HAQIQIY TOVUSH MANBASIDAN FOYDALANMASDAN KOJUXNING SHOVQIN IZOLYATSIYASI SAMARADORLIGINI ANIQLASHNING SINOV USULI

Sh.G. Musaev

Tashkent State Transport University, Tashkent, Uzbekistan

Annotatsiya: Ushbu maqolada sanoat texnologik uskunalari uchun qo‘llaniladigan akustik kojuxlarning shovqin izolyatsiyasi samaradorligini baholashda o‘zaro ta’sir (reciprocity) usulining qo‘llanilishiga oid normativ talablar va o‘lchov metodikasi tahlil qilinadi. Tadqiqot GOST 31274 va boshqa tegishli standartlar asosida reverberatsion kamerada sun’iy shovqin manbalari yordamida izolyatsiya ko‘rsatkichlarini aniqlashga qaratilgan. O‘lchov jarayonida karnaylarning joylashuvi, yo‘naluvchanligi, mikrofon nuqtalarining tanlanishi, shartli o‘lchov hajmi va chastota polosalari kabi omillarning izolyatsiya natijasiga ta’siri yoritilgan. Oktavali va uchdan bir oktavali polosalar bo‘yicha o‘lchangan shovqin bosimi darajalari asosida izolyatsiya ko‘rsatkichlarini hisoblashning afzalliklari ko‘rsatib berilgan. Tadqiqot natijalari o‘zaro ta’sir usulining real shovqin manbasidan foydalanmasdan turib kojuxlarning akustik samaradorligini ishonchli baholash imkoniyatini berishini tasdiqlaydi hamda bu metod sanoatdagi mehnat xavfsizligini oshirish uchun muhim ahamiyatga ega ekanini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: akustik kojux, tovush izolyatsiyasi, shovqin, o‘zaro ta’sir usuli, reverberatsion kamera, uchdan bir oktavali polosalar, A-korreksiyali tovush darajasi, sun’iy shovqin manbasi, akustik o‘lchov metodikasi, GOST 31274.

Аннотация: В данной статье анализируются нормативные требования и методика измерений при применении метода взаимности (reciprocity method) для оценки эффективности звукоизоляции акустических кожухов, используемых для промышленного технологического оборудования. Исследование направлено на определение показателей изоляции в реверберационной камере с использованием искусственных источников шума в соответствии с требованиями ГОСТ 31274 и других соответствующих стандартов. В работе раскрыто влияние таких факторов, как расположение громкоговорителей, их направленность, выбор точек измерения микрофонов, условный объём измерений и частотные полосы, на итоговый результат звукоизоляции. Показаны преимущества расчёта показателей изоляции на основе уровней звукового давления, измеренных в октавных и треть октавных полосах частот. Результаты исследования подтверждают, что метод взаимности позволяет надёжно оценить акустическую эффективность кожухов без использования реального источника шума и является важным инструментом повышения безопасности труда в промышленной среде.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВ: акустический кожух, звукоизоляция, шум, метод взаимности, реверберационная камера, треть октавные полосы, A-

ISSN 3030-3907

корректированный уровень звука, искусственный источник шума, методика акустических измерений, ГОСТ 31274.

Abstract: This article analyzes the regulatory requirements and measurement methodology for applying the reciprocity method to evaluate the sound insulation performance of acoustic enclosures used for industrial technological equipment. The study focuses on determining insulation indicators in a reverberation chamber using artificial noise sources in accordance with GOST 31274 and other relevant standards. The influence of key factors—such as loudspeaker placement, directivity, selection of microphone measurement points, the conditional measurement volume, and frequency bands—on the final sound insulation result is examined. The advantages of calculating insulation parameters based on sound pressure levels measured in octave and one-third-octave bands are demonstrated. The findings confirm that the reciprocity method enables reliable assessment of enclosure acoustic performance without the need for a real noise source, highlighting its importance for improving occupational safety in industrial environments.

Keywords: acoustic enclosure, sound insulation, noise, reciprocity method, reverberation chamber, one-third-octave bands, A-weighted sound level, artificial noise source, acoustic measurement methodology, GOST 31274.

Kirish.

