

**ТОШКЕНТ АРХИТЕКТУРА-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.26/30.12.2019.Т.11.01РАҚАМЛИ  
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ АРХИТЕКТУРА-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ**

**РАШИДОВ ЖАСУР ҒАЙРАТ ЎҒЛИ**

**БИНОЛАРНИ КЎП ҚАТЛАМЛИ ЕНГИЛ ТЎСИҚ  
КОНСТРУКЦИЯЛАРИНИ ТОВУШ ИЗОЛЯЦИЯСИНИ ОШИРИШ**

**05.09.01 -Қурилиш конструкциялари, бино ва иншоотлар**

**техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси  
АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент – 2021**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертация  
автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии(PhD) по  
техническим наукам**

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)  
on technical sciences**

**Рашидов Жасур Гайрат ўғли**

Биноларни кўп қатламли енгил тўсиқ

конструкцияларини товуш изоляциясини ошириш.....3

**Рашидов Жасур Гайрат угли**

Повышение звукоизолирующей способности многослойных легких

ограждающих конструкций зданий .....23

**Rashidov Jasur Gayrat ugli**

Upgrading the soundproofing ability of multilayer lightweight

enclosing structures of buildings .....43

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ

List of published works .....47

**ТОШКЕНТ АРХИТЕКТУРА-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.26/30.12.2019.Т.11.01РАҚАМЛИ  
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ АРХИТЕКТУРА-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ**

**РАШИДОВ ЖАСУР ҒАЙРАТ ЎҒЛИ**

**БИНОЛАРНИ КЎП ҚАТЛАМЛИ ЕНГИЛ ТЎСИҚ  
КОНСТРУКЦИЯЛАРИНИ ТОВУШ ИЗОЛЯЦИЯСИНИ ОШИРИШ**

**05.09.01 -Қурилиш конструкциялари, бино ва иншоотлар**

**техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси  
АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент – 2021**

**Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2020.4.PhD/T1220 рақам билан рўйхатга олинган.**

Диссертация Тошкент архитектура-қурилиш институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)), Илмий кенгашнинг веб-саҳифасида ([www.taqi.uz](http://www.taqi.uz) ва «ZiyoNet» Ахборот-таълим порталида [www.ziyounet.uz](http://www.ziyounet.uz)) жойлаштирилган.

**Илмий раҳбар:**

**Пирматов Раҳматулло Ҳамидуллаевич**  
техника фанлари номзоди, доцент

**Расмий оппонентлар:**

**Ҳоджаев Аббос Агзамович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Ювмитов Анвар Сайфуллаевич**  
техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD)

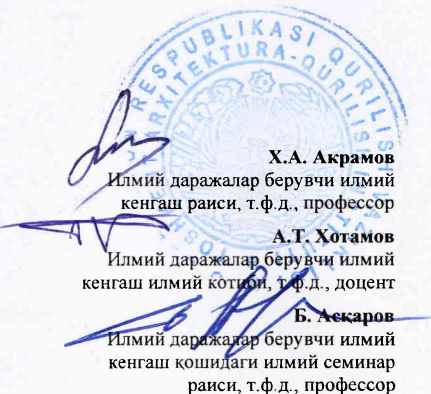
**Етакчи ташкилот:**

**Жиззах политехника институти**

Диссертация ҳимояси Тошкент архитектура-қурилиш институти ҳузуридаги DSc.26/30.12.2019.Т.11.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2021 йил «30» ноябрь соат 12<sup>30</sup> да архитектура факультетининг мажлислар залида бўлиб ўтади (Манзил: 100011, Тошкент ш., Абдулла Қодирий кўчаси, 7в-уй. Тел.: (99871) 241-10-84; факс: (99871) 241-80-00, e-mail: [devon@taqi.uz](mailto:devon@taqi.uz), [taqi\\_atm@edu.uz](mailto:taqi_atm@edu.uz)).

Диссертация билан Тошкент архитектура-қурилиш институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (№ 65 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100084, Тошкент ш., Кичик Халқа йўли кўчаси, 7-уй. Тел.: (+99871) 235-43-30; факс: (+99871) 234-15-11, e-mail: [taqi\\_atm@edu.uz](mailto:taqi_atm@edu.uz)). факс: (99871) 241-80-00, e-mail: [taqi\\_atm@edu.uz](mailto:taqi_atm@edu.uz)).

Диссертация автореферати 2021 йил «12» ноябрь куни тарқатилди.  
(2021 йил «16» октябрдаги 6 - рақамли реестр баённомаси).

  
**Х.А. Акрамов**  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор  
**А.Т. Хотамов**  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш илмий котиби, т.ф.д., доцент  
**Б. Аскарлов**  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси, т.ф.д., профессор

## **КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)**

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Жаҳон қурилиш амалиётида сўнгги пайтларда массаси кичик ва юқори товуш изоляциялаш хусусиятларига эга бўлган ташқи ва ички тўсиқ конструкциялардан бўлган бинолар сони ортиб бормоқда, бу иморатларнинг материал сарфини сезиларли даражада камайтириши ҳамда хоналарнинг қулайлик даражасини ошириш имконини беради. Ривожланган мамлакатларда, шу жумладан, Финляндия, АҚШ, Буюк Британия, Япония, Германия, Россия, Италия ва Хитой каби давлатларда янги самарали товуш ўтказмайдиган материаллар яратишга, товуш тўлқинларининг тўсиқ орқали тарқалишини тадқиқ қилишга ҳамда енгил тўсиқ конструкцияларнинг товуш ўтказмаслик хусусиятларини ошириш мақсадида конструктив ечимини такомиллаштиришга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Дунёда турли хил назарий ва экспериментал усуллардан фойдаланган ҳолда, ташқи товуш тўлқинларининг ўтиши пайтида, тўсиқ конструкцияларни юпқа қатламларининг резонансли тебранишларининг юзага келиши мумкинлигини ўрганишга қаратилган илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда. Шу билан бирга, меъёрий қийматлар билан таққосланадиган енгил кўп қатламли тўсиқ конструкциялар орқали ҳаво шовқини изоляциясининг частотали тавсифларини аниқлаш муҳим бўлиб қолмоқда, бу уларнинг акустик ҳисоблаш усулини такомиллаштириш имконини яратади.

Ўзбекистон Республикасида бино ва иншоотларни қуришда ҳар бир алоҳида хона учун юқори даражадаги қулайликни таъминлашга қаратилган янги енгил тўсиқ конструкцияларини яратиш, илғор технологиялар ва самарали материалларни жорий этишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Шу туфайли мазкур вазифаларни амалга оширишда, ҳаво шовқинидан изоляция даражасини ошириш муҳим масалалардан бири бўлиб, бунга товуш ўтказиш йўлида қўшимча тўсиқлар яратишни ҳисобга олган ҳолда, енгил кўп қатламли тўсиқ пардадеворларнинг конструктив ечимини такомиллаштириш орқали эришиш мумкин.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017-йил 7-февралдаги ПФ-4947-сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида” Фармони, 2017 йил 8 августдаги ПҚ-3182-сон “Худудларни жадал ижтимоий-иқтисодий ривожлантиришни таъминлашга доир устувор чора-табирлар тўғрисида”, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2020 йил 13 мартдаги ПФ-5963-сон “Ўзбекистон Республикасининг қурилиш соҳасида ислохотларни чуқурлаштиришга доир қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида” ги қарорларда ҳамда мазкур фаолиятга тегишли меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда, ушбу диссертация тадқиқоти муайян ва керакли даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги.** Мазкур тадқиқот

республика фан ва технологиялар ривожланишининг II. «Энергетика, энергия ва ресурстежамкорлик» устувор йўналишлари доирасида бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Ҳаводаги шовқин изоляциясини ҳисоблашнинг асосий усуллари ишлаб чиқиш ва акустик қулайлик муаммоларини оқилона ечиш изланишларини йирик тадқиқотчилар, жумладан: В.И. Заборов, Г.Л. Осипов, И.И. Боголепов, В.М. Спиридонов, Б.И. Климов, И.И. Клюкин, М.С. Седов, А.В. Захаров, В.Г. Крейтан, Р.Ю. Маракаев, Р.Х. Пирматов, Р.А. Кучкаров, А.А. Кочкин, А.В. Гречишкин, В.М. Разживин, У.Т. Гулов, Д. Рузиев, R.J. Craik, T. Matsumoto, A. Dijkmans, V. Hongisto, A. Santoni, J.L. Davy, F. Ljunggren, X. Zhang ва бошқалар шуғуланиб, ушбу тадқиқотлар йўналишида салмоқли илмий ишларни бажарганлар.

Бажарилган илмий тадқиқот ишларининг таҳлили шуни кўрсатдики, кўп қатламли енгил пардеворларнинг конструктив ечимлари 63-250 ва 2000-2500 Hz частоталарда товуш ўтказмаслик қобилиятга эга эмас. Бундан ташқари, олимларнинг ҳаво шовқини изоляциясини ҳисоблашнинг муҳандислик усулини ишлаб чиқишга ҳамда юпқа қатламлардан иборат бўлган кўп қатламли енгил пардадеворлар орқали товуш ўтиши механизмини излашга эътибор қаратилмаганлиги аниқланган. Амалдаги ҳолат шуни кўрсатадики, кўп қатламли муҳитда товуш тарқалишининг хусусиятларини ўрганиш ва товуш ўтказмаслик хусусиятларга эга пардадеворлар учун самарали конструктив ечимларини ишлаб чиқишдаги кенгроқ илмий изланишларни олиб бориш зарурлиги талаб этилмоқда.

**Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.**

Диссертация тадқиқоти Тошкент архитектура-қурилиш институти, Ўзбекистон Республикаси Қурилиш вазирлиги ва “ToshuyjoyLITI” АЖ ўртасида 2018-йил 25-октябрдаги 1286-сонли ҚМҚ 2.01.08-2019 “Шовқиндан ҳимоя” ни ишлаб чиқиш учун тузилган шартнома доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** кўп қатламли енгил тўсиқ конструкцияларнинг товуш ўтказмаслик самарадорлигини ошириш ва уларнинг ҳаводаги шовқин изоляциясини ҳисоблаш усуллари тақомиллаштиришдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

кўп қатламли енгил пардадеворлар орқали товуш ўтиш жараёнини тадқиқ қилиш;

лаборатор тажриба, натуравий ва ҳисоблаш тадқиқотлари асосида кўп қатламли енгил тўсиқ конструкцияларнинг ҳаво шовқини изоляциясини частотали тавсифлар орқали аниқлаш;

кўп қатламли енгил тўсиқ конструкцияларнинг ҳаво шовқини изоляциясини ҳисоблаш усулини ишлаб чиқиш;

товуш изоляциясининг самарадор хусусиятларини таъминлайдиган кўп қатламли енгил тўсиқ конструкциялар учун рационал конструктив ечимларини ишлаб чиқиш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида кўп қатламли енгил пардадеворлар (ҚКЕП) олинган.

**Тадқиқотнинг предмети** сифатида келтирилган параметр усуллари

асосланган физик ва дискрет моделлар ҳамда муҳандислик ҳисоблаш усулларини ўз ичига олади.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Маълум бўлган илмий-техник натижаларни аналитик умумлаштириш, тўсиқ конструкциялар орқали ҳаво шовқини изоляциясини ҳисоблаш, эҳтимоллик назарияси ва математик статистика ҳамда натуравий ва лаборатор тажриба ўлчаш усуллари асосида амалга оширилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

материаллар қатламларининг қалинлиги, мустаҳкамлиги ва биқирлиги хусусиятларига қараб ўрта геометрик учдан бир қисми октавали чизикдаги частоталарда (100-3150 Hz), тўсиқ конструкциядаги қатламларининг резонансли тебранишларининг пайдо бўлиши аниқланган;

ички пардадеворларни лойиҳалашда талаб этиладиган товуш изоляциясини таъминлаш, ҳаводаги шовқин изоляцияси индексининг меъёрий қийматлари билан таққослаш учун натуравий ва лаборатория тажрибалари натижасида 100 дан 3150 Hz гача бўлган частоталар диапазонида кўп қатламли енгил тўсиқ конструкция орқали ҳаводаги шовқин изоляциясининг частотали тавсифлари аниқланган;

товуш ўтишнинг асосий йўллари ва конструктив ечимнинг хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда, кўп қатламли енгил пардадеворларнинг ҳаво шовқини изоляциясини ҳисоблашнинг такомиллаштирилган усули таклиф этилган;

меъёрланадиган частота диапазонида тўсиқнинг товуш ўтказмаслик даражасини оширишга қаратилган пардадевор каркасининг конструктив ечимини ўзгартириш ва уни товуш ютувчи материал билан тўлдириш орқали, кўп қатламли енгил тўсиқ конструкциясини такомиллаштириш имконияти асосланган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

товуш ўтказувчанлигининг ҳисоблаш моделлари ва уларнинг юққа қатламлардан иборат бўлган кўп қатламли енгил пардадеворларнинг ҳаво шовқини изоляциясига таъсири аниқланган;

биноларни қуришда енгил кўп қатламли пардадеворлардан фойдаланиш имкониятини кенгайтирилган ҳолда частота диапазонида етарлича ҳаво шовқинининг изоляциясига эга бўлган юққа қатламли тўсиқ конструкцияларнинг тегишли конструктив ечимлари ишлаб чиқилган;

биноларда кўп қатламли енгил тўсиқ конструкцияларнинг ҳаво шовқини изоляциясини ҳисоблаш учун компьютер дастури ишлаб чиқилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончилиги.** Тадқиқот натижаларининг ишончилиги, замонавий асбоблар ва уларни амалга оширишнинг стандарт усулларидан фойдаланган ҳолда мураккаб акустик тадқиқотлар ўтказилганлиги, назарий ҳисоблар ва экспериментал натижалар ҚМҚ 2.01.08-2019 "Шовқиндан ҳимоя" ва O`zDSt қурилиш меъёрлари ва қоидалари асосида амалга оширилганлиги, тадқиқот натижаларнинг ўзаро мутаносиблиги ва таклиф қилинган ишланмаларни қурилиш амалиётга жорий қилинганлиги билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти шундаки, муҳандислик ҳисоблаш усулларининг бинолардаги ҳар хил турдаги тўсиқ конструкцияларнинг товуш ўтказмаслик даражасини тезда баҳолаш ва ҳисоблаш, шу жумладан

лойиҳалаш босқичида уларнинг самарадорлигини яхшилаш бўйича чора-тадбирлар билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти** шундан иборатки, биноларнинг тўсиқ конструкциялари орқали ҳаво шовқини изоляциясини ҳисоблаш усуллари ва таклиф қилинаётган лойиҳа ечимларини лойиҳалаш жараёнида қурилиш-монтаж ишларининг давомийлигини камайтириш билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Биноларни кўп қатламли енгил тўсиқ конструкцияларини товуш изоляциясини ошириш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

тўсиқ конструкцияларни ҳаво шовқинидан изоляциясини ҳисоблашни амалий усули «ToshuyjoyLIT» АЖ да ҚМҚ 2.01.08-2019 “Шовқиндан ҳимоя” меъёрий ҳужжатни янги таҳририни “Тўсиқ конструкцияларни товуш изоляцияси” бўлимида ва Б иловасини ишлаб чиқишда қўлланилган (Ўзбекистон Республикаси Қурилиш вазирлигининг 2020-йил 13-ноябрдаги 09-06/8859 – сонли маълумотномаси). Натижада, ҳисоблаш вақтининг сарфи 25-30 % га қисқартиришга эришилган;

кўп қатламли енгил тўсиқ конструкцияларнинг товуш изоляциясини оширишга йўналтирилган такомиллаштирилган конструктив ечимлари “Ўзоғирсаноатлойтиха” АЖ институтида биноларни лойиҳалашда қўлланилган (Ўзбекистон Республикаси қурилиш вазирлигининг 2020-йил 13-ноябрдаги 09-06/8859 – сонли маълумотномаси), бу қурилишда материал сарфини 19 % ва меҳнат харажатларини 27 % га камайтириш имконини берган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Диссертация тадқиқотининг асосий натижалари 5 та халқаро ва 5 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокама қилинган, хусусан, 2019-йил 27-февраль куни Ўзбекистон Республикаси Инновацион ривожланиш вазирлиги томонидан ташкил этилган ёш олимларнинг I республика конференциясида (халқаро миқёсида) "Энг яхши мақола" номинациясида сертификат билан тақдирланган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича жами 22 та илмий иш чоп этилган бўлиб, шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фалсафа доктори (PhD) диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 12 та мақола, жумладан, 6 таси республика ва 6 таси хорижий журналларда нашр қилинган. 10 та мақола халқаро ва республика конференцияларидаги маърузалар тўпламларида чоп этилган. Бундан ташқари, монография нашр этилди (Ўзбекистон Республикаси Фавқулодда вазиятлар вазирлиги академияси кутубхонасида сақланади. 2020-йил 16-декабрда 36/33-2174-сонли маълумотнома берилган). Шунингдек, Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлигидан ҳисоблаш дастури учун гувоҳнома олинган (DGU 09683-2020) ва фойдали моделга талабнома (FAP 2021-0161) топширилган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати, атамалар ва 8 та иловадан иборат. Диссертациянинг ҳажми 120 саҳифани ташкил этади, шу жумладан: 57 та расм; 11 та жадвал; адабиётлар рўйхатининг 169 та номларидан иборат.



## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

**Кириш** қисмида бажарилган диссертация тадқиқотининг долзарблиги ва зарурати асосланган, мақсад ва вазифалар шакллантирилиб, объект ва предметлари келтирилган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикасида фан ва техника тараққиётининг устувор йўналишларига мувофиқлигини шакллантирилган. Муаммони ўрганганлик даражаси ва Тошкент архитектура-қурилиш институтининг илмий тадқиқот режалари ўртасидаги боғлиқлик, тадқиқот натижаларининг илмий янгилиги ва ишончилиги, олинган натижаларнинг илмий-амалий аҳамияти, уларни бино ва иншоотларда лойиҳалаштириш ва қурилишни амалиётида қўлланилганлиги ҳамда тадқиқот натижаларининг нащри ва диссертациянинг тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **"Кўп қатламли тўсиқ конструкцияларини ҳаво шовқини изоляцияси муаммосининг моҳияти"** номли биринчи бобида илмий тадқиқотларнинг таҳлилий шарҳи берилган.

Ҳозирги вақтда биноларнинг акустик параметрлари асосан ёнма-ён жойлашган хоналарнинг ҳаводаги товуш изоляциясига қўйиладиган талабларни ҳисобга олган ҳолда, ишлаб чиқилган конструктив элементларнинг физик омилига боғлиқдир. Тўлқин узатишда муҳим резонансли ҳодисага эга бўлган диапазон частоталарида кўп қатламли пардадеворларнинг ҳаво орқали ўтадиган шовқин изоляциясини аниқлашнинг ҳеч қандай усули йўқлиги аниқланган.

Адабиётларни таҳлил қилиш натижасида тадқиқот вазифалари аниқланди. Лаборатория тажриба тадқиқотлари билан боғлиқ физик мураккабликларни ҳисобга олган ҳолда, адабиётларда келтирилган таянч моделлардан ташқари аниқ муҳандислик ҳисоблаш усулини ишлаб чиқиш зарурдир. Конструкциянинг резонансли қийматларга эга бўлган юқори частота диапазонлари учун аниқланади. Аналитик шарҳга кўра, кўп қатламли енгил тўсиқ конструкциялардан иборат бўлган пардадеворларнинг товуш тўлқинлари ўтиши учун етарлича имкониятга эга эмас. Шубҳасиз, кўп қатламли деворлар орқали товушни ўтишда, ҳақиқатдан йироқ бўлган оддий нормал тушиш ҳисобига олинади. Паст частотани чизиқли усул билан аниқлаб, чексиз пластина билан солиштирганда қобилят яхшиланди. Бироқ, кўп қатламли конструкциялар учун бир вақтнинг ўзида дифференциал тенгламаларни ечиш қийинлашади. Аниқланишича, қатламлар орасидаги бириктирилган жойларда деформацияларнинг ҳисоб-китобларни инобатга олган ҳолда, товушни узатиш самарадорлигини пасайтиради ва адабиётларда тақлиф қилинган содаллаштирилган формулалар фақат оғир конструкцияларга тегишли бўлади.

Натижада, акустик қўлайликнинг замонавий концепцияси тўлиқ очиб берилган ва улардан фойдаланишнинг эҳтимоли нуқтаи-назаридан келиб чиқиб, ҳар хил турдаги кўп қатламли енгил пардадеворларнинг ҳаво шовқини изоляциясини ҳисоблашнинг мавжуд лойиҳалаш ечимлари ва усулларига

баҳо берилган.

*Ишчи фараз (гипотеза).*

Кўп қатламли енгил конструкцияларининг лойиҳалаш ечимларини ҳисобга олиб, бинонинг акустикасини оширишда дискрет моделларидан фойдаланган ҳолда лойиҳалаш босқичида ҳаво шовқини изоляциясини ҳисоблашнинг амалий усулларидан фойдаланиш мумкин. Замонавий меъёрий усулларга асосланиб ҳаракатчан сақланиш миқдори ва кинетик энергиянинг қонунларидан қўлланиши кўп қирралиги ва соддалиги билан ажралиб туради, натижада конструкцияларнинг товуш изоляциялаш қобилиятини оширади ҳамда самарали конструктив ечим ишлаб чиқишда ва қурилишнинг моддий сарфини камайтиришга имконини беради.

Диссертациянинг **"Кўп қатламли енгил тўсиқ конструкцияларини ҳаво шовқини изоляциясини экспериментал услубда тадқиқ қилиш"** деб номланган иккинчи бобида ҳаводаги шовқин изоляциясини ўлчаш усуллари, кўп қатламли пардеворларнинг товуш изоляциясига акустик тўлқинларнинг таъсири, шунингдек, кўп қатламли элементларининг ҳаво шовқини изоляциясининг частотали тавсифлари батафсил келтирилган.

Кўп қатламли енгил пардадеворлар намуналарининг товуш изоляциясини аниқлашда амалдаги меъёрий ҳужжатлардан фойдаланилган бўлиб, шу жумладан уларнинг асосида Пенза давлат архитектура ва қурилиш университети ва Нижний Новгород Давлат архитектура ва қурилиш муҳандислик университети (Россия Федерацияси) қурилиш акустикаси илмий лабораторияларида тажриба тадқиқотлари ўтказилган. Илмий лабораториялар вертикал ва горизонтал равишда ёнма-ён жойлашган иккита синов хонасидан иборат бўлиб, улардан бири юқори босимли акустик, иккинчиси паст босимли акустик хоналардан иборат бўлган. Тажриба давомида товуш манбаи хонасида ва қабул қилинган товуш хонада диффуз майдонлар билан таъминланган. Акустик тажриба хоналари билвосита товуш узатиш имкониятини истисно қилган ҳолда, бир-биридан ҳажми ва ўлчови бўйича камида 10% га фарқ қилган. Реверберация вақти барча частота диапазонларида камида 0,1 сонияни ташкил этган. Пардадеворлар учун синовдан ўтган конструкция намунасини ўрнатиш учун мўлжалланган майдон 10,66 м<sup>2</sup> ташкил этган. Юқори ва паст даражадаги хоналарнинг максимал ҳажми 260 м<sup>3</sup> дан ошмаган. Биринчи ўлчов натижаси 26 дақиқани, кейинчалик эса реверберация вақтини ўлчашни талаб қилмаганлиги сабабли, ўртача 15 дақиқа давом этган. Октава товуш босими даражаси Экофизика-110А ва Экофизика-111В шовқин ўлчагич асбоблари билан аниқланган.

3 та асосий нуктада 1 манбали юқори хонадаги товуш босими даражаси (ТБД) ўлчанган. Товуш босимининг минимал қиймати ўртача 63 dB дан паст бўлмаган ҳолда, 630 Hz частотадаги максимал қиймат 85 dB ни ташкил этган. 2 та манбага эга юқори даражали хонада товуш босими даражаси 3 асосий нуктада ўлчанган. 125 Hz частотада биринчи ва иккинчи ўлчов нукталарида минимал товуш босими қийматлари 61-62 dB оралиғида, 630 Hz частотада биринчи нуктанинг максимал қиймати 77 dB га, учинчи нуктада эса товуш

босими 81 dB ни ташкил этган. 1 манбали паст даражадаги хонада товуш босими даражаси 3 асосий нуқтада ўлчанган.

Минимал товуш босими қийматлари биринчи ўлчаш нуқтасида 100 Hz частотада 28,5 dB атрофида бўлган, иккинчи нуқтада ва учинчи нуқтада эса 31 ва 29 dB ни ташкил этган. Максимал қиймат биринчи нуқтада 3150 Hz частотада 19 dB га эди, иккинчи ва учинчи нуқталарда товуш босими даражаси мос равишда 36-37 dB ни ташкил этган. Юқори даражадаги фон шовқини 125 Hz частотада қайд этилган, унинг қиймати 58 dB ташкил этган. Шовқиннинг энг паст даражаси 100 Hz частотада кузатилган ва унинг қиймати 22 dB ни ташкил этган. Паст даражали хонадаги реверберация вақти ўртача 0,44 сонияни ташкил этди. Шунингдек, 1 чи ташқи шовқин манбасида товуш босими даражасини ва 2 чи манбада ташқи шовқиннинг товуш босими даражасини акустик ўлчаш учун қулай натижаларга эришилган.

Аниқланишича, товуш тўлқини нормал ҳолатда тушганда, унинг частотаси монотоник равишда ошади, лекин бошқа барча бурчак бурчакларида частоталарнинг кескин пасайиши кузатилади. Тадбиқ қилинишича, товушни юқори чегарали частотали енгил қатламига ўтказишда товуш самарадорлиги пасаяди ва кейинчалик товуш изоляцияси сезиларли даражада яхшиланади.

Пардадеворлар қатламларининг физик-механик параметрларининг ҳаво товушини изоляциясига таъсири ўрганилган. Қатламларнинг қалинлиги ва параметрларига қараб, маълум частоталарда резонанс тебранишлари аниқланган.

Диссертация ишида қўйилган вазифаларга кўра, кўп қатламли енгил пардадеворларнинг товуш изоляцияси сифатларини қиёсий таҳлилни ўтказиш учун 100 дан 3150 Hz гача нормаллаштирилган частота диапазонида 6 та намунадаги ҳаво шовқин изоляциясининг частотали тавсифлари аниқланган.

Ушбу натижалар ҚМҚ 2.01.08-19 да берилган услуб бўйича тажриба, натуравий ва ҳисоблаш тадқиқотлари асосида аниқланган. Шу тариқа, товушнинг мёърий ҳолатини таъминлаш учун пардадеворларнинг 6 та намунасида 3 та намунаси ишлаб чиқарувчиларнинг кўрсатмаларига (ИЧК) биноан ўрнатилган. Жумладан, намуналар натижалари қуйидаги қийматларга эга бўлган: намуна № 1  $R_w = 42$  dB; № 2  $R_w = 51$  dB; № 3  $R_w = 58$  dB. Тўсиқ конструкцияларнинг қолган 3 та намунаси биз таклиф қилинган ечимлар (ТҚЭ) асосида ўрнатилган. Жумладан, намуналар натижалари қуйидаги қийматларга эга бўлган: намуна № 1  $R_w = 52$  dB; № 2  $R_w = 56$  dB; № 3  $R_w = 60$  dB.

Лабораториядаги тажриба ва натуравий тадқиқотлари асосида 5 дан 20 dB оралиғида 100 Hz дан 250 Hz гача бўлган частоталарда кўп қатламли конструкцияларни учун мўлжалланган ҳисоблаш усулларида сезиларли даражада фарқ қилган. Товушнинг пардевор четидан ўтиши, товуш ёнма-ён хоналар ўртасида жойлашган кўп қатламли пардевор орқали эмас, балки бошқа йўллар билан ўтишини билдиради. Натижада, товушларни натуравий

шароитда икки хона орасидаги қатламлар четлари бўйлаб ўтиши ҳам қатламларнинг бир-бирига боғлиқдир.

Тадқиқот натижалари шуни кўрсатдики, товушнинг бир томонидаги майдонинг ошиши сайин, товуш ўтказувчанлик қиймати сезиларли даражада камаяди. Конструкцияларда ишлатиладиган материал параметрлари ҳисобланган товуш изоляция индексига сезиларли даражада таъсир қилиши мумкин. Оптимал ҳисоблаш аниқлигига эришиш учун қатламнинг ўлчовларни бажариш ва хусусиятларга қўйиладиган барча талабларга риоя қилиш зарур. Агар бундай ўлчовларга имконият бўлмаса, товуш изоляцияси индексини юқори баҳоламаслик учун ҳисоблашда ўртача қийматларни ишлатиш мақсадга мувофиқдир. Кўп қатламли енгил тўсиқ конструкциялар учун ҳар хил турдаги бирикишларни ҳисоблаш методикаси товуш изоляцияси индексини қийматларини беради, лекин кўп қийматлар ишончсиз маълумотларга эгадир. Ишончли манба маълумотларнинг йўқлиги, бу тадқиқотда ўтказилган ҳисоблашнинг тўғрилигини бироз чеклаб қўйган. Бироқ, намуналарнинг икки хона ўртасидаги ҳаво товушини ўтказмаслиги кутилган натижаларни бераётганлиги аниқланган.

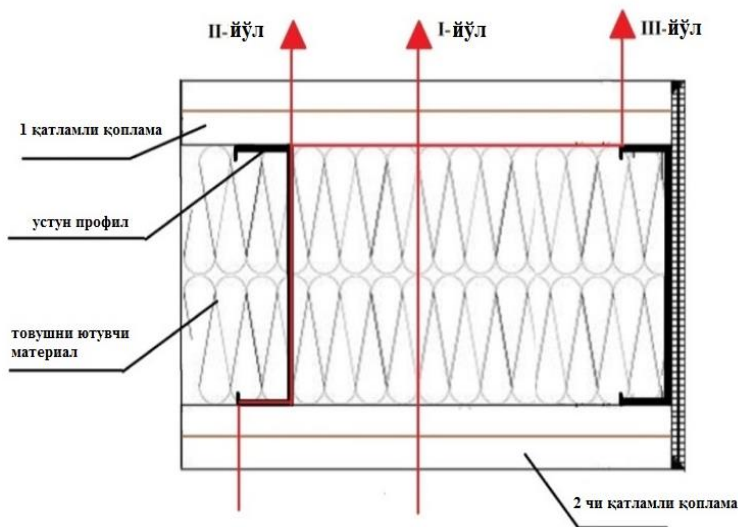
Таклиф қилинаётган пардеворларнинг конструктив ечимлари товуш изоляциясини ўлчанган ва ҳисобланган қийматлари юқори частота диапазони оралиғидаги фарқ 2-3 dB ни ташкил этиб, олинган натижалар аниқлиги билан ажралиб туради. Шундай қилиб, намуналарнинг частотали тавсифлари экспериментал ва натуравий тадқиқотларга асосланган ҳолда, товуш изоляцияси нафақат оралиқ бўлинишга, балки товуш манбасининг эгри ўтиши, шу жумладан мавжуд бўлган ёриқлар ва турли таъсир қилувчи омиллар билан боғлиқлиги аниқланган.

Диссертациянинг **“Товуш ўтишнинг назарий асослари ва кўп қатламли енгил тўсиқ конструкцияларини ҳаво шовқинидан изоляциялаш усуллари”** деб номланган учинчи бобида товуш ўтишнинг ҳисоблаш моделлари ва ҳаво шовқини изоляциясини ҳисоблашнинг муҳандислик усуллари таҳлил қилинган. Шу билан биргаликда, ҳаводаги шовқин изоляциясини ҳисоблаш учун автоматлаштирилган дастур ишлаб чиқилган ва товуш ўтказмайдиган кўп қатламли енгил пардадеворларнинг такомиллаштирилган конструктив ечимлари келтирилган.

