

Өтепов Е.Б., Баст Ю.,  
Беркинбаева А.С.,  
Мадижанова А.Т.,  
Нұрғалиев А.К.

**Темір негізіндегі  
наноқұрылымды  
жабындысымен  
қорытпалардың  
диссипативті қасиеттерін  
зерттеу**

Uteпов E.B., Bast J.,  
Berkinbayeva A.S.,  
Madizhanova A.T.,  
Nurgaliyev A.K.

**Research of dissipative properties  
of alloys on the basis of iron with  
a nanostructural covering**

Утепов Е.Б., Баст Ю.,  
Беркинбаева А.С.,  
Мадижанова А.Т.,  
Нұрғалиев А.К.

**Исследование диссипативных  
свойств сплавов на основе  
железа с наноструктурным  
покрытием**

Жұмыстың негізгі идеясы металдық құрылғылардың жұмысы кезінде екіпін үрдісін физикалық модельдеу және наноқұрылымды жабындылармен жоғарғы демпферлік қасиеті бар қорытпаларды өңдеу болып табылады. Балқытылған болат қорытпаларының бастапқы құрамы хроммен (0.10-0.42)%, кальциймен (0,16-0,28)%, лантанмен (0,18-0,24)% легірленді. Акустикалық қасиеттері (екіпін кезіндегі дыбыс қысымы деңгейі), ішкі үйкеліс, болаттың меншікті электркедергісіне тәуелділігі) зерттелген. Қ.И.Сәтбаев атындағы ҚазҰТУ де ұсынылған дыбыстықшашырауды талқылау үшін және Тульск Техникалық Университетінде ұсынылған ішкі үйкеліс бойынша әдіс қолданылды.Тәжірбие бойынша балқытылған болаттар (БА-2, БА-3) төмен дыбыс шашырау қасиеті және жоғары ішкі үйкеліске ие екенін көрсетті, сондықтан бұлар өндіріске енгізілуге лайықты деп ұсынылады.

**Түйін сөздер:** дыбыстық сәуле, ішкі үйкеліс, демпферлеу, диссипация, наноқұрылым, балқыма, болат.

The main idea of work consists in physical modeling of process of impact during the work of a stamp and development of alloys with the increased damping properties, with a nanostructural covering. Melted steel original, legirovanny chromium (0.10-0.42%), calcium (0.16 -0.28)%, lantanom (0.18 -0.24)%. Studied the acoustic properties (sound pressure levels when the collision), internal friction, specific electric resistance of steels. Used the technique of KazNTU named after K.I. Satpayev sound emission assessment; and Tula Technological University (internal friction). Experiments have shown that melted alloys authors (BA-2, BA -3) have lower zvukoizlucheniem and high internal friction, so they are recommended for application in production.

**Key words:** sound radiation, internal friction, damping, dissipation, nanostructure, alloy, steel.

Основная идея работы заключается в физическом моделировании процесса соударения при работе металлических деталей и разработке сплавов с повышенными демпфирующими свойствами с наноструктурным покрытием. Нами выплавлены стали оригинального состава, легированные хромом (0.10-0.42)%, кальцием (0,16-0,28)%, лантаном (0,18-0,24)%. Исследованы акустические свойства (уровни звукового давления при соударении), внутреннее трение, удельное электросопротивление сталей. Использована методика, предложенная в КазНТУ имени К.И. Сатпаева для оценки звукоизлучения и Тульского Технического Университета по внутреннему трению. Эксперименты показали, что выплавленные сплавы (БА-2, БА-3) обладают пониженным звукоизлучением и высоким внутренним трением, поэтому они рекомендуются для внедрения в производства.

