,1	434,8	79,2	2500	3,90	1,12	0,032
3	0,346	367,0	84,7	485,3	416,7	73,4	2500	4,33	1,16	0,029
2	0,310	311,7	57,8	507,6	333,3	93,5	1667	5,39	1,52	0,056
1	0,287	381,6	57,1	507,6	263,2	62,3	2000	6,68	1,93	0,031

Таблица №4. Значения постоянных в уравнении (5) и (6)

На рисунках 4-6 в качестве примера приведены зависимости разности температур образцов и окружающей среды ΔT , охлаждения за счет излучения ΔT_1 , теплопроводности ΔT_2 и конвекции ΔT_3 для образцов высотой 10 см, 4 см и 1 см.

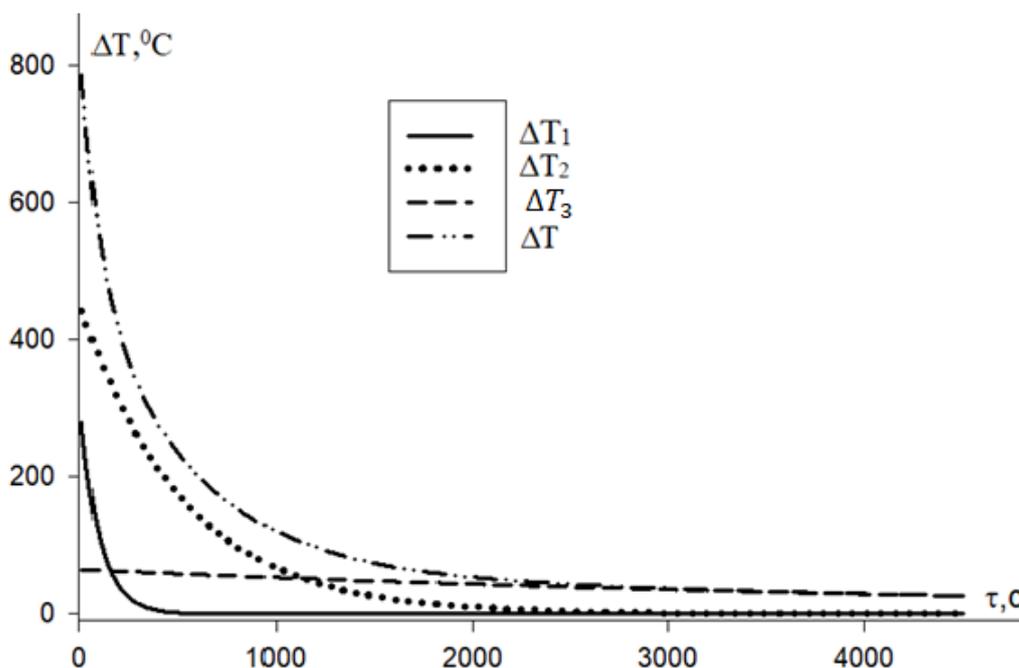


Рисунок №4 Временные зависимости составляющие охлаждения для образца длиной 10 см

