

Өнім құрамын акустикалық бақылаудың концентрациясын анықтаудың бағдарламалық- аналитикалық құралы

¹*САЙМАНОВА Загира Бекетаевна, PhD, аға оқытушы, zagira_sb@mail.ru,

¹МУХАМЕТЖАНОВА Бигуль Олжабаевна, PhD, аға оқытушы, grek79@mail.ru,

¹КАЙБАСОВА Динара Женисбековна, PhD, доцент м.а., dindgin@mail.ru,

¹СУЛТАНОВА Бахыт Кайркеневна, п.ф.к., доцент, bk.sultanova@mail.ru,

¹САЙЛАУҚЫЗЫ Жұлдыз, PhD, аға оқытушы, s_k_zhuldiz@mail.ru,

¹«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Қазақстан, Қарағанды, Н. Назарбаев даңғылы, 56,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Екікомпонентті гетерогенді қоспадағы компонент концентрациясын дыбыс жылдамдығын өлшеу көмегімен, акустикалық әдістердің көмегімен анықтаудың акустикалық әдістері сипатталған жоғары сапалы композитті гетерогенді материалдарды жобалауға арналған бағдарламалық және аналитикалық құралдарды жасау қарастырылған. Гетерогенді екікомпонентті өнімдер қоспасының дыбыс жылдамдығын өлшеу көмегімен компоненттер концентрациясын дәлме – дәл анықтау әдістемесі сипатталған зерттеу есебін шешуге арналған компьютерлік бағдарлама, есептеу алгоритмдері және математикалық модель зерттелген. Қоспадағы дыбыс жылдамдығына байланысты компоненттер концентрациясы үшін нақты өрнектер табылды. Қоспаның сұйық немесе қатты болу мүмкіндігі көрсетілген. Қоспа құрамын акустикалық бақылаудың артықшылықтары мен ерекшеліктері толықтай сипатталған. Фонондық кристал ретінде қарастыруға ыңғайлы газ – сұйықтық, газ – қатты орта, сұйықтық – қатты орта түріндегі қоспалар үшін барлық өзгертулер әділ екендігі бағдарламалық-аналитикалық зерттеумен көрсетілген.

Кілт сөздер: композиттік материал, акустикалық толқындық құбылыстар, математикалық модель, өнім қоспасын қолдану алгоритмі, программалау, нано-өлшемдер, композитті гетерогенді материалдарды жобалау, есептеу алгоритмдері, екі компонентті материалдар, композиттердің сапасын бақылау, резонанстық қасиеттер, фундаменталды ұяшық.

Кіріспе. Өнім құрамын анықтау азық-түлік қоспаларын өндіру кезінде де, кіріс пен шығыста қоспалардың құрамын бақылауды зерттеуге арналған математикалық модель, есептеу алгоритмдері және бағдарламалық қамтамасыздандыру құру маңызды және өзекті мәселе болып табылады. Оның басты құндылығы – дайын өнімді қабылдау мен беруге негізделген. Сұйық, газ сұйықтықты немесе қатты қоспаны дайындағаннан кейін компоненттің сандық құрамын анықтау қиын немесе шешілмейтін немесе өте ұзақ және қымбат тапсырма болуы мүмкін. Бұл міндетті шешу үшін жедел бақылаудың арнайы әдістері қолданылады.

Бұл жұмыста, екікомпонентті гетерогенді қоспадағы компонент концентрациясын дыбыс жылдамдығын өлшеу көмегімен, акустикалық әдістердің көмегімен анықтаудың акустикалық әдістері сипаттайтын бағдарламадық және аналитикалық құралдарды жасау кеңінен зерттелген.

Акустикалық өлшеулердің ерекшелігі – шығын төмендігі, жеделділігі, өлшеулерді автоматтандыру мүмкіндігі болып табылады. Акустикалық өлшеу өте маңызды әдіс және гетерогенді ортаның құрамын бұзбайтын сынақ әдістерінің мысалы болып табылады.

Бұл мақалада нәтижелер пайдаланылған және [1], [2] жұмыстың кең ауқымды жалғасы болып табылады. [3] жұмыстарда фонондық кристалл – фонондық кристалл, фонондық кристалл – тұтас орта түріндегі бөлім шекарасынан акустикалық толқындардың өтуі мен шағылысуы коэффициенттерін анықтауға мүмкіндік беретін зерттеулер нәтижелері бар. Бұл нәтижелер дыбыс жылдамдығын экспериментальды түрде анықтау үшін өлшеуіш ұяшықты таңдау немесе дәлірек анықтауға мүмкіндік береді. Шешілуі қажет математикалық есеп – таза кері есеп болып табылады.