Sanoat sharoitida ishlatiladigan mexanik, pnevmatik va elektr uskunalar odatda yuqori darajadagi shovqin manbai bo‘lib, ularning ish jarayonida hosil bo‘ladigan shovqin bosimi darajasi ish o‘rinlari xavfsizligi va ishlab chiqarish jarayoniga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Yuqori darajali shovqin bosimi mehnat unumdorligini pasaytiradi, operatorning fiziologik holatiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi hamda ishlab chiqarish xatarlarini oshiradi. Shu sababli texnologik uskunalar uchun kojuxlar qo‘llash shovqin bosimi darajasini kamaytirishning samarali texnik vositalaridan biri sifatida qaraladi[1].

Kojuxning shovqin yutish va izolyatsiyasi samaradorligini baholashda asosiy vazifa uning konstruktiv xususiyatlari va materiallari shovqin bosimi darajasiga qay darajada ta’sir ko‘rsatishini aniqlashdir. Ushbu jarayonda o‘lchov natijalarining takrorlanuvchanligi va ishonchliligini ta’minlash maqsadida sinovlar standartlashtirilgan metodlar asosida olib borilishi zarur[2]. Mavjud normativ talablarga ko‘ra, kojuxning izolyatsiya ko‘rsatkichlarini aniqlash laboratoriya sharoitida haqiqiy shovqin manbasidan foydalanmasdan, sun’iy shovqin manbalari yordamida bajarilishi mumkin. Bunday yondashuv kojux konstruktsiyalarining izolyatsiya hamda shovqin yutish xususiyatlarini baholashga imkon beradi.

ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODOLOGIYA. ISO 11546-1:1995 Acoustics - Determination of sound insulation performances of enclosures - Part 1: Measurements under laboratory conditions (for declaration purposes) hamda ГОСТ 31298.1-2005 “Определение звукоизоляции кожухов Часть 1 Лабораторные измерения для заявления значений шумовых

ISSN 3030-3907

характеристик”ga asosan shovqin izolyatsiya hamda yutuvchi kojuxlarni samaradorligi aniqlanadi. GOSTga ko‘ra kojuxlarni sinashning 3 ta usuli (1-jadvalga qarang) mavjud bo‘lib, tanlangan usulga qarab, kojuxning shovqinni yutish hamda izolyatsiyasi uskuna (agregat) tomonidan tarqatiladigan shovqin quvvati darajasi yoki shovqin bosimi darajasining kamayishi orqali aniqlanadi. Ushbu usullar faqat kojux ichiga haqiqiy shovqin manbasi (ya’ni, kojux mo‘ljallangan uskuna) joylashtirilgan holatlarda qo‘llanadi. Agar bu usullarni qo‘llash imkoni bo‘lmasa, mos ravishda o‘lchovlarni o‘zaro ta’siri (reciprocity) usuli yoki sun’iy shovqin manbasi usuli yordamida amalga oshirish mumkin.

1-jadval

Qo‘llaniladigan shovqin o‘lchash usullari

Sinash usuli	Sinov maydoni	Tovushni o‘lchash usuliga davlatlararo yoki xalqaro standart
Real shovqin manbai usuli	Reverberatsiya kamerasi	ГОСТ 31274
	Qattiq devorli sinov xonasi	ГОСТ 31276
	Maxsus reverberatsion kamera	ГОСТ 31276
	Xonadan tashqarida yoki katta xonada	ГОСТ 31275
	Talablar tartibga solinmagan	ГОСТ 30457
	Xonadagi yoki undan tashqaridagi tovush qaytaruvchi tekislik ustidagi sezilarli darajada erkin tovush maydoni	ГОСТ 31172
	Xonadan tashqarida yoki katta xonada	ГОСТ 30683
O‘zaro ta’sir usuli	Reverberatsiya kamerasi	ГОСТ 31274
Sun’iy shovqin manbai usuli	Reverberatsiya kamerasi	ГОСТ 31274
	Qattiq devorli sinov xonasi	ГОСТ 31276
	Maxsus reverberatsion kamera	ГОСТ 31276
	Xonadan tashqarida yoki katta xonada	ГОСТ 31275
	Talablar tartibga solinmagan	ГОСТ 30457
	Xonadagi yoki undan tashqaridagi tovush qaytaruvchi tekislik ustidagi erkin tovush maydoni	ГОСТ 31172
	Xonadan tashqarida yoki katta xonada	ГОСТ 30683

