

А.К. Кадириббетова* 

магистр, аға оқытушы
М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті
Тараз, Қазақстан
aishafiz@mail.ru

Р.Ж. Наметкулова 

аға оқытушы,
М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті
Тараз, Қазақстан
nametkulova65@mail.ru

ДЫБЫС ИНТЕНСИВТІЛІГІН ӨЛШЕУ КЕЗІНДЕГІ ДИФРАКЦИЯЛЫҚ ҚАТЕЛІКТЕР

Аннотация. Дыбыс интенсивтілігін өлшеу әдісіндегі жүйелік қателіктер қарастырылған. Олар қолданылатын қабылдағыштардың өзара дифракциялық әсерлесуіне негізделген. Дифракциялық өзара әрекеттесу қабылдағыштардың сезімталдықтарына және олардағы дыбыс қысымына әсер ететіндігі көрсетілген. Осы құбылыстардың қос әсері дыбыс интенсивтілігін өлшеу қателігін арттырады және жоғары жиіліктердің де, төмен жиіліктердің де жиілік аралығын шектейді. Бұл мақалада микрофондар арасындағы толқындық өлшемдердің аралығын таңдау бойынша ұсыныстар берілген. Бұл дифракциялық қателіктердің шектеу деңгейін білгенде маңызды болыр табылады.

Тірек сөздер: дыбыс толқындары, интенсивтілік, акустика, қабылдағыштар, дифракция құбылысы, сигналдар, арна.

Кіріспе. Акустикалық өлшеулердің маңызды мәселелерінің бірі болып акустикалық сәуле шығарудың интенсивтілігін анықтау және қуатты өлшеу болып табылады. Дыбыстың интенсивтілігін анықтайтын заманауи өлшеулер тербелмелі жылдамдық пен дыбыстық қысымды қабылдағыш қондырғылардың көмегімен жүзеге асырылады. Бұл бір микрофонды қолдану немесе екі микрофон әдісі арқылы аралас тәсілмен орындалады.

Тербелмелі жылдамдықтарды қабылдағыштарда аралас әдістің ең басты кемшілігі – ол сыртқы әсерлерге сезімталдығы (мысалы жел, соққы).

Зерттеу шарттары мен әдістері. Интенсивтілік пен қуатты өлшеу үшін бір микрофон да жеткілікті [1]. Интенсивтілік p акустикалық қысымы, p тығыздық және ортаның c дыбыс жылдамдығы бойынша анықталады:

$$I = \frac{p^2}{2\rho c}.$$

Қысым S беттің ауданы бойынша интенсивтілікті интегралдау жолымен анықталады. Ол арқылы акустикалық сәуле шығару өтеді: $P = \int I dS$. Бірақ берілген әдіс күрделі құрылымды

өрістердегі интенсивтілікті анықтауға мүмкіндік бермейді, ал келтірілген өрнектер қабылдағышқа жазық акустикалық толқын түскен кезде мүмкін болады.

Сигналдарды өңдеудің сандық әдістерін жетілдіру дыбыстардың интенсивтілігін өлшеуде қолдануға мүмкіндік берді, бұл екі микрофонның көмегімен тербелмелі жылдамдықты анықтау әдісі.

Екі микрофон әдісі. Екі микрофон әдісінде дыбыстық қысымның екі қабылдағышы қолданылады, олар толқын ұзындығымен салыстырғанда бір бірінен аз ара қашықтықта орналасқан [2, 3]. Осы әдістің көмегімен келесі өрнек негізінде интенсивтілікті анықтау керек:

$$I_{\text{өлш}} = \frac{1}{T} \int_0^T p V_r dt, \quad (1)$$

мұндағы p — дыбыстың қысымы, V_r — қабылдағыштар арасындағы қандай да бір нүктедегі бөлшектердің тербелмелі жылдамдығы, $I_{\text{өлш}}$ — өлшеніп отырған дыбыс интенсивтілігі, T — дыбыс тербеліс-терінің периоды.