Келтирилган моделлар параметрлари асосида кўп қатламли енгил конструкцияларда товуш изоляцияси учун аниқ ҳисоблашни таъминлайдиган дискрет элементларидан иборат бўлган физикавий моделларнинг фазовий тақсимланишини аниқлаштирилган. Товушни бир қатлам орқали ўтишда чегаравий частотасида пасайишга эга бўлган изоляцияси икки қатлам орасида ҳар хил чегаравий частоталар билан тавсифланади, шу жумладан бир хил пасайиш кўп қатламли енгил конструкцияларда кузатилган.

Ҳисоблаш моделларини яратиш учун ҳаво шовқини идеал ўтишини бирлаштирилган ҳолда, масса ва эгилувчанлик ҳолатлари билан келтирилган параметр усули қўлланилган. Тўлқин ва тебраниш частотаси турига қараб

масса, эластиклик ва камайтирилган массанинг элементар моделларининг комбинацияси жисмлар ёки муҳит чегаралари орқали товуш ўтишининг ҳисоблаш моделларини ҳосил қилган.



**1-расм. Товушнинг кўп қатламли енгил пардевор орқали ёнма-ён хонага ўтишининг асосий йўллари**

металл каркаسدан, сўнгра иккинчи томондан 12,5 мм қопламали икки қатламдан ўтган. Иккинчи йўл бўйлаб товуш енгил элементнинг икки қатлампдан ўтиб, сўнгра каркас қатлампдан ўтиб, тебраниш майдонини яратган бўлиб, конструкцияни тебратган, шундан сўнг икки қатламдан ўтган.

Товуш ўтишининг учинчи йўли бу товушни ютувчи материал орқали қўшни горизонтал устун профилдан ва массив қатлам орасидан ўтиб, сўнгра қопламанинг икки қатлампдан ўтган. Ўшбу тадқиқотда товуш йўли асосида қўлланиладиган ҳисоблаш схемалари ва физик моделлар аниқланган ва 1-жадвалда кўрсатилган. Камайган массалар эластик элементлар билан биргаликда тебранувчи тизимларни ҳосил қилади. Агар бирлаштирилган жисмлар қаратилган ёки келтирилган массалар тизими билан ифодаланган бўлса, у ҳолда ҳаракатнинг ўтиш энергияни сақлаш тенгламалари билан тасвирланади.

"Келтирилган масса" усулнинг моделларидан фойдаланишда кўп қатламли енгил тўсиқ конструкциянинг ҳар бир элементи учун товушни ўтиши ва акс эттириш коэффициентларини ҳисоблаш масалаларини имкониятларини кенгайтирган. Тадқиқот давомида, қатламлардаги тўлқинлар унинг атрофидаги қалинлигида акустик тўлқин билан боғлиқлиги аниқланган.

Товуш ўтишининг барча қатламлардаги қалинлигининг параметрларини ҳисобга олган ҳолда, енгил кўп қатламли пардадеворларининг ҳаво товуши изоляциясини ҳисоблаш учун муҳандислик усуллари таклиф қилинган.

Пардевор қатламларига тўлқин тушган пайтда,  $f \leq f_{\text{чег}}$  частоталарда тебранишлар кўзғалади, шундан сўнг ҳаракат ҳар бир кетма-кет қатламга

Натуравий ва экспериментал тажриба тадқиқотлари ёрдамида кўп қатламли енгил пардадевор орқали қўшни хонага ўтишининг асосий йўллари аниқланган.

1-расмда қўшни хонага кўп қатламли енгил пардевор орқали экспериментал тажриба ва натур тадқиқотлари орқали аниқланган асосий ўтиш йўллари кўрсатилган.

Мисол тариқасида, 1-сонли ИЧК намуна кўриб чиқилган. Биринчи йўлда, товуш 12,5 мм қопламанинг икки қатлампдан иборат, улар орасидаги товуш ўтказмайдиган қатламдан,

узатилади. Шунингдек, резонанслар учун  $R_{\Delta}$  dB тузатиш билан оғирлик қонунига бўйсунадиган товуш изоляциясининг хусусиятини белгилайди.

1–жадвал

### Кўп қатламли енгил пардеворда товуш ўтишининг схемалари ва ҳисоблаш моделлари

Товушнинг ўтиш йўли	Ҳисоблаш схемаси	Физикавий модел
I		
II		
III		

Шу тариқа, резонансли частоталар ҳудудларида тебранишларни бостириш жараёни содир бўлади, яъни нотўғри тебраниш мезонлари ҳисоблаш жараёнларига катта ноаниқликларни олиб келади. Пардадеворнинг ҳар бир томонидаги икки қаватли қатламлар учун тавсия этилган усул бўйича ҳисоблаш қуйидаги кўринишда ифода бўлади:

I-йўл бўйлаб умумий изоляция имконияти қуйидагича:

$$R_I = R_1 + R_2; \quad (1)$$

Товушнинг катта ва кичик бурчакларидаги кесиш частоталаридан юқори  $f > (f_{\text{чег.1}} \div f_{\text{чег.2}})$  частоталарда тўлқин тасодифан содир бўлади. Товуш тўлқинининг қулаши бир вақтнинг ўзида иккита тўлқинни кўзғатади: бири конструкцияда, иккинчиси конструкция ортидаги муҳитда содир бўлади. Бунда, ҳаракатнинг барча қатламлар орқали товуш узатилишининг "давойимийлиги" оғироқ қатлам массаси ҳисобига олинади.

Товуш изоляцияси қуйидаги кўринишда акс этади:

$$R = 10 \lg \frac{1}{g} = 20 \lg \frac{m_c f}{2 \pi f_c}; \quad (2)$$

$f < f_{\text{рез.}}$  да частота диапазони табиий частотанинг чегарасини ифода қилади. Изоляция қийматдан 6 dB га камаяди.

Тўлқин ҳаракати тўлдирилган бўшлиқда ўзини намоён қиладиган  $f \geq$

$f_{\text{чек}}$  частоталарида, ҳисоблаш модели камайтирилган массаларнинг кетма-кет корреляциясидан иборат. Товуш изоляцияси алоҳида бўғинларнинг йиғиндиси сифатида белгиланади.

$$R = R_1 + R_2 + R_3; \quad (3)$$

Бироқ,  $f > f_{\text{рез}}$  частоталарида, изоляция қиймати қўшимча товуш узатиш йўллари билан аниқланади (II ва III йўллар 1-расм, 1-жадвал). Шундай қилиб, товушнинг ўтиши конструкция каркасининг бириктирмаси орқали содир бўлади.

Изоляция қиймати қуйидаги формулалар билан белгиланади:

$$R_{c1} = R_1 + \Delta R_{\text{бр}}; \quad (4)$$

$$R_{c2} = R_3 + \Delta R_{\text{бр}} \quad (5)$$

бу ерда,  $R_1$  – конструкциянинг янада массив қатламини изоляцияси;

$R_3$  – ёнма-ён бўлган боғлама конструкциянинг (деворлар ёки полларни) изоляцияси;

$\Delta R_{\text{бр}}$  – тўсикнинг бирикиш жойи изоляцияси қатлам билан туташишда чизиқли аппроксимацияни ҳисобга олган ҳолда, қуйидаги ифода  $h_1 / h_4$  ёки  $h_4 / h_1$  нисбатидан олинади. Якуний ҳисоб натижалари энг кичик изоляция қиймати  $R_{c1}$  ва  $R_{c2}$  (5) қийматларидан олинади. Тавсия этилган усул бўйича ҳисоблаш, ҳар хил қалинликдаги бир неча қатламлардан ташкил топган ва чегаравий частоталарига қадар ва ундан кейин ҳудудлардаги товуш ўтказувчи пардеворнинг кўп қатламлари учун тахминий усуллар билан амалга оширилади. Паст частоталарда охириги қатлам катталиги юқори қийматларга олиб келади.

Агар қатламлар маҳкам бириктирилган бўлса, улар эгри ҳаракатлар пайтида бир-бирининг устига силжиши мумкин. Бундай ҳолда, тебраниш частотаси паст частоталар томон силжимади. Қатламлар орасидаги ишқаланиш қўшимча энергия йўқотилишига олиб келиши мумкин.

Ҳисоблаш ва ўлчаш ўртасидаги фарқ асосан чекланган частоталар оралиғида бўлади. Бироқ, якуний ҳисобланган  $f_i$  қиймати ўлчанган қийматдан атиги 1-2 dB фарқ қилади. Бу амалда осон тушунтирилади: агар элементлар қатламлари ҳар хил қалинликка эга бўлса ва биринчи чўкишнинг частоталари сезиларли частота диапазонида ифодаланади. Иккала томоннинг тебранишининг бир хил частотаси изоляциянинг эгилиш чизиғининг бир қатламли пардеворга нисбатан пасайишига олиб келади. Агар, аксинча, тебраниш частоталари бир октавада бир-биридан жуда фарқ қилса, охир - оқибат элементларнинг қолган қатламларида тушиш мувозанатига эга бўлиши керак.

Частота диапазонининг қиймати қуйидагича аниқланади, бу ерда  $f < f_{\text{рез}}$ :

$$R_2 = 20 \lg((m_{(I)1\text{HT}2\text{MT}} + m_{(I)3\text{HT}4\text{MT}}) + (m_{(II)1\text{HT}2\text{MT}} + m_{(II)3\text{HT}4\text{MT}}) + 20 \lg f_{\text{рез}} - 24\text{dB}; \quad (6)$$

Товуш ўтказмайдиган бўшлиқдаги резонанс  $f_{рез}$  dB қуйидаги қийматга тенг:

$$f_{рез.} = 75 \sqrt{\frac{(m_{(I)1HT2MT} + m_{(I)3HT4MT}) + (m_{(II)1HT2MT} + m_{(II)3HT4MT})}{g(m_{(I)1HT2MT} * m_{(I)3HT4MT}) * (m_{(II)1HT2MT} * m_{(II)3HT4MT})}} \text{ Hz}; \quad (7)$$

частота диапазони учун, бу ерда  $f_{рез.} < f_{c1}$  қуйидаги кўринишга эга:

$$R = (R_1 + R_2) + 20 \lg (f * g) - 48; \quad (8)$$

мос равишда частота диапазони учун, бу ерда  $f_{c1} < f$ :

$$R_{c1} = R_1 + R_2 + 6; \quad (9)$$

частота диапазони учун  $f_{c1} < f < f_{c2}$ :

$$R = R_1 + R_2 - 4; \quad (10)$$

чекланган частотадан кейин  $f_{c2} > f$  қиймати қуйидаги кўринишга эга:

$$R_{c2} = R_1 + R_2 + R_3 - \Delta R_{рез.}; \quad (11)$$

бу ерда,  $R_1, R_2, R_3$ -ҳар бир қатламнинг ҳаво товушини изоляцияси;  
 $\Delta R_{рез.}$  - резонансларда изоляциянинг камайиши.

Охирги ҳисобланиш натижаси сифатида ҳаво шовқини изоляциясининг энг кичик натижаси олинади. Ишлаб чиқилган "Кўп қатламли энгил тўсиқ конструкциялар ва биноларнинг ҳаво товуши изоляциясини автоматик ҳисоблаш дастури" кўп қатламли энгил тўсўвчи конструкцияларнинг ҳаво шовқини изоляцияси индексини ҳонадонларда, меҳмонхоналарда, офис биноларидаги хоналарда ва мактаблардаги синфларда, шунингдек тиббиёт муассасаларида аниқлаш учун қўлланилади.

Ушбу дастур ёрдамида товуш изоляциясини ҳисоблашда, тўсиқ конструкцияларнинг барча элементлари ҳисобга олинади, улар хоналар орасидаги аниқ вазиятга мос келади. Ҳисоб-китоблар ҚМҚ 01-08-2019 “Шовқиндан ҳимоя” товуш изоляциясини ҳисоблашнинг тавсия этилган усули, ҳамда нашр этилган илмий ишлар натижаларига асосланган. Дастурнинг функционал имкониятлари лойиҳалаш босқичида энг мақбул бўлган тўсиқ конструкция танлашда ва ҳисоблашнинг мураккаблигини 35-40 % га камайтиришга имконини берган. Товуш изоляциясига қарши кўп қатламли энгил пардадеворлар учун конструктив эчимларини ишлаб чиқиш бўйича тадқиқотлар олиб борилди ва хоналарнинг акустик қулайлигини таъминлаш учун инновацион эчимлар таклиф қилинган.

Амалий ва иқтисодий сабабларга кўра, 180 мм дан ошмайдиган пардеворларнинг умумий қалинлиги ҳисобга олинган. ҚҚЕП товуш



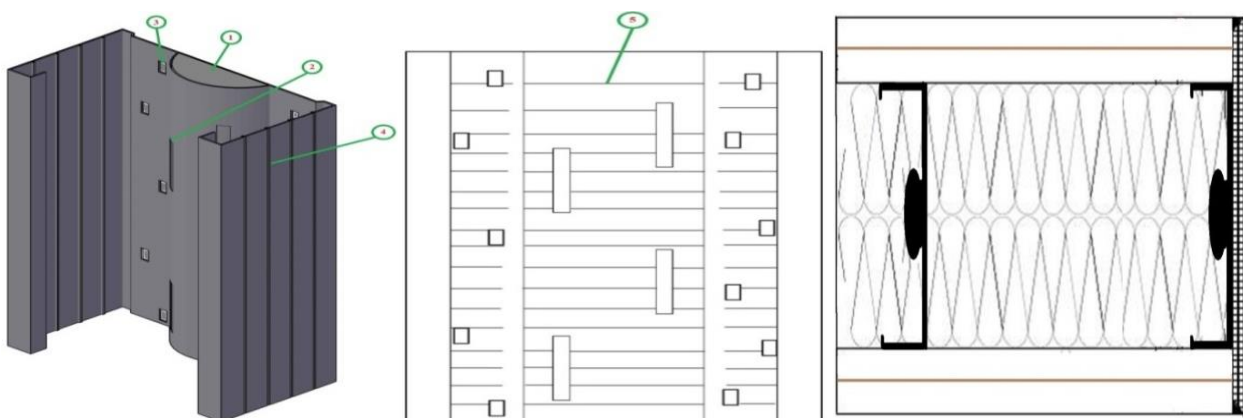
изоляцияси ва акустик қулайлиги учун юқори талабларга жавоб берадиган хоналарда фойдаланиш учун тавсия этилади. Пардадеворларни такомиллаштириш услуги асосида товуш изоляциясини назарий, экспериментал ва натуравий ўрганишдан иборат. Пардадеворнинг барча қатламлари Ўзбекистон Республикасининг қурилиш меъёрий ҳужжатларида кўрсатилган техник талабларга жавоб беради.

Техник натижада пардадеворнинг барча элементларининг мураккаб ўзаро таъсири туфайли товуш ўтказмаслик қобилиятини ошириш ва бинога таъсир қиладиган қўшимча юкни енгиллаштиришдан иборатдир.

Қуйилган вазифа хонадаги ҳаво товушини пасайтириш учун пардевор элементлари, хусусан, устун профил ва унинг шахмат тартибидаги жойлашув усуллари таклиф қилинганлиги билан ҳал қилинади.