Осы жұмыста бірөлшемді теория аясында ұзын толқындар немесе төмен жиіліктер үшін

белгілі дыбыс жылдамдығынан екікомпонентті гетерогенді үздіксіз ортаның концентрациясын анықтаудың нақты кері есебін зерттеу жүргізілді. Біртекті емес бірөлшемді – кезеңдік толқындар таралуының көрнекті ерекшеліктері [1-4] көрсетіледі: қатты дисперсия; шексіз өткізу жолақтары мен бекітудің болуы; таралған мод санының шексіз болуы. Барлық осы ерекшеліктер біртекті емес ортаны акустикалық зониттау әдістерін құрастыру үшін маңызды болып табылады. Бұл жұмыста [5] нәтижелеріне сүйене отырып, белгілі дыбыс жылдамдығымен біртекті емес ортаның құрылымын анықтаудың нақты кері есептерін шешудің әдісін ұсынамыз. Мысал ретінде ауа көпіршіктерінің судағы концентрациясын немесе газбен толтырылған кеуекті ортаның кеуектілігін анықтау үшін зерттеулер жүргізілді [6]. Толқынды, баяуланған және резонансты қасиетті біртекті емес біртекті – кезеңдік өткізетін ортаның газ көпіршіктері тізбегі түріндегі сұйықтық немесе құрылымды композит [6] зерттелген. Екі өлшемді теория аясында өткізбейтін және өткізетін кедергілер жанында толқындардың таралуының бірөлшемді – кезеңдік тізбектері [7] зерттелген.

Осы жұмыста ұсынылған әдістеме, өнім құрамын акустикалық бақылаудың жаңа технологияларын әзірлеу және жасау үшін негіз бола алады.

Осы технологиялардың көмегімен өнімнің құрамын ғана емес, сонымен қатар сапасын да анықтауға болады, кейбір бүлінген өнімдердің құрамында газдың микро- немесе наноөлшемдік көпіршіктері бар екені белгілі. Бұл химиялық процестердің жоғары дәлдікпен арнайы басталуын анықтайды, мысалы, ашыту немесе піру. Акустикалық әдістер газ компоненттерінің көлемдік концентрациясын жоғары дәлдікпен анықтайды.

Есептің қойылуы. Фонондық кристалдардың математикалық тұжырымы, әдісі. Барлық тиісті гетерогенді ортаны бірқалыпты – мерзімдік деп есептеу ыңғайлы. Бірөлшемді – кезеңдік құрылымдарда толқынның таралуының маңызды ерекшелігі болып, сондықтан толқын фундаментальды ұяшықтарда тербеліс фазасының таралуы болып табылады.

Біртекті емес бірөлшемді – кезеңдік орта екі компоненттен тұрсын, $M1 = \{c_1, \rho_1\}$ және $M2 = \{c_2, \rho_2\}$ – дыбыс жылдамдығы мен тыныштық күйіндегі тығыздығы, $\rho^{(1)}$ және $\rho^{(2)}$ 1-ші және 2-ші ортаға сәйкес қысымының акустикалық ауытқуы. Әрі қарай, көрнектіліктің нақтылығы үшін $M1$ орта $M2$ ортаға қарағанда тығыздық деп болжанады.

Мұндай орталардың мысалы, сұйық және газ немесе газбен толтырылған кеуекті орта болып табылады. Бұл жағдайда $M1$ ортаға $M2$ ортаның көпіршіктерінің тізбегі орналастырылған немесе $M2$ ортаға тамшылар тізбегі орналастырылған немесе $M1$ ортасынан жасалған қабырға орналастырылған деп есептеуге болады. Тізбектің кеңістіктік периодтығы бар деп болжанады. L – бір өлшемді периодты ортаның ең кіші кеңістіктік кезеңі болсын. Әрі қарай $\tau = \rho_2 / \rho_1$ – тығыздық қатынасы,

$k = c_1 / c_2$ – дыбыс жылдамдығының қатынасы, ω – шеңбер жиілігі, $\lambda = \omega L / c_1$ – тербелістің өлшемсіз жиілігі белгілері қолданылды. Өлшемсіз кеңістіктік айнымалылар $\hat{x} = x / L$ қолданылды, одан әрі x үстіндегі қақпақ төмен түсірілді. Бұл айнымалыларда ортаның ең кіші кеңістік кезеңі бірлікке тең [7].