Бөлшектердің r бағытындағы тербелмелі жылдамдығының проекциясы микрофондар орналасқан сызықпен анықталады, ол келесі формуламен берілген:

$$V_r(t) \approx \int \frac{p_2(t) - p_1(t)}{\rho h} dt, \quad (2)$$

мұндағы ρ — ортаның тығыздығы, $p_1(t)$ және $p_2(t)$ — дыбыстық қысымның лездік мәндері, олар екі бағытталмаған микрофон-қабылда-

ғыштармен өлшенген, дыбыстық қысым, ара қашықтығы h . Осы ортаңғы нүктенің қысымы жуық шамамен мынаған тең:

$$p(t) \equiv \frac{p_1(t) + p_2(t)}{2}. \quad (3)$$

Екі микрофон арасындағы орта нүктедегі дыбыс интенсивтілігін $p(t)$ және $V_r(t)$ көбейтінділерді интегралдау жолымен анықталады.

Екі микрофон әдісінде жүйелік қателіктер кездеседі, (2), (3)-өрнектердегі шекаралық-айырымдық жуықтаудан шығады, негізінен жоғары жиілікте білінеді. Шу көзінің жақын жердегі өрісі моноөріске қарағанда біршама күрделі болғандықтан, дыбыс интенсивтілігін өлшеу кезінде моноөріс түріндегі жуықтаулар жарамсыз болып табылады. Д.Томпсон және Д.Три нақты шу көзіне жақын маңдағы дыбыс интенсивтілігін өлшеу үшін микрофондар арасындағы қашықтығы kh және h/r болатын, дыбыстық толқындардың мәндерін таңдау керек, мұндағы r — шу көзіне дейінгі ара

қашықтық [4]. Қателік ± 1.5 дБ аралықта қалу үшін, келесі параметрлер шегін қолдану ұсынылады: $0.1 \leq kh \leq 1.5$ және $0 \leq h/r \leq 0.5$.

Екі микрофон әдісімен дыбыс интенсивтілігін өлшеу әдісінің тағы бір қателігі болып екі микрофондық арнаның фазалық ығысуы болып табылады, олар көбінесе төменгі жиілікте қателіктер береді [3,5]. 100 Гц жиілікте $h = 100$ мм болғанда екі арна арасындағы 1⁰ кіші фазалар айырымы кезінде қателік деңгейінің мәні 3 дБ-ге дейін жетеді. Осылайша, құралдардың фазалар айырымын минимумға жеткізуге болады. Фаза бойынша екі арна немесе екі өлшеуіш арна арасында фазалық калибровка қолданған жөн. Д.Чанг құралдың фазалар айырымы тудыратын

қателіктерді жою үшін тізбектерді қосып ажырату әдісін тапты [5]. Бірақ бұл әдіс айырымдық-шектік жуықтаудың қателігін жоя алмайды.

Дифракциялық құбылыстардың қабылдағышқа өзара әсерлері жүйелік қателіктердің жаңа түрінің пайда болуына әкеледі. Дыбыс интенсивтілігін өлшеу нәтижесіне дифракция екі тәсілмен әсер етеді: түсетін сәуленің қысымының өрісін бұрмалап, оны басқа қабылдағышқа шашырату арқылы және

қабылдағыштардың акустикалық кедергілерінің олардың сезгіштігіне әсер етуі арқылы.

Зерттеу нәтижелері. Дыбыс көзі шексіз алыстатылған жағдайда, қарапайым жуықтауда, қабылдағыштарда дыбыстың шашырауы нәтижесіндегі қысымдардың бұзылу әсерін қарастырайық. (2), (3)-формулаларда дыбыс қысымын қабылдағыштардағы қысымдар түсетін және шашырайтын толқындардың қосындысы түрінде беріледі:

$$\begin{cases} p_1 = p_{11} + p_{12} \\ p_2 = p_{22} + p_{21} \end{cases} \quad (4)$$

мұндағы p_{11} – түсетін толқынның әсерінен бірінші қабылдағышта туындайтын қысым; p_{12} – екінші қабылдағыштың әсерінен біріншіде пайда болатын қысым; p_{22} және p_{21} дәл осылай анықталады.

Бұдан бөлек, жазық толқынның қандай да бір α бұрышпен оське түсуі кезінде, қабылдағыштардың центрле-

рін қосатын кезде қосымша фазалық ығысуды ескеру қажет: $\Delta\varphi = k\Delta l = kh\cos\alpha$ (1-сурет).

