

Б.М. Аубакирова^{1*}, Д.Р. Айдарбаева¹

¹Халықаралық білім беру корпорациясы, Алматы, Қазақстан

Авторлар жайлы ақпарат:

Аубакирова Бахыт Майнышевна – техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Халықаралық білім беру корпорациясы (ҚазБСҚА кампусы), Алматы, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0002-3064-5876>, email: aubakirova.baxyt@mail.ru

Айдарбаева Дана Рустемқызы – магистрант, Халықаралық білім беру корпорациясы (ҚазБСҚА кампусы), Алматы, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0003-1442-5504>, email: aidarbayevadana@gmail.com

ҚАҢҚАЛЫ-ҚАПТАМАЛЫ АРАҚАБЫРҒАЛАР АРҚЫЛЫ ДЫБЫСТЫҢ РЕЗОНАНСТЫҚ ӨТУІН АЗАЙТУДЫҢ ЖОЛДАРЫ

Аңдатпа. Мақалада қаңқалық-қаптамалы арақабырға арқылы дыбыстың өтуі және дыбыстың резонанстық өтуін азайтуға шолу жасалады. Қаңқалы-қаптамалы қабырғалар арқылы дыбыстың өту түрлері келтірілген. Жақтау-қаптау бөлімдерінен дыбыстың резонанстық өтуін азайту жолдары бойынша қолданыста бар шешімдерге анализ жасалды.

Түйін сөздер: қаңқалы-қаптамалы арақабырға, резонанс, дыбыс, шу, дыбысоқшаулау, қоршау конструкциялары.

Кіріспе

Шудың жоғары деңгейінен қорғау азаматтық және өнеркәсіптік ғимараттарды жобалау мен салудағы аса маңызды міндеттердің бірі болып табылады. Бұл мәселенің шешімін табу тұрғын үй-жайларда және жұмыс орындарында акустикалық тұрғыдан жайлы орта құру үшін қажет. Ауадағы шуды азайтудың ең тиімді әдісі дыбыс өткізбейтін қоршау конструкцияларын қолдану болып табылады. Сондықтан жоғары дыбыс оқшаулауы бар қоршауларды әзірлеу өзекті міндет болып отыр.

Қазіргі уақытта бір қаңқалы қаңқалы-қаптамалы арақабырғалардың қолданыстағы конструкциялық шешімдері массаны ұлғайту (қаптамалар санын ұлғайту) немесе қалыңдығын арттыру есебінен талап етілетін дыбыс оқшаулауды қамтамасыз етеді, бұл құрылысқа материалдың көп жұмсалыуына, арақабырғалар конструкциясының күрделенуіне және оларды салудың еңбек сыйымдылығының артуына алып келеді. Қаңқалы-қаптамалы арақабырғаларда дыбыс оқшаулауын есептеудің қолданыстағы әдістері жақтаудың тіреулік профильдер параметрлерін және қоршаудың геометриялық өлшемдерін ескермейді.

Материалдар мен әдістер

Қаңқалы-қаптамалы арақабырғалар осы қаптамалар арасындағы ауа саңылауы бар, қаңқамен жалғанған екі жалпақ жұқа қаптамадан тұратын қосарлы қоршау конструкциясы болып табылады. Қос қоршаудың дыбыстық оқшаулауын көптеген ғалымдар зерттеген. Бір қабатты қоршау конструкцияларымен салыстырғанда, олар дыбыс оқшаулаудың неғұрлым жоғарылығымен және кең қолдану саласымен қызығушылық тудырды.