Жұмыстың барлық жерінде j индекс $Mj, j = 1, 2$ ортаға жатады. Ұзындығы бірлікке тең ортаның бөлігі, фундаментальды ұяшық деп аталады.

$M1$ және $M2$ ортасында ω – шеңбер жиілігімен акустикалық қысымның тұрақты өзгеруі келесі теңдеулердің көмегімен сипатталады

$$\rho_{xx}^{(1)} + \lambda^2 \rho^{(1)} = 0, \quad \rho_{xx}^{(2)} + \lambda^2 k^2 \rho^{(2)} = 0. \quad (1)$$

Ортаның байланыс шекарасында үздіксіз қысым және жылдамдық (динамикалық және кинематикалық) шарттары орындалуы тиіс.

$$\rho^{(1)} = \rho^{(2)}, \quad \tau \rho_x^{(1)} = \rho_x^{(2)}. \quad (2)$$

(1)-(2) қатынасы әрі қарай T есебі деп аталады. Бұл есеп акустикалық толқындардың біртекті емес бірөлшемді – кезеңдік орталарда таралуын толық сипаттайды.

Шешу әдістері. Толқын теңдеуі кез келген жергілікті жазықтықтың симметриясына қатысты өзгермейтін болғандықтан, T есебінің симметриясы біртекті емес тізбектің симметриясымен анықталады. Барлық бірөлшемді – кезеңдік құрылымдарды анықтама бойынша $\{T1\}$ тобы жібереді, сондықтан рұқсат етілген шешімдердің кеңістігін осы ішкі кеңістіктің тобына қатысты инвариантты етіп бөлуге болады [2]. Осындай ішкі кеңістіктерге тиесілі, $\rho(x)$ функциясы, кейбір ξ , $-\pi \leq \xi \leq \pi$ үшін $T_1 \langle \rho(x) \rangle \equiv \rho(x+1) \equiv e^{i\xi} u(x)$ шартын қанағаттандырады. Нәтижесінде, олар келесі көрініске ие болады

$$\rho(x) \equiv a(x) \exp(i\xi y), \quad a(x+1) \equiv a(x). \quad (3)$$

Мұнда i – жалған бірлік, ξ тербеліс фазасының жылжуын сипаттайтын трансляция тобының көршілес фундаментальды аймағы. Әрі қарай T есебі (3) шартымен $T(\xi)$ есебі деп аталады [8].

$T(\xi)$ есебін трансляция тобының (құрылымның кейбір кезеңінде) кейбір фундаментальды ұяшығында, мысалы, $0 < x < 1$ интервалда, зерттеу жеткілікті. Барлық тікелей шешім көмегімен бір кезеңде (7) есепті шешудің жалғасы арқылы алуға болады.

Толқынды мода және синфазалық тербелістер. Қиындықтың физикалық деңгейінде тербелістің толқын режимдері ауытқусыз біртекті емес тізбек бойынша таралатын қозғалмалы толқындарға сәйкес келеді. Одан әрі жұмыс істеу үшін терминологияны нақтылау қажет [9-10].

Анықтама 1. $\xi \neq 0$ үшін $T(\xi)$ есептің тривиалды емес шешімі толқындық функция деп аталады, егер $\xi \neq 0$ болса. λ^* тиісті параметр мәні өлшемсіз толқын ұзындығының жиілігі (толқын ұзындығының мәні) деп аталады. $T(\xi)$ есебінің циклдiк толқынды жиілігі $\omega^* = \lambda^* c_1 / L$ деп аталады.

Монодисперсті тізбек компоненттерінің концентрациясын анықтау. $T(\xi)$ есебі бірдей біртекті емес тізбектер (монодисперсті тізбектер) үшін (1-сурет) тән.