Шашыраған толқынның қысымын монопольдік және дипольдік құраушылардың қосындысы түрінде көрсетуге болады [4]:

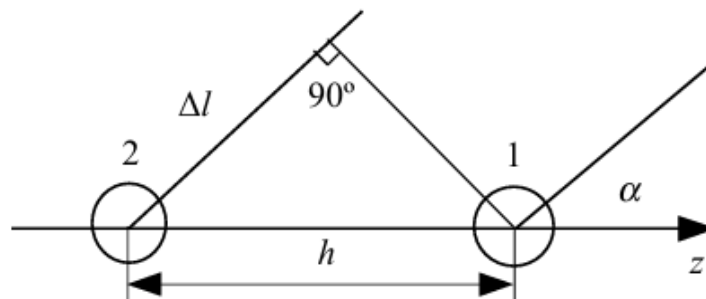
$$p_{12} = p_m + p_d,$$

мұндағы

$$p_m = \rho c V z_m e^{i(\omega t - \varphi)}, \quad z_m = \frac{(kR)^2 i + kR}{kh(1 + kR^2)},$$

$$p_d = \rho c V z_d e^{i(\omega t - \varphi)},$$

$$z_d = \frac{(kR)^3(kh - i)(kR)^2 - 2ikR}{(kh)^2(2 - (kR)^2)^2 + (2kR)^2} \cos\alpha e^{i(\omega t - \varphi)}$$



1-сурет. Интенсивтілікті өлшеуге арналған дыбыстық қысымның сфералық қабылдағыштары (1,2), α – жазық дыбыстық толқынның түсу бұрышы.

Сонда қабылдағыштардағы қысымдар үшін мынаны аламыз:

$$\begin{aligned} p_1 &= p_0 \left(e^{i\omega t} + (z_m + z_d) e^{i(\omega t - (kh(1+\cos\alpha) - kR))} \right), \\ p_2 &= p_0 \left(e^{i(\omega t - kh\cos\alpha)} + (z_m - z_d) e^{i(\omega t - kh + kR)} \right). \end{aligned}$$

Дыбыстың интенсивтілігін қысымға арналған (4), (5) келесі өлшенетін екі микрофон әдісін (1-3) өрнектерді ескере отырып:

$$\begin{aligned} I_{\text{өлш}} &= \frac{1}{2T} \int_0^T \text{Re}(pV^*) dt = \\ &= \frac{1}{4T\rho h} \text{Re} \left[f_1^2 \int_0^T p_1 \int_0^1 p_1^* dt dt + f_1 f_2 \left(\int_0^T p_2 \int_0^t p_1^* dt dt \right) - f_2^2 \int_0^T p_2 \int_0^t p_2^* dt dt \right], \end{aligned}$$

мұндағы

$$p = \frac{p_1 + p_2}{2}, \quad V = \frac{1}{\rho} \int_0^1 \frac{p_2 - p_1}{h} dt; \quad p_1 = \frac{U_1}{M_1}, \quad p_2 = \frac{U_2}{M_2};$$

U_1 және U_2 – түрлендіргіште туындайтын кернеулер, $M_1 = M_0 f_1$, $M_2 = M_0 f_2$ – өзара әсерлесулер ескерілген кездегі микрофондардың сезімталдығы.

(6)-ғы тік төртбұрыш жақшалардағы қосылғыштарды есептей отырып, бірінші және соңғы

қосылғыштардың шамасы нөлге тең екендігін аламыз, және интенсивтілікті өлшей отырып, тек ортаңғы мүшемен анықталатындығы шығады. Сонда ізделініп отырған дыбыс интенсивтілігіне арналған өрнек келесідей болады:

$$\begin{aligned} I_{\text{өлш}} &= \frac{p^2 \cos\alpha f_1 f_2}{2\rho c k h \cos\alpha} \left[\sin(kh\cos\alpha) + 2\text{Im}(z_d e^{-ik(h-R)}) \right. \\ &\quad \left. + \text{Im}\left((z_m + z_d)(z_m + z_d)^* e^{-ikh\cos\alpha}\right) \right]. \end{aligned}$$

Акустикалық z_m және z_d кедергілерді актив және реактивті құраушылардың қосындысы ретінде

$z_m = r_m + ix_m$, $z_d = r_d + ix_d$ түрінде көрсете отырып, алатынымыз:

$$\begin{aligned} I_{\text{өлш}} &= \frac{p^2 \cos\alpha}{2\rho c} f_1 f_2 \left[\frac{\sin(kh\cos\alpha)}{kh \cos\alpha} + 2 \left(\frac{x_d \cos k(h-R) - r_d \sin k(h-R)}{kh \cos\alpha} \right) \right] + \\ &\quad + \frac{2(r_m x_d - x_m r_d) \cos(kh\cos\alpha) - (r_m^2 + x_m^2 - r_d^2 - x_d^2) \sin(kh\cos\alpha)}{kh \cos\alpha} \end{aligned}$$