**Ключевые слова:** звукоизлучение, внутреннее трение, демпфирование, диссипация, наноструктура, сплав, сталь.

**ТЕМІР НЕГІЗІНДЕГІ  
НАНОҚҰРЫЛЫМДЫ  
ЖАБЫНДЫСЫМЕН  
ҚОРЫТПАЛАРДЫҢ  
ДИССИПАТИВТІ  
ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ**

**Кіріспе**

Нанотехнология материалтану ғылымында кең қолданыс тапты, бірақ дыбыстық үрдісінің демпферлеуші материалдардың жасау кезінде нанотехнологиялар сирек қолданылады. Өндірістегі адамның есту мүшесін қорғау ғылыми жұмысшылардың ең бір тапсырмасы және адамды өндірістік шудан қорғаудың заманауи бір әдісі жоғарғы демпферлік қасиеті бар материалдарды қолдану, өйткені өндірісте қолданылатын металдық материалдардың демпферлік қасиеті жеткіліксіз. Осыған байланысты мына мақалада келтірілген зерттеудің мақсаты болып, келесілер табылды:

– машина бөлшектерін жасауға арналған, стандартты марка болаттарының акустикалық және демпферлік қасиеттерін бағалау;

– нанокұрылымды жабындылармен машина бөлшектері беттерін дайындауға ұсынылған, жоғарғы демпферлік қасиетімен қорытпаларды өңдеу.

Зерттеудің заты өнеркәсіптерді қолданылатын темір негізіндегі қорытпа болып табылады. Зерттеудің объектісі ретінде шудың жоғарғы деңгейімен мінезделетін өнеркәсіптік жабдық алынды.

**Болаттардың қасиеттері**

Жұмыстың тәжірибиелік маңыздылығына бөлшектерді беттік жаймалау әдісімен дайындайтын, белгілі болат маркаларының демпферлік және акустикалық қасиеттерін бағалау, нанокұрылымды жабындылармен жаңа болат маркаларын жасау және металдық құрылғылардың өндірістегі шуды төмендету ұсыныстарын жасау болып табылады. Тәжірибие бойынша қорытылған БА-2, БА-3 (дыбыстық үрдістің төмендеуі және жоғарғы ішкі үйкеліс), болат үлгілері алынды. Осы жұмыстың алға қойған міндеттерінің бірі темір негізіндегі жаңа демпферлеуші металл материалдарды жасау болып табылады. Осыған байланысты жұмыста қорытпаларды легірлеу қағидалары күй диаграммасын зерттеуге негізделген 97,6%-ды металдық мырышпен, 77,5%-ды FeSi және 99,98%-ды металдық никельмен жүргізілді. Күй диаграммалары тем-

пература мен құрамдас бөлшектердің концентрациясына байланысты қорытпаның фазалық құрамын және қорытпалардың көптеген физика – химиялық, механикалық және технологиялық қасиеттерін сапалы сипаттауға мүмкіндік береді (1-5-кестелер).

Негізгі нанокұрылымды жабынды материалдар (Ti-Al-N)-ды ионды-ваккумды қондырғыда үш катодпен іске асырылады, оның екеуі катод дағының электромагнитті тұрақтандыруға және плазма ағынды (стандартты буландырғыш) плазмаоптикалық фокустауға ие болады. Біреуі плазмалық ағынды бөлуді үдету үшін арналған жүйемен жабдықталған. Нанокұрылымды жабындының қалыңдығын 200-400 нм құрайды [1]. Балқыту технологиясы белгілі бір өнімділік кезінде болаттың қажетті, және тұрақты құрамын алуды және металдың жоғарғы температурасын қамтамасыз ету керек. Болаттан жасалынған тілімше қондырғының камерасының ішіндегі

айналу механизмінің үстеліне орнатылады, ол газ – металл плазмадағы ағында аспаптың орын алмастыруын іске асырады. Камерадағы қалдық қысым вакуумды жүйенің және автоматты реттегіш көмегімен жасалады және реттеледі, тілімшелердің температурасының ауқымы 150–900°C, жұмыс спиральді ауқымы 1,8-3,8 мкм нысаналау көрсеткіші 1: 500 (номиналды мәні) және көрсеткішті орнату уақыты 0,025 с болатын пирометрикалық жүйенің көмегімен бақыланады. Болаттың жұмыс беттерінде көп функционалды жабындыларды қалыптастыру бойынша негізгі ережелерді іске асыру үшін Мәскеу болат және қорытпа институтында вакуумды-доғалдық агрегаттың негізіндегі жетілдірілген арнайы қондырғы ННВ-6.6 (вакуумного напыления) пайдаланды [2]. Балқыту индукционды пеште іске асырылды. Қолданылған болаттың өлшемдері 210×115×115 мм металдық қышада құйылды.