$M1$ ортаның бір байланыс қабатының сызықтық концентрациясы k_1 тең болса, онда $M2$ ортаның сызықтық концентрациясы $k_2 = 1 - k_1$ тең. Фундаментальды ұяшық шекарасындағы шарт

$$\begin{aligned} \rho^{(1)}(-k/2) \exp(i\xi) &= \rho^{(2)}(1 - k/2) \\ \tau \rho_x^{(1)}(-k/2) \exp\left(f(x) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_n \cos \frac{n\pi x}{L} + \right. \right. & (4) \\ \left. \left. + b_n \sin \frac{n\pi x}{L}\right) i\xi\right) &= \rho_x^{(2)}(1 - k/2). \end{aligned}$$

Өрі қарай (1), (2) және (4) $TM(\xi)$ есебі деп аталады.

Айта кету керек, $TM(\xi)$ есебі жиынтығының тобы бірөлшемді-кезеңдік тізбектегі мүмкін болатын барлық біртекті әрекеттесулерін толығымен ескереді.

Дисперсиондық қатынас. [6-9] жұмысқа қарай отырып, дисперсиондық қатынас барлық толқындық мод үшін $TM(\xi)$ келесі түрге ие

$$\begin{aligned} 4\tau k[1 + \cos(2\xi)] - (\tau + k)^2 \{ \cos[\lambda(k - \chi k + \chi) + \xi] + \cos[\lambda(k - \chi k + \chi) - \xi] \} + (\tau - \chi)^2 \times & (5) \\ \times \{ \cos[\lambda(k - \chi k + \chi) + \xi] + \cos[\lambda(k + \chi k + \chi)] \} &= 0. \end{aligned}$$

Өткізу жолақтары $\{\sigma_n\}_{n=1,2,\dots}$ және құлыптау бұл қатынаспен толық сипатталады.

Төменгі толқынды жиілікпен сәйкес келетін мода (5) жылжымалы деп аталады. Жылжымалы мода толқынының ұзындығы біркелкі емес өлшемнен артық екенін ескере кету керек. [6-10] жұмыста жылжымалы мода төменгі толқынды жиілігі үшін жақындатылған дисперсиялық арақатынас алынды

$$\lambda_1(\tau, \xi) = \frac{\sqrt{2\tau[1 - \cos(\xi)]}}{\sqrt{(k + \tau - k\tau)(k + \tau - k\tau)(k\tau - k\chi^2 + \chi^2)}}. \quad (6)$$

Алынған нәтижелер және нәтижелерді талқылау. Акустикалық зондау әдісі үшін толқын жиілігінің асимптотикалық тәртібін және

жылжымалы моданың фазалық жылдамдығын толқын ұзындығы көпіршіктер тізбегінің жазықтық кезеңінен әлдеқайда үлкендігін қарастырған орынды. L_w толқын ұзындығының қозғалу режимінің толқын модасы, тиісті толқынды жиілік $\lambda_1(\xi, k, \tau)$, $L_w = 2\pi/\xi$ түріне ие. L_w үлкен мәні үшін толқындық моданың толқындық саны нольге жақын [9]. Кіші ξ үшін (6) келесі түрде беріледі:

$$\lambda_1(\xi, k, \tau) = \frac{\xi \sqrt{\tau}}{\sqrt{(k + \tau - k\tau)(k\tau - k\chi^2 + \chi^2)}}.$$

Өлшеусіз фазалық жылдамдықты $C_{ph}^{(1)}(\xi, k, \tau)$ жылжымалы моданың толқын ұзындығының таралуы былай анықталады

$$C_{ph}^{(1)}(\xi, k, \tau) = \frac{\lambda_1(\xi, k, \tau)}{\xi},$$

және келесі түрге ие

$$C_{ph}^{(1)}(\xi, k, \tau) = \frac{\sqrt{\tau}}{[\chi \sqrt{k(1 - k)}]} = (c_2/c_1) \sqrt{\tau/k(1 - k)}. \quad (7)$$

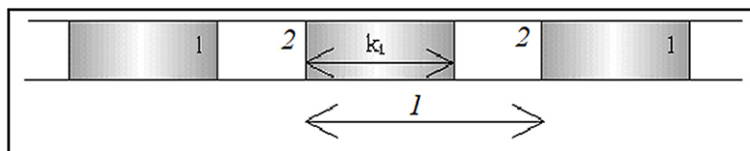
Жылжымалы моданың фазалық жылдамдығы (7) тек концентрацияға байланысты болады, дыбыс жылдамдығы қатынасы және тізбек құрайтын екі ортаның тығыздық қатынасы. Бұл орта компонентінің белгілі қасиеттері және ұзын толқындардың белгілі фазалық жылдамдығы концентрациясының ара қатынасы арқылы анықтауға мүмкіндік береді

$$k(1 - k) = \tau \left[\frac{C_{ph}^{(1)}(\xi, k, \tau)}{(c_2/c_1)} \right]^2.$$