мұндағы

$$\begin{aligned} r_m &= \frac{x^3}{3y(1+x^2)}, \quad x_m = \frac{x^2}{3y(1+x^2)}, \quad r_d = \frac{x^3(2y-x^2y-2x)\cos\alpha}{y^2(4+x^4)}, \\ x_d &= \frac{x^3(x^2-2xy-2)\cos\alpha}{y^2(4+x^4)}, \quad x = kR, \quad y = kh. \end{aligned}$$

Тік бұрышты жақшаларда тұрған бірінші қосынды шектік-айырымдық қателіктермен сәйкес келеді; қалған қосындылар өзара әсерлесуге жауапты болып табылады.

Интенсивтіліктің дәл мәні мына түрде болатынын ескеріп, жүйелік қателіктерге арналған өрнекті мына түрде жазуға болады:

$$L_e = 10 \lg \left(\frac{I_{\text{өлш}}}{I_{\text{дәл}}} \right) = 10 \lg \left[f_1 f_2 \left(\frac{\sin(y \cos \alpha)}{y \cos \alpha} + \frac{2(x_d \cos(y-x) - r_d \sin(y-x))}{y \cos \alpha} \right) + \frac{2(r_m x_d - x_m r_d) \cos(y \cos \alpha)}{y \cos \alpha} - \frac{r_m^2 + x_m^2 - (r_d^2 + x_d^2)}{y \cos \alpha} \sin(y \cos \alpha) \right] \quad (7)$$

Алынған (7)-өрнекте f_1 және f_2 қабылдағыштардың салыстырмалы сезгіштіктері белгісіз боп қалады, олар өзара диффузиялық құбылыстардың нәтижесінде оқшауланған сфералық дыбыс

қабылдағышпен салыстырғанда өз мәндерін өзгертеді. Бірінші және екінші ($i = 1, 2$) сфералық қабылдағыштардың салыстырмалы сезімталдықтарын өзара әсерлесуді ескере отырып, мына түрде аламыз:

$$f_i = \frac{M_i}{M_0} = \frac{\sqrt{r_{si}}}{x} \left[\left[1 - bx^2 \left(1 + \frac{ax_{si}}{x} \right) \right]^2 + \left(\frac{baxr_{si}}{\eta_i} \right)^2 \right]^{-\frac{1}{2}}, \quad (8)$$

мұндағы M_0 - қабылдау режиміндегі жалғыз сфераның сезімталдылығы, a және b - қабылдағыштардың параметрлері, $\eta_i = r_{si}/(r_{si} + r_n)$ - өзара әсерлесулерді ескерген кездегі жаңа кедергілерге сәйкес келетін түрлендіргіштердің пайдалы әсер коэффициенті (ПӨК), r_n - түрлендіргіштің механикалық шығындарының меншікті кедергісі, r_{si} және x_{si} өзара әсерлесуі ескерілген сфералардың сәулеленуінің актив және реактивті кедергілерін көрсетеді.

Зерттеу нәтижелерін талқы-лау. Сфералардың сәуле шығарула-рының өзара әрекеттесулерін ескергендегі

кедергілерін анықтау үшін сфераларды абсолют қатты (сығылмайтын) және қозғалыссыз деп есептейміз, бұл көптеген тәжірибелік жағдайларда жүзеге асырылатын қабылдағыштардың тығыздығы пен қатандығын біршама арттару шарттарында, ортаның (судың немесе ауаның) дәл осындай параметрлерін ескеріп алады.