1-кесте – Зерттелген болаттардың химиялық және механикалық қасиеттері

Болат маркасы	Химиялық құрамы, % салмағы					Механикалық қасиеті		
	C	Si	Mn	Cr	Қосымша легірлеуші элементтер	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$	$\delta_{10}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
10Г2	0,07-0,15	0,17-0,37	1,2 -1,1,6	≤0,30	S≤0,040; P≤0,03; Cu≤0,25; Ni≤0,25	430	22	50
20пс	0,17 0,24	0,05 0,17	0,35-0,65	≤0,25	S≤0,04; P≤0,035; Cu≤0,25; Ni≤0,25	420	25	55
20кп	≤0,17- 0,24	≤ 0,07	≤0,25- 0,50	≤0,25	Cu≤ 0,20; Ni≤ 0,25; S≤ 0,040 P≤ 0,035	420	25	55
08кп	0,10	0,03	0,25-0,45	0,10	S≤0,03; P≤0,025; Cu ≤ 0,20; Ni=0,15; Al=0,02-0,08	280-410	26	25
25пс	0,22-0,27	≤0,03-	0,25-0,50	≤0,25	Ni≤0,25; Si≤0,03; P≤0,04; As≤0,30; Cu≤0,30; S≤0,04	360-460	27	60
08ю	0,05-0,11	0,05-0,17	0,35-0,65	≤0,10	S≤0,04; P≤0,035; Cu≤0,25; N≤0,25; As≤0,08	295	35	60
БА-1(нқж)	0,08	<0,1	0,30	0,12	P = 0,035; S = 0,04; Ca = 0,18; La = 0,14	320	25	24
БА-2(нқж)	0,12	<0,1	0,32	0,10	P = 0,035; S = 0,04 Ca = 0,16; La = 0,24	340	26	23
БА-3(нқж)	0,24	<0,1	0,65	0,42	P = 0,035; S = 0,04 Ca = 0,24; La = 0,18	408	29	30

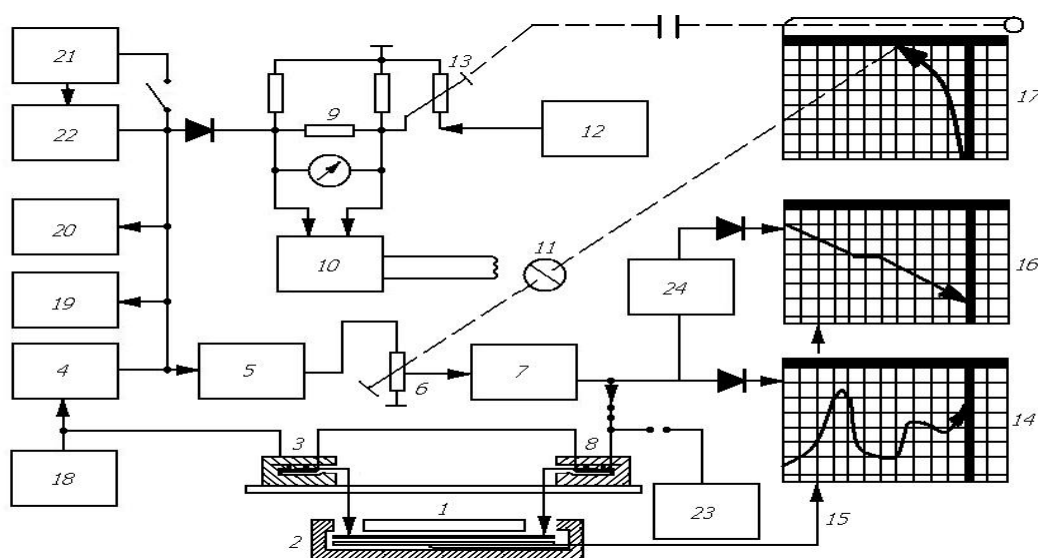
### Қорытпалардың акустикалық және дыбыс қасиеттерін, сейілу мен ішкі үйкеліс арқылы зерттеу