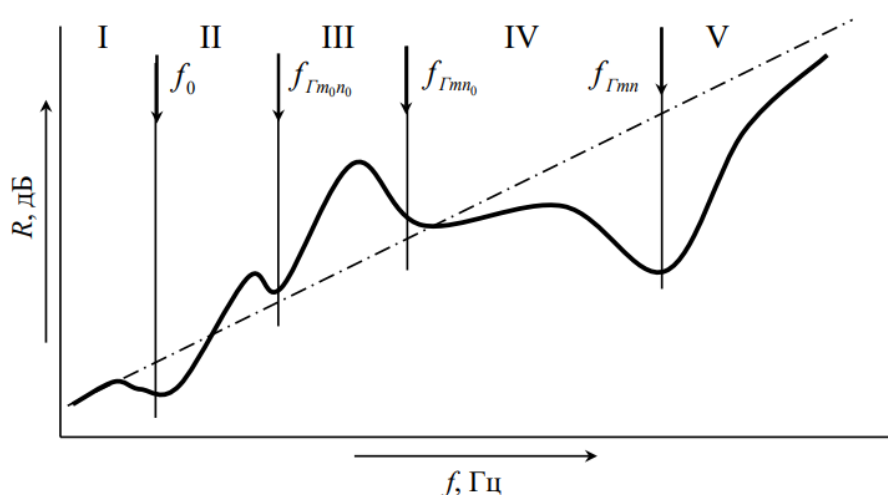
Профессор М.С. Седовтың ғылыми мектебі қоршаудың алдында және артында дыбыстық өрістерді және қоршаудың кзінің толқындық өрісін өздігінен біріктіру ұғымының негізінде қоршау арқылы дыбыстың өту процесін қарастырады. Бұл ретте дыбыстық толқындардың диффузды құлауы кезінде соңғы геометриялық өлшемдердің қоршау конструкциялары қарастырылады.

Сипатталған процесті жақсы түсіну үшін біз бір қабатты қоршау арқылы дыбыстың өту механизмін қарастырамыз. Шудың шығу көзі жағынан құлайтын дыбыстық толқындар белгілі бір пішінді қоршау жазықтығында дыбыстық қысым өрісін құрайды. Осының есебінен қоршауда иілу толқындары пайда болады, шекаралардың болуына байланысты қоршаудың ығысуының толқындық өрісі пайда болады, ал дыбыстық энергия шектес бөлмеге шығарылады. Дыбыстық қысым толқындық өрістерінің және иілу тербелістері өрістерінің өзін-өзі сәйкестендіру дәрежесін анықтау қоршау конструкциясындағы дыбыс оқшаулауы мен дыбыс шығарудың тәуелділігін табуға мүмкіндік береді [1].

Нәтижелер және талқылау

Толқындық өрістердің өзін-өзі үйлестіру теориясына сәйкес жиіліктер диапазоны резонанстық өтудің бес аймағына бөлінеді: резонансқа дейінгі аумақ, қарапайым резонанстар аумағы, қарапайым кеңістіктік резонанстар аумағы (ҚКР), толық емес кеңістіктік резонанстар (ТеКР) және толық кеңістіктік резонанстар (ТКР).

Бұл аумақтардың әрқайсысы шекаралық аймақтар арасында орналасқан, мәселен: негізгі резонанстық жиілік f_0 , шекарадағы қарапайым ПР $f_{\Gamma m_0 n_0}$, шекарадағы толық емес ПР $f_{\Gamma m_0}$ және тиісінше шекарадағы толық ПР $f_{\Gamma mn}$.



1-сурет – Толқындық өрістердің өздігінен үйлестіру теориясы бойынша құрылған соңғы өлшемдегі бір қабатты қоршаудағы дыбыс оқшаулауының жалпыланған жиілік сипаттамасы: I – резонанстар алдындағы аумақ; II – қарапайым резонанстар аумағы; III – толық емес қарапайым кеңістіктік резонанстар аумағы (ҚКР); IV – толық емес кеңістіктік резонанстар аумағы (ТеКР); V – толық кеңістіктік резонанстар аумағы (ТКР)

