

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу **Моторнюк Дар'ї Євгенівни** на тему «Оцінка акустичних параметрів приміщення як каналу мовленнєвої комунікації», подану до захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 171 "Електроніка" галузі знань 17 "Електроніка та телекомунікації"

**Актуальність теми.** Дисертаційна робота присвячена питанням точності інструментальних (об'єктивних) оцінок акустичних параметрів приміщень, призначених для мовленнєвих презентацій, а також питанням підвищення ступеня автоматизації суб'єктивного оцінювання акустичних характеристик приміщень. При визначенні якості акустики приміщення головними критеріями слугують розбірливість мовлення та ступінь спотворення мовленнєвих сигналів, хоча на практиці частіше оперують такими проміжними характеристиками як рівень фонового шуму, час реверберації тощо.

Інструментальні методи оцінювання акустичних характеристик приміщення мають ту очевидну перевагу перед суб'єктивними методами, що дозволяють суттєво пришвидшити роботу та зменшити її вартість. Разом із тим, очевидною проблемою об'єктивних методів є необхідність калібрування вимірювальної системи шляхом зіставлення (картування) її результатів із результатами суб'єктивного оцінювання. Це свідчить про безсумнівну важливість проведення коректних суб'єктивних вимірювань, результати яких в даному випадку вважаються еталонними.

Одним із найбільш важливих, й разом із тим, досить суперечливих акустичних параметрів приміщення є час реверберації, оскільки реверберований звук надає мовленню «живості», хоча непомірне підвищення часу реверберації призводить до втрати розбірливості мовлення. Вимірюванням часу реверберації прямими методами, наприклад, за відомою імпульсною характеристикою приміщення, суттєво заважає наявність фонового шуму. Це вимагає від інженерів прийняття спеціальних заходів, спрямованих на боротьбу із таким впливом.

За наявності низки оцінок бінауральної імпульсної характеристики приміщення, що отримані із застосуванням штучної голови й відповідають різним місцям слухачів у приміщенні, можна підвищити інформативність акустичного паспорту приміщення. Зрозуміло, що було б дуже бажаним мати можливість реалізувати такі вимірювання із використанням акустичної апаратури непрофесійного рівня. При застосуванні дотичних методів вимірювання («сліпе» оцінювання), коли в розпорядженні інженера немає імпульсної характеристики приміщення, а є лише зразок запису мовленнєвого сигналу, спотвореного реверберацією, на перше місце виходить інша проблема - проблема точності вимірювань.

Нагальною проблемою при суб'єктивному оцінюванні розбірливості мовленнєвих сигналів є великі втрати часу, людських та фінансових ресурсів, не говорячи вже про потребу в наявності науково обґрунтованих тестових таблиць складів, слів та речень. Оскільки для української мови систем автоматизації артикуляційних випробувань на сьогодні практично не існує, актуальною задачею є розробка відповідної програмно-апаратної системи.

Таким чином, дисертаційна робота Д.Є. Моторнюк, присвячена розробці нових та вдосконаленню існуючих методів оцінки якості приміщення як каналу мовленнєвої комунікації, є актуальною.

**Оцінка змісту дисертаційної роботи, її завершеність.** Дисертаційна робота є завершеною науковою працею. Вона складається зі вступу, чотирьох розділів, списку використаних джерел із 132 найменувань та 5 додатків. Робота містить 62 рисунки та 4 таблиці. Загальний обсяг дисертаційної роботи складає 146 сторінок.

**У вступі** обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи, сформульовано мету та задачі дослідження, описано методи дослідження, надано інформацію про наукову новизну та практичне значення результатів. Крім того, висвітлено публікації в періодичних наукових виданнях, надано інформацію про апробацію на наукових конференціях та семінарах, про особистий внесок дисертанта.

**В першому розділі** дисертаційної роботи представлено результати аналізу сучасного стану науки та інженерної практики в обраному напрямі досліджень. Зокрема, це дослідження, що стосуються моделювання та вимірювань імпульсної характеристики приміщення та її параметрів. Спеціальну увагу приділено впливу ранніх та пізніх відбиттів звуку на розбірливість мовлення, методам вимірювання часу реверберації, методам оцінювання якості мовленнєвих сигналів та розбірливості мовлення. Критично розглянуто стан питання із автоматизації артикуляційних випробувань для українського мовлення. Сформульовано питання, що вимагають додаткових досліджень, й таким чином обґрунтовано актуальність даної дисертації.

**У другому розділі** розглянуто питання вдосконалення часу реверберації прямими методами, із використанням тестового сигналу, а також питання вимірювання бінауральної імпульсної характеристики із використанням акустичної апаратури непрофесійного рівня та штучної голови. Розроблено рекомендації з коригування характеристик такої акустичної апаратури із використанням штучної голови.

**В третьому розділі** представлено результати модернізації алгоритму сліпого вимірювання часу реверберації, що базується на використанні методу максимальної правдоподібності. Оскільки при таких вимірюваннях використовується лише інформація, що міститься на кінці слів та окремих звуків запису мовленнєвого сигналу, потенційні можливості даного підходу є досить обмеженими. В дисертаційній роботі вдосконалення зазначеного алгоритму, яке дозволило розширити діапазон вимірювання часу реверберації з 0,2-1,2 с до 0,2-1,8 с. Показано, що точність отриманих результатів хоча й поступається такій для методів прямих вимірювань, проте є достатньою для розв'язання такої задачі як придушення дії пізньої реверберації.

**В четвертому розділі** дисертаційної роботи надано характеристики розробленої апаратно-програмної системи для автоматизації артикуляційних випробувань при суб'єктивному оцінюванні розбірливості мовлення, наведено приклади суб'єктивного оцінювання розбірливості мовлення. Крім того, зіставлено результати оцінювання якості мовленнєвих сигналів із результатами оцінювання розбірливості мовлення та знайдено умови, за виконання яких можливо використовувати оцінки якості сигналів замість оцінок розбірливості мовлення. Виконано порівняння суб'єктивних та об'єктивних оцінок розбірливості мовлення при діотичному та діхотичному прослуховуванні мовленнєвих сигналів. При цьому розглянуто вплив ранньої та повної реверберації на результати



суб'єктивного оцінювання розбірливості мовлення. Розглянуто кілька спрощених статистичних моделей впливу ранньої реверберації на розбірливість мовлення, що дозволило отримати корисні залежності розбірливості мови від щільності ранніх відбиттів та часу реверберації.

**Основні наукові результати досліджень та наукова новизна дисертації.**

Дисертаційна робота Д.Є. Моторнюк, у відповідності із поставленими метою та сформульованими задачами, спрямована на виявлення можливостей підвищення точності та автоматизованості акустичної експертизи приміщень, призначених для мовленнєвих презентацій.

В дисертаційній роботі вказано на існування умов, що дозволяють замість оцінок розбірливості мовлення використати об'єктивні оцінки якості мовленнєвих сигналів. Хоча ці умови носять обмежений характер, проте дозволяють суттєво спростити процедуру вимірювання розбірливості мовлення. Вдосконалення алгоритмів оцінювання часу реверберації прямим та сліпим методами дозволяє підвищити ступінь автоматизації процедури вимірювань часу реверберації без суттєвого зниження точності вимірювань.

Поглиблене дослідження впливу ранніх відбиттів звуку на якість та розбірливість мовлення дозволило встановити неоднозначний характер впливу ранніх відбиттів, який традиційно вважається позитивним. Між тим, показано існування точок в приміщенні, де наявність ранніх відбиттів не призводить до помітного підвищення розбірливості мовлення.

Про достовірність отриманих автором результатів свідчить узгодженість експериментальних результатів із результатами модельних досліджень, а також узгодженість із літературними даними.

**Практичне значення результатів дисертаційної роботи Д.Є. Моторнюк** полягає у створенні автоматизованих програмно-апаратних систем суб'єктивного та об'єктивного оцінювання якості та розбірливості українського мовлення. Завдяки таким системам створено можливість суттєвого зниження витрат людських та часових витрат при артикуляційних випробуваннях шляхом підвищенні ступеня їх автоматизації. При цьому використано аналітичні та комп'ютерні моделі впливу шумових завад, а також завад у вигляді, ранніх та пізніх відбиттів звуку в приміщенні на розбірливість мовлення та на якість мовленнєвих сигналів. Вдосконалено алгоритми оцінювання часу реверберації прямим та сліпим методами, що розширює можливості використання цих алгоритмів.

**Обґрунтованість і достовірність наукових положень та висновків дисертаційної роботи** забезпечується достатньою науковою обґрунтованістю обраних методів розв'язання поставлених задач, а також збігом результатів аналітичного та комп'ютерного моделювання із результатами експериментальних досліджень. Отримані в роботі результати можуть бути використані при акустичній експертизі приміщень, що експлуатуються або проектується.

**Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях.** Основні результати дисертаційної роботи достатньо повно висвітлено у 9 наукових працях, серед яких 5 статей у наукових фахових виданнях, (з них 1 стаття у періодичних наукових виданнях інших держав, які входять до ОЕСР та/або Європейського Союзу, фахових виданнях України категорії «А» або закордонних виданнях, що входять до WoS або Scopus), 1 патент України на корисну модель.

**Апробація результатів дисертації.** Роботу апробовано, матеріали дисертації доповідалися та обговорювалися на 3-х міжнародних науково-технічних конференціях IEEE.

**Відповідність роботи встановленим вимогам оформлення дисертацій.** Науковий рівень роботи достатньо високий. Дисертаційна робота написана коректною науковою мовою, використана в ній наукова термінологія є сучасною та загальноприйнятною. Дисертаційна робота є завершеною науковою працею, має безсумнівне практичне значення та містить рішення актуальної наукової задачі розвитку теоретичних та прикладних засад акустичних вимірювань. Зміст дисертації є виваженим та цілісним, робота відповідає на пряму та темі досліджень, оформлення дисертаційної роботи відповідає відповідним вимогам.

**Відповідність дисертаційної роботи спеціальності та зауваження по роботі.**

Дисертаційна робота Моторнюк Дар'ї Євгенівни відповідає зазначеній спеціальності 171 «Електроніка». Разом із тим, можна зробити певні зауваження:

1. Розділ 1 дисертації, де виконано аналітичний огляд сучасного стану акустичних вимірювань характеристик приміщень, є дещо переобтяженим деталями, що утруднює його сприйняття в цілому.
2. До розділу 2 дисертації, де представлено запропоновані автором пропозиції із вдосконалення алгоритму оцінювання часу реверберації прямим методом, бажано було би додати у Додатках до дисертаційної роботи фрагменти відповідних комп'ютерних програм або блок-схем. Це значно сприяло б розумінню сутності зроблених автором пропозицій. Аналогічне зауваження стосується також розділу 3, де описано алгоритм оцінювання часу реверберації сліпим методом.
3. В підрозділі 2.2 представлено лише один метод корекції нерівномірності АЧХ, що полягає на діленні частотної характеристики всієї вимірювальної системи на АЧХ підсистеми «динамік-мікрофон». Між тим, враховуючи наявність тестових записів відгуку даної системи на збудження її тестовим сигналом, можна було б виконати таку корекцію із використанням методу адаптивної фільтрації. На жаль, автор не вказав на переваги та недоліки такого альтернативного підходу.
4. Не досить вдалою видається назва розділу 4, де ключовим є слово «автоматизація», оскільки пряме відношення до обґрунтування створення автоматизованих програмно-апаратних систем та опису їх характеристик мають лише підрозділи 2.2 та 4.1 дисертаційної роботи. Зміст інших підрозділів розділу 4 не зовсім добре відповідає назві розділу, хоча викладені в цих підрозділах результати дійсно отримано із використанням зазначених апаратно-програмних систем.
5. Є кілька зауважень до оформлення роботи. В тексті дисертації зустрічаються формули, які надано замалим шрифтом, розмір якого не відповідає розміру шрифту текстового матеріалу. Формули надано у різних форматах. Написи на різних рисунках надано різними мовами – українською, російською, англійською.

В цілому, наведені зауваження до роботи не знижують наукового та практичного значення роботи та не впливають на загальну позитивну оцінку дисертації.



### Загальні висновки

На основі розгляду дисертації "Оцінка акустичних параметрів приміщення як каналу мовленнєвої комунікації" вважаю, що Моторнюк Дар'я Євгенівна є кваліфікованим науковим працівником, здатним до самостійної постановки та розв'язання задач теоретичного та прикладного характеру, що стосуються розрахунку та вимірювань акустичних характеристик приміщень для мовленнєвих презентацій. Дисертаційна робота, яка подана на здобуття ступеня доктора філософії, виконана на високому науково-технічному рівні і за своїм науковим внеском та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам пп.9, 10, 11 "Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії", затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 р. № 167, а її автор Моторнюк Дар'я Євгенівна заслуговує на присудження ступеня доктор філософії за спеціальністю 171 "Електроніка" галузі знань 17 "Електроніка та телекомунікації".

ОФІЦІЙНИЙ ОПОНЕНТ:

доктор технічних наук, професор,  
професор кафедри телекомунікаційних  
та радіоелектронних систем  
Національного авіаційного університету



І.Г. Прокопенко