Болаттардың акустикалық (дыбыс деңгей), логарифмдік декремент (дыбысты үдету), демпфрлеу (иілу тербелісінде) қасиеттерін зерттеу үшін арналған қондырғыларды талдау негізінде, электромагнитті жоғары жиелі диапазонда (950-1000 Гц), температурасы 200-600°С-да болды, үйкелісті үздіксіз бекіту үшін арналған автоматты құрылғы таңдалды [3]. Қондырғы келесі тәртіппен жұмыс жасайды (1-сурет).

Зерттелетін наноқұрылымды жабынды қорытпа материалы 2 үлгі, 3 тербеліс дыбыс датчигі арқылы 4 күшейткіспен күшейтіледі.

Күшейтілген ербелістерді лампалық вольтметр 18 арқылы анықтаймыз. Анықталған тербеліс 5 фильтр арқылы дыбыс үдетіліп, 7 қуатты үдеткішпен 8 тербелісті қоздырғышқа түседі. Дыбыс қозғалысындағы бақылауды 19 осциллограф жүргізеді. Тербелістердің мерзімін 20 жиілік өлшеуіш тексереді.

Тәжірбиенің нәтижесі 1-суретте көрсетілген қондырғы бойынша анықталған, осциллографтың дыбыстық импульсін үдету БА-3(нқж) болатын қорытпадан кейінгі мінездемесі 2-суретте көрсетілді, осы анықтама бойынша математикалық өңдеуден өткізіліп, дыбыстың акустикалық логарифмдік декрементін, салыстырмалы сейілу, ішкі үйкеліс формула бойынша анықталды.



1 – қыздырғыш (суытқыш) құрылғы; 2 – үлгі; 3 – тербеліс датчигі; 4 – күшейткіш; 5 – фильтр; 6 – потенциометр; 7 – қуатты үдеткіш; 8 – тербелісті қоздырғыш; 9 – салыстыру блогы; 10 – сервокүшейткіш (КСП-4); 11 – сервоқозғалтқыш; 12 – кернеулерді тұрақтандырғыш блогы; 13 – потенциометр; 14 – өздігіненжазғыш; 15 – термобу; 16 – өздігіненжазғыш; 17 – потенциометр; 18 – лампалық вольтметр; 19 – осциллограф; 20 – жиілік өлшеуіш; 21 – дискриминатор; 22 – импульс есептеуіш; 23 – генератор; 24 – блок;

1-сурет – Ішкі үйкеліс пен тығыздық модулін үздіксіз бекіткіш автоматты құрылғысының блок-схемасы



2-сурет – БА-3 (нқж) болатының екпіннен дыбыс импульсінің үдету осциллограммасы

Логарифмдік декрементін формула бойынша анықталды

$$\delta = \frac{l}{n} \ln \frac{A_0}{A_n}, \quad (1)$$

мұнда  $A_0$  – бастапқы, максималды дыбыс импульсі амплитудасы, мм;  $A_n$  – соңғы, минималды дыбыс импульсі амплитудасы, мм;  $n$  – осциллограф экранындағы импульстар саны.

Салыстырмалы сейілу:

$$\psi = 2 \cdot \delta. \quad (2)$$

Ішкі үйкеліс:

$$Q^{-1} = \frac{\delta}{\pi} = \frac{\psi}{2\pi}. \quad (3)$$

Жұмысты бастамас бұрын үлгі соққыш шар қолданылып (ШХ15) дыбыстық қысым деңгейін тексеру арқылы реттеліп отырды. Эксперименттің нәтижелері екпін кезіндегі дыбыстық қысымның қисық деңгейінің сипаты 2 кестеде келтіріледі:

– зерттелген үлгілердің дыбыстық қысымы 46–84 дБ ауқымда болады;

– дыбыстық қысым деңгейлердің максимумдары 250-16000 Гц (65-88 дБ) жиілікте байқалды;

– үлгілердің дыбыс шығару үрдісін зерттеу барысында дыбыс шығарудың дыбыс қысым деңгейі (ДҚД) құбылысы байқалады, бұл құбылыстың мәні (НҚЖ) 08Ю және БА-3 болат үлгілері соққы үшін құрылымдық демпфрлеудің арқасында соғылысу әсерінен шу деңгейінің төменделуі барабар емес (адекватты емес) іске асырылады.