NATIJALAR. O‘lchash vositalari, shu jumladan mikrofonlar va kabellar GOST 17187 bo‘yicha 1-sinf talablariga javob berishi kerak. Doimiy bo‘lmagan tovushni o‘lchashda 1-sinf integrallovchi tovush o‘lchagichlar qo‘llaniladi. Chastotalarni oktava va uchinchi oktava polosalarida o‘lchash uchun o‘lchash

ISSN 3030-3907

vositalari GOST 17168 bo‘yicha 1-sinf filtrlariga ega bo‘lishi kerak. Har bir o‘lchash seriyasidan oldin va keyin o‘lchash vositalari ± 0,3 dB aniqlikda akustik kalibrator bilan kalibrlanadi. Agar o‘lchash vositalarining aniqligi barqarorligini nazorat qilishni ta’minlashi isbotlangan bo‘lsa, elektr yoki boshqa kalibrlash usulini qo‘llashga yo‘l qo‘yiladi.

Mashinaning odatiy ish sikli davomida hosil bo‘ladigan shovqin quvvatining o‘rtacha darajasi aniqlanadi. Kojux o‘rnatilgan va o‘rnatilmagan sharoitlarda o‘lchovlar bajariladi. Oktava diapozonining o‘rtageometrik chastotalarida yoki uch-oktava chastota polosalarida tovush quvvati bo‘yicha tovush izolyatsiyasi qiymatlari D_W, hamda A-korreksiyali tovush quvvati bo‘yicha izolyatsiya ko‘rsatkichi D_{WA} quyidagi formulalar orqali aniqlanadi:

$$D_w = L_w(kojuxsiz) - L_w(kojux\ bilan) \quad (1)$$

$$D_{WA} = L_{WA}(kojuxsiz) - L_{WA}(kojux\ bilan) \quad (2)$$

Bunda, L_W — oktava diapozonining o‘rtageometrik chastotalari yoki uch-oktava chastota polosalaridagi tovush quvvati darajasi, dB; L_{WA} — A-korreksiya qo‘llangan tovush quvvati darajasi, dBA.

O‘lchash diapazoni 100 dan 5000 Hzgacha bo‘lgan chastotalarning kamida uchdan bir oktavali polosalari va 125 dan 4000 Hzgacha bo‘lgan oktavali polosalarni qamrab olishi kerak. 50 dan 10000 Hzgacha bo‘lgan uch oktavali va 63 dan 8000 Hzgacha bo‘lgan oktavali polosalar afzalroqdir. A bo‘yicha korrektirlangan tovush quvvati darajalari uchdan bir oktavali chastota polosalaridagi tovush quvvati darajalari asosida — GOST 31274 talablariga muvofiq; oktavali chastota polosalaridagi tovush quvvati darajalari asosida esa — GOST 31276 va GOST 30457 talablariga muvofiq hisoblanadi.

GOST 31276 qo‘llanilganda, A bo‘yicha korrektirlangan tovush quvvati darajasi o‘rtacha tovush darajasi bo‘yicha hisoblanadi. GOST 31275 ga muvofiq esa, A bo‘yicha korrektirlangan tovush quvvati darajasini chastota polosalaridagi tovush quvvati darajalari bo‘yicha yoki o‘lchov yuzasidagi o‘rtacha tovush bosimi darajasi bo‘yicha hisoblashga ruxsat etiladi. Chastota polosalaridagi tovush quvvati darajalarining A bo‘yicha korrektirlangan tovush quvvati darajasiga muvofiqligini ta’minlash maqsadida, A bo‘yicha korrektirlangan tovush quvvati darajasini chastota polosalaridagi tovush quvvati darajalari asosida hisoblash usuli afzal hisoblanadi.

Agar sinov maydoni va mikrofonning joylashuvi kojux o‘rnatilgan va kojux o‘rnatilmagan holatdagi o‘lchovlarda bir xil bo‘lsa, tovush quvvati darajalaridagi farq — tanlangan tovush quvvatini aniqlash standartiga muvofiq hisoblangan o‘rtacha tovush bosimi darajalaridagi farqqa teng bo‘ladi.