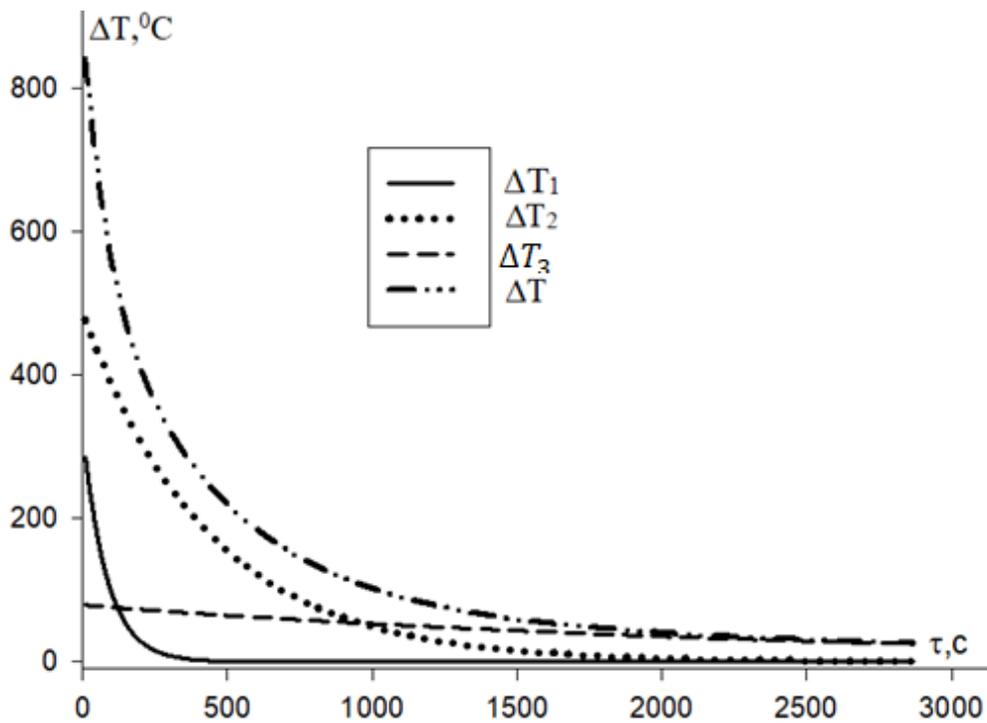


Рисунок №5. Временные зависимости составляющие охлаждения для образца длиной 4 см

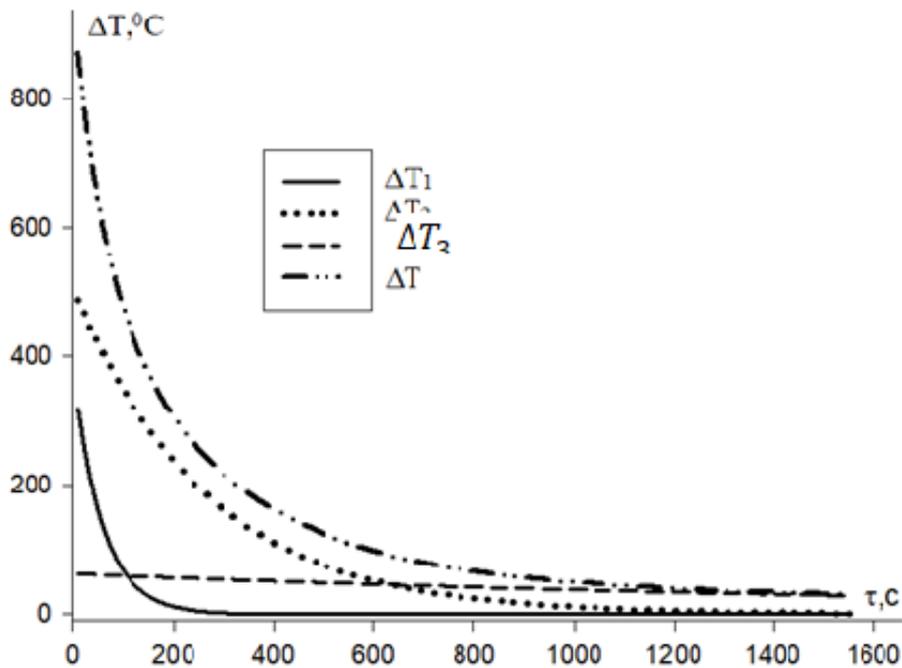


Рисунок №6. Временные зависимости составляющие охлаждения для образца длиной 1 см