Бұл жағдайда бірінші сфераның сәуле шығарудың меншікті кедергісінің актив құрашулыраны бұл жағдайда мына түрде болады:

$$r_{s1} = \frac{x^2}{1+x^2} + \frac{x^2}{3y} \left[\frac{x \cos(y(1+\cos \alpha) - x) + \sin(y(1+\cos \alpha) - x)}{1+x^2} - 3x \cos \alpha \times \frac{(2xy + 2 - x^2) \sin(y(1+\cos \alpha) - x) + (x^2 y + 2x - 2y) \cos y(1+\cos \alpha)}{y(x^4 + 4)} \right], \quad (9)$$

реактивті құраушы:

$$x_{s1} = \frac{x}{1+x^2} + \frac{x^2}{3y} \left[\frac{\cos(y(1+\cos \alpha) - x) - x \sin(y(1+\cos \alpha) - x)}{1+x^2} - 3x \cos \alpha \right]$$

$$\times \frac{(2xy + 2 - x^2)\cos(y(1 + \cos\alpha) - x) - (x^2y + 2x - 2y)\sin y(1 + \cos\alpha)}{y(x^4 + 4)} \Big], \quad (10)$$

Екінші сфераның сәуле шығаруының меншікті кедергісінің белсенді құраушысы:

$$r_{s2} = \frac{x^2}{1 + x^2} + \frac{x^2}{3y} \left[\frac{x\cos(y - x) + \sin(y - x)}{1 + x^2} + \right. \\ \left. + 3x\cos\alpha \frac{(2xy + 2 - x^2)\sin(y - x) + (x^2y + 2x - 2y)\cos(y - x)}{y(x^4 + 4)} \right], \quad (11)$$

реактивті құраушы:

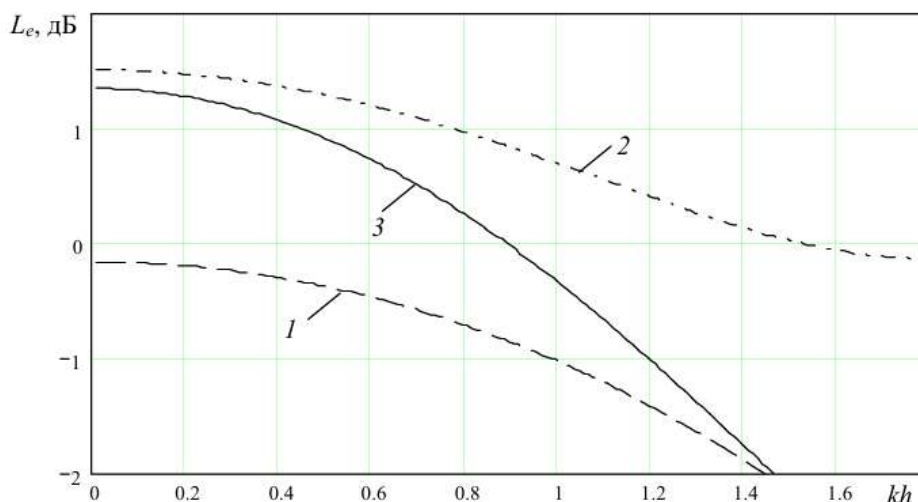
$$x_{s2} = \frac{x}{1 + x^2} + \frac{x^2}{3y} \left[\frac{\cos(y - x) - x\sin(y - x)}{1 + x^2} + \right. \\ \left. + 3x\cos\alpha \frac{(2xy + 2 - x^2)\cos(y - x) - (x^2y + 2x - 2y)\sin(y - x)}{y(x^4 + 4)} \right]. \quad (12)$$

(9-12)-өрнектерді (8)-ге қою түрлендіргіштердің салыстырмалы сезімталдылығының жиіліктік сипаттамаларын анықтауға мүмкіндік береді. Айта кететіні, түрлендіргіштердің өлшемдері азайған сайын, олардың бір бірімен өзара әсерлесулері де әлсірейді. Әр қабылдағыштың жұптағы сезімталдылығы дыбыстың түсу бағытына да байланысты. Дифракциялық өзара әрекеттесу түрлендіргіштердің бағытталу сипаттамаларының бұзылуына әкеледі, толқындық өлшемнің ұлғаюы осы бұзылуды күшейтеді.

Микрофондардың әсерінен пайда болатын дифракциялық жүйелік қателіктердің түрлендіргіштер арасындағы толқындық қашықтықтан $h/R = 3$ болған кездегі тәуелділік деңгейлері 2-суретте көрсетілген. 1 қисығы түсетін толқын қысымының өріс ақауының басқа қабылдағышқа шағылуына әсерін сипаттайды. Ол

(7)-ден $f_1 = f_2 = 1$ болғанда алынған. [5] -ден $kR \ll 1, h \gg R$ болады деген болжаммен алынған тәуелділікпен салыстырғанда, анықталған (7)-қатынаста kR және kh ретті бірінші және екінші мүшелер анықталған, бұл kh -ң кіші мәндерінде қателіктердің нолдік емес мәндеріне әкеледі. Бірақ бұл құбылыс өлшеу диапазонын шектей отырып, жоғары жиіліктегі аймақтарда жақсы әсер етеді.