Bu shuni anglatadiki: sinov sharoitlari bir xil bo‘lganida (ya’ni akustik sharoitlarga kiritiladigan tuzatishlar o‘zgarmaganda), keyinchalik ularning farqini topish uchun tovush quvvati darajalarini alohida hisoblash talab qilinmaydi.

Ammo agar kojux bilan va kojuxsiz o‘lchovlarni qisqa vaqt ichida, sinov sharoitlarining to‘liq bir xilligini saqlagan holda o‘tkazish imkoni bo‘lmasa, unda

ISSN 3030-3907

tovush quvvati darajalarini albatta hisoblash zarur. Nazorat nuqtasida tovush bosimi bo‘yicha tovush izolyatsiyasini aniqlash O‘lchovlar GOST 31172 yoki GOST 30683 talablariga muvofiq bajariladi. Mashinaning odatdagi ish jarayonida hosil bo‘ladigan tovushning o‘rtacha tovush bosimi darajasi aniqlanadi.

Oktavali yoki uchdan bir oktavali chastota polosalaridagi tovush bosimi bo‘yicha tovush izolyatsiyasi D_p, hamda A-korreksiyalangan tovush darajasi bo‘yicha izolyatsiya D_{pA}quyidagi formulalar yordamida aniqlanadi:

$$D_p = L_p(kojuxsiz) - L_p(kojux\ bilan) \quad (3)$$

$$D_{pA} = L_{pA}(kojuxsiz) - L_{pA}(kojux\ bilan) \quad (4)$$

Bu erda Lr-nazorat punktidagi oktava yoki uchinchi oktava chastota diapazonlarida radiatsiyaning tovush bosimi darajasi, db;

Lra-nazorat nuqtasida radiatsiya tovushining o'lchangan yoki hisoblangan darajasi, DBA.

Bunda, L_p— nazorat nuqtasida oktavali yoki uchdan bir oktavali chastota polosalarida o‘lchangan tovush bosimi darajasi, dB; L_{pA}esa — nazorat nuqtasida o‘lchangan yoki hisoblangan A-korreksiyalangan tovush darajasi, dBA.”

MUHOKAMA. O‘zaro o‘lchash (o‘zaro ta’sir) usuli. Reverberatsion kamerada GOST 31274 talablariga muvofiq reverberatsion tovush maydoni hosil qilinadi va kameradagi hamda kojux ostidagi tovush bosimi darajalari farqi aniqlanadi.

Kojux polga shunday joylashtirilishi kerakki, uning hech bir tomoni kameraning devorlari bilan parallel bo‘lmasin. 100 dan 10 000 Hz gacha bo‘lgan chastota diapazonida o‘lchovlar o‘tkazilganda kojux bilan kamera devorlari (yoki shipi) orasidagi masofa ushbu diapazonning quyi polosasi uchun o‘rta-geometrik chastotaga mos keluvchi tovush to‘lqini uzunligining kamida yarmi bo‘lishi lozim. Bundan tashqari, kojux bilan kamera ichidagi istalgan tovush sochuvchi (diffuzor) obyekt orasidagi masofa ham shu o‘rta-geometrik chastotaga mos to‘lqin uzunligining kamida yarmi bo‘lishi kerak. 50 dan 80 Hz gacha bo‘lgan chastota diapazonidagi o‘lchovlar uchun esa bu masofa kamida 2 metr bo‘lishi shart.

Kojux o‘lchovlarning butun davomiyligi mobaynida kamera ichida bo‘lishi kerak. Tovush maydoni kamida ikkita o‘z generatoriga ega bo‘lgan baland shovqinli karnaylarning bir vaqtning o‘zida ishlashi orqali yoki bitta karnayni kamida ikkita joyga ketma-ket o‘rnatish orqali hosil qilinadi. Karnaylar orasidagi masofa 3 metrdan kam bo‘lmasligi lozim. Har qanday karnay bilan kojux orasidagi masofa imkon qadar katta, lekin 2 metrdan kam bo‘lmasligi kerak. Shuningdek, har qanday karnay bilan har qanday mikrofon orasidagi masofa ham kamida 2 metr bo‘lishi shart. Agar karnay yo‘nalishsiz (ненаправленный) bo‘lsa, minimal 2 metr masofani tanlashga ruxsat etiladi. Aks holda, yoki karnay kamera burchagiga yaqin joylashtirilgan bo‘lsa, minimal masofa kattalashtirilishi lozim. Sinovlar uchun tovush tarqalish diagrammasining yo‘naluvchanligi eng kichik bo‘lgan karnaylar tanlanadi. Hosil qilinayotgan shovqin o‘lchovlar o‘tkaziladigan chastotalar