**2-кесте** – Соғудан кейінгі наноқұрылымды жабындысымен 08Ю және БА-3 болат үлгілерінің дыбыс қысымы деңгейі мен дыбыс деңгейі

f, Гц	ДҚД, дБ	БА-3(НҚЖ)	08Ю
500		81	84
1000		99	103
2000		97	103
4000		104	114
8000		102	111
16000		103	107
	А, дБА	105	118

Дыбыс қысымының деңгейлері, дыбыс генераторында 20, дыбыс сигналының өлшемдерін қабрлеу үшін қолданылады, электрлік тербеліс арқылы механикалыққа өзгеріп және лампылық вольтметрге 18 арқылы үлгіге беріледі. Автоматты қондырғы (микробөлшекті фаза) бөлуге мүмкіндік береді. Тамшылы құрамдас бөлшекті бөлу қуатты магнитті өріспен зарядталған ионды ағынды (иондар, электрондар) қайырып тастау нәтижесінде іске асырылады. Дыбыс сигналдарының түзеткіш арқылы салыстыру блогына 9 келіп, кернеулерді тұрақтандырғыш блогы арқылы 12 теңеседі. Баланыстан шығудың шамасы сервокүшейткішке КСП-4 17. 10 беріледі. Қозғалтқыш 11 үдеу К коэффициентін потенциометр 6 көмегімен өзгереді, оның сапасы ретінде КСП-4 реохорд қолданған [5]:.

Акустикалық мінездемелерін зерттеуді 250-16000 Гц жиілікте жүргізді. Бұл жерде дыбыс қысымының деңгейі шегі 8000 және 16000 Гц жиілікте бақыланады. Өндірістегі шудың шегі Заборова В.И., Утепов Е.Б. дәйектеріне сәйкес 1000-2000 Гц жиілікте мінезделеді. Осыдан модельдеу коэффициенті құрайды:

$$K_{.m_1} = \frac{8000}{2000} = 4; \quad K_{.m_2} = \frac{16000}{2000} = 8; \quad (4)$$

$$K_{.m_3} = \frac{8000}{1000} = 8; \quad K_{.m_4} = \frac{16000}{1000} = 16.$$

Осыдан қорытынды жасауға болады, осы зерттеулер арқылы нақты машина тетіктері мен бөлшектері үшін түзу, өлшемдері модельге қарағанда 4-16 есе көп.

Ішкі үйкеліс (қорытпалардың демпферлік қасиеті сияқты мінездемелер), механикалық тербеліс энергиясының жоғалуын және көміртегінің феррит қысымы бетінде атомдары есебінен ішкі үйкелістер шегін құрайды. Демпферлеудің «фондық» механизмінің бірі болып фондық сейілу болып табылады. Фондардың бір-бірімен немесе кристалдық торларда ақау типтілермен бөгеуілдерінде, демпферлеудің жоғарғы фондында көрсетілетін энергияның сейілуі жүреді. Температураның жоғарлауы мен кристалдық тордың ортақ метатұрақтылықтары үлкеюнен сейілу кенет өседі. Метатұрақты торларда, өзіндік энергиясының жоғарлығымен және кенет кернеудің аса көптігімен және тұрақты жағдайға қарағанда, анизотропия серпімді кернеулерде толқындардың таралуы аннигиляция фонон-

дары туу үшін қолайлы шарттар болатын «фононды» газдың өзіндік қозғалысымен мінезделеді.