Әрбір аумақта дыбыстың қоршау арқылы өтуі әртүрлі және резонанстық және инерциялық құрамдастардың қатынасы арқылы анықталады. Дыбыстың инерциялық өтуі қоршаудың беткі тығыздығына және оның геометриялық өлшемдеріне, ал дыбыстың резонанстық өтуі – дыбыстық өрістердің және қоршаудың меншікті тербелістері толқындық өрісінің өздігінен үйлестіру дәрежесіне, сондай-ақ шашырау кезіндегі энергияны жоғалтуына байланысты болады. Осылайша, дыбыс өтуінің қосарлы табиғатын ескере отырып, қоршау конструкциясы шығаратын дыбыстық қуаттың өрнегі былай жазылады:

$$W = W_{2C} + W_{2И}, \quad (1)$$

мұнда W_{2C} – меншікті тербелістер режимінде серпімді толқындар шығаратын қуаттылық, $W_{2И}$ – инерциялық толқындар шығаратын қуаттылық.

Толқындық өрістердің өздігінен үйлестіру теориясы деп түпкілікті мөлшердегі қоршау конструкциялардың одан асып кетуге болмайтын дыбыстың инерциялық өтуімен айқындалатын дыбыс оқшаулаудың шекті мәндеріне ие екені анықталды. Нақты қоршаудың шекті дыбыс оқшаулауы оның беткі тығыздығына және геометриялық өлшемдеріне байланысты.

Дыбыстың резонанстық өтуі кезінде тербеліс амплитудасының сандық мағынасы жарты толқын ұзындықтарының сандарының қатынасына байланысты m және m_0 , n және n_0 . Дыбыс толқындарының әсеріне резонансты режимде жақтау қабықшасы бар бөлімнің ең үлкен реакциясы өрістердің өзара сәйкестігінің үш жағдайында болады [6]:

$$m = m_0, n = n_0; \quad (2)$$

$$m = m_0, n \neq n_0 \quad (3)$$

$$m \neq m_0, n = n_0; \quad (4)$$

$$m \neq m_0, n \neq n_0; \quad (5)$$

мұндағы: m, n – пластинаның a және b жақтаулары бойынша иілуінің жартылай толқындары ұзындығының саны; m_0, n_0 – дыбыстық өрістің жартылай толқынының ұзындықтарының саны.

Қаңқалы – қаптамалы арақабырғалардың дыбыс оқшаулауының сипаттамасы дыбыстың өту коэффициенті болып табылады [3]. Дыбыстың резонанстық өту коэффициенті қоршаудан өткен толқындардағы және оған түсетін толқындардағы дыбыстық қуаттардың қатынасы ретінде анықталады:

$$\tau_c = W_{2C}/W_1 \quad (6)$$

мұнда W_{2C} – меншікті тербелістер режимінде серпімді толқындар шығаратын қуаттылық; W_1 – құлаған дыбыстық толқындардың қуаты.

Қаңқалы – қаптамалы арақабырғалардың иілу тербелістерінің амплитудасы үшін ұсынылған өрнектерді талдай отырып, дыбыстың резонанстық өтуі толық, толық емес және қарапайым кеңістіктік резонанстар аймағында әр түрлі болады және дыбыстық өрістердің және оның толқындық өрісінің өзін-өзі тану деңгейімен анықталады деген қорытынды жасауға болады.

τ_c инерциялық режимінде қаңқалы-қаптамалы арақабырғаның дыбыс өткізгіштігі [6] мынадай параметрлермен анықталады: қаптамалардың беткі тығыздығымен (μ_1, μ_2 , кг/м²), жауап қату функциясының шамасымен ($F_{и}$), ортаның импедансымен ($\rho_0 C_0$, кг/м² · с), дыбыстық толқындардың құлау бұрышымен (θ , град), инерциялық толқындардың шығару бұрышымен ($\theta_{2и}$), дыбыс жиілігімен (f , Гц) [1]. Ортаның импедансы, дыбыстық толқындардың түсу бұрышы және жиілік диапазоны шамалары тұрақты. Дыбыстың резонанстық өтуін реттеу параметрлері ретінде қаптама материалын (η) және толқындық өрістердің (A_0) өзіндік үйлестіру сипаттамасы шығынының коэффициентін қарастырайық. Бұл жағдайда қаптамалардың жоғарғы тығыздығы мен қаптамалар арасындағы ауа аралығының енін өзгеріссіз деп есептейміз. Осы параметрлерді толығырақ қарастырайық.