2-қисық сезімталдылықтың дифракциялық ақауларының интенсивтілікті өлшеу қателіктеріне әсерін мына өрнекке сәйкес аламыз: $L_s = 10 \lg f_1 f_2$. Төменгі жиілік аймақтарында оның әсері түрлендіргіштердегі қысымның ақауларының әсеріне қарама-қайшы болады және анықтаушы болып табылады.



2-сурет. Түрлендіргіштер арасындағы $\frac{h}{R} = 3$ кездегі жүйелік қателік деңгейінің толқындық ара қашықтыққа тәуелділігі.

3-қисық қысымның дифракциялық ақауының қосынды әсерін білдіреді, мұнда (8-12)-ді (7)-өрнекке қою арқылы алынған микрофондардың сезімталдылығының өзгерісінің жүйелік қателіктерге әсері есекерілген. Қорытқы қателік жоғарғы және төменгі жиіліктер диапазоны шектелген жағларда ғана нөлге жақын болады.

Суреттелген түрлендіргіштегі 1.5 дБ қателік деңгейінде kh толқындық өлшемдердің жұмысшы диапазонын-да

$h/R = 3$ болғанда $0 \leq kh \leq$

1.38 ; $\frac{h}{R} = 4$ болғанда $0,15 \leq kh \leq$

$1,46$; $0,39 \leq kh \leq 1,55$

құрайды, микрофондар арасындағы қашықтықпен салыстырғанда сфералық микрофонның елеусіз аз қашықтықтарында. Осылайша, микрофондардың өлшемдерінің салыстырмалы азаюы интенсивметрдің жұмыстық диапазонының жоғары жиілік жаққа қарай ығысуына әкеп соғады.

Микрофондар арасындағы толқындық өлшемді қашықтық өлшемін $0,4 \leq kh \leq 1,3$ диапазонында таңдау $\pm 1,5$ дБ арасындағы қателікке қол жеткізуге мүмкіндік

береді, мұнда микрофондардың өлшемдері және олардың арасындағы қашықтық кез келген қатынаста болады. Айта кететіні, дифракцияны есекер отырып алынған жіліктік диапазон шектеуі қатаңдау болады.

Қорытынды. Екі микрофон әдісіне бізге белгілі жүйелік қателіктер тән, олар қабылдағыш арналарының фазалық сипатталмаларының ауытқуы және шектік-айырымдық жуықтаулардан туындайды. Дифракциялық құбылыстардың салдарынан қабылдағыштардың өзара әсерлесуі жүйелік қателіктердің жаңа түрлерінің пайда болуына әкеледі. Дифракция дыбыс интенсивтілігін өлшеудің нәтижесіне екі тәсілмен әсер ете алады: түсетін толқынның қысымының ауытқуымен екінші қабылдағышта шашырауы арқылы қабылдағыштардың акустикалық кедергілерінің өзгеруіне әсерінен олардың сезімталдылығының өзгеруі.

Микрофондардың сезімталдылықтың ауытқуының әсерінен қателік түрлендіргіштер арасындағы қашықтықтың толқындық өлшемі аз болғанда артады және олар арасындағы қашықтық артқан сайын азаяды. Қысымның дифракциялық

ақауының нәтижесінде түрлендіргіштер арасындағы толқындық қашықтықтың артуымен ұлғаяды. Бұл екі құбылыс төмен және жоғары жиілік аймағындағы интенсивметр жұмысының жиіліктік диапазонын шектейді.

Алынған интенсивтілікті өлшеудің дифракциялық қателік деңгейінің тәуелділіктері микрофондар арасын-

дағы қашықтықтың толқындық өлшемдерінің жұмыстық диапазонын таңдауға мүмкіндік береді. Нақты және өлшенетін интенсивтілік арасындағы табылған бұл байланыс өлшеу нәтижелерін өңдеу кезінде құралмен өлшенетін шамалардың қателіктерін есепке алуға мүмкіндік береді.