Товуш ўтказмайдиган енгил кўп қатламли пардевор каркасининг ўнг томонидаги қопламанинг биринчи қатлами ва иккинчи қатлампдан иборат бўлиб, биринчи қатлами ва гипсокартоннинг иккинчи қатламига эга. Биринчи қатламлар пардеворнинг товуш ўтказмайдиган қопламаси (интерлоёр) ҳар икки томондан каркасга бириктирилган, уларнинг қалинлиги 2 мм, индексига  $R_w=34$  эга. Товуш ўтказмайдиган қопламанинг иккинчи қатламлари, қопламанинг биринчи қатламига ҳар икки томондан ўрнатилади. Каркас пардеворнинг қалинлигига мос келадиган ўлчамли устун профилидан ва УЗР ҚМҚ ларнинг барча талабларига жавоб берадиган, товуш ўтказмайдиган йўналтирувчи профилидан иборат. Йўналтирувчи профилининг пастки қисмига демпферли тасма ўрнатиладиган бўлиб, товуш изоляциясини барқарор хусусиятларини таъминлайди. Пардадеворнинг орасидаги каркас жун толаларидан иборат табиий товуш ютувчи самарадор материал билан тўлдирилган бўлиб, ўрта ва юқори частоталарда ижобий товуш ютувчанликка эга.

Мухандислик коммуникацияларни пардадевор орқали ўтқазишда, товуш заррачаларининг тарқалишини камайтириш учун адипрен ёстикчасини ўрнатилиши, товуш тўлқинларининг тарқалишини олдини олади.

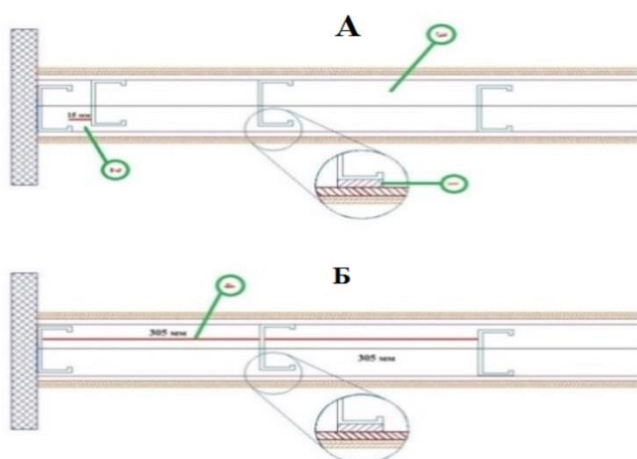


**2-расм. Товуш ўтказмайдиган устун профилнинг (А) умумий кўриниши, (Б) қирқими ва (В) ва пардадевордаги тепадан кўринишини жойлашуви:**

- 1-марказий қайрилма қисми; 2- тўғри тўртбурчакли шаклларининг горизонтал ҳолати;  
3-тўртбурчакли тешиқлар; 4-ички эгиловчи хатчўплар; 5-ташқи ён хатчўплар.

Пардадеворнинг таклиф қилинган элементларидан бири устун профил (2-расм) ҳисобланиб, ўз шакли ҳисобига товуш тўлқинларининг ўтишини самарали камайтиради. Устун профилининг марказий қайрилма қисми (1) горизонтал ҳолати тўғри тўртбурчакли шакллардан (2) ҳосил бўлган "вакуумли бўшлиқ" ҳисобига товушни ушлаб туриш вазифасини бажарган ҳолда, шахмат тартибидаги икки қаторли жойлашуви, товуш таъсирини заифлашишга ва тебранишни камайтириш имконига эга. Товуш тўлқинининг энергияси тўртбурчакли тешиклардан (3) ўтиши орқали, яссили бўшлиқлар бўйлаб тарқалади ва товуш сусайиши содир бўлган томонга сочилади. Элементда мавжуд бўлган ички эгилувчи (4) ва ташқи ён (5) хатчўплар паст частотали товушларни сўндириш имконини беради.

3-расмда устун профилларнинг мумкин бўлган жойлашув схемалари кўрсатилган. Биринчи ҳолатда (А усули), устун профил ва девор орасидаги туташув масофаси 15 мм дан (2) иборат бўлган изоляцион майдони ҳосил қилган ҳолда, товуш тебранишларнинг тарқалишини ва товуш таъсирини 1-3 dB га камайтиради. Табиий товуш ютувчи материал (3) билан тўлдирилган изоляцион майдон, ушбу материалнинг хусусиятларидан келиб чиққан ҳолда, товушни пасайтиради. Иккинчи ҳолатда (Б усули), устун профиллари орасидаги масофани 600 мм (ананавий) дан 305 мм гача ўзгартириш таклиф



**3-расм. Акустик қулайлик даражасини таъминлайдиган устун профилни шахмат тартибидаги (А) ва (Б) жойлашув усуллари**

беради. Бундан ташқари, кўп қатламли пардадеворни фойдаланиш турига қараб, 65 мм × 45 мм кесимли ва қалинлиги 0,6 мм бўлган товуш ўтказмайдиган ва ананавий ишлатиладиган устун профиллари ўрнатилиши, қурилиш материаллар миқдорини камайтиришга, ҳамда қурилиш самарадорлигини ва ҳаво шовқини изоляциясини 8-10 dB га ошириш имконига эга (монтаж технологияси ва конструкцияни барча қатламларини ишлаб чиқариш сифатига боғлиқ).

Шу сабабли, бу тўсиқлар ижобий акустик хусусиятларга эга бўлиб, резонанс частотасининг пасайишини камайтиради ва силжитади, шу жумладан масса қонунига мувофиқ товуш изоляциясини оширади.

этилади.

Шу тариқа, устун профилининг биринчи ва иккинчи элементлари ўртасида ўзига хос товуш изоляция майдони ҳосил қилиниб, пардадеворнинг изоляцион имкониятларини 3-4 dB га оширади.

Товуш тўлқини тарқалиши тўсиқ конструкцияда жойлашган устун профилнинг иккинчи элементи тарафидан қалинлиги 10 мм бўлган хатчўп (1) ишлатилиб, юқори қатлам ҳаво бўшлиғига эга бўлади. Ушбу ечим эгри йўл орқали ўтадиган товушни 5-7 dB га изоляция қилиш имконини

Шундай қилиб, олиб борилган тадқиқотлар натижасида, юқорида айтиб ўтилган қурилиш усуллари 100 Hz дан 3150 Hz гача бўлган частота диапазонида 90 dB гача бўлган товуш изоляцияни ошириш, шу жумладан ҳар хил элементларнинг қалинлигидан фойдаланган ҳолда, товуш босимини мақбул даражагача пасайтириш имконини берган.

Диссертациянинг **"Ишлаб чиқилган илмий тадқиқотларнинг амалий қўлланилиши"** деб номланган тўртинчи бобида илмий тадқиқотлар натижалари ҚМҚ 2.01.08-19 "Шовқиндан ҳимоя" меъёрий ҳужжатида ишлаб чиқиш услубларини амалиётда қўллаш ва акустик қулайликни таъминлаш бўйича тавсиялар берилган. Тўсиқ конструкцияларни ҳаво шовқини изоляциясини ҳисоблашнинг ишлаб чиқилган амалий усуллари орқали биноларни лойиҳалаш жараёнида ҳисоблаш муддатини қисқартиришга ёрдам беради.

Физик ва дискрет моделлари келтирилган параметрларига асосланиб, ҳар хил турдаги тўсиқ конструкцияларни товуш ўтказмаслик қобилиятини тезда баҳоланиши, лойиҳалаш босқичидаги сифатини яхшилайти. Норматив ҳужжатларни расмийлаштириш талабларига мувофиқ янги бўлимлар киритилди: 2-бўлимда "Меъёрий ҳаволалар"; 3-бўлимда "Атамалар ва таърифлар"; 13-бўлимда "Хоналар акустикаси", ҳажмий-лойиҳалашда конструктив ечимларини хоналар ва аудиторияларга оптимал акустик кўрсаткичларга эришишга қаратилган реверберация вақти ва бошқа мезонларни ҳисобга олган ҳолда хоналарнинг акустик сифатларини турли мақсадларда баҳолаш бўйича тавсияларни ўз ичига олади.

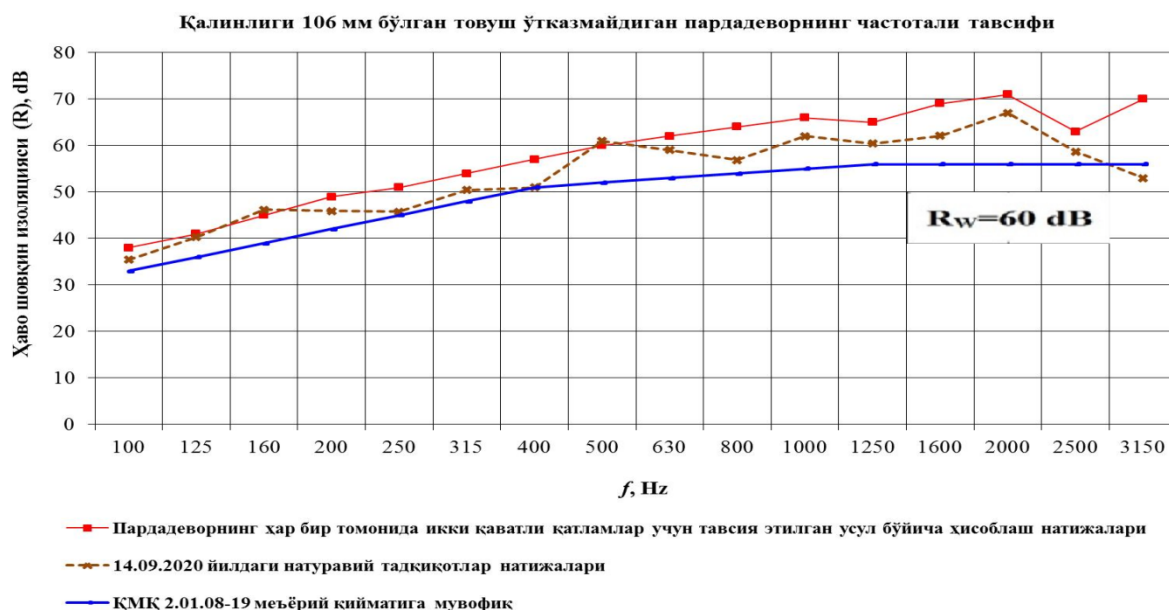
Норматив ҳужжатнинг иловалари қуйидагилар билан тўлдирилган: "А иловаси" ва "Турар-жой ва жамоат биноларининг тўсиқ конструкцияларнинг товуш изоляцияси ҳисоблари".

"Тўсиқ конструкцияларнинг товуш изоляцияси" бўлими ва "Шовқиндан ҳимоя" Б-иловасини ҚМҚ 2.01.08-2019 да ишлаб чиқишда келтирилган.

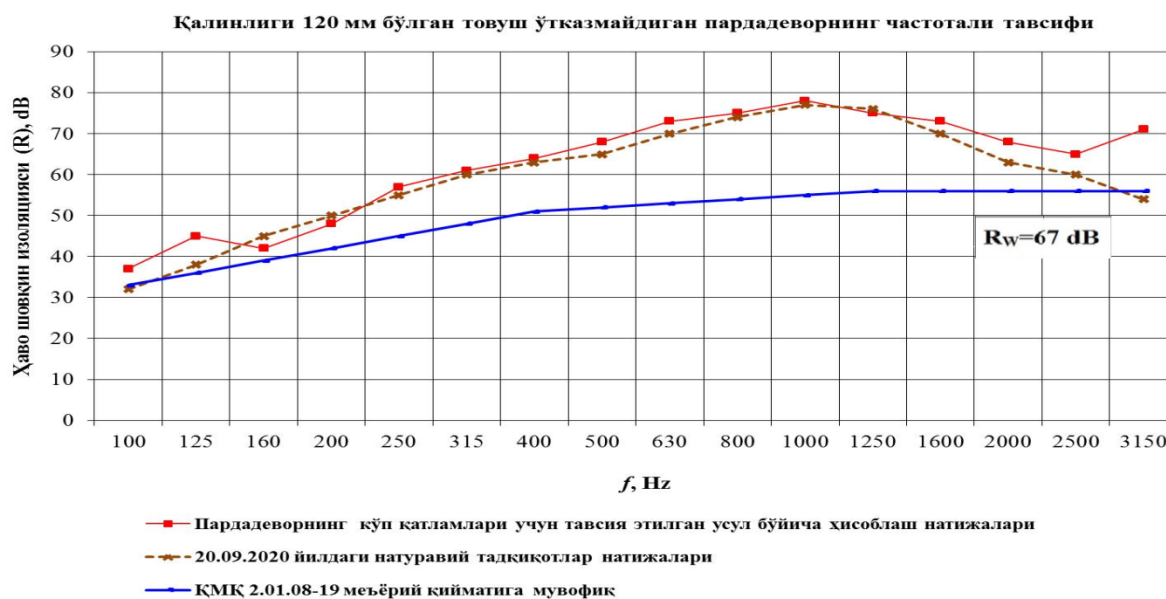
Натижада, биноларнинг тўсиқ конструкциялар орқали ҳавонинг шовқин изоляциясини ҳисоблашнинг ишлаб чиқилган амалий усуллари лойиҳалаш босқичида пардеворнинг оптимал тузилиши танланган ва ҳисоблаш вақтининг сарфи 25-30 % га қисқартиришга эришилган.

АЖ "Ўзоғирсаноатлойтиҳа" қарашли қурилиш объектларидаги товуш даражасини баҳолашга асосланган ва оқилона конструктив ечимларга эга бўлган кўп қатламли енгил товуш ўтказмайдиган пардадеворларнинг частотали тавсифларини ҳисоблаш натижалари келтирилган.

Частотали тавсифлар таҳлил қилинганда (4-расм ва 5-расм), рационал конструктив ечимларга эга тақлиф қилинган кўп қатламли енгил пардадеворларнинг анъанавий пардеворлар билан солиштириш натижасида, барча частоталардаги диапазонларда юқори самарали ҳаво шовқини изоляцияси ўртача 4-10 dB га тенг бўлганлиги аниқланган.



**4-расм. 1-намунадаги (умумий намуна қалинлиги 106 мм) ўлчамлари 4,2 м × 3 м эга бўлган товуш ўтказмайдиган енгил кўп қатламли пардадеворнинг частотали тавсифларини солиштириш таҳлили**



**5-расм. 2-намунадаги (умумий намуна қалинлиги 120 мм) ўлчамлари 4,5 м × 3 м эга бўлган товуш ўтказмайдиган енгил кўп қатламли пардадеворнинг частотали тавсифларини солиштириш таҳлили**

Шу жумладан, биноларни кўп қатламли енгил тўсиқ конструкцияларини лойиҳалашда ортиқча товуш тўлқинларини камайтириш бўйича тавсиялар таклиф қилинган.

## ХУЛОСА

“Биноларни кўп қатламли енгил тўсиқ конструкцияларини товуш изоляциясини ошириш” мавзусидаги техника фанлари бўйича фалсафа

доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижалари асосида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Кўп қатламли енгил пардадеворларининг ҳар хил турдаги ҳаво шовқини изоляцияси ҳамда улардан фойдаланиш эҳтимоли нуқтаи-назаридан ҳисоблашнинг мавжуд усулларига баҳо берилган;

2. Енгил қатламлар орасидаги бирикмаларда деформациялар ҳисоблаш нуқтаи-назаридан товушни ўтиш самарадорлиги пасайтирилади ва адабиётларда таклиф қилинган соддалаштирилган формулалар фақат массив конструкцияларга тегишли эканлиги аниқланган;

3. Товуш тўлқинининг қулай тушиши ва товушнинг юпқа қатламлар орқали ўтиши (уларнинг қалинлигидаги фарқига қараб ўзгаради) юқори частотали диапазонда товушни изоляциялаш қобилиятининг яхшиланишига олиб келиши аниқланган, лекин товуш тушишининг бошқа бурчаклардаги натижалари сезиларли даражада ёмонлашуви кузатилган;

4. Экспериментал тадқиқотлар асосида, кўп қатламли енгил конструкцияларнинг меъёрлаштирилган частота диапазонидаги параметрларини ҳисобга олган ҳолда, ҳаво шовқини изоляциясини частота тавсифларнинг спектрлари орқали аниқланган;

5. Ҳисобланган частота диапазонида кўп қатламли енгил пардеворларнинг конструктив хусусиятларига қараб резонансли тебранишлар кузатилган. Аниқланишича, резонансли частотали ҳудудларда кўп қатламли енгил тўсик конструкцияларда тебранишларни бостириш жараёни содир бўлади, яъни нотўғри тебраниш мезонлари ҳисоблаш жараёнларида катта ноаниқликларни келтириб чиқаради.