Как видно из рисунков 4-6 процесс тепловое излучение протекает быстрее, чем в случаях теплопроводности воздуха и конвекции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследовано кинетики охлаждения цилиндрических образцов из латуни марки Л63 разной длины. Установлено, что коэффициент теплоотдачи не зависит от длины. Характерные время охлаждения увеличивается в ряду лучеиспускания, теплопроводности воздуха и конвекции.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Логинов, Ю. Н. Медь и деформируемые медные сплавы/ Ю.Н.Логинов.- Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2006.- 136 с. ISBN 5-321-00444-7.
2. Колачев, Б. А.Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов/ Б.А.Колачев, В.И. Елагин, В.А.Ливанов.- М.: МИСИС, 2001.- 416 с.
3. Колесова С. Н., Колесов И. С. Материаловедение и технология конструкционных материалов. М.: Высшая школа, 2004. 519 с.
4. Осинцев О. Е., Федоров В. Н. Медь и медные сплавы. Отечественные и зарубежные марки: Справочник. М.: Машиностроение, 2004. 336 с.
5. Подчайнова, В. Н. Медь. М., Свердловск: Metallurgizdat, 1991. 249 с.
6. Николаев, А. К., Костин С. А. Медь и жаропрочные медные сплавы: фундаментальный справ. М.: ДПК Пресс, 2012. 715 с.
7. Зиновьев, А. В., Частников А. Я., Потапов П. В. Физико-механические свойства и пластическая деформация меди и ее сплавов. М.: ИРИАС, 2009. 258 с.
8. Пугачева, Н. Б. Структура и свойства деформируемых легированных латуней. Екатеринбург: Ин-т машиноведения УрО РАН, 2012. 170 с. ISBN 978-5-7691-2253-
9. [Электронный ресурс] <https://wikimetall.ru/spravochnik/temperatura-plavlenija-latuni.html> (дата обращения: 14.09.2024).
- 10.Турахасанов, И. Т. Влияние размера цилиндрических образцов из алюминия марки А5 на время и скорость охлаждения. Ученые записки Худжандского государственного университета имени академика Б. Гафурова. Серия естественных наук. 2022. № 1(60). С. 14-19.
- 11.Turakhasanov, I. T., Nizomov Z., Nematov D. Effect of A5N Cylindrical Aluminum Specimens on the Cooling Kinetics. TRENDS IN SCIENCES. 2022. 19(24). P. 1-11. DOI: 10.48048/tis.2022.3536. URL: <https://www.preprints.org/manuscript/202211.0390/v1> (дата обращения: 14.09.2024).
- 12.Низомов, З., Гулов Б., Саидов Р. Х., Аvezов З. Измерение удельной теплоемкости твердых тел методом охлаждения. Вестник национального университета. 2010. Вып. 3(59). С. 136-141.
- 13.Gulov B. N., Nizomov Z., Tabarov F. S. Thermophysical properties of aluminum of grade A5N and its alloys doped with silicon, copper and rare-earth metals. Metallfiz. Noveishie Tekhnol. 2021. V. 43. P. 1553–1562. DOI: 10.115407/mfint.43.11.1553.
- 14.Sodatdinov Sh. S., Nizomov Z., Gulov B. N., Toshkhodzhaev Kh. A. Thermal isotropy of parallelepiped bronze specimens. International Scientific-Practical Journal. Endless Light in Science. 2022. Pp. 79-87. DOI: 10.24412/2709-1201-2022-79-87.
- 15.Содатдинов Ш. С., Низомов З., Саидзода Р. Х., Шарипов Дж. Г. Влияние высоты цилиндрических образцов из латуни Л63 на кинетику их охлаждения. Вестник национального университета. Серия естественных наук. 2023. Вып. 1. С. 170-184.

REFERENCES:

- 1.Loginov, Y. N. Copper and Deformable Copper Alloys / Y. N. Loginov. — Ekaterinburg: GOU VPO UGTU-UPI, 2006. — 136 p. ISBN 5-321-00444-7.
- 2.Kolachev, B. A., Elagin, V. I., Livanov, V. A. Metallurgy and Heat Treatment of Non-Ferrous Metals and Alloys / B. A. Kolachev, V. I. Elagin, V. A. Livanov. — Moscow: MSIS, 2001. — 416 p.
- 3.Kolesova, S. N., Kolesov, I. S. Material Science and Technology of Structural Materials / S. N. Kolesova, I. S. Kolesov. — Moscow: Higher School, 2004. — 519 p.
- 4.Osintsev, O. E., Fedorov, V. N. Copper and Copper Alloys. Domestic and Foreign Brands: Reference Book / O. E. Osintsev, V. N. Fedorov. — Moscow: Mashinostroenie, 2004. — 336 p.
- 5.Podchaynova, V. N. Copper / V. N. Podchaynova. — Moscow, Sverdlovsk: Metallurgizdat, 1991. — 249 p.
- 6.Nikolaev, A. K., Kostin, S. A. Copper and Heat-Resistant Copper Alloys: Fundamental Reference / A. K. Nikolaev, S. A. Kostin. — Moscow: DPK Press, 2012. — 715 p.
- 7.Zinoviev, A. V., Chastnikov, A. Y., Potapov, P. V. Physico-Mechanical Properties and Plastic Deformation of Copper and Its Alloys / A. V. Zinoviev, A. Y. Chastnikov, P. V. Potapov. — Moscow: IRIAS, 2009. — 258 p.
- 8.Pugacheva, N. B. Structure and Properties of Deformable Alloyed Brasses / N. B. Pugacheva. — Ekaterinburg: Institute of Mechanical Engineering of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2012. — 170 p. ISBN 978-5-7691-2253-8.