Әдебиеттер тізімі

1. Колесников А. Е. Акустические измерения [Текст]/ Колесников А. Е.// Л.: Судостроение-1983-№6.-С.61-89
2. Янг С., Измерение шума машин [Текст]/ Янг С., Эллисон А.//Пер. с англ. М.: Энергоатомиздат, 1988
3. Шейнман И. Л. Погрешности измерения интенсивности звука, вызываемые взаимным влиянием используемых приемников/[Текст]/ Шейнман И. Л. //Известия ГЭТУ.-1993.-№ 456.-С.38-41.
4. Шейнман И. Л. Погрешности измерения интенсивности звука в воде, вызываемые взаимным влиянием используемых приемников [Текст]/ Шейнман И. Л. // Техническая акустика. -1995.- Т. 4. № 3-4.- 50-53.
5. Шейнман И. Л., Особенности влияния дифракции при измерении интенсивности звука в воде [Текст]/ Шейнман И. Л., Ильин Д. В. // Материалы международной конференции «Гидроакустика 2002».- С-Петербург, -2002.- С.120-135.

А.К. Кадирибетова¹, Р.Ж. Наметкулова²

^{1,2}Таразский университет им.М.Х.Дулати
город Тараз, Казахстан

ДИФРАКЦИОННЫЕ ПОГРЕШНОСТИ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ИНТЕНСИВНОСТИ ЗВУКА

Аннотация. Рассмотрены системные погрешности в способе измерения интенсивности звука. Они основаны на взаимном дифракционном взаимодействии используемых приемников. Было показано, что дифракционные взаимодействия влияют на чувствительность приемников и звуковое давление в них. Двойной эффект этих явлений увеличивает погрешность измерения интенсивности звука и ограничивает частотный интервал как высоких, так и низких частот. В этой статье представлены рекомендации по выбору интервала измерения волны между микрофонами. Это важно, если вы знаете уровень ограничения дифракционных ошибок.

Ключевые слова: звуковые волны, интенсивность, акустика, приемники, явление дифракции, сигналы, канал.

A.K. Kadirimbetova¹, R.J. Nametkulova²

^{1,2} M. N.H.Dulati Taraz University
Taraz, Kazakhstan

DIFFRACTIONAL ERRORS IN MEASURING SOUND INTENSITY

Abstract. System errors in the method of measuring sound intensity are considered. They are based on the mutual diffraction interaction of the receivers used. It has been shown that diffraction interactions affect the sensitivity of the receivers and the sound pressure in them. The double effect of these phenomena increases the error in measuring sound intensity

and limits the frequency range of both high and low frequencies. This article provides recommendations for choosing the measurement wave interval between microphones. This is important if you know the level of diffraction error limitation.

Keywords: sound waves, intensity, acoustics, receivers, diffraction phenomenon, signals, channel.

References

1. Kolesnikov A. E. Akusticheskie izmereniya [Acoustic measurements]/ Kolesnikov A. E.// L.: Sudostroenie [Shipbuilding]- 1983-№6.-S.61-89.
2. YAng S., Izmerenie shuma mashin [Measuring machine noise]/ YAng S., Ellison A.//Per. s angl. M.: Energoatomizdat, 1988
3. SHEjnman I. L. Pogreshnosti izmereniya intensivnosti zvuka, vyzyvaemye vzaimnym vliyaniem ispol'zuemyh priemnikov/[Measurement errors in sound intensity caused by the mutual influence of the receivers used]/ SHEjnman I. L. //Izvestiya GETU [GETU News].-1993.- № 456.-S.38–41.
4. SHEjnman I. L. Pogreshnosti izmereniya intensivnosti zvuka v vode, vyzyvaemye vzaimnym vliyaniem ispol'zuemyh priemnikov [Errors in measuring sound intensity in water caused by the mutual influence of the receivers used]/ SHEjnman I. L. // Tekhnicheskaya akustika [Technical acoustics]. -1995.- T. 4. № 3–4.- 50–53.
5. SHEjnman I. L., Osobennosti vliyaniya difrakcii pri izmerenii intensivnosti zvuka v vode [Features of the effect of diffraction when measuring sound intensity in water]/ SHEjnman I. L., Il'in D. V. // Materialy mezhdunarodnoj konferencii «Gidroakustika 2002» [Proceedings of the International Conference "Hydroacoustics 2002"].- S-Peterburg, -2002.- S.120-135.

23.02.2026 ж. баспаға түсті
1.07.2026 ж. басып шығаруға қабылданды

Мақалаға
сілтеме:



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).