6. Товуш ўтиши пайтида барча қатламларнинг конструктив ечимнинг ўзига хос хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда, енгил кўп қатламли пардадеворлар орқали ҳаво шовқини изоляциясини ҳисоблаш учун муҳандислик усуллари таклиф қилинган. Кўп қатламли енгил конструкцияларнинг ҳаво шовқини изоляциясини ҳисоблашнинг асосий жараёнларини автоматлаштириш ва ҳисоблаш мураккаблигини 35-40 % га камайтириш имконини берадиган компьютер орқали ҳисобланадиган дастур ишлаб чиқилган. ҚМҚ 2.01.08-2019 "Шовқиндан ҳимоя" янги меъёрий ҳужжатида қўлланиладиган амалий ҳисоблаш усуллари ёрдамида лойиҳалаш босқичида пардадеворнинг оптимал тузилиши танланган ва ҳисоблаш вақтининг сарфини 25-30 % га қисқартириш имконини берган;

7. Ҳаво шовқини изоляциясини кўп қатламли енгил тўсик конструкцияларнинг конструктив ечимлари ва қатламлар орқали товуш ўтишининг асосий йўллари асосланган, шунингдек биноларнинг акустик қулайлигини таъминлаш учун замонавий муҳандислик баҳолаш усуллари таклиф қилинган.

8. Лойиҳалаш босқичида АЖ "Ўзоғирсаноатлойиҳа"га қарашли бўлган қурилиш объектларида, оқилона конструктив ечимларга эга бўлган кўп қатламли енгил товуш ўтказмайдиган пардадеворларнинг ҳисобланган частотали тавсифларидан фойдаланиш орқали қурилиш материаллари сарфини 19 % га ва меҳнат сарфини 27 % га камайтириш имконини берган.



**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.26/30.12.2019.Т.11.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ АРХИТЕКТУРНО-  
СТРОИТЕЛЬНОМ ИНСТИТУТЕ**

---

**ТАШКЕНТСКИЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ**

**РАШИДОВ ЖАСУР ГАЙРАТ УГЛИ**

**ПОВЫШЕНИЕ ЗВУКОИЗОЛИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ  
МНОГОСЛОЙНЫХ ЛЕГКИХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ  
ЗДАНИЙ**

**05.09.01 -Строительные конструкции, здания и сооружения**

**АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам**

**Ташкент – 2021**

**Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за В2020.4.PhD/T1220.**

Диссертация выполнена в Ташкентском архитектурно-строительном институте.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета ([www.taqi.uz](http://www.taqi.uz)) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

**Научный руководитель:** **Пирматов Рахматулло Хамидуллаевич**  
кандидат технических наук, доцент

**Официальные оппоненты:** **Ходжаев Аббос Агзамович**  
доктор технических наук, профессор

**Ювмитов Анвар Сайфуллаевич**  
доктор философии по техническим наукам (PhD)

**Ведущая организация:** **Джизакский политехнический институт**

Защита диссертации состоится «30» ноября 2021 года в 12<sup>30</sup> часов на заседании Научного совета DSc.26/30.12.2019.Т.11.01 при Ташкентском архитектурно-строительном институте. Адрес: 100011, г. Ташкент, улица Абдуллы Кадыри, дом 7в. Тел.: (71) 241-10-84; факс: (71) 241-80-00, e-mail: [devon@taqi.uz](mailto:devon@taqi.uz), [taqi\\_atm@edu.uz](mailto:taqi_atm@edu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского архитектурно-строительного института (зарегистрирована за № 65). (Адрес: 100084, г.Ташкент, улица Малая кольцевая дорога, дом 7. Тел.: (71)235-43-40, факс: (71) 234-15-11, e-mail: [taqi\\_atm@edu.uz](mailto:taqi_atm@edu.uz)).

Автореферат диссертации разослан «12» ноября 2021 года.  
(Реестр протокола рассылки № 6 от «16» октября 2021 года).



**Х.А. Акрамов**  
Председатель Научного совета по  
присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор

**А.Т. Хотамов**  
Ученый секретарь Научного совета по  
присуждению ученых степеней, д.т.н., доцент

**Б. Аскарлов**  
Председатель Научного семинара при Научном совете  
по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор



## **ВВЕДЕНИЕ(аннотация диссертации доктора философии(PhD))**

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мировой практике строительства в последнее время возрастает количество зданий, имеющих наружные и внутренние ограждающие конструкции, обладающие низкой массой и повышенными звукоизоляционными свойствами, что позволяет значительно снизить материалоёмкость строений, а также повысить степень комфортности их помещений. В развитых странах, включая Финляндию, США, Великобританию, Японию, Германию, Россию, Италию и Китай, особое внимание уделяют созданию новых эффективных звукоизоляционных материалов, исследованию путей распространения звуковых волн сквозь ограждения, а также совершенствованию конструктивного решения легких ограждающих конструкций с целью повышения их звукоизоляционных свойств.

В мире осуществляются научные исследования, направленные на изучение возможного возникновения резонансных колебаний тонких слоев ограждающих конструкций при прохождении внешних звуковых волн, используя при этом различные теоретические и экспериментальные методики. Вместе с тем, остается важным установление частотных характеристик изоляции воздушного шума легкими многослойными ограждающими конструкциями, подлежащих сравнению с нормативными значениями, что позволит усовершенствовать метод их акустического расчёта.

Особое внимание в Республике Узбекистан при строительстве зданий и сооружений уделяется вопросам создания новых лёгких ограждающих конструкций, внедрения передовых технологий и эффективных материалов, направленных на обеспечение высокого уровня комфортности каждого отдельного помещения. В связи с этим, одним из важных вопросов является повышение уровня изоляции от воздушного шума, которое может быть обеспечено путем совершенствования конструктивного решения легких многослойных перегородок с учетом создания дополнительных преград на путях прохождения звука.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных Указами Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 г. “О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан”; №УП-3182 от 8 августа 2017 г.” Об основных мерах социально-экономического развития регионов”; № УП-5963 от 13 марта 2020 года «О дополнительных мерах по углублению реформ в строительной отрасли Республики Узбекистан», а также другими нормативными документами, касающимися строительной отрасли.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологии республики.** Исследования выполнены в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики Узбекистан по теме II “Энергетика, энерго- и ресурсосбережение”.

**Степень изученности проблемы.** Разработкой основных методов расчета изоляции воздушного шума и поиском рациональных решений проблем акустического комфорта занимались такие известные ученые как В.И. Заборов, Г.Л. Осипов, И.И. Боголепов, В.М. Спиридонов, Б.И. Климов, И.И. Клюкин, М.С. Седов, А.В. Захаров, В.Г. Крейтан, Р.Ю. Маракаев, Р.Х. Пирматов, Р.А. Кучкаров, А.А. Кочкин, А.В. Гречишкин, В.М. Разживин, У.Т. Гулов, Д. Рузиев, R.J. Craik, T. Matsumoto, A. Dijckmans, V. Hongisto, A. Santoni, J.L. Davy, F. Ljunggren, X. Zhang и другие специалисты в данной области.

Анализ ранее выполненных исследований показал, что существующие конструктивные решения многослойных легких перегородок обладают недостаточной звукоизолирующей способностью на частотах от 63-250 и 2000-2500 Hz. Кроме того, установлено, что недостаточное внимание ученых уделено как разработке инженерного метода расчета изоляции от воздушного шума, так и поиску механизма его прохождения через многослойные легкие перегородки из тонких слоев. В этой связи необходимо выполнить специальные научные исследования по изучению особенностей распространения звука в многослойной среде и разработать эффективные конструктивные решения перегородок с повышенными звукоизолирующими свойствами.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ образовательного учреждения.**

Диссертационное исследование было выполнено в соответствии с договором №1286 от 25 октября 2018 года о разработке КМК 2.01.08-2019 «Защита от шума», заключенным между Ташкентским архитектурно-строительным институтом, Министерством строительства Республики Узбекистан и АО «ToshuyjoyLITI».

**Целью исследования** является повышение звукоизолирующей способности легких многослойных ограждающих конструкций зданий и совершенствование методов расчета изоляции воздушного шума.

**Задачи исследования:**

исследовать механизм прохождения звука через многослойные легкие ограждающие конструкции;

получить частотные характеристики изоляции воздушного шума легкой многослойной конструкцией на основе лабораторных, натуральных и теоретических исследований;

разработать метод расчета изоляции воздушного звука легкой многослойной конструкцией;

разработать эффективные конструктивные решения легких многослойных ограждающих конструкций, обеспечивающих требуемые звукоизоляционные свойства.

**Объектом исследования** являются многослойные легкие перегородки (МЛП).

**Предметом исследования** являются физические и дискретные модели прохождения звука на основе метода сосредоточенных параметров, а также инженерные методы расчета звукоизоляции ограждений.

**Методы исследования.** Аналитическое обобщение известных научных и технических результатов, расчёты изоляции воздушного звука

ограждающими конструкциями, реализация положений теории вероятности и математической статистики, натурные и экспериментальные измерения.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

установлено возникновение резонансных колебаний слоев ограждающей конструкции на среднегеометрических треть октавных полосах (100-3150 Hz) частот, зависящих от толщины, прочностных и жесткостных свойств материалов слоев;

в результате натурального и лабораторного экспериментов определены частотные характеристики изоляции воздушного шума многослойными легкими ограждающими конструкциями в диапазоне частот от 100 до 3150 Hz, необходимые для сравнения с нормативными значениями индекса изоляции воздушного шума при проектировании внутренних перегородок, обладающих требуемой звукоизоляцией;

предложена усовершенствованная методика расчета изоляции воздушного шума легкими многослойными перегородками с учетом основных путей передачи звука и конструктивных особенностей ограждения;

обоснована возможность совершенствования многослойной легкой ограждающей конструкции за счет изменения конструктивного решения каркаса перегородки и заполнения его звукопоглощающим материалом, направленного на повышение звукоизолирующей способности ограждения в нормируемом диапазоне частот.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

в определении расчетных моделей прохождения звука и их влияние на изоляцию воздушного звука в многослойных легких перегородках из тонких элементов;

разработаны конструктивные решения многослойных легких перегородок, обладающих требуемой звукоизолирующей способностью в расчетном диапазоне частот, что расширяет возможность их применения в зданиях различного функционального назначения;

разработана компьютерная программа расчета изоляции воздушного звука многослойных легких ограждающих конструкций в зданиях.

**Достоверность результатов исследования** подтверждаются комплексными акустическими исследованиями с применением современных приборов и стандартных методов их проведения; экспериментами проведенными согласно строительным нормам, правилам и требованиям КМК 2.01.08-2019 «Защита от шума» и  $O^zDSt$ ; теоретическими и экспериментальными результатами обладающими воспроизводимостью и внедрением в практику строительства предлагаемых разработок.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследования обусловлена тем, что инженерные методы расчета позволяют оперативно оценить и рассчитать звукоизолирующую способность различных типов ограждающих конструкций зданий и принять меры по их улучшению на стадии проектирования.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что расчеты изоляции воздушного звука ограждающими конструкциями зданий и предлагаемые конструктивные решения способствуют сокращению сроков продолжительности строительно-монтажных работ в процессе

проектирования звукоизоляции ограждающих конструкций зданий.

**Внедрение результатов исследования.** На основании полученных научных результатов по повышению звукоизолирующей способности многослойных легких ограждающих конструкций зданий внедрены:

практический метод расчета изоляции воздушного шума ограждающих конструкций использован в АО «ToshuyjoyLIT» при разработке раздела «Звукоизоляция ограждающих конструкций» и приложения Б КМК 2.01.08-2019 «Защита от шума» (справка Министерства строительства Республики Узбекистан № 09-06/8859 от 13 ноября 2020 года). В результате время затраченное на расчет уменьшается на 25-30 %;

усовершенствованные конструктивные решения многослойных легких ограждающих конструкций, направленные на повышение уровня их звукоизоляции, внедрены при проектировании зданий АО “Ўзоғирсаноатлойиха” (справка Министерства строительства Республики Узбекистан № 09-06/8859 от 13 ноября 2020 года), что позволило снизить материалоемкость строительства на 19 % и сократить затраты труда на 27%.

**Апробация результатов исследования.** Основные результаты диссертационного исследования обсуждались на 5 международных и 5 республиканских научных конференциях, в частности, получен сертификат в номинации «за лучшую статью» на I Республиканской конференции молодых ученых (с международным участием) 27 февраля 2019 года организованной Министерством Инновационного Развития РУз.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликованы 22 статьи. В их числе 12 статей, 6 из которых напечатаны в зарубежных и 6 в республиканских журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских (PhD) диссертаций. 10 статей выпущены в сборниках докладов на международных и республиканских конференциях. Кроме того опубликована монография (хранится в библиотеке Академии МЧС РУз, справка выдана от 16.12.2020 № 36/33-2174). Также получено свидетельство от Агентства интеллектуальной собственности Республики Узбекистан на расчетную программу (DGU 09683-2020) и подана заявка на полезную модель (FAP 2021- 0161).

**Структура и объём диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованной литературы, терминов и 8 приложений. Объём диссертации составляет 120 страниц, в том числе: 57 рисунков; 11 таблиц; список литературы из 169 наименований.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Во введении** обоснованы актуальность и востребованность диссертационного исследования, определены цели и задачи, объект и предмет исследования, а также сформулировано соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и техники Республики Узбекистан. Установлена степень изученности проблемы и связь исследований с планами НИР Ташкентского архитектурно-строительного института, изложены научная новизна и достоверность результатов

исследований, практическая значимость полученных результатов, сведения о внедрении в практику проектирования и строительства зданий и сооружений, а также дана информация об опубликованных работах, структуре и объеме диссертации.

В первой главе диссертации, **«Суть проблемы изоляции воздушного шума многослойных легких ограждающих конструкций»** приведен аналитический обзор научных исследований по рассматриваемой теме.

В настоящее время, акустические параметры зданий в основном зависят от физического фактора конструктивных элементов, разработанных с учётом значимых требований изоляции воздушного звука смежных помещений. Было выявлено отсутствие методики определения изоляции воздушного шума в многослойных перегородках на диапазонных частотах, являющихся важным резонансным явлением в пропускании волн.

В результате анализа литературного обзора определены задачи исследования. Необходимо разработать точный инженерный метод расчета за пределами базовых моделей, приведенных в литературе при учете физических сложностей, связанных с экспериментальными исследованиями.

Обусловлены значения для диапазона более высоких частот, где конструкции являются резонансными. Согласно аналитическому обзору, перегородки из многослойных ограждающих конструкций не имеют достаточно высоких потенциалов при прохождении звуковых волн. Определенно, что при передаче звука через многослойные стены учитывается только его нормальное падение, что далеко от реальности. При определении низкой частоты линейным методом, была улучшена способность по сравнению с решением с бесконечной пластиной. Однако, для многослойных конструкций одновременное решение дифференциальных уравнений усложняется. Выявлено, что деформации при стыковых соединениях между слоями, снижая изоляцию звука не предусматривают вычисления шумового влияния, а предложенные в литературе упрощенные формулы применимы только к массивным конструкциям имеющие завышенные результаты расчетов.

Таким образом, в достаточном объеме было раскрыто современное представление об акустическом комфорте и дана оценка существующим конструктивным решениям и методикам расчета изоляции воздушного шума многослойными легкими перегородками всевозможных видов, с точки зрения возможности их использования.

#### *Рабочая гипотеза.*

Учет конструктивных решений многослойных легких ограждающих конструкций зданий и повышение акустических требований к помещениям различного назначения, представляется возможным на основе использования практических методов расчета изоляции воздушного шума на стадии проектирования основанного на применении дискретных моделей прохождения звука через слои ограждений, в которых используются законы сохранения количества движения и кинетической энергии и не уступающий по точности современным нормативным методам, но отличающийся большей универсальностью и простотой, повысить звукоизолирующей способности

конструкций с разработкой эффективного конструктивного решения, что в конечном итоге позволяет снизить материалоемкость строительства.

Во второй главе «**Методика проведения экспериментальных исследований изоляции воздушного шума многослойными легкими ограждающими конструкциями**» подробно представлены методы измерения изоляции воздушного шума, исследовано влияние акустических волн на изоляцию воздушного шума многослойными перегородками, а также частотные характеристики изоляции воздушного шума многослойными легкими элементами.

При определении изоляции звука образцов многослойных легких перегородок использовались актуальные нормативные документы, в том числе на их основе проводились экспериментальные исследования в лабораториях строительной акустики Пензенского государственного университета архитектуры и строительства и Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета (Российская Федерация). Научные лаборатории, в которых проводились эксперименты, состояли из акустических помещений уровня высокого давления и уровня низкого давления. Во время эксперимента были обеспечены диффузные поля в помещении с источником и помещении низкого уровня.

Акустические испытательные помещения исключали возможность косвенной передачи звука, а также отличались друг от друга по объему и размерам, не менее, чем на 10%. Время реверберации, во всех частотных диапазонах составляло минимум 0,1 с. Площадь, предназначенная для монтажа образца проема испытуемой конструкции для перегородок, составляла 10,66 м<sup>2</sup>. Максимальный объем высокого и низкого уровня помещений не превышал 260 м<sup>3</sup>. Первый результат измерения равнялся 26 минутам, а последующие не требовали времени реверберации и заняли в среднем по 15 минут. Октавные уровни звукового давления были измерены шумомерами Экофизика-110А и Экофизика-111В.

Уровни звукового давления (УЗД) в помещении высокого уровня (ПВУ) при 1 источнике были измерены в 3 основных точках. Минимальное значения звукового давления в среднем было не ниже 63 dB, а максимальное значение уровня звукового давления на частоте 630 Hz достигало 85 dB. Уровни звукового давления в помещении высокого уровня при 2 источнике были измерены в 3 основных точках. Минимальное значения звукового давления в первой и второй точке измерений на частоте 125 Hz находилось в пределах 61-62 dB, а максимальное значение первой точки достигало 77 dB на частоте 630 Hz, а на третьей точке уровень звукового давления составлял 81 dB. Уровни звукового давления в помещении низкого уровня при 1 источнике были измерены в 3 основных точках.

Минимальные значения звукового давления в первой точке измерения на частоте 100 Hz находилось в пределах 28,5 dB, соответственно второй точке и на третий точке составляло 31 и 29 dB. Максимальное значение на частоте 3150 Hz в первой точке достигло 19 dB, а во второй и третьей точках уровень звукового давления составлял 36-37 dB соответственно. Высокий уровень фонового шума был отмечен на частоте 125 Hz, показатель его

значения составил 58 dB. Самый низкий уровень фонового шума наблюдался на частоте 100 Hz и его значение достигло 22 dB. Время реверберации в помещении низкого уровня значение составляло в среднем 0,44 с. А также были получены благоприятные результаты акустических измерений уровня звукового давления в при 1 источнике внешнего шума и уровня звукового давления внешнего шума в 2 источнике.

Установлено, что при нормальном падении звуковой волны монотонно возрастает её звукоизоляция, но при всех других углах падения наблюдается резкое снижение изоляции на высоких диапазонах частотатах. Выявлено, что в ходе передачи звука на легкий слой при высокой предельной частоте, уменьшается звуковое воздействие, в дальнейшем изоляция звука значительно улучшается.

Исследовано влияние физико-механических параметров слоев перегородок на изоляцию воздушного шума. Обнаружены резонансные колебания в зависимости от толщины и параметров слоев на определенных частотах. Согласно поставленным задачам в диссертационной работе, с целью проведения сравнительного анализа звукоизоляционных качеств многослойных легких перегородок были определены частотные характеристики изоляции воздушного шума образцов в нормированном диапазоне частот от 100 до 3150 Hz. Данные результаты были получены на основе проведенных экспериментальных, натуральных исследований и расчетов по методике, приведенной в КМК 2.01.08-19.

Таким образом, из 6 образцов перегородок, 3 образца были возведены согласно инструкциям производителей (СИП), с учетом обеспечения допустимой звукоизоляции. Индексы изоляции воздушного шума образцов составили следующие значения: образец № 1  $R_w = 42$  dB; № 2  $R_w = 51$  dB; № 3  $R_w = 58$  dB. Остальные 3 образца ограждающих конструкций были смонтированы на основе разработанных в диссертации решений (РДР). Индексы изоляции воздушного шума образцов составили следующие значения: образец № 1  $R_w = 52$  dB; № 2  $R_w = 56$  dB; № 3  $R_w = 60$  dB. Как показывают результаты экспериментальных и натуральных исследований значительно отличаются от общепринятых методик расчета многослойных конструкций, начиная с 100 Hz до 250 Hz в пределах от 5 до 20 dB.

Было установлено, что звук между помещениями распространяющийся через многослойную перегородку по прямому пути меньше, по сравнению с косвенными путями, то есть по ее краям. Следовательно, передача звука между помещениями будет зависеть от свойств примыкающих слоев перегородки. Результаты исследований показали, что значение изоляции воздушного шума перегородкой существенно уменьшается, по сравнению с перегородкой меньшей толщины обработанным звукоизоляционным слоем с одной стороны. Звукоизоляционные слои использованные в конструкциях, могут существенно повлиять на расчетный индекс изоляции воздушного звука. Для достижения оптимальной точности расчета необходимо осуществить измерения и

учитывать все требования свойств конструкции. Если такие измерения невозможны, целесообразно использовать в расчетах средние значения, чтобы избежать завышения индекса изоляции воздушного звука.

Методики расчетов многослойных ограждающих конструкций приводят значения индекса изоляции звука для различных типов соединений, но многие значения обладают ненадежными данными. Отсутствие надежных исходных данных несколько снижало точность расчетов, проведенных в данном исследовании. Тем не менее, было обнаружено, что образцы дают благоприятные значения изоляции воздушного шума между двумя помещениями. Точность полученных результатов достаточно высока: измеренные и расчетные значения звукоизоляции для предлагаемых конструктивных решений перегородок были в пределах 2-3 дВ на диапазонах высоких частот. Таким образом, экспериментальные и натурные исследования частотных характеристик образцов, звукоизоляция зависит не только от прямой передачи звуковой энергии, но и от косвенной передачи звука, а также от технологии устройства и прочих факторов.

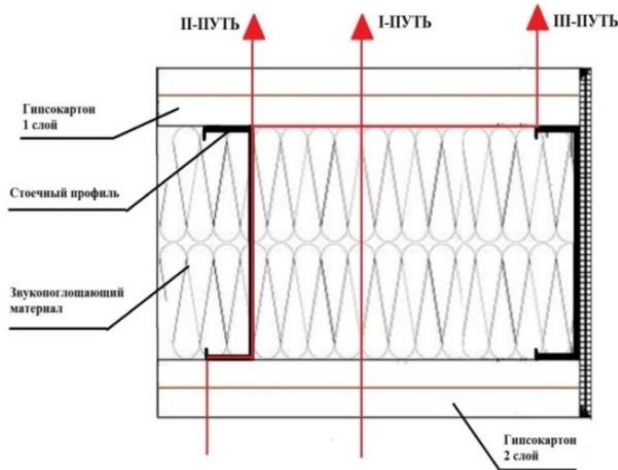
В третьей главе **«Теоретические основы прохождения звука и методы изоляции от воздушного шума многослойных легких ограждающих конструкций»**, анализируются расчетные модели прохождения звука и инженерные методы расчета изоляции воздушного шума. Помимо этого, приведена разработка автоматизированной программы для расчета изоляции воздушного шума и совершенствование конструктивных решений многослойной легкой перегородки с повышенными звукоизолирующими свойствами.

Модели с сосредоточенными параметрами упрощают пространственно-распределительный учет физических моделей, состоящих из дискретных элементов, которые обеспечивают точные расчеты при определении изоляции звука в многослойных легких ограждающих конструкциях. Изоляция, при передаче звука через один слой, имеет провал на граничной частоте, при двух слоях характеризуется разными граничными частотами, соответственно одинаковые провалы наблюдаются в многослойных легких конструкциях.

Для построения расчетных моделей использовался метод сосредоточенных параметров, в котором идеальные прохождения воздушного шума представлены сосредоточенной массой и упругостями. Сочетания элементарных моделей массы, упругости и приведенной массы, в зависимости от вида волны и частоты колебаний, образовали расчетные модели прохождения звука через границы тел или сред.

С помощью натуральных и экспериментальных исследований были определены основные пути прохождения звука через многослойную легкую перегородку в смежное помещение (рис.1). По первому пути звук проходит через два слоя гипсокартона толщиной 12,5 мм, звукоизоляционный слой и два слоя гипсокартона толщиной 12,5 мм на другой поверхности перегородки.





**Рис.1. Основные пути прохождения звука через многослойную легкую перегородку в смежное помещение**

По второму пути звук проходит через два слоя гипсокартона толщиной 12,5 мм, затем через стальной профиль подконструкции и два слоя гипсокартона толщиной 12,5 мм на другой поверхности перегородки. По третьему пути передача звука осуществляется через горизонтальный стык по звукопоглощающему материалу, примыкающему к стальной подконструкции, а затем через два слоя гипсокартона толщиной 12,5 мм на другой поверхности перегородки.

Таблица 1.

**Схемы и расчетные модели прохождения звука в многослойной легкой перегородке**

Путь	Расчетная схема	Физическая модель
<b>I</b>		
<b>II</b>		
<b>III</b>		

На основании определения путей прохождения звука, выявлены схемы и физические модели, которые были использованы в диссертационном исследовании и указанные в табл.1.

Приведенные массы, вместе с упругими элементами образуют колебательные системы. Если же сопряженные тела представляются системой сосредоточенных или приведенных масс, то передача движения описывается уравнениями сохранения энергии. Использование моделей

«приведенная масса» расширило возможности метода в решении задач по расчету коэффициентов прохождения и отражения звука по каждому элементу многослойной легкой ограждающей конструкции. Предложены инженерные методы расчета изоляции воздушного шума легкими многослойными перегородками, учитывающие толщины всех слоев, через которые проходит звук. При воздействии звуковой волны на первый слой конструкции перегородки в нем возбуждаются колебания на частотах  $f \leq f_{гр}$ , которые затем передаются на все последующие слои.

Это явление определяет характер звукоизоляции, который подчиняется весовому закону с некоторой поправкой  $R_{\Delta}$  дВ на резонансы.

Таким образом, в областях резонансных частот происходит процесс подавления колебания, а это означает, что ошибка в определении критериев колебаний вызовут большие неточности в расчетах.

В соответствии с предлагаемой методикой, суммарная изолирующая способность наружного и внутреннего слоев перегородки, состоящих из двух листов по пути I, равна:

$$R_I = R_1 + R_2 \quad (1)$$

На частотах  $f > (f_{гр1} \div f_{гр2})$  выше граничных частот при большем и меньшем углах падения звука происходит волновое совпадение. Падение звуковой волны одновременно возбуждает две волны: одну в пластине, другую в среде за пластиной. В данном случае, в силу передачи движения через все слои, в расчет принимается масса более массивного слоя.

Звукоизоляция соответственно составит:

$$R = 10 \lg \frac{1}{g} = 20 \lg \frac{m_c f}{2\pi f_c} ; \quad (2)$$

В диапазоне частот  $f < f_{рез.}$  находится собственная частота. Соответственно изоляция снижается на 6 дВ от вышеуказанного значения.

На частотах  $f \geq f_{гр}$ , где волновое движение проявляется в заполненном промежутке расчетная модель состоит из последовательных согласованностей приведенных масс. Изоляция звука определяется как сумма отдельных звеньев.

$$R = R_1 + R_2 + R_3 \quad (3)$$

Однако на частотах  $f > f_{рез.}$  значение изоляции определяется дополнительными путями передачи звука (путь II и III на рис.7, таблица 1). Следовательно, звук проходит сквозь перегородку через стыки со смежными конструкциями здания.

Значения изоляции определяется по формулам:

$$R_{c1} = R_1 + \Delta R_{ст}; \quad (4)$$

$$R_{c2} = R_3 + \Delta R_{ст} \quad (5)$$

где,  $R_1$  – изоляция более массивного слоя ограждения;

$R_3$  – изоляция примыкающей конструкции (стены или перекрытия);

$\Delta R_{ст}$  – изоляция стыка ограждения с примыкающим слоем принимается из соотношения  $h_1 / h_4$  или  $h_4 / h_1$  полученного по выражениям с учетом линейной аппроксимации. В окончательный расчет принимается меньшее значение изоляции из значений  $R_{c1}$  и  $R_{c2}$  (5).

Расчет по предлагаемой методике, для различных слоев перегородки состоящей из нескольких слоев различной толщины и с передачей звука в области до граничных частот и после, выполняется приближенными методами. На низких частотах последний слой приводит к более высоким значениям. Если слои закреплены слабо, они могут перемещаться друг относительно друга во время изгибных колебательных движений. В этом случае частота колебаний не смещается в сторону более низких частот. Трение между слоями также может стать причиной некоторой дополнительной потери энергии. Расчет звукоизоляции основан на предположении, что в стоечных профилях в некоторой степени увеличивается жесткость.

Отклонение между расчетом и измерением в основном находится в области предельных частот. Однако окончательное расчетное значение  $f_i$  будет отличаться от измеренного только на 1-2 дБ. Это является тем что, если слои элементов имеют разную толщину, то частоты первого провала лежат в значительном частотном диапазоне. Одна и та же частота колебаний для обеих сторон перегородки влечет за собой усиление провала кривой изоляции по сравнению с однослойной перегородкой. Если, с другой стороны, частоты колебаний сильно отличаются друг от друга на одну октаву, провалы в остальных слоях элементов должны быть в конечном итоге разбалансированы.

Определяем значение изоляции воздушного шума для области частот, где  $f < f_{рез.}$ :

$$R_2 = 20 \lg((m_{(I)1HT2MT} + m_{(I)3HT4MT}) + (m_{(II)1HT2MT} + m_{(II)3HT4MT})) + 20 \lg f_{рез.} - 24 \text{ dB}; \quad (6)$$

Резонанс  $f_{рез}$  дБ в звукоизолирующей полости равен следующему значению:

$$f_{рез.} = 75 \sqrt{\frac{(m_{(I)1HT2MT} + m_{(I)3HT4MT}) + (m_{(II)1HT2MT} + m_{(II)3HT4MT})}{g(m_{(I)1HT2MT} * m_{(I)3HT4MT}) * (m_{(II)1HT2MT} * m_{(II)3HT4MT})}} \text{ Гц}; \quad (7)$$

Изоляция воздушного шума составит:

для области частот, где  $f_{рез.} < f_{c1}$  имеет следующее значение:

$$R = (R_1 + R_2) + 20 \lg (f * g) - 48; \quad (8)$$

соответственно для области частот, где  $f_{c1} < f$ :

$$R_{c1} = R_1 + R_2 + 6; \quad (9)$$

для области частот, где  $f_{c1} < f < f_{c2}$ :

$$R = R_1 + R_2 - 4; \quad (10)$$

после предельной частоты, значение  $f_{c2} > f$  имеет следующий вид:

$$R_{c2} = R_1 + R_2 + R_3 - \Delta R_{рез}; \quad (11)$$

где,  $R_1, R_2, R_3$  - изоляция воздушного шума каждого слоя;

$\Delta R_{рез}$  - снижения изоляции на резонансах.

В качестве окончательного расчета принимается наименьший результат изоляции воздушного шума.

Разработанная «Программа автоматизированного расчета изоляции воздушного звука легких многослойных ограждающих конструкций зданий» применима при расчете многослойных перегородок между комнатами в жилых и офисных зданиях, между классами в школах и жилыми номерами в гостиницах, а также между комнатами и палатами в медицинских учреждениях. Функциональные возможности программы позволяют подобрать оптимальную ограждающую конструкцию еще на этапе проектирования и снизить трудоемкость расчета на 35-40 %.

Основываясь на результатах выполненных исследований и применяя разработанную программу, была усовершенствована конструкция многослойной легкой перегородки для гражданских зданий.

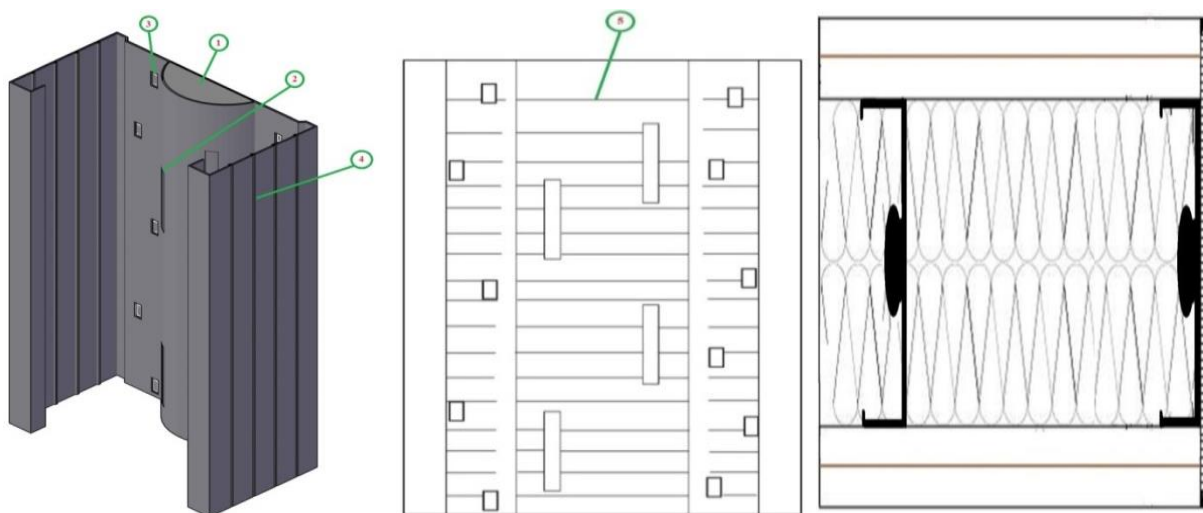
По практическим и экономическим причинам была принята общая толщина перегородок, не превышающая 180 мм. Разрабатываемые МЛП предполагалось использовать в помещениях, отвечающих высоким требованиям изоляции звука и акустического комфорта. Методика совершенствования перегородок базировалась на теоретическом, экспериментальном и натурном исследовании изоляции звука. Все слои элементов приняты в соответствии с техническими требованиями, изложенными в строительных нормативных документах РУз. Техническим результатом должно было явиться повышение звукоизолирующей способности и облегчение веса за счет комплексного взаимодействия всех элементов перегородки.

Для решения поставленной задачи предлагается использовать элементы перегородки, в частности звукоизоляционный стоечный профиль и его способ строения в шахматном порядке (рис. 2-3).

Звукоизоляционное покрытие (прослойка) перегородки первых слоев крепится к каркасу с двух сторон, их толщина составляет по 2 мм, имеет индекс  $R_w=34$ . Каркас состоит из направляющего профиля размером соответствующего толщине перегородки и предлагаемого звукоизоляционного стоечного профиля соответствующего всем требованиям КМК РУз. На нижнюю часть направляющего профиля укладывается демферная лента, обеспечивающая значительные звукоизоляционные характеристики.

Между элементами каркаса перегородки был размещен натуральный эффективный звукопоглощающий материал, изготовленный из овечьей шерсти, который хорошо проявил себя на поглощении звука средних и высоких частот.

При пропуске через перегородку инженерных коммуникаций в отверстие следует вставлять прокладку из адипрена, снижая тем самым распространение косвенного звука.



**Рис. 2. Общий вид (А) разрез (Б) и вид сверху (В) в перегородке звукоизоляционного стоечного профиля:**

1-центральная изогнутая часть; 2-прямоугольные формы в горизонтальном положении; 3-квадратные отверстия; 4-внутренние изгибные закладки; 5-внешние боковые закладки.

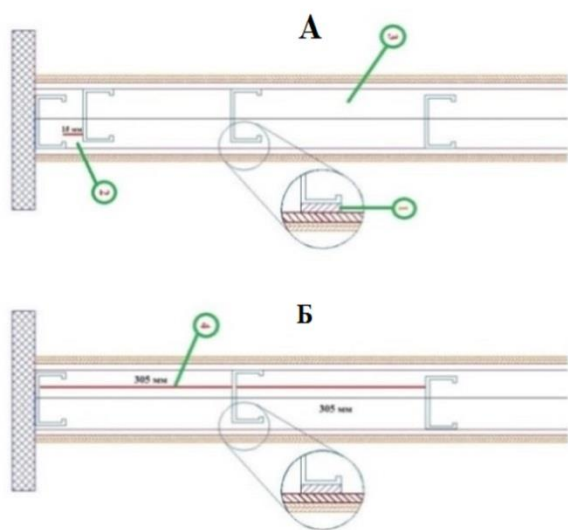
Один из предлагаемых элементов перегородки, стоечный профиль (рис.2) за счет своей формы эффективно снижает передачу звуковых волн. Центральная изогнутая часть (1) стоечного профиля выполняет функцию удержания звука за счет «вакуумного пространства» сформированного из прямоугольных форм в горизонтальном положении (2), расположенных в два ряда в шахматном порядке, что позволяет ослабить воздействие звука и минимизировать вибрацию. Энергия звуковой волны проникающей через квадратные отверстия (3) расположенные в шахматном порядке распространяются через плоские пространства, излучаясь по направлениям, где происходит затухания звука. Существующие изгибные закладки (4) во внутренних и внешних боковых сторонах элемента (5) позволяют гасить низкочастотные звуки.

На рис. 3 приводятся возможные схемы расположения стоечных профилей. В первом варианте (способ А) расстояние между стоечным профилем и стеной, к которой он примыкает, составляет 15 мм (2), тем самым создается изолирующая зона, прерывающая распространение звуковых колебаний и снижающая воздействия звука на 1-3 дВ.

Изолирующая зона из натурального звукопоглощающего материала (3) уменьшает звук в зависимости от свойств этого материала. Во втором варианте (способ Б) предлагается расстояние между стоечными профилями

изменить с 600 мм (в аналоге) до 305 мм.

В этом случае между первым и вторыми элементами стоечного профиля образуется своего рода зона изоляции звука, повышающая звукоизолирующую способность перегородки на 3-4 dB.



**Рис. 3. Способ установки (А) и (Б) стоечного профиля в шахматном порядке при обеспечении акустического комфорта**

Распространение волны звука предотвращается в ограждающей конструкции со стороны расположенного второго элемента стоечного профиля, при использовании закладки толщиной 10 мм (1), где верхний слой имеет воздушное пространство. Это решение позволяет изолировать косвенную передачу звука конструкции на 5-7 dB. Кроме того, при монтаже многослойной перегородки за счет своего использования звукоизоляционные и стандартные стоечные профиля с поперечным сечением 65 мм × 45 мм и толщиной 0,6 мм позволяют сократить количество используемых

строительных материалов, а эффективность строительства и изоляция воздушного звука повышается на 8-10 dB (в зависимости от соблюдения технологии монтажа и качества изготовления всех слоев конструкции). Благодаря этому, данные перегородки, имеют положительные акустические характеристики, уменьшают и смещают провалы резонансной частоты, увеличивая изоляцию звука согласно закону массы.

Таким образом, в результате проведенных исследований было установлено, что вышеперечисленные конструктивные приёмы позволяют повысить изоляцию воздушного звука до 90 dB на диапазоне частот от 100 Hz до 3150 Hz и снизить звуковое давление в исследуемом помещении до допустимого уровня в зависимости от использования различной толщины применяемых элементов.

В четвертой главе диссертации, **“Практическое применение разработанных научных исследований”** приводятся результаты научного исследования, которые нашли отражение в КМК 2.01.08-19 «Защита от шума», а также итоги практического применения разработанных методик и рекомендаций по повышению акустического комфорта.

Разработанные практические методы расчета изоляции воздушного шума ограждающими конструкциями зданий способствуют сокращению времени расчета в процессе проектирования зданий. В КМК 2.01.08-19 включены новые разделы в соответствии с правилами оформления нормативных документов: раздел 13. «Акустика помещений», содержащий положения и рекомендации по оценке акустических качеств зальных помещений с учетом не только объемно-планировочных и конструктивных

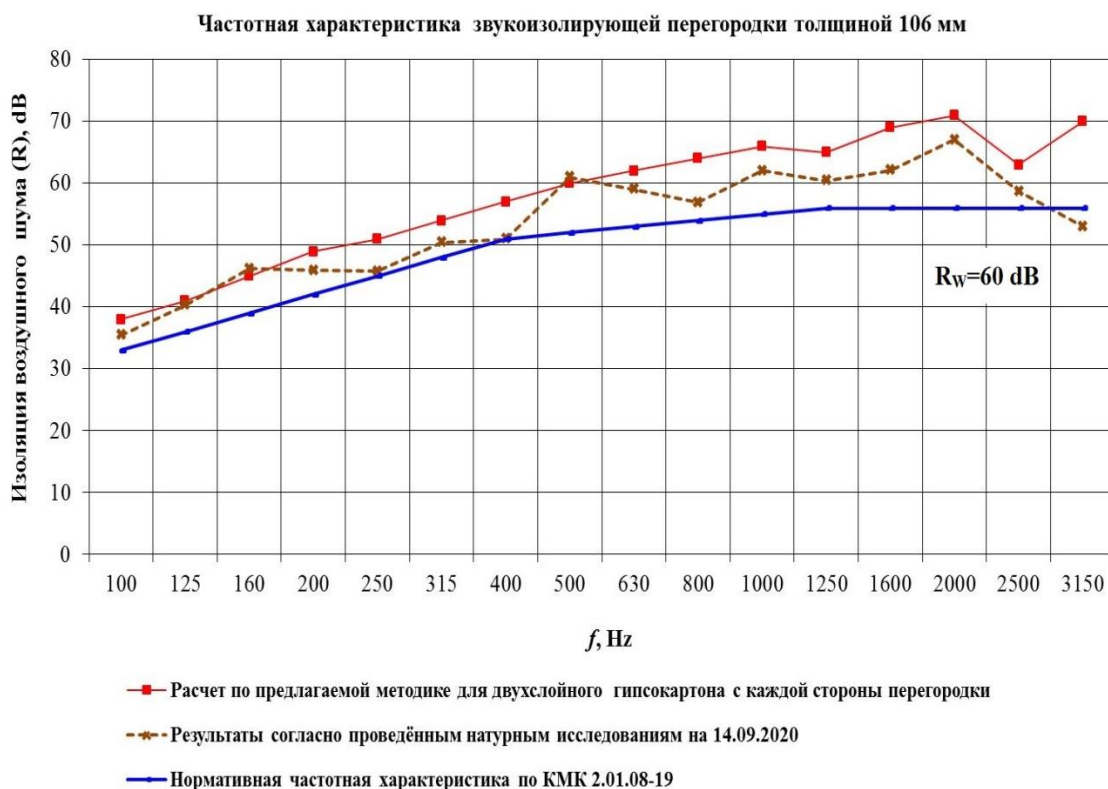


решений, но и времени реверберации и других критериев, направленных на достижение оптимальных акустических показателей помещений и зрительных залов различного назначения.

Приложения нормативного документа дополнен: «Приложением А» и «Расчетами звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий».

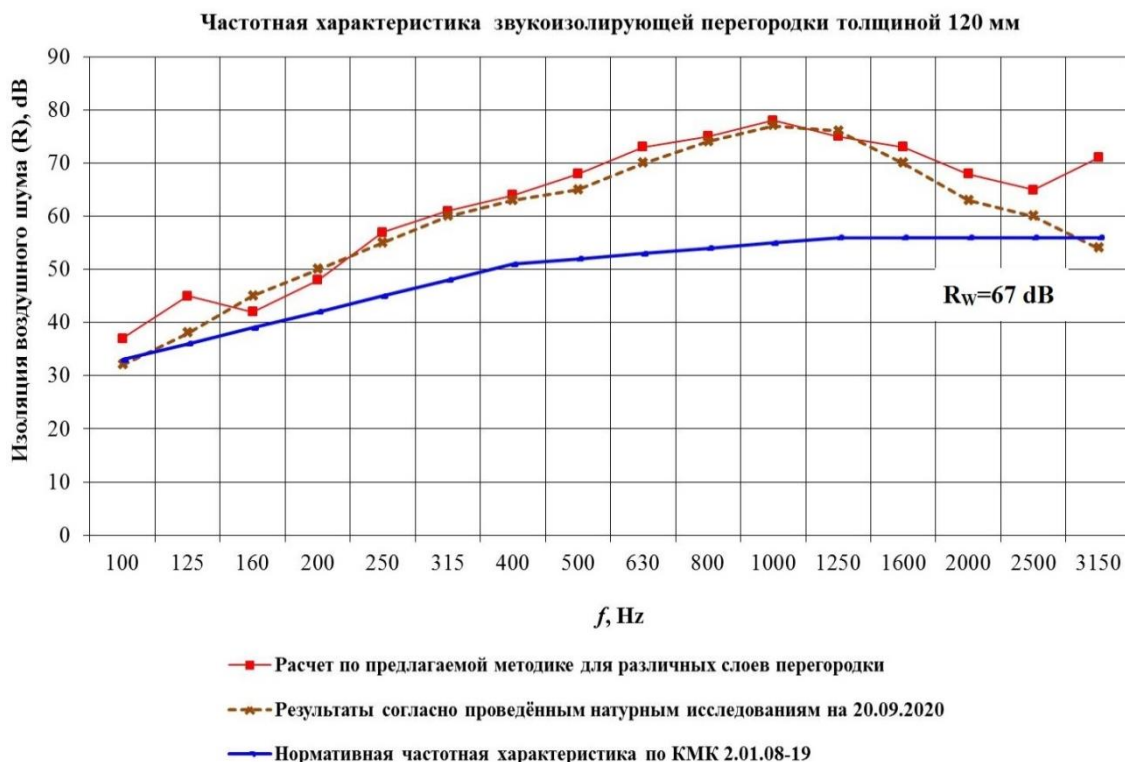
Результаты основных исследований, использованы при разработке раздела «Звукоизоляция ограждающих конструкций» и приложения «Б» КМК 2.01.08-2019 «Защита от шума». Разработанные практические методы расчета позволяет выбрать оптимальную конструкцию стен на стадии проектирования, и дают возможность сократить трудоемкость расчета на 25-30 %.

Приведены результаты расчета частотных характеристик, предложенных многослойных легких звукоизоляционных перегородок с рациональными конструктивными решениями на основе оценки шума на строительных объектах АО «Ўзоғирсаноатлойиха».



**Рис. 4. Сравнительный анализ частотных характеристик звукоизоляционной легкой многослойной перегородки образца № 1 (общая толщина образца 106 мм) с размерами 4,2 м × 3 м.**

При анализе частотных характеристик (рис. 4, 5) было выявлено, что предложенные многослойные легкие перегородки предложенных конструктивных решений обладают более эффективной изоляцией от воздушного шума, чем обычные перегородки, в среднем на 4-10 dB в широком диапазоне частот.



**Рис. 5. Сравнительный анализ частотных характеристик звукоизоляционной легкой многослойной перегородки образца № 2 (общая толщина образца 120 мм) с размерами 4,5 м × 3 м**

В частности, предложены рекомендации по устранению нежелательных звуковых волн при проектировании многослойных легких ограждающих конструкций зданий.

## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

На основании результатов проведенных научных исследований по докторской (PhD) диссертации «Повышение звукоизолирующей способности многослойных легких ограждающих конструкций зданий» были сформулированы следующие выводы:

1. Дана оценка существующим методикам расчета изоляции воздушного шума многослойных легких перегородок, всевозможных видов с точки зрения вероятности их использования;

2. Выявлено, что деформации при стыковых соединениях между слоями, снижая изоляцию звука не предусматривают вычисления шумового влияния, а предложенные в литературе упрощенные формулы применимы только к массивным конструкциям имеющие завышенные результаты расчетов;

3. Определено что, при благоприятном падении звуковой волны и прохождении звука через тонкие слои (в зависимости от их разницы толщины) на высоких диапазонных частотах приводит к улучшению звукоизолирующей способности всей конструкции, но при других углах падения звука наблюдается значительное ухудшения результатов;

4. На основании экспериментальных исследований получены спектры



частотных характеристик изоляции от воздушного шума многослойных легких ограждающих конструкций, в нормируемом диапазоне частот с учетом их особенностей. Выявлены резонансные колебания в зависимости от конструктивной особенности многослойных легких ограждающих конструкций в расчетном диапазоне частот;

5. Определено, что в легких многослойных перегородках в областях резонансных частот происходит процесс подавления колебания, а это означает, что ошибка в определении критериев колебаний вызовут большие неточности в расчетах;

6. Предложен инженерный метод расчета изоляции воздушного шума легкими многослойными перегородками, учитывающие особенности конструктивного решения соединения слоев при прохождении звука. Разработана компьютерная программа расчета, позволяющая автоматизировать основные вычислительные процессы расчета звукоизоляции многослойных легких ограждающих конструкций и снизить трудоемкость расчета на 35-40 %. Рекомендованные практические методы расчетов, отражены в новой редакции нормативного документа КМК 2.01.08-2019 «Защита от шума», позволяют выбрать оптимальную конструкцию перегородок, на стадии проектирования, и дают возможность сократить трудоемкость расчета на 25–30 %;

7. Разработано конструктивное решение многослойных легких ограждающих конструкций с высоким показателем изоляции воздушного шума и обоснованы основные пути прохождения звука через слои, а также предложены современные инженерные методы оценки для обеспечения акустического комфорта помещений;

8. Применение рассчитанных частотных характеристик многослойных легких звукоизоляционных перегородок с рациональными конструктивными решениями на объектах АО «Ўзоғирсаноатлойиха» на стадии проектирования позволило снизить материалоемкость строительства на 19 % и сократить затраты труда на 27 %.



**SCIENTIFIC COUNCIL OF DSc.26/30.12.2019.T.11.01 AWARDING  
THE SCIENTIFIC DEGREES AT THE TASHKENT INSTITUTE OF  
ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING**

---

**TASHKENT INSTITUTE OF ARCHITECTURE AND CIVIL  
ENGINEERING**

**RASHIDOV JASUR GAYRAT UGLI**

**UPGRADING THE SOUNDPROOFING ABILITY OF MULTILAYER  
LIGHTWEIGHT ENCLOSING STRUCTURES OF BUILDINGS**

**05.09.01 - Building structures, buildings and structures**

**DISSERTATION ABSTRACT  
of the doctor of philosophy (PhD) on technical sciences**

**Tashkent - 2021**

**The theme of the dissertation for the degree of doctor of philosophy is registered by the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan B2020.4.PhD/T1220**

The dissertation was conducted at the Tashkent Institute of Architecture and Civil Engineering.

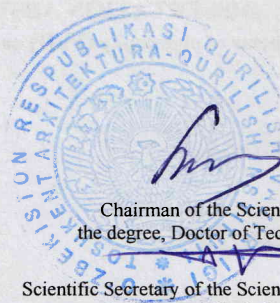
The abstract of the dissertation is in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is available on the website of the scientific council of the Institute ([www.taqi.uz](http://www.taqi.uz)) and on the informational and educational portal «ZiyoNet» ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

<b>Scientific advisor:</b>	<b>Pirmatov Rakhmatullo Khamidullaevich</b> Candidate of Technical Sciences, ass.professor
<b>Official opponents:</b>	<b>Khodzhaev Abbas Agzamovich</b> Doctor of Technical Sciences, professor <b>Yuvmitov Anvar Sayfullaevich</b> Doctor of Philosophy in Technical Sciences (PhD)
<b>Leading organization:</b>	<b>Jizzakh Polytechnic Institute</b>

The defence of the dissertation will take place on « 30 » November 2021 at 12<sup>30</sup> at the Scientific Council numbered DSc.26/30.12.2019.T.11.01 meeting at Tashkent Institute of Architecture and Civil Engineering as the following address: 100011, Tashkent, Abdullah Qadiri Street, 7 v. Phone: (99871) 241-10-84; Fax: (99871) 241-80-00, (e-mail: [devon@taqi.uz](mailto:devon@taqi.uz), [taqi\\_atm@edu.uz](mailto:taqi_atm@edu.uz)).

The dissertation can be found at the Information Resource Center of the Tashkent Institute of Architecture and Civil Engineering (registered under No. 65). (Address: 100084, Tashkent, Small ring road street, house 7. Tel.: (71) 235-43-40, fax: (71) 234-15-11, e-mail: [taqi\\_atm@edu.uz](mailto:taqi_atm@edu.uz)).

The abstract of the dissertation was circulated on «12» November 2021.  
(mailing report № 6 on «16» October 2021).



**Kh.A. Akramov**

Chairman of the Scientific Council for the award the degree, Doctor of Technical Sciences, Professor

**A.T. Khotamov**

Scientific Secretary of the Scientific Council for the award the degree, Doctor of Technical Sciences, Ass. professor

**B. Askarov**

Chairman of scientific seminar at the attachment to the Scientific Council for the award the degree, Doctor of Technical Science, Professor

## INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

**The aim of the research is** upgrading the soundproofing ability of lightweight multilayer structures of buildings and enhancement methods for calculating airborne noise insulation.

**The tasks of research are:**

to research the mechanism of sound transmission through multi-layer lightweight enclosing structures;

to obtain the frequency characteristics of airborne noise insulation with a light multilayer structure on the basis of laboratory, situ and theoretical researches;

to develop method for calculating the insulation of airborne sound with a light multi-layer structure;

to research effective constructive solutions for light multi-layer enclosing structures that provide the required sound insulation properties.

**The object of research is** multilayer light partitions (MLP).

**The subject of the research is** physical and discrete models of sound transmission based on the lumped-parameter method, as well as engineering methods for calculating the sound insulation of encloses.

**The scientific novelties of the dissertation research are:**

it is defined the occurrence of resonant vibrations of the layers of the enclosing structure on the geometric mean one third of the octave bands (100-3150 Hz) frequencies, depending on the thickness, strength and stiffness properties of the materials of the layers;

as a result of full-scale and laboratory experiments, the frequency characteristics of airborne noise insulation by multilayer light enclosing structures in the frequency range from 100 to 3150 Hz were determined, which are necessary for comparison with the standard values of the airborne noise insulation index when designing internal partitions with the required sound insulation;

an improved method for calculating the insulation of airborne noise with light multilayer partitions is proposed, taking into account the main ways of sound transmission and design features of the enclose;

it is substantiated the possibility of improving multi-layer lightweight enclosing structure by changing the structural solution of the partition framework and filling it with sound-absorbing material, aimed at increasing the sound-insulating ability of the enclose in the normalized frequency range.

**Implementation of research results.** Based on the scientific results on upgrading the soundproofing ability of multi-layer lightweight enclosing structures, the following have been introduced:

practical method for calculating the insulation of airborne noise of enclosing structures was used in JSC "ToshuyjoyLITI" in the development of the section "Sound insulation of enclosing structures" and appendix B of KMK 2.01.08-2019 "Protection against noise" (reference of the Ministry of Construction of the Republic of Uzbekistan No. 09-06 / 8859 dated November 13, 2020). As a result, the time spent on the calculation is reduced by 25-30 %;

improved constructive solutions of multilayer lightweight enclosing structures aimed at increasing the level of their sound insulation were destined in the design of buildings of JSC “Uzogirsanoatloyiha” (certificate of the Ministry of Construction of the Republic of Uzbekistan No. 09-06 / 8859 dated November 13, 2020), which made it possible to reduce the material consumption of construction by 19 % and reduce labor costs by 27 %.

**Structure and scope of the dissertation.**The dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusion, references, terms and 8 appendices. The volume of the dissertation is 120 pages, including: 57 figures; 11 tables; list of 169 references.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I-бўлим (I часть; I part)**

1. Рашидов Ж. Г. “Икки қатламли гипсокартон қопламаси орқали шовқин изоляциясини аниқлаш” // ТАҚИ “ Архитектура. Қурилиш. Дизайн” илмий-амалий журнали. Тошкент – 2018. № 1-2. б.115-118. (05.00.00; №4).

2. Рашидов Ж. Г. “Эффективные способы снижения шума ограждающих конструкций в Республике Узбекистан” // ТАҚИ “ Архитектура. Қурилиш. Дизайн” илмий-амалий журнали. Тошкент – 2018. Махсус сон. б. 83-86. (05.00.00; №4).

3. Pirmatov R. Kh., Zakharov A. V., Rashidov J.G. “Graphical method for calculating sound insulation of air noise of single layer enclosing structures” // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. 6/7/2019, 10294-10298 pp. (05.00.00; №8).

4. Pirmatov R. Kh., Shipacheva E.V., Rashidov J.G. “On peculiarities of formation of the thermal mode in operating panel buildings” // International Journal of Scientific & Technology Research. 8/10/2019, 2533-2535 pp. (№3. Scopus. SC:0.2).

5. Rashidov J.G. “Ensuring acoustic comfort from air noise of administrative buildings in the Republic of Uzbekistan” // ТАҚИ “Архитектура. Қурилиш. Дизайн” илмий-амалий журнали. Тошкент – 2019.№ 3.б. 152-155. (05.00.00; №4).

6. Rashidov J.G. “Measuring sound insulation of air noise” // International Scientific Journal Theoretical & Applied Science. USA, 80/12/2019,121-123 pp. (№23. Scientific Journal Impact Factor.IF 2019: 5.184).

7. Pirmatov R. Kh., Rashidov J.G. “Research of the acoustic parameters of halls and practical methods of eliminating acoustic defects” // The American Journal of Engineering and Technology. 2.12 (2020): 7-13 pp. (№23. Scientific Journal Impact Factor. IF 2020:5.32).

8. Рашидов Ж. “Натурные исследования звукоизоляции воздушного шума межквартирной перегородки” // ЎРФВВЁХИ «Ёнфин-портлаш хавфсизлиги» илмий-амалий электрон журнали. Тошкент – 2020. № 1 (5). б. 110-117. (05.00.00; №28).

9. Pirmatov R., Pirmatov Kh., Rashidov J. “Method for calculating the insulation of airborne sound by enclose from volumetric-block buildings” // E3S. Vol. 264. EDP Sciences, 2021.1-8 pp. (№3. Scopus.SC:0.60).

10. Rashidov J.G. “Amendment of calculation method airborne soundproofing of light multi-layer enclose structures of residential buildings” // International Journal of Community Service & Engagement. Indonesia, 2/2/2021,12-18 pp. (35.CrossRef. IF 2021:3.6).

11. Рашидов Ж.Г. “Снижение звука на монотонно возрастающей частоте в различных углах падения многослойной перегородки” // ЎРФВВЭХИ «Ёнгин-портлаш хавфсизлиги» илмий-амалий электрон журнали. Тошкент – 2021. № 1 (6). б. 282-287. (05.00.00; №28).

12. Рашидов Ж.Г. “Целесообразные решения акустических мероприятий многослойных легких внутренних перегородок из гипсокартона” // ЎРФМИ «Фан, муҳофаза, хавфсизлик» илмий-амалий журнали. Тошкент – 2021. № 2 (6). б. 178-184. (05.00.00; №36).

### **И-бўлим (II часть; II part)**

13. Рашидов Ж. Г. “Технология шумоизоляции двухслойных ограждений в цехах по изготовлению конструкций”. Социально-экономическое развитие городов и регионов: градостроительство, развитие бизнеса, жизнеобеспечение города. Материалы III Международной научно-практической конференции, Волгоград, 9 января—20 февраля 2018 г. 561-564 стр.

14. Rashidov J.G. “Specificity of calculation sound insulation of two-layers thin enclosing structures of building”. Bridge to science: research works. Conference Proceedings. B&M Publishing, February 28, 2018, San Francisco, California, USA. 241-243 pp.

15. Rashidov J.G. “Modern methods of measuring insulation of air noise by enclosing structures” // Архитектура-курулиш фани ва давр. XXVII-анъанавий конференция материаллари. 15-16-май. Тошкент-2018.50-53 б.

16. Рашидов Ж. Г. “Изоляция воздушного шума ограждающих конструкций на примере строительства жилого комплекса” // Сборник I Республиканской научно-практической конференции молодых ученых, 27 февраля 2019 года, ИПБ РУз, г.Ташкент, 79-82 стр.

17. Rashidov J.G. “The reasons for reduction of sound insulation characteristic” // Сборник международной конференции «Актуальные вопросы повышения энергоэффективности гражданских зданий и сельских жилых домов» 10-11 апреля 2019 года, 17-19 стр.ТАСИ.

18. Rashidov J.G. “Calculating sound insulation of air noise of layer enclosing structures” // Сборник международной научно-практической конференции “Ciência, engenharia tecnologia” Сан Пауло, Бразилия. 4 июль, 2019. 52-56 стр.

19. Rashidov J.G. “Airborne sound insulation of light multi-layer enclosure structures of residential buildings”. “Инновационные технологии в строительстве” // Материалы Республиканской научно-практической конференции. ТашИИТ. Ташкент. Выпуск №15. 2020 г. 237-240 стр.

20. Рашидов Ж. Г. “Комплексный подход к проблеме возникновения порхающего эха и практические методы устранения акустических дефектов зальных помещений” // Сборник статей международной научно-практической конференции “Фундаментальные и прикладные научные



исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации” Уфа, Российская Федерация, 27 декабря 2020 г. Часть 2. 71-76 стр.

21. Рашидов Ж. Г. “Биноларни кўп қатламли енгил тўсиқ конструкцияларининг товуш изоляциясини автоматлаштирилган ҳисоблаш дастури”. Ўзбекистон Республикаси Адлия вазирлиги ҳузуридаги “Интеллектуал мулк агентлиги” нинг электрон ҳисоблаш машиналари учун дастурни расмий рўйхатдан ўтказиш тўғрисидаги № DGU 09683 рақамли гувоҳномаси. Т., 14/12/2020.

22. Рашидов Ж. Г.” Исследование влияния звуковых волн на изоляцию воздушного звука многослойных легких ограждающих конструкций”. «Замонавий бино – иншоотларни ва уларнинг конструкцияларини лойиҳалаш, барпо этиш, реконструкция ва модернизация қилишнинг долзарб муаммолари». Республика онлайн илмий – амалий конференция материаллари тўплами. ФарПИ.2021 йил, 21 – 22 апрель. Фарғона ш., 187-188 б.

23. Рашидов Ж. Г. “Изоляция воздушного звука проходящих путей через легкие многослойные ограждающие конструкции” // “Оролбўйи минтақаси архитектура муҳитининг ривожланиш муаммолари ва инновацион ечимлари” мавзусидаги республика on-line илмий - амалий конференция. ТАҚИ. 2021 йил, 20 май. Тошкент ш., 260-261 б.

Автореферат «Архитектура. Қурилиш. Дизайн»  
илмий-амалий журнал таҳририятидан ўтказилди ва  
матнларини мослиги текширилди.  
(12.10.2021й.)

Бичими 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Рақамли босма усули. Times гарнитураси.  
Шартли босма табағи 3,5. Адади: 100. Буюртма: №  
“ЎзР Фанлар академияси Асосий кутубхонаси” босмахонасида чоп этилган.  
Босмахона манзили: 100170, Тошкент ш., Зиёлилар кўчаси, 13-уй.