1) Дыбыстың резонанстық өту коэффициенті қаптама материалының шығыны коэффициентінің шамасына кері пропорционал [6]. Бұл меншікті толқындары бар қаңқалы-қаптамалы арақабырғаның дыбыс шығаруын азайту үшін тербелмелі энергияның шығынын арттыру қажет екенін білдіреді. Қаңқалы-қаптамалы арақабырғаның қаптамалары шығынының коэффициентін арттыруға оның бетіне әртүрлі типтегі дірілді демпфирлейтін жабындарды жағу арқылы қол жеткізіледі. Мұндай қоршаулардың дыбыстық оқшаулауын көптеген ғалымдар егжей-тегжейлі зерттеді [7], [3], [2].

Дірілді демпфирлейтін жабындарды тиімді пайдалану үшін олардың қалыңдығы қоршаудың өзінің қалыңдығына сәйкес келуі керек екендігі белгілі. Сондықтан да дыбыс оқшаулауын арттырудың бұл әдісі ғимараттар мен құрылыстардағы бөлмелерді бөлетін және жеткілікті түрде үлкен масса мен қалыңдыққа ие нақты қаңқалы-қаптамалы арақабырғалар үшін көп қолданылмайды.

2) Меншікті тербелістер режиміндегі қаңқалы-қаптамалы арақабырғалардың дыбыс өткізгіштігі толқындық өрістердің өздігінен үйлестіру сипаттамасына тура пропорционал. Осылайша, дыбыстың арақабырғалар арқылы резонанстық өтуін азайту үшін толқын өрістерінің өздігінен үйлестірілуін азайту тәсілдерін белгілеу қажет.

Қорытынды

Толқындық өрістердің өздігінен үйлестіру теориясы соңғы өлшемді қоршау конструкцияларында дыбыстың инерциялық өтуімен анықталатын дыбыс оқшаулауының шекті мәндері бар екендігі анықталды, оларды асып кетуге болмайды. Нақты қоршаудың шекті дыбыс оқшаулауы оның беткі тығыздығына және геометриялық өлшемдеріне байланысты.

Толқындық өрістердің өздігінен үйлестіру теориясы соңғы геометриялық өлшемдердің қоршау конструкциялары арқылы дыбыстың өтуіне меншікті және инерциялық толқындардың үлесін аналитикалық бағалауға мүмкіндік беретіні анықталды. Бұл қаңқалы-қаптамалы арақабырғаларда дыбыс оқшаулануының шекті мәндерін айқындауға мүмкіндік береді.

Әдебиеттер:

1. Бобылев В.Н. Дыбыс өрісінің диффузиясының шекаралық жиілігінен төмен жиілік аймағында бір қабатты қоршаулардың дыбыс оқшаулауы туралы. Ғимарат конструкцияларының дыбыс оқшаулауы. ГИСИ еңбектері, 71-шығ. Горький: ГИСИ, 1974, 44-50.
2. Заборов В.И. Қос қоршаудың оңтайлы параметрлері туралы. Акуст. журн. 1965, 13, 139-142.
3. Седов М.С., Бобылев В.Н. Құрылыс панельдерінің дыбыс оқшаулауын есептеу: Оқу құралы. Горький: ННГУ, 1979, 111.
4. ҚР ҚН 2.04-02-2011. Шудан қорғау.
5. Рыбаков В.А. Жеңіл болат жұқа қабырғалы конструкциялардың құрылыс механикасының негіздері - СПб.: СПбПУ, 2011, 324 б.
6. Седов М.С. Дыбыс оқшаулауын жобалау: дәріс конспектісі. Горький: ГГУ баспасы, 1980, 54 б.
7. Бобылев В.Н. Бір қабатты қоршау конструкцияларының дыбыс оқшаулауын арттыру резервтері. Монография: ННГАСУ. Нижний Новгород, 2014, 117 б.