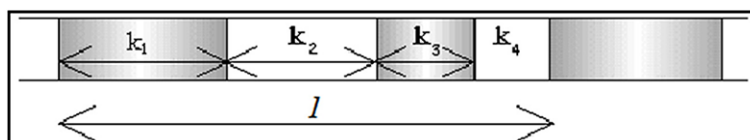
Полидисперсті тізбек компонентінің концентрациясын анықтау.

$M1$ (су) ортасында өлшемдері k_1 және $k_3 = (k_1 + k_3 = k)$ тізбектің бір периодында екі қосылыс ортасы болсын дейік және олардың аралығы (ауа көпіршіктері) – k_2 және k_4 (2-сурет).

Толқындық мода тізбектің (1), (2) қатынастармен бір кеңістіктік периодта сипатталады және (3) фазалық жылжу шарттары немесе (4) эквивалентті, олар эквивалентті сегіз белгісізге арналған сегіз



1-сурет – Көпіршіктердің монодисперсті тізбегі



2-сурет – Көпіршіктердің полидисперсті тізбегі

теңдеу жүйесіне тең [9-10]. Ең кіші толқын жиілігінің полидисперсті тізбек тербелістерінің тікелей есептеп табуға болады, аз шамалар үшін τ бұл жиілік келесі түрде ие

$$\lambda_1(\xi, k, \tau) = \sqrt{\frac{2\tau[1 - \cos(\xi)]}{(k + \tau - k\tau)(k\tau - k\chi^2 + \chi^2)}}. \quad (8)$$

Бұл (8) қатынасымыз белгілі толқындық жиіліктің компоненттер концентрациясын анықтауға мүмкіндік береді.

Қорытынды. Фононды кристалдағы өлшенген дыбыс жылдамдығының көмегімен гетерогенді екі компонентті орта компонентінің сызықтық және көлемді шоғырлануын анықтау үшін таза

кері есептің нақты шешімдері алынды және де акустикалық толқындық құбылыстарды зерттеуге арналған математикалық модель, есептеу алгоритмдері және бағдарламалық қамтамасыздандыру құрылды. Полидисперстілік компонент ұзын толқындардың көмегімен алынған нәтижелерге елеулі әсер етпейтіні анықталды. Алынған нәтижелер, акустикалық өлшеулер: кез келген екі компонентті өнім үшін компонент концентрациясының кіріс және шығыстық бақылауын; дұрыс емес сақтау процесінде газ бөлуден байланысты химиялық процестер жүргізілуі мүмкін өнімнің сапасын бақылауға мүмкіндік беретін жаңа есептеу алгоритмдері жасалды және жаңа бағдарламалық қамтамасыз етуді құруымен айқындалады.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Сайманова З.Б., Сухинин С.В., Жұмадиллаева А.К. Фононды кристалдар шекарасындағы толқындардың берілуі мен бейнеленуі // ҚазҰТУ хабаршысы. – Алматы, 2020. – № 6 (130). – Б. 373-376.
2. Сайманова З.Б., Сухинин С.В., Жұмадиллаева А.К. Гетерогенді екі компонентті өнімдер қоспасының құрамын акустикалық бақылау // ҚазККА хабаршысы. – Алматы, 2020. – № 4 (115). – Б. 348-353.
3. Сайманова З.Б., Сухинин С.В., Жұмадиллаева А.К. Дыбыссыңгірші және дыбысшағылыстыратын материалдарды оңтайландыру // «КАХАК» ҒТҚ жаңалықтары. – Алматы, 2020. – № 4 (71). – Б. 42-48.
4. Сайманова З.Б., Сухинин С.В., Жұмадиллаева А.К. Біртекті емес екі компонентті орталарда акустикалық зондтау әдістерін әзірлеу // XV Халықаралық ғылыми конференция «Gylym jáne Bilim – 2020», Нұр-Сұлтан, 2020. – Б. 668-672.
5. Z. Saimanova, S. Sukhinin, A. Zhumadillayeva. Wave transmission and reflection from the boundary of phononic crystal homogeneous medium. Eurasian journal of mathematical and computer applications, 2020. Volume 8, Issue 1, pp. 62-75. DOI: 10.32523/2306-6172-2020-8-1-62-75.
6. Z. Saimanova, S. Sukhinin, A. Zhumadillayeva, A. Mukhametzhanova, A. Smagulova, G. Abildaeva. Acoustic method of quality control of two-component composite material. Applied Sciences 2021, 11 (24), 11594; <https://doi.org/10.3390/app112411594>.
7. Сайманова З.Б., Сухинин С.В., Жұмадиллаева А.К. Отражение и прохождение вибрационных и акустических волн через контактную границу раздела однородная среда // «Инновациялық технологиялар, экономика және өнеркәсіптегі менеджмент» VIII халықаралық ғылыми конференция, Волгоград, 2021. – Б. 83-89.
8. Сайманова З.Б., Сухинин С.В., Жұмадиллаева А.К. Гетерогендік ортадағы акустикалық толқындар // ҚР Тәуелсіздігінің 30 жылдығына арналған XI халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференция «Инновациялық технологиялар және инжиниринг». – Теміртау, 2021. – Б. 364-368.
9. Сайманова З.Б., Сухинин С.В., Жұмадиллаева А.К. Акустические волны в слоистых гидроупругих средах // Молодой ученый международный научный журнал. № 10 (300) / 2020. – С. 109-115.
10. Сайманова З.Б., Кайбасова Д.Ж., Мұхаметжанова Б.О., Смагулова А.С., Кисина М.К. Бағдарламалық жасақтамаға арналған бейнелердегі басым құрылымдарды бөлектеу алгоритмдерінің бірі. Труды Университета, Қарағанды, 2022. № 3 (88). – С. 358-368.