1-суретке сәйкес зерттелген болаттардың маркаларымен соғудан кейінгі БА-2(нқж) және

БА-3(нқж) легірленген болат үлгілерінің екпін кезіндегі дыбыс қысымы деңгейі мен дыбыс деңгейі меншікті электркедергісіне тәуелдігі соғудан кейінгі сипаттамалары.

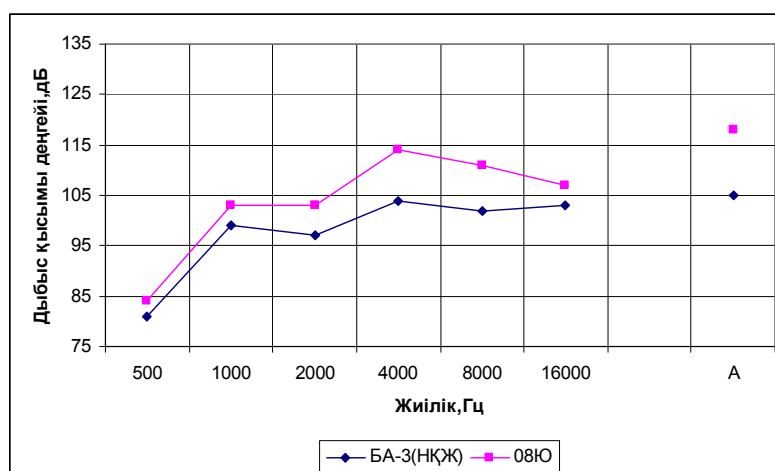
**3-кесте** – Соғудан кейінгі дыбыс деңгейінің меншікті электркедергісіне тәуелділігі

№ п/п	Болат маркалары	Меншікті электркедергісі, г	Тәжірибие дисперсиясы, $S^2$	Орташа квадраттық ауытқу, $S$	Соғудан кейінгі дыбыс деңгейі, дБА
1	10Г2	9,25	0,323	0,569	121
2	Ст. 20пс	9,36	0,301	0,549	120
3	Ст. 08Фкп	9,22	0,321	0,567	122
4	Ст. 20кп	9,20	0,266	0,516	123
5	25пс	9,45	0,201	0,248	122
6	08ю	9,40	0,444	0,666	124
7	БА-1(нқж)	9,25	0,606	0,778	116
8	БА-2(нқж)	11,34	0,602	0,776	112
9	БА-3(нқж)	11,48	0,664	0,815	111

Нқж-наноқұрылымды жабынды.

3-суретке сәйкес ішкі үйкелістің мәндерінің жоғарлауы 08ю үлгілерінің екпін кезіндегі дыбыс қысымы деңгейі 500 Гц жиілікте және 16000 Гц БА-3(нқж) үлгінің жиіліктегі дыбыс шығару сипаттамасы келтірілген

Наноқұрылымды жабындысы бар болат үлгілерінің Ст.20кп және БА-2 соғудан кейінгі екпін кезіндегі дыбыс қысымы мен дыбыс деңгейін 4-кесте арқылы сипатталады.

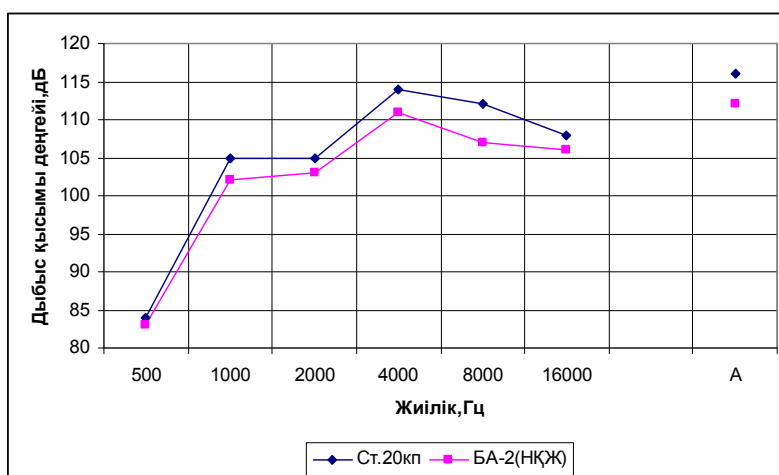


**3-сурет** – Соғылысу кезіндегі 08ю және БА-3(нқж) болат үлгілерінің екпін кезіндегі дыбыс қысымы деңгейі мен дыбыс қысымы