9. Melting Point of Brass [Electronic resource] // WikiMetall.ru. — Available at: <https://wikimetall.ru/spravochnik/temperatura-plavlenija-latuni.html> (accessed: 14.09.2024).
10. Turakhasanov, I. T. Influence of the Size of Cylindrical Samples from Aluminum Grade A5 on Time and Speed of Cooling / I. T. Turakhasanov. — Scientific Notes of Khujand State University Named after Academician B. Gafurov. Series of Natural Sciences, 2022. — No. 1(60). — P. 14–19.
11. Turakhasanov, I. T., Nizomov, Z., Nematov, D. Effect of A5N Cylindrical Aluminum Specimens on the Cooling Kinetics / I. T. Turakhasanov, Z. Nizomov, D. Nematov. — Trends in Sciences, 2022; 19(24):3536. Available at: <https://www.preprints.org/manuscript/202211.0390/v1> (accessed: 14.09.2024). DOI: 10.48048/tis.2022.3536.
12. Nizomov, Z., Gulov, B., Saidov, R. H., Avezov, Z. Measurement of Specific Heat Capacity of Solids by Cooling Method / Z. Nizomov, B. Gulov, R. H. Saidov, Z. Avezov. — Bulletin of National University, 2010. — No. 3(59). — P. 136–141.
13. Gulov, B. N., Nizomov, Z., Tabarov, F. S. Thermophysical Properties of Aluminum of Grade A5N and Its Alloys Doped with Silicon, Copper, and Rare-Earth Metals / B. N. Gulov, Z. Nizomov, F. S. Tabarov. — Metallophysics and Advanced Technologies, 2021. — Vol. 43. — P. 1553–1562. DOI: 10.115407/mfint.43.11.1553.
14. Sodatdinov, Sh. S., Nizomov, Z., Gulov, B. N., Toshkhodzhaev, Kh. A. Thermal Isotropy of Parallelepiped Bronze Specimens / Sh. S. Sodatdinov, Z. Nizomov, B. N. Gulov, Kh. A. Toshkhodzhaev. — International Scientific-Practical Journal "Endless Light in Science", 2022. — Pp. 79–87. DOI: 10.24412/2709-1201-2022-79-87.
15. Sodatdinov, Sh. S., Nizomov, Z., Saidzoda, R. H., Sharipov, J. G. Influence of Viscosity of Cylindrical Samples from Brass L63 on Kinetics of Their Cooling / Sh. S. Sodatdinov, Z. Nizomov, R. H. Saidzoda, J. G. Sharipov. — Bulletin of National University. Series of Natural Sciences, 2023. — Vol. 1. — Pp. 170–184.
16. Nizomov, Z., Sodatdinov, Sh. S., Saidzoda, R. H., Nematov, D. Influence of the Height Value of Cylindrical Specimens of Copper Grade M3 on the Kinetics of Their Cooling and Heat Transfer Processes / Z. Nizomov, Sh. S. Sodatdinov, R. H. Saidzoda, D. Nematov. — Engineering Science & Technology, 2024. — April 25. DOI: 10.37256/est.5220244118. Part of DOI: 10.37256/est.522024. Part of ISSN: 2717-5243.