Разработка программно-аналитических средств для определение концентрации акустического контроля состава продуктов

¹*САЙМАНОВА Загира Бекетаевна, PhD, старший преподаватель, zagira_sb@mail.ru,

¹МУХАМЕТЖАНОВА Бигуль Олжабаевна, PhD, старший преподаватель, grek79@mail.ru,

¹КАЙБАСОВА Динара Женисбековна, PhD, и.о. доцента, dindgin@mail.ru,

¹СУЛТАНОВА Бахыт Кайркеневна, к.п.н., доцент, bk.sultanova@mail.ru,

¹САЙЛАУҚЫЗЫ Жұлдыз, PhD, старший преподаватель, s_k_zhuldiz@mail.ru,

¹НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», Казахстан, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Рассмотрена математическая модель для численно-аналитических исследований для проектирования высококачественных композитных неоднородных материалов, в которых описаны акустические методы определения концентрации компонента в двухкомпонентной гетерогенной смеси с помощью измерения скорости звука. В работе впервые разработаны новые вычислительные алгоритмы и создано новое программное обеспечение для исследования волновых явлений в конструкциях, в котором описана методика точного определения концентрации компонентов с помощью измерения скорости звука смеси гетерогенных

двухкомпонентных продуктов. Найдены конкретные выражения для концентрации компонентов в зависимости от скорости звука в смеси. Показано, что смесь может быть жидкой или твердой. Подробно описаны преимущества и особенности акустического контроля состава смеси. Установлено, что все измерения справедливы для смесей типа газ – жидкость, газ – упругая среда, жидкость – упругая среда, которые удобно рассматривать как фононные кристаллы.

Ключевые слова: композитный материал, акустические волновые явления, математическая модель, алгоритм использования смеси продуктов, программирование, наноразмеры, проектирование композитных гетерогенных материалов, вычислительные алгоритмы, двухкомпонентные материалы, контроль качества композитов, резонансные свойства, фундаментальная ячейка.

Development of Software and Analytical Tools for Determining the Concentration of Acoustic Control and Composition of Products

¹*SAIMANOVA Zagira, PhD, Senior Lecturer, zagira_sb@mail.ru,

¹MUKHAMETZHANOVA Bigul, PhD, Senior Lecturer, grek79@mail.ru,

¹KAIBASSOVA Dinara, PhD, Acting Associate Professor, dindgin@mail.ru,

¹SULTANOVA Bakhyt, Cand. of Ped. Sci., Associate Professor, bk.sultanova@mail.ru,

¹SAILAUKYZY Zhuldiz, PhD, Senior Lecturer, s_k_zhuldiz@mail.ru,

¹NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», Kazakhstan, Karaganda, N. Nazarbayev Avenue, 56,

*corresponding author.