**4-кесте** – Соғудан кейінгі Ст.20кп және БА -2 болат үлгілердің екпін кезіндегі дыбыс қысымы мен дыбыс деңгейі

f, Гц	ДҚД, дБ	Ст.20кп	БА-2 (НҚЖ)
500		84	83
1000		105	102
2000		105	103
4000		114	111
8000		112	107
16000		108	106
A, дБА		116	112

Үлгілермен және металдық құрылғылармен жұмыс кезінде екпін үрдісін физикалық модельдеу және наноқұрылымды жабындымен жоғарғы демпферлік қасиеті бар қорытпаларды өңдеу болып табылды 5 кестеде ішкі үйкелістер міндері жоғарлауы БА-3, БА-2 қорытпаларда байқалады, Амплитуда-тәуелділік демпферлеу БА-3 қорытпасында  $5,8 \cdot 10^{-3}$  айқын байқалады, меншікті деформация кезіндегі ішкі үйкеліс  $29,9 \cdot 10^{-4}$  ден  $10,855 \cdot 10^{-3}$  дейін жетеді.



**4-сурет** – Соғылысу кезіндегі 20кп (НҚЖ) және БА-2 болат үлгілерінің 4-кестеде көрсетілгендей үлгілердің соққыдан кейінгі екпін кезіндегі дыбыс қысымы деңгейі мен дыбыс деңгейінің дыбыс шығару сипаттамасы көрсетілген.

**5-кесте** – Үлгілердің соғылысу кезіндегі дыбыс шығарудың меншікті деформация кезіндегі мінездемелер

Қорытпа нөмірі	Деформация амплитудасы	Ішкі үйкеліс, Q <sup>-1</sup> Г	Дисперсия S <sup>2</sup> Г	Қорытпа нөмірі	Деформация амплитудасы	Ішкі үйкеліс, Q <sup>-1</sup> Г	Дисперсия S <sup>2</sup> Г
Ст. 10Г2	6,9	3,12	0,425	БА-3(нқж)	6,9	4,19	0,0242
	9,2	3,16	0,419		9,2	5,75	0,366
	11,5	3,18	0,677		11,5	4,32	0,484
	13,8	4,10	0,439		13,8	4,31	0,3
	16,1	4,21	0,532		16,1	4,32	0,268
	18,4	4,33	0,488		18,4	4,56	0,281
	20,7	5,16	0,408		20,7	4,31	0,222
	23,0	5,23	0,592		23,0	4,75	0,225