References:

1. Bobylev V.N. O zvukoizolyatsii odnosloynnyh ograzhdeniy v chastotnoy zone nizhe granichnoy chastoty diffuzii zvukovogo polya. Zvukoizolyatsiya konstruksiy zdaniy [On sound insulation of single-layer fences in the frequency range below the boundary frequency of the diffusivity of the sound field. Sound insulation of building structures] Trudy GISI= Proceedings of GISI, 1974, 71. Gorky: GISI, 44-50. (in Russ.)
2. Zaborov V.I. Ob optimalnyh parametroh dvoynogo zabora [On optimal parameters of double fences] Akust. zhurn.= Acoustic. journal. 196..13, 1, 139-142. (in Russ.)
3. Sedov M.S., Bobylev V.N. (1979) Calculation of sound insulation of building panels: Textbook. Gorky: UNN, 111. (in Russ.)
4. SN RK 2.04-02-2011. Zashita ot shuma [SN RK 2.04-02-2011. Noise protection] (in Russ.)
5. Rybakov, V. A. (2011) Osnovyi stroitelnoy mehaniki legkih stalnyih tonkostennyih konstruksiy [Fundamentals of structural mechanics of light steel thin-walled structures] - Saint Petersburg: Spbgpu, 324. (in Russ.)
6. Sedov M.S. (1980) Proektirovanie zvukoizolyatsii: konspekt lektsiy [Sound insulation design: lecture notes] - Gorkiy: izdatelstvo GGU, 54.
7. Bobylev V.N. (2014) Rezervyi povyisheniya zvukoizolyatsii odnosloynnyh ograzhdayuschih konstruksiy [Reserves for increasing sound insulation of single-layer enclosing structures] Nizhniy Novgorod: NGASU, 117.

Б.М. Аубакирова^{1*}, Д.Р. Айдарбаева¹

¹ Международная образовательная корпорация, Алматы, Казахстан

ПУТИ СНИЖЕНИЯ РЕЗОНАНСНОГО ПРОХОЖДЕНИЯ ЗВУКА ЧЕРЕЗ КАРКАСНО-ОБШИВНЫЕ ПЕРЕГОРОДКИ

Информация об авторах:

Аубакирова Бахыт Майнышевна – кандидат технических наук, ассоциированный профессор, Международная образовательная корпорация (кампус КазГАСА), Алматы, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0002-3064-5876>, email: aubakirova.baxyt@mail.ru

Айдарбаева Дана Рустемқызы – магистрант, Международная образовательная корпорация (кампус КазГАСА), Алматы, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0003-1442-5504>, email: aidarbayeradana@gmail.com

Аннотация. В статье рассматривается прохождение звука и снижение резонансного прохождения звука через каркасно-обшивные перегородки. Приведены виды прохождения звука через каркасно-обшивные перегородки и их отличия. Проведен анализ существующих решений по снижению резонансного прохождения звука.

Ключевые слова: каркасно-обшивная перегородка, резонанс, звук, шум, звукоизоляция, ограждающие конструкции.

B.M. Aubakirova^{1*}, D.R. Aidarbayereva¹

¹International Educational Corporation (campus KazGASA), Almaty, Kazakhstan

WAYS TO REDUCE RESONANT SOUND TRANSMISSION THROUGH FRAMED PARTITION WALLS

Information about authors:

Aubakirova Bakhyt – Candidate of Technical Sciences, Associate Prof., IEC (campus KazGASA), Almaty, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0002-3064-5876>, email: aubakirova.baxyt@mail.ru

Aidarbayereva Danat – Master's student, IEC (campus KazGASA), Almaty, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0003-1442-5504>, email: aidarbayeradana@gmail.com

Abstract. This article discusses the passage of sound and the reduction of the resonant passage of sound through the frame-sheathed partitions. The types of sound transmission through the frame-sheathed partitions and their differences are given. Conducted an analysis of existing solutions to reduce the resonant transmission of sound.

Keywords: frame-sheathing partition, resonance, sound, noise, sound insulation, enclosing structures.