Abstract. In this paper, a mathematical model for numerical-analytical studies for the design of high-quality composite heterogeneous materials is considered, in which acoustic methods for determining the concentration of a component in a two-component heterogeneous mixture by measuring the speed of sound are described. In the work, new computational algorithms were developed for the first time and new software was created for the study of wave phenomena in constructions, which describes the method of accurate determination of the concentration of components by measuring the speed of sound of a mixture of heterogeneous two-component products. Specific expressions for the concentration of components depending on the speed of sound in the mixture are found. It is shown that the mixture can be liquid or solid. Heterogeneous products, the advantages and features of which are described in detail in the acoustic control composition of the mixture. It is established that all measurements are valid for mixtures of the gas – liquid, gas – elastic medium, and liquid – elastic medium types, which are convenient to consider as phonon crystals.

Keywords: composite material, acoustic wave phenomena, mathematical model, algorithm for using a mixture of products, programming, nano-sizes, designing composite heterogeneous materials, computational algorithms, two-component materials, quality control of composites, resonance properties, fundamental cell.

REFERENCES

1. Z.B. Saimanova, S.V. Sukhinin, A.K. Zhumadillayeva. Transmission and representation of waves at the boundary of phonon crystals // Vestnik KazNRTU – Almaty, 2020. – No. 6 (130). – Pp. 373-376.
2. Z.B. Saimanova, S.V. Sukhinin, A.K. Zhumadillayeva. Acoustic control of the composition of a mixture of heterogeneous two-component products // Bulletin of KazATC. – Almaty, 2020. – No. 4 (115). – Pp. 348-353.
3. Z.B. Saimanova, S.V. Sukhinin, A.K. Zhumadillayeva. Optimization of sound-absorbing and sound-absorbing materials «Scientific and Technical Society Kahak». – Almaty, 2020. – No. 4 (71) – Pp. 42-48.
4. Z.B. Saimanova, S.V. Sukhinin, A.K. Zhumadillayeva. Development of acoustic sensing methods in heterogeneous two-component environments // XV International scientific conference «Gylym jáne Bilim – 2020», Nur-Sultan, Kazakhstan. – Pp. 668-672.
5. Z. Saimanova, S. Sukhinin, A. Zhumadillayeva. Wave transmission and reflection from the boundary of phononic crystal homogeneous medium. Eurasian journal of mathematical and computer applications, 2020. Volume 8, Issue 1, pp. 62-75. DOI: 10.32523/2306-6172-2020-8-1-62-75.
6. Z. Saimanova, S. Sukhinin, A. Zhumadillayeva, A. Mukhametzhanova, A. Smagulova, G. Abildaeva. Acoustic method of quality control of two-component composite material. Applied Sciences 2021, 11 (24), 11594; <https://doi.org/10.3390/app112411594>.
7. Z.B. Saimanova, S.V. Sukhinin, A.K. Zhumadillayeva. Reflection and passage of vibration and acoustic waves through the contact interface of a homogeneous medium // VIII International Scientific Conference «Innovative technologies, economics and management in industry», Volgograd, Russia, 2021. – Pp. 83-89.
8. Z.B. Saimanova., S.V. Sukhinin., A.K. Zhumadillayeva. Heterogendik ortadagy akustikalyk ortalар // Proceedings of the XI international scientific and practical conference dedicated to the 30th anniversary of independence of the RK «Innovative technologies and engineering», Temirtau, 2021. – Pp. 364-368.
9. Z.B. Saimanova, S.V. Sukhinin, A.K. Zhumadillayeva. Acoustic waves in layered hydroelastic media // Young Scientist international scientific journal. No. 10 (300) / 2020. – Pp. 109-115.
10. Saimanova Z.B., Kaibasova D., Mukhametzhanova B.O., Smagulova A.S., Kisina M.K. One of the algorithms for highlighting dominant structures in videos for software. University Proceedings, Karaganda, 2022. No. 3 (88). – Pp. 358-368.