Қорытпа нөмірі	Деформация амплитудасы	Ішкі үйкеліс, Q <sup>-1</sup> Г	Дисперсия S <sup>2</sup> Г	Қорытпа нөмірі	Деформация амплитудасы	Ішкі үйкеліс, Q <sup>-1</sup> Г	Дисперсия S <sup>2</sup> Г
	25,3	5,30	0,883		25,3	5	0,435
	27,6	5,62	0,519		27,6	5,19	0,92
	29,9	5,58	0,756		29,9	6,59	0,786
	322	5,69	2,825		32,2	6,06	0,248
	34,5	5,79	1,829		34,5	6,53	1,565
Ст. 20кп	6,9	2,44	0,582	Ст. 08пс	6,9	3,15	0,288
	9,2	2,72	0,06		9,2	2,92	0,115
	11,5	2,65	0,065		11,5	2,88	0,102
	13,8	2,57	0,059		13,8	3,01	0,088
	16,1	2,92	0,102		16,1	3,25	0,125
	18,4	2,83	0,12		18,4	3,28	0,185
	20,7	2,99	0,129		20,7	3,42	0,142
	23,0	3,18	0,115		23,0	3,52	0,094
	25,3	3,13	0,128		25,3	3,54	0,155
	27,6	3,25	0,13		27,6	3,85	0,156
	29,9	3,6	0,122		29,9	3,92	0,182
	32,2	3,5	0,135		32,7	2,82	0,131
	34,5	3,45	0,059		34,5	3,11	0,098
	40,25	4,05	0,021		40,25	3,01	0,124
	-	-	-	46,0	3,12	0,071	
08ю	6,9	2,42	0,204	БА-2(нқж)	20,7	6,18	0,142
	9,2	2,26	0,122		23,0	6,32	0,135
	11,5	2,7	0,128		25,3	6,72	0,125
	13,8	2,65	0,41		27,6	7,25	0,118
	16,1	2,7	0,15		29,9	7,28	0,149
	18,4	2,63	0,282		32,2	8,18	1,93
25пс	20,7	2,85	0,131	БА-1(нқж)	34,5	10,88	0,675
	23,0	2,96	0,095		40,25	10,89	6,3
	25,3	3,41	0,283		6,9	3,72	0,145
	27,6	3,36	0,145		9,2	4,25	0,148
	29,9	3,55	0,185		11,5	4,55	0,315
	32,2	3,65	0,233		13,8	4,26	0,135
	34,5	3,7	0,355		16,1	4,55	0,068
	40,25	3,79	0,131		18,4	5,15	0,146
	46,0	3,78	0,193	20,7	5,25	0,168	

### Қортынды

Стандартты балқытылған болаттардың дыбыстықшашырату деңгейі мен ішкі үйкелістік деңгейінің қасиеттері зерттелді. Ішкі үйкелістің мәні болып нанокұрылымды жабындысымен

қайта балқытылған, стандартты болаттарға қарағанда оңтайлы кальциймен (0,16-0,28) және ланталмен (0,14-0,24) легіріленген (БА-2, БА-3) нанокұрылымды жабындылары дыбысшашырату деңгейін азайтып және ішкі үйкелісті жоғарлатуға мүмкіндігін тигізді



### Әдебиеттер

- 1 Криштал М.А. Головин С.А. Внутреннее трение и структура металлов. – М. Металлургия, 1976. – 376 с.
- 2 Утепов Е.Б., Сулеев Д.К., Бискаев С.Т. и др. Акустическая экология: Демпфирующие материалы и конструкции – Алматы, 2001. – 330 с.
- 3 Бижанов Н.К., и др. Научные основы создания «Тихих» сплавов (проблемы акустической экологий). – Алматы: ТОО «Принт», 2000. – 332с.
- 4 Утепов Т.Е. Разработка вибродемпфирующих металлических материалов на основе железа для снижения производственного шума – Алматы: КазНТУ им К.И. Сатпаева, 2012. – 252 с.
- 5 Сулеев Д.К., Утепов Ю.Б., Урикбаева Г.А, Применение демпфирующих наноструктурированных материалов в технике борьбы с шумом и вибрацией. – Алматы: КазНТУ им К.И. Сатпаева, 2008. – 75 с.

### References

- 1 Crystal M. A. Golovin , S. A. Internal friction and structure of metals. -M.: Metallurgy, 1976. – 376 s. (in Russ).
- 2 Uteпов E.B., Suleev D. K.,Bisakayev S.T. I dr.Akusticheskaya ecologia:demphiryusie materialy I konstrukcii. Almaty, 2001. – 330 s. (in Russ).
- 3 Bizhanov N. K., etc. Scientific bases of creation of “Silent” alloys (problem acoustic ekologiya). – Almaty: «Print» LLP, 2000. – 332 s. (in Russ).
- 4 Uteпов T.E. Development of the vibrodamping metal materials on the basis of iron for decrease in production noise – Almaty.: KazNTU im. K.I. Satpaeva, 2012. – 252 s. (in Russ).
- 5 Suleev D. K.,Uteпов Y.B., Urikbayeva G.A., Primenenie demphiruyushih nanostrukturnih materialov v tehnikе borbi I vibratsiei. – Almaty: KazNTU im. K.I. Satpaeva, 2008. – 75 s. (in Russ).