ISSN 3030-3907

diapazonida uzluksiz spektrga ega bo‘lgan barqaror shovqin bo‘lishi kerak. Agar o‘lchovlar oktavali chastota polosalarida bajarilsa, unda spektr har bir oktavali polosa ichida amalda tekis bo‘lishi lozim. Karnayning har bir joylashuvi uchun oktavali va uchdan bir oktavali chastota polosalaridagi tovush bosimi darajalari kojux atrofida bir tekis joylashtirilgan kamida oltita nuqtada o‘lchanishi lozim. O‘lchash nuqtalari GOST 31274 (8-bo‘lim) talablari bo‘yicha tanlanadi. Karnayning har bir joylashuvi uchun kojux ichidagi shartli hajmda o‘tkazilgan o‘lchovlar asosida kojux ostidagi o‘rtacha tovush bosimi darajasi aniqlanadi. Bu shartli hajm kojuxning haqiqiy ichki hajmidan kichik bo‘lishi, ammo shakli bir xil bo‘lishi kerak. Shartli hajmning chegaralovchi sirtlari kojuxning ichki yuzasidan kamida 0,2·d masofada joylashgan bo‘lishi lozim (bu yerda d — kojuxning eng kichik ichki o‘lchami). O‘lchovlarda kamida oltita nuqtadan foydalaniladi yoki katta qismidagi signalni qabul qila oladigan harakatlantiriladigan bitta mikrofon ishlatiladi. O‘lchovlar uchun qamrab olinadigan chastota diapazoni kamida 100 dan 5000 Hz gacha bo‘lgan uchdan bir oktavali polosalarni va 125 dan 4000 Hz gacha bo‘lgan oktavali polosalarni o‘z ichiga olishi kerak. 50 dan 10 000 Hz gacha bo‘lgan uchdan bir oktavali polosalar va 63 dan 8000 Hz gacha bo‘lgan oktavali polosalardan foydalanish ma’qulroq hisoblanadi.

Shovqin bosimi bo‘yicha tovush izolyatsiyasi o‘zaro ta’sir (взаимность) usuli asosida quyidagi formula bo‘yicha aniqlanadi.

$$D_{pr} = \overline{L}_p(kamera) - \overline{L}_p(kojux\ ichida) \qquad (5)$$

Bunda, $L_{p,kamera}$— kameradagi o‘rtacha shovqin bosimi darajasi, dB; $L_{p,kojux\ ichida}$— kojux ichidagi o‘rtacha shovqin bosimi darajasi, dB.”

XULOSA. Ushbu tadqiqotda shovqin manbasi sifatida haqiqiy uskuna qo‘llanilmagan sharoitlarda kojuxlarning shovqin izolyatsiyasi samaradorligini baholash uchun qo‘llaniladigan o‘zaro ta’sir (reciprocity) usulining nazariy asoslari va laboratoriya talablari batafsil o‘rganildi. Reverberatsion kamerada o‘tkaziladigan sinovlarning normativ talablari, karnaylarning joylashuvi, ularning yo‘naluvchanlik darajasi, mikrofonlarning pozitsiyasi va o‘lchov nuqtalarining tanlanishi kabi omillar izolyatsiya ko‘rsatkichining aniqligiga bevosita ta’sir qilishi aniqlandi.

Tahlil natijalari shuni ko‘rsatadiki, o‘zaro ta’sir usuli kojuxlarning shovqin izolyatsiya xususiyatlarini baholashda yuqori darajadagi takrorlanuvchanlik va ishonchlilikni ta’minlaydi. Ushbu usulda kameradagi va kojux ostidagi o‘rtacha tovush bosimi darajalari o‘lchanadi hamda farqi asosida izolyatsiya qiymati aniqlanadi. Sinovning asosiy afzalligi shundaki, real shovqin manbasiga ehtiyoj sezilmaydi va sun’iy ravishda yaratilgan barqaror, spektri tekis shovqin yordamida konstruksiyaning akustik samaradorligi baholanishi mumkin.

Normativ talablar, xususan GOST 31274 bo‘yicha reverberatsion kameraning geometrik shartlari, karnaylar orasidagi masofa, kameraning diffuz tovush maydonini shakllantirish talablari, shartli o‘lchov hajmi va foydalaniladigan

ISSN 3030-3907

mikrofonlar soni kabilar izolyatsiya ko‘rsatkichi aniqligining oshiradi. O‘lchovlar jarayonida oktavali va uchdan bir oktavali chastota polosalaridagi ma’lumotlar asosiy manba bo‘lib xizmat qiladi, A-korreksiyalangan izolyatsiya ko‘rsatkichlarini hisoblashda esa uchdan bir oktavali polosalar bo‘yicha aniqlik yuqoriroq ekani qayd etildi.

Natijalar shuni ko‘rsatadiki, o‘zaro ta’sir usuli sanoat korxonalarida qo‘llaniladigan turli akustik kojuxlarning izolyatsiya samaradorligini aniqlashda amaliy va ishonchli metod bo‘lib, real uskuna bilan sinov o‘tkazish imkoni bo‘lmagan holatlarda ayniqsa dolzarb hisoblanadi. Ushbu usul yordamida turli konstruktsion yechimlar va materiallarning shovqinni kamaytirish qobiliyatini oldindan baholash mumkin, bu esa sanoatdagi mehnat muhofazasi talablarini takomillashtirishga xizmat qiladi.

ADABIYOTLAR RO‘YHATI.

1. Сулаиманов С.С., Мусаев Ш.Г. Sanitary and hygienic evaluation of working conditions and noise characteristics of equipment in the metalworking shop of the Tashkent passenger railcar construction and repair plant // Journal of Transport. – 2025. – Т. 2, № 2. – С. 189–194. – DOI: 10.56143/jot-journal.v2i2.288.

2. Modern Scientific Research on Noise Reduction in Production Processes // Eurasian Journal of Engineering and Technology. — 2025. — Vol. 45, September. — P. 1–5. — ISSN 2795-7640.

3. Безопасность жизнедеятельности. Акустический расчет: Методические указания по выполнению расчетно-графической ра боты / Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». Сост. В.В. Смирнякова. СПб, 2012. 39 с.

4. ГОСТ 27818–88. Машины вычислительные и системы обработки данных. Допустимые уровни шума на рабочих местах и методы определения

5. Sulaymanov S., Musayev S. Toshkent yo‘lovchi vagonlarni qurish va ta’mirlash zavodi temirchilik sexi dastgohlari shovqin darajasi tavsiflari va ish o‘rinlaridagi mehnat sharoitini sanitar gigiyenik baholash //Journal of Transport. – 2025. – T. 2. – №. 2. – C. 189-195.

6. Sulaymanov S., Musayev S. Temir yo‘l korxonalaridagi ishchi xodimalar ish o‘rinlarida ishlab chiqarishdagi shovqin bosimi darajasini bilan bog‘liq kasb kasalliklarini tahlili //Journal of Transport. – 2025. – T. 2. – №. 2. – C. 186-188.

7. Musayev Sh.G. Shovqin tushunchasi va inson hayotiga ta’siri (tarixiy tadqiqotlar va zamonaviy yondashuvlar asosida) // *Development of Science*. — 2025. — T. 4, № 9. — B. 23–31.

8. Musayev Sh.G. Shovqinning zararli ta’siri va uning turli mintaqalarda muammoli ko‘rsatkichlari // *Development of Science*. — 2025. — T. 4, № 9. — B. 32–42.

ISSN 3030-3907

9. Musayev Sh.G. Modern Scientific Research on Noise Reduction in Production Processes // *Eurasian Journal of Engineering and Technology*. — 2025. — T. 45. — B. 1–5.

10. Musayev Sh.G. Analysis of the Results of Scientific Research on Noise Reduction in Machine-Building Sectors and Related Enterprises // *Eurasian Journal of Research, Development and Innovation*. — 2025. — T. 48. — B. 1–7.

ISSN